

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

‘건물에너지 20%저감 및 도시보행자 쾌적성 30% 향상을 위한 도시열섬저감 적용기술개발’
(연구개발 기간 : 2015.06.18. ~ 2017. 09.16) 과제의 최종보고서 2부를 제출함.

2017. 11. 24.

주관연구기관명: 세종대학교 산학협력단 (대표자) 김 선 재 (인)

참여기관명: (주) 이젠파트너스 (대표자) 김 재 민 (인)

주관연구기관책임자: 김 선 재

협동연구기관책임자:

참여기관책임자: 김 재 민

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에
동의함.

보고서 요약서

과제 고유 번호	15CTAP-C097 447-01	해당 단계 연구 기간	2016. 06.18 - 2017. 09.17	단계구분	2차년도/ 2차년도
연구사업명	중사업명	국토교통기술촉진연구사업			
	세부사업명				
연구과제명	대과제명				
	세부과제명	건물에너지 20%저감 및 도심보행자 쾌적성 30%향상을 위한 도시 열섬 저감 적용기술개발 (쾌적한 에너지 도시 2030)			
연구책임자	권철웅	해당단계 참여 연구원 수	총: 3 명 내부: 2 명 외부: 1 명	해당단계 연구개발비	정부: 50,000천원 기업: 17,000천원 정부 외: 천원 계: 67,000천원
		총 연구기간 참여 연구원 수	총: 4 명 내부: 2 명 외부: 2 명	총 연구개발비	정부:100,000천원 기업: 34,000천원 정부 외: 천원 계: 134,000천원
연구기관명 및 소속 부서명	세종대학교 산학협력단			참여기업명 (주) 이젠 파트너스	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	
본 연구는 기후변화에 따른 도시 및 건축물의 열섬현상에 관한 연구로서 도심에서의 보행자의 쾌적성의 향상 및 건축물 에너지저감에 관한 연구임. 최근의 급격한 기후변화 (특히 우리나라에서는 아열대화)로 인한 여름철 에너지의 증가로 인한 블랙아웃 위험과 학교, 도심에서의 외부공간이 열환경 악화로 인한 활동 위축 우려. 미래 도시 기후변화에 대비하고 영향을 최소화하기 위한 연구를 수행. 해외의 사례 및 도시별 기후변화 대응 방안 자료 연구함. 이를 위하여 보행자 열환경 쾌적성 지수를 산정하고 예측하는 기술의 확보 및 기후변화에 대비하는 건축물 외부공간 및 외피설계의 기술적 방법론 도출. 기후변화대비 도심설계 및 열섬저감적용 기술의 건축적 활용 가이드라인 및 측정기술의 정립으로 도시설계때 건축물 및 주변환경에 관한 정책마련의 토대구축함.				보고서 면수 92 면	

4. 국문 요약문

연구의 목적 및 내용	▪ 본 연구는 미래기후변화에 대비하여 도심의 열섬현상 기후변화를 예측하고 이에 대한 도시공간 쾌적성 30% 향상과 기존건축물 20% 에너지 저감 기술을 제시하고자 함. ▪ 본 연구의 최종 결과물인 열섬저감 가이드라인은 도시 외부공간 설계 및 기존/신축 건축물 외피 설계에 모두 적용이 가능 ▪ 특히 도심의 열섬저감으로 인한 향후 기후변화에 따른 추가적 건물에너지 증가에 대한 방지책 마련과 보행자공간의 쾌적성 증가로 활기찬 도심생활 유도.				
연구개발성과	SCI 연구논문 제출 1 , Scopus 논문 제출 1				
연구개발성과의 활용계획 (기대 효과)	▪ 기후데이터를 도심미세기후에 이용하는 알고리즘 창출효과 ▪ 미세기후를 시각적으로 매핑화하여 도시기후 공간정보 제공 ▪ 열섬대비 미래기후데이터로 도시별 도심환경 쾌적성 30%증가 및 기존건축물 에너지 20% 저감효과 ▪ 도시공간 쾌적성 예측을 위한 기후변화대비 외부공간 쾌적성지수 도식화 ▪ 에너지저감 정책에 미세기후 데이터 추정으로 예측 건물에너지 활용				
핵심어 (5개 이내)	기후변화	쾌적성	건물에너지	도시열섬	외부공간

5. 영문 요약문

〈 SUMMARY 〉

Purpose & Contents	▪ This study is intended to present the phenomenon of climate change and predict the urban heat island with pedestrian's thermal comfort. Guidelines for the existing buildings by 20% to 30% energy reduction technology will be presented for future climate change. ▪ The final results of this study :heat island mitigation guidelines apply to both urban and outer space design existing / new building envelope design. ▪ Reduction of the urban heat island will help to increase pedestrian zone and prevent from additional building energy due to climate change. - Contents ▪ Preparation for the future climate change which minimize urban heat island with the 20~30% reduction of building energy. ▪ Estimating thermal comfort of users and technique for estimating building energy require urban design and architectural skin design. ▪ Utilizing architectural guideline and estimate technique will be a foundation of the policies laid on the climate change.
Results	▪ Creation algorithm using climate data after the microclimate effect in urban ▪ The screen provides a visual mapping the detail climate City climate space information ▪ Urban heat island against future climate data by urban environment and increased comfort 30% and 20% Energy Reduction in Existing Building ▪ Outdoor thermal comfort index is suggested for urban space of climate change. ▪ Take advantage of the microclimate for the fine reduction of building.
Expected Contribution	□ Heat island phenomenon and climate change analysis and impact assessment system ▪ Various architectural elements and urban elements and applying predictive models using simulation ▪ Climate scenarios predict and comfort measurement algorithms take advantage of climate change predictions ▪ impact on the heat island phenomenon and analyzed in accordance with the surrounding buildings after the microclimate prediction model
Keywords	Climate change thermal comfort Building energy Heat Island outdoor

Expected Contribution	☐ Heat island phenomenon and climate change analysis and impact assessment system ▪ Various architectural elements and urban elements and applying predictive models using simulation ▪ Climate scenarios predict and comfort measurement algorithms take advantage of climate change predictions ▪ impact on the heat island phenomenon and analyzed in accordance with the surrounding buildings after the microclimate prediction model ☐ Green building envelope design for the optimal system ▪ Application of proposed greenhouse gas emissions in accordance with the optimized building shell ▪ Environmental load reduction can be utilized in accordance with the evaluation model optimization system ▪ Utilization of integrated design guidelines of urban / architectural design guidelines ☐ Urban comfort evaluation and analysis system ▪ Methods of utilizing during the design of the pedestrian comfort for the quantitative analysis ▪ Evaluation criteria presented in the simulation algorithm proposed as a model of the thermal environment improvement and new designs utilizing traditional Urban Thermal Environment ▪ Thermal environment improvement guidelines and future climate change models can be utilized ☐ In summer the building energy consumption reduction of cost reduction and improving urban amenity ▪ Predicting energy use and savings are directly connected with the economic evaluation of the building, which determines materials utilized throughout the entire life, including architectural design, construction, maintenance and remodeling. ▪ Contribution to green building propagation securing the business feasibility and economics to energy estimating model predictable. ▪ Increase of users will help to vitalise commercial maket with increae of visitors, which help market revitalization
-------------------------------------	--

6. 영문 목차

< Table of Contents >

Chapter 1. Summary of the research	8
1. R & D Objectives	8
2. Necessity of Research and Development	8
3. R & D Scope	9
Chapter 2. Status of domestic and overseas technology development	10
1. Domestic research and development similar research results	10
2. Differentiation of research and development task	11
3. Climate Change and Urban Planning Linkage in the UK	12
Chapter 3. Research performance and achievements	15
1. R & D Flowchart	15
2. Details of research by research stage	16
Chapter 4. Achievement of goal and contribution to relevant field	18
1. Achievement level	18
2. Contribution to related fields	19
Chapter 5. Utilization plans of the achievements	21
1. Application of research results	21
2. Adaptable response to future climate change	23
3. Combined design process	31
4. Guidelines	39
Chapter 6. Technology Information from oversea	46
1. Environmental impact assessment considering climate change	46
2. Status and methods of evaluating climate change environment	46
3. German climate protection policy localization case	53
4. Climate Protection Case in Hamburg, Germany	55
5. Swedish climate protection response case	60
6. Climate Change: UK Government Measures	65
Chapter 7. Security rating of R & D achievement	85
Chapter 8. Status of research facilities and equipment	85
Chapter 9. Implementation of safety measures in laboratories based on R & D tasks	86
Chapter 10. Representative research achievements of R & D ..	86
Chapter 11. Extra information	87
Chapter 12. References	88

7. 본문 목차

< 목 차 >

제 1 장	연구개발과제의 개요	8
1.	연구개발 목적	8
2.	연구개발의 필요성	8
3.	연구개발 범위	9
제 2 장	국내외 기술 개발 현황	10
1.	국내 연구개발 유사 연구실적	10
2.	연구개발과제의 차별화 방안	11
3.	영국에서의 기후변화와 도시계획 연계방안	12
제 3 장	연구 수행 내용 및 성과	15
1.	연구개발 흐름도	15
2.	연구개발 단계에 따른 세부연구내용	16
제 4 장	목표 달성도 및 관련 분야 기여도	18
1.	목표 달성도	18
2.	관련 분야 기여도	19
제 5 장	연구개발성과의 활용 계획	21
1.	연구결과의 활용방안	21
2.	미래기후 적응을 위한 대응방안	23
3.	통합환경설계를 위한 방법론	31
4.	친환경 설계 가이드라인 / 설계기법	39
제 6 장	연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보	46
1.	기후변화를 고려한 환경영향평가	46
2.	사업단위 기후변화 환경평가 방법 및 도구 현황	46
3.	독일기후 보호정책 지방화 사례	53
4.	독일 함부르크시의 기후보호 대응사례	55
5.	스웨덴 기후보호 대응사례	60
6.	기후변화: 영국 정부차원의 대책	65
제 7 장	연구개발성과의 보안등급	85
제 8 장	국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황	85
제 9 장	연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적	86
제10 장	연구개발과제의 대표적 연구 실적	86
제11 장	기타 사항	87
제12 장	참고 문헌	88

제1장. 연구개발과제의 개요

1. 연구개발 목적

- 기후데이터 분석 및 건축물 요소를 통한 미세기후 분석
- 기후변화대비 외피최적화에 따른 에너지 및 온실가스 저감 적용방안

2. 연구개발의 필요성

추진목적	■ 본 연구는 미래기후변화에 대비하여 도심의 열섬현상 기후변화를 예측하고 이에 대한 도시 공간 쾌적성 30% 향상과 기존건축물 20% 에너지 저감 기술을 제시하고자 함. ■ 본 연구의 최종 결과물인 열섬저감 가이드라인은 도시 외부공간 설계 및 기존/신축 건축물 외피 설계에 모두 적용이 가능. ■ 특히 도심의 열섬저감으로 인한 향후 기후변화에 따른 추가적 건물에너지 증가에 대한 방지책 마련과 보행자공간의 쾌적성 증가로 활기찬 도심생활 유도.
------	---

주요 연구 내용	D B 구축	기후변화에 의한 도심열섬 예측기술 개발
	기술 개발	기후변화에 따른 외부환경 쾌적성 측정 및 건물에너지 프로그램 적용 기술 개발
	시범 적용	열섬저감기술 적용 건축물 최적설계 가이드라인 개발 및 가상적용

기술 개발 범위	대상건물	비주거	도심 오피스, 상가, 학교등	
	개발범위	D B 구축	기후 변화	기후변화 온도 예측 기술
			내구성능	건축물 에너지 수명 향상 도심 쾌적성 증가
		기술 개발	평가 기술	외부쾌적성 30% 증가 측정평가 기술개발
			지속가능 설계	건축물 에너지 20% 저감 가이드라인
		시범 적용	가이드라인	3D 모델링 적용 최적설계 가이드라인
			시범 적용	도시 열섬저감기술 적용

연구개발 가치 기술 개발 핵심 성과	쾌적한 저에너지 도시 2030
	도시열섬 저감기술을 이용하여 기존건물의 에너지저감 20%를 유도하고 또한 도시 외부 공간의 열환경 쾌적성을 30% 향상시키는 연구. ※ 목표 지속가능성 : 목표 온실가스(에너지소비), 목표 쾌적성, 목표 경제성으로 표현되는 도시 건축물의 지속가능성에 대한 목표달성. ■ 목표 온실가스 : 기존건축물 대비 온실가스(에너지) 저감 ■ 목표 수명 : 목표로 하는 리모델링 건축물의 수명 ■ 목표 경제성 : 초기 투자비용의 투자회수기간(PP, Payback Period)의 단축유도

3. 연구개발 범위

연구 범위	연구 수행 방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
기후데이터 분석 및 건축물 요소를 통한 미세기후 분석	이론적 조사 분석 (데이터분석) 연계 연구 학술지발표	■ 최적화 실외 설계기법 연구 ① 열환경에 순응하는 최적화 설계방안 검토 ■ 건축물요소의 최적 통합설계 기법 ① 기존 연구사례/분석 및 적용방안 ■ 실용가능한 외피재료 및 실외 최적화 시스템 개발 방안 수립 ① 국내외 실내 빛, 열환경 문헌조사 ② 해외 다양한 모델 제안/검증 및 기후변화대응 시나리오
도시 외부 쾌적성분석 실외환경연구	조사 분석 / 실험 연계 연구	■ 도시 거주자 쾌적성- 환경영향 평가 방법론 구축 ① 온열환경을 시뮬레이션 평가 알고리즘 분석 ② 시각적 쾌적성을 위한 열환경 평가연구 ③ 쾌적성을 증가시키기 위한 도시공간 연구

제2장. 국내외 기술 개발 현황

현재까지 도시계획 분야에 다양한 기후변화 대응노력이 추진되었음에도 불구하고 기후변화 정책과 도시개발사업 시행에는 큰 격차가 있는 것으로 조사되고 있음. 이와 같은 격차를 극복하는 방안으로 최근 정책과 사업의 연결고리 역할을 하는 환경영향평가의 중요성이 새롭게 인식되고 있음. 환경영향평가는 본래 사업의 시행이 자연 및 생활환경에 미치는 영향을 미리 조사·예측·평가하여 해로운 환경영향을 피하거나 줄일 수 있는 환경보전방안을 강구하는데 활용되지만 기후변화를 환경영향평가의 평가 범위로 보려는 움직임이 조금씩 일어나고 있음.

1. 국내 연구개발 유사 연구실적

부처명	사업명	과제명	예산	비 고
국토교통부	국토교통기술촉진 연구사업	도시열섬현상 저감을 위한 PCM (Phase Change Material) Cool Roof System의 적용 기술 개발 (2014)	2.5	기술 과제
중복성 검토	- 하이테크놀러지 재료개발로 인한 저감효과 제언 - 옥상 재료의 기술이 아닌 저비용 고효율에 의한 통합적 방법론을 제한하는 연구와 차별이 있음.			
경기개발연구원	정책연구과제	도시열섬 완화를 위한 옥상 녹화 활성화 방안 (경기개발연구원, 박은진, 2010.10)	-	연구과제
중복성 검토	- 옥상녹화 기술에 집중. - 도시 열섬을 줄이기 위한 전체적인 효과 검증 미비하며 기술요소에 제한적임.			
연구재단	일반연구지원 사업	열섬현상을 고려한 건물에너지 평가용 대한민국 표준 기상데이터 개발연구 (연구재단, 유호천, 2014)	2.5	연구과제
중복성 검토	- 열섬현상을 고려한 도시 기상데이터 개발 - 우리나라 표준기상 데이터 개발이므로 외부 보행자 쾌적성향상 건축 및 도시공간 개발하는 본 연구와는 차별성이 있음.			
연구재단	일반연구지원 사업	도시기후 열섬예측 및 완화연구 (연구재단, 최정일, 2014)	2.5	연구과제
중복성 검토	- 기상학적 접근으로 열섬현상에 대한 해석프로그램 개발로 건물에너지 및 보행자 쾌적성 연구와는 차별성이 있음.			
국토교통부	국토교통기술촉진 연구사업	도시표면온도 저감이 가능한 태양열 차단 보도블록 개발 (국토교통과학기술촉진연구,이성원, 2014)	2.75	기술과제
중복성 검토	- 하이테크놀러지 재료개발로 온도저감 기술안 - 저비용 고효율에 의한 건축물 설계 통합적 방법론을 제한하는 연구와 차별이 있음.			

2. 연구개발과제의 차별화 방안

기존연구 동향	본 연구
[리모델링 구조 및 평면 개선 기술 중심] 그 간 건축물의 리모델링 관련 기술 개발은 구조보강, 가변형 공간구성 기술, 내·외장 유지보수 기술 등이 대부분 임.	■ 본 연구는 기존 건축물 리모델링에 대한 기후변화대응 환경적인 영향과 성능을 종합적으로 고려한 지속가능 리모델링 최적설계 기술 개발로 기존의 리모델링 구조 및 평면 개선 기술 개발 연구와는 크게 차별화 됨.
[에너지 고효율 설비 기술 중심] 노후 건축물의 에너지 사용량 절감을 위한 에너지 고효율 설비 시스템 개발에 제한된 연구가 대부분 임.	■ 본 연구는 기존 건축물의 리모델링 시 탄소배출량 저감의 설계지원이 가능한 지속가능 리모델링 최적설계 기술 개발로 기존의 고효율 에너지 설비 시스템 개발 연구와는 크게 차별화 됨.
[장수명 건축물 기술] 건축물의 장수명화를 목적으로 리모델링이 용이한 구조시스템(라멘구조) 및 가변형 공간설계 개발에 제한된 연구수준 임.	■ 본 연구는 노후 건축물을 대상으로 기후변화에 대응하는 100년 이상의 수명 확보와 함께 온실가스 저감 등의 지속가능 성능을 목표로 하는 지속가능 리모델링 최적설계 기술 개발을 목표로 하며 기존 연구와 크게 차별화 됨.

- 본 연구과제는 건축물의 리모델링을 위한 에너지 성능향상 및 온실가스 배출저감, 내구성 향상 기술을 종합적으로 연계 고려하는 연구로서 기존연구에서 주로 수행된 신축 건축물의 전과정 온실가스 배출량 평가·관리 시스템 개발 연구와는 크게 차별화 됨.
- 본 연구과제는 에너지성능 향상과 고내구성으로 이원화된 리모델링 기술의 융합 및 건축물의 녹색성능에 기반한 최적 설계사항 제시, 지속가능한 리모델링 최적설계 프로그램 개발을 목표로 하며 기존 연구와는 차별성을 지님.

가. 관련분야의 국내외 연구동향 및 학술적 흐름 분석

- 열섬현상에 관한 연구로써 도시열섬 완화를 위한 옥상 녹화 활성화 방안 연구는 도시적 측면에서 접근하는 유사성을 가지나 건물 에너지와 보행자의 쾌적성에 적용하여 열섬효과를 적용하는 시도가 이루어지지 않음. 통합적으로 열섬현상을 도시 건축물에 적용하는 사례는 아직 없음. 소프트웨어의 발달로 건물과 보행자를 쾌적성의 관찰이 가능해짐.

나. 국내외 관련 기술 특허 동향

- 국내에 이와 연구중인 유사한 과제는 존재하지 않으므로 지적재산 분쟁소지는 없어 보임.

다. 국내외 시장분석 및 산업동향

해외에서 사용중인 소프트웨어의 사용으로 이미 선도적기술을 아님. 그러나 이에 관한 건축물과 보행자를 동시에 고려한 열섬현상에 대한 연구는 극히 제한 적임. 향후 응용에 관한 실험연구의 공동과제를 유도할 수 있는 가능성이 많이 보임.

3. 영국에서의 기후변화와 도시계획 연계방안

가. 도시계획과 기후변화 대응의 연계 강화

영국정부가 발간한 도시계획정책지침(Planning Policy Statement, PPS)의 부속서 PPS1-Climate Change는 기후변화에 대한 대응 및 풍수해 저감을 통한 국민의 생명과 재산 보호'를 국토 이용 및 관리의 기본원칙에 추가하여 도시계획 수립단계에서부터 기후변화에 따른 재해를 예방할 수 있는 방안을 강구하도록 함.

2009년 국가 기후변화예측보고서(UK Climate Change Projections 2009, UKCP09) 를 업데이트하고 영국환경식품농촌부 (Department for Environment, Food and Rural Affairs, DEFRA)가 UKCP09와 함께 지자체가 유용하게 이용할 수 있는 기후변화 대비 관련정보를 통합 웹주소 (<http://ukclimateprojections.defra.gov.uk>)를 통하여 제공하고 있음.

2010년 3월, 지역난방 사용 증대와 그 중요성 인식 확대를 위하여 [The Household Energy Management Strategy], [Warm Homes], [Greener Homes], 등의 다양한 정부 가이드라인을 발표 함. 그리고 신·재생에너지 사업분야를 정책적으로 육성하기 위하여 신재생 에너지를 사용하는 소규모 발전에 재정적 보상을 해주는 Feed-In-Tariff (2010년)를 그리고 신재생에너지로 만들어진 열에 대한 보조금인 Renewable Heat Incentive (2011년) 등의 재정적 지원책을 소개 하여 해당 분야 사업 활성화를 촉진 시킴.

나. 친환경주택인증제도의 보급

친환경주택인증 (The Code for Sustainable Homes)은 온실가스 감축효과가 큰 친환경건축물의 보급 활성화를 위해 마련된 제도 임. 평가는 건물 설계 단계의 '예비평가'와 건물 준공 후 운용단계의 '본평가'로 구분되며, 9 개 영역 (에너지와 탄소방출/수자원/자재/우수저장/폐기물/오염/건강 및 복지/관리·운영/생태)을 중심으로 세부항목과 이에 해당하는 취득가능 점수 및 가중치가 설정되어 최종점수가 계산 됨.

점수는 6 단계로 구분하며, 최종 평가확인서를 통해 해당 주택의 각 영역별 점수 내역을 확인 할 수있도록 하고있음. Level1(36점이상)은 최소 법규를 만족시키는 수준, Level 3 (57 점 이상)는 현재의 우수한 설계 및 기술력 적용, Level 6 (90 이상)는 탄소배출이 제로인 고도의 지속가능한 주택에 부여되도록 등급화하고 있음. 2006년 정부가 발표한 친환경주택인증에 대한 10년 로드맵에 따르면, 2016년부터 건축되는 모든 주택은 정부가 정한 무(無)탄소 요건을 의무적으로 이행하여야 함.

다. 기후변화대응네트워크 구축 및 협력증진

1990년 후반 영국의 그린벨트 해제 시안을 평가하면서 도시 및 농촌 개발계획에 권위 의 기반을 구축한 도시·농촌개발계획학회 (Town and Country Planning Association, TCPA)는 학회 회원을 중심으로 저탄소 도시계획의 싱크탱크 역할을 하고 있음. 그 예 로 2009년 조직된 에코발전그룹 (Eco-development Group, EDG)은 지방 공무원, 지 자체도시계획위원회 및그밖에 개발전문가를중심으로생태중심개발에대함양 한 형태와 크기에 대하여 의견을 교환하고 개선사항을 지속적으로 논의하고 있음[10]. EDG 그룹은 현재 지역 재개발사업이나 신도시개발 사업에 대한 자문 역할 뿐만아니라, 혁신적 지역 리더십을 통하여 저탄소 주택 3만 6천호 건설이라는 야심찬 계획을 추진 중 임.

1997년 창설된 기후변화 예측·적응 연구교류조직 (UK Climate Impacts Programme, UKCIP)은 지역별 기후변화 영향 및 대응 전략 수립에 대한 연구 및 의견교환을 지원함. 기후변화와 관련된 의사결정 연구는 과학자와 정책 결정권자 사이 직접적 의견교환을 통하여 이루어지며, 연구 결과는 국가, 시·도 및 소규모 지역의 개발사업에도 활용되고 있음.

온실가스 저감과 기후변화 대응을 위하여 지방정부의 적극적인 정책적 노력을 지속시키기 위하여 2000년 ‘노팅햄선언 (Nottingham Declaration)’을 발표하고, 2012년 현재까지 300개 이상의 지방정부가 선언문에 서명하였음. 그리고 지방정부를 지원하기 위한 웹기반 온라인 지원책으로 ‘Nottingham Declaration Action Pack(NDAP)’이 보급하고 있음. 구체적인 실천 지침 개발의 필요성을 인식한 영국 지역사회 지방정부부 (Department of Communities and Local Government, DCLG)가 2011년 8월과 9월에 걸쳐 154 지방정부의 대표자를 상대로 수요조사를 실시하였고, 그 결과를 반영하여 2012년 중 지역적 기후변화 대응 전략인 “Climate Local - a local commitment to action on climate change”를 발표할 계획임.

SWOT 분석

	강점(S)	약점(W)
	내부 환경 분석 - 개발과 성장 위주에서 지속가능한 녹색성장으로의 패러다임 변화에 대한 정부 대응 의지 확고 - 건설도시 분야의 환경부하 저감에 대한 산·학·연·관 의 관심 증대 및 정부의 최근 R&D 투자 확대 - 국내 탄소배출권 거래제 시행(예정)에 따른 시장 창출 가능성 증대	- 탄소 및 온실가스 중심의 저감 기술위주 개발 집중 - 시공단계 위주의 건설자재 및 장비 사용에 관한 탄소 저감 기술 개발은 활발하나, 다양한 설계 대안에 대한 환경부하 평가를 위한 의사결정지원도구 부재 - 친환경 기술개발 분야의 인프라 부족
	기회(O)	위협(T)
	외부 환경 분석 - 삶의 질(쾌적성) 개선에 대한 요구 증대로 건설 분야 에서 환경가치의 중요성 확대 - 건설부분 온실가스 저감 대책은 주로 건축물 사용단계에 초점, 도시차원에 환경 부하 저감 대책 요구 증대 - 도시에너지 저감에서 기존건축물의 효율적인 에너지 절약 및 환경부하 저감에 대한 필요성 증대 - 기후변화대응 체계 협상에서의 주도적인 역할 선점 기후변화 관련 - 신시장 개척 및 신산업 창출	- 주요 선진 국가들의 온실가스 저감을 위한 관련법 제정, 정책 및 투자 계획 확대와 함께 관련 기술개발에 박차 - 국내 건설기업의 경제성 위주의 사업 추진 및 환경가치에 대한 인식 미흡으로 인한 보행자 쾌적성에 관한 인식부족 - 미래 기후변화 미대비시 국제적 고립 우려 - 조기대응부족시국가적 비용 부담 가중

제3장. 연구 수행 내용 및 성과

1. 연구개발 흐름도

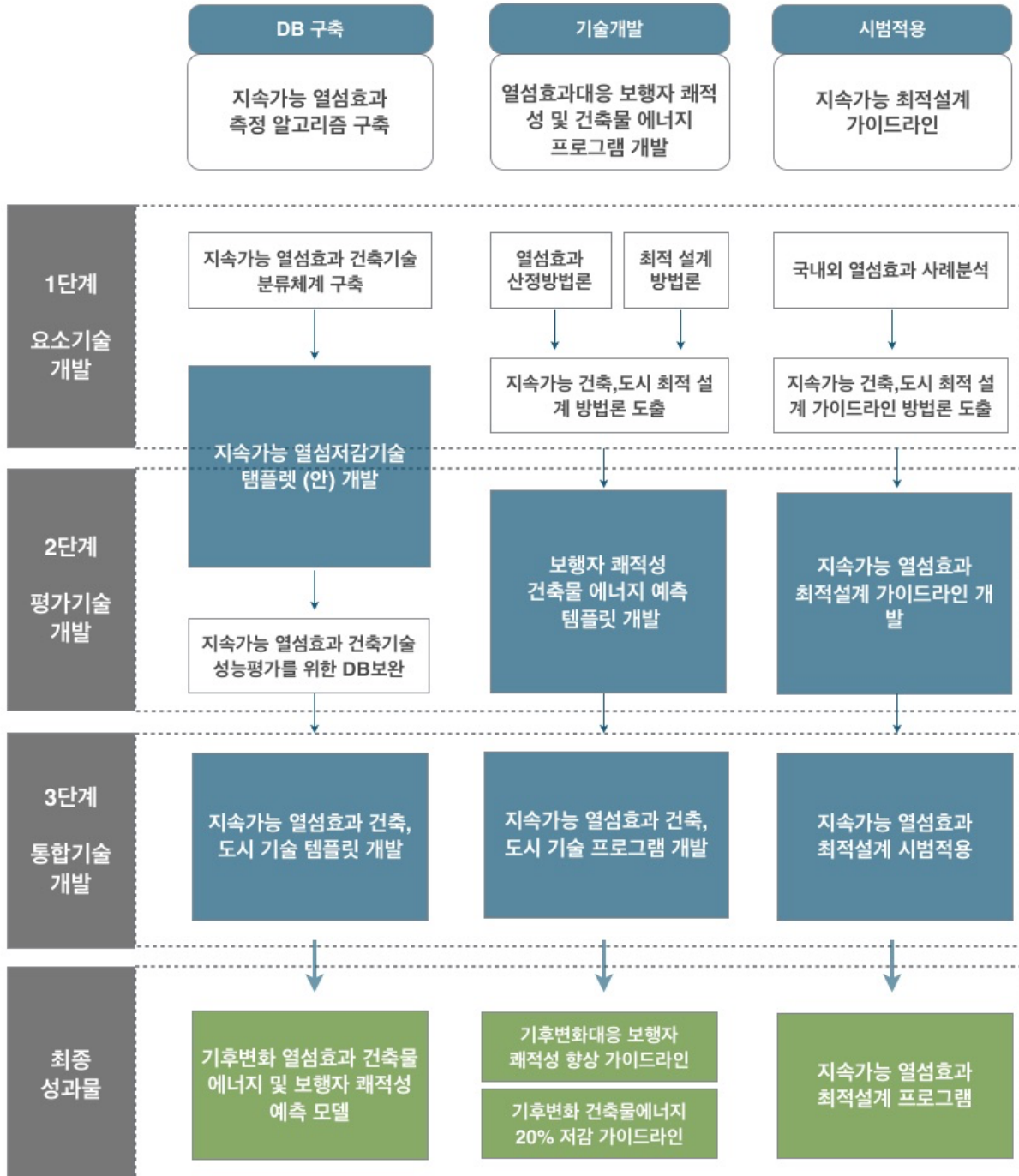


그림 1 연구개발 흐름도

2. 연구개발 단계에 따른 세부연구내용

가. 핵심성과명: 기후변화 열섬현상 예측모델

연 차	주요연구활동	세부 연구내용
핵심과제명 : 기후변화 대응형 도심 보행자 쾌적성 및 건물에너지 예측 모델		
1단계 (기반연구)	기후데이터 분석 및 건축물 요소를 통한 미세기후 분석	■ 최적화 실외 설계기법 연구 ① 빗환경, 열환경에 순응하는 최적화 설계방안 수립 ■ 건축물요소의 최적 통합설계 기법 ① 기존 연구사례/분석 및 적용방안 ■ 실용가능한 외피재료 및 실외 최적화 시스템 개발 방안 수립 ① 국내외 실내 빛, 열환경 문헌조사 ② 해외 다양한 모델 제안/검증 및 기후변화대응 시나리오
2단계 (시스템 개발)	사용자 쾌적성을 적용한 실외환경연구	■ 실내 사용자 쾌적성- 환경영향 평가 방법론 구축 ① 온열환경을 설문조사 및 시뮬레이션 평가 알고리즘 ② 시각적 쾌적성을 위한 빗환경 평가연구 ③ 쾌적성을 증가시키기 위한 실내평면 연구
3단계 (성능검증)	에너지절감을 위한 시스템으로의 확대 발전	■ 미래기후변화 시나리오적용 도시 쾌적성 매핑 적용 ■ 미세기후 및 건축물 영향분석 및 매핑 알고리즘 확립

나. 핵심성과명

연 차	주요연구활동	세부 연구내용
핵심과제명 : 기후변화 대응형 도심 보행자 쾌적성 30% 향상을 위한 가이드라인		
1단계 (기반연구)	건물외피 최적화에 따른 환경부하저감 형 최적설계 시스템	■ 외피최적화에 따른 에너지 및 온실가스 저감 적용방안 ① 외피재료에 활용된 재료 및 유지관리에 관한 문헌조사 ② 평가방법 및 성능기반설계 적용 ■ 최적화 시스템 반영 환경부하저감형 평가모델제안/검증 ① 설치, 유지관리등 전과정 성능평가
2단계 (시스템 개발)	도시 미래기후 매핑 시스템	■ 기후변화에 의한 쾌적성 평가를 위한 알고리즘 구축 ■ 보행자 쾌적성 측정을 위한 지수의 확립 및 평가방법론 구축
3단계 (성능검증)	에너지절감을 위한 통합적 시스템으로의 확대 발전	■ 건축물 에너지 및 외부쾌적성 지수를 예측하는 통합시스템 구성 (안) 수립 ① 시뮬레이션을 이용한 다양한 건축요소(외피디자인)와 환경요소 간의 연계성 분석 및 에너지 예측

다. 핵심성과명: 열섬대비 건물외피 최적화를 통한 건물 에너지 20% 저감기법

연 차	주요연구활동	세부 연구내용
핵심성과 : 열섬대비 건물외피 최적화를 통한 건물 에너지 20% 저감기법		
1단계 (기반연구)	건물외피 최적화에 따른 환경부하저감형 최적설계 시스템	■ 외피최적화에 따른 온실가스 저감 적용방안 ① 외피재료에 활용된 재료 및 유지관리에 관한 문헌조사 ② 평가방법 및 성능기반설계 적용 ■ 최적화 시스템 반영 환경부하저감형 평가모델제안/검증 ① 설치, 유지관리등 전과정 성능평가
2단계 (시스템 개발)	도시 미래기후 매핑 시스템	■ 미래기후변화 시나리오적용 도시 쾌적성 매핑 적용 ■ 미세기후 및 건축물 영향분석 및 매핑 알고리즘 확립
3단계 (성능검증)	통합설계 시스템 개발 및 가이드라인 (평가/검증)	■ 통합도시 설계 및 건축물 디자인 가이드라인 제시 ① 외피디자인을 통한 건물 에너지 검증실험 및 매핑 ② 시스템 요구사항 검토 및 반영 ■ 사용자 외부 쾌적성을 고려한 환경영향평가 프로그램개발 및 검증 ■ 미래기후대비 통합설계 디자인 프로그램 개발/검증 ① 건물성능설계와 환경영향평가의 통합시스템 ② 현장적용성 성능 평가

제4장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

1. 목표 달성도

구분	내용
최종 목표	■ 건물외피 최적화에 따른 환경부하저감형 최적설계 시스템 ■ 통합설계 시스템 개발 및 가이드라인 ■ 도시 미래기후 적응 시스템 제안
세부 목표	■ 외피재료에 활용된 재료 및 유지관리에 관한 문헌조사 ■ 평가방법 및 성능기반설계 적용 ■ 최적화 시스템 반영 환경부하저감형 평가모델제안/검증 ■ 시스템 설치가능성, 유지관리등 전과정 성능평가 ■ 미래기후변화 시나리오적용 도시 쾌적성 매핑 적용 ■ 미세기후 및 건축물 영향분석 및 매핑 알고리즘 확립 ■ 외피디자인을 통한 건물 에너지 검증실험 및 매핑 ■ 시스템 요구사항 검토 및 반영 ■ 건물성능설계와 환경영향평가의 통합시스템 ■ 현장적용 평가 및 보급

○ 기후변화에 대한 건물에너지 및 보행자 쾌적성 설계를 위한 가이드라인의 저널제출여부로서 성과를 평가

○ 건물외피 최적화를 통한 건물에너지 저감을 위한 방법론은 저널 여부로서 성과를 평가

○ 열섬현상에 관한연구가 각 분야별로 진행중. 다양한 분야(기상학, 도시설계등)에서 서로간의 정보공유를 통한 연구의 교류가 가능성이 보임. 기상청에서 제공하는 10년간의 기후데이터 및 미래 기후변화 시나리오에 따른 정보를 바탕으로 본 연구에서 제안하는 건축물 에너지 저감 및 외부 쾌적성 향상에 관한 수치적 변화로 평가를 할 예정임. 예를 들어 도시열섬완화를 위한 옥상녹화 활성화방안연구는 도시적 측면에서 접근하며, 기상학에서는 기후변화에 대한 시나리오를 제안하여 건물 에너지와 보행자의 쾌적성에 적용하여 체계적인 접근이 가능해짐. 그러나 아직은 통합적으로 열섬현상을 도시 건축물에 적용 및 미래에너지를 예측하는 사례는 아직 없음. 소프트웨어의 발달로 건물과 보행자를 쾌적성의 관찰이 가능해짐.

○ 기후변화대응 도심환경 개선 기술 기여함. 30% 도심 쾌적성 향상 기술.

도심열섬 대책 지원방안 및 정책제안은 기존/ 신축건축물의 에너지 20% 저감 기술 가이드라인

환경부하가 크면서 온실가스감축 효과가 큰 건축물 외장재 및 파사드 디자인 가이드라인으로 건물부문 상계 온실가스 저감 및 과 저비용 고효율 에너지사용 저감 개발을 촉진할 것으로 기대됨.

리모델링 건축물이 건설되는 환경 및 용도별 설계/시공/운영·유지관리/해체·폐기단계의 목적지향의 지속가능 리모델링 건축기술 가이드라인 제안이 가능하며 이를 통해 지속가능 성능기반의 리모델링 건축물 활성화 기여

○ 최소 성과 목표 - (기초원천, 창조형 모험 분야만 해당)

성과지표	성과목표	최소성과목표	1,2차년도 달성
SCI(E)급 학술지 게재(2점)	1건	1건	1건
일반학술지게재(1점)	4건	2건	2건
소계(점수)	6점	4점	4점

2차년도 목표

세부 연구 목표 (연구계획서의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
국제저널지 (SCIE)	50%	100%	목표달성
국제저널지 (Scopus)	50%	100%	목표달성
합계	100점	100%	

2. 관련 분야 기여도

가. 기술적 측면

- 기후변화대응 도심환경 개선 기술 기여함. 30% 도심 쾌적성 향상 기술.
- 도심열섬 대책 지원방안 및 정책제안은 기존/ 신축건축물의 에너지 20% 저감 기술 가이드라인 및 유도.
- 환경부하가 크면서 온실가스감축 효과가 큰 건축물 외장재 및 파사드 디자인 가이드라인으로 건물부문 상제 온실가스 저감 및 과 저비용 고효율 에너지사용 저감 개발을 촉진할 것으로 기대됨.
- 리모델링 건축물이 건설되는 환경 및 용도별 설계/시공/운영·유지관리/해체·폐기단계의 목적지향의 지속가능 리모델링 건축기술 가이드라인 제안이 가능하며 이를 통해 지속가능 성능기반의 리모델링 건축물 활성화 기여
- 건물부문 온실가스 감축목표 달성을 위한 지속가능 리모델링 건축부문의 중장기적인 온실가스 감축계획 수립을 위한 소프트웨어로의 발전 및 리모델링 주택 민간기업(건설회사, 설계사무소 등)에서 사용 가능한 공개 소프트웨어로도 연구 확장 가능.

나. 경제적/산업적 측면

- 잠재력이 큰 리모델링 시장에 적용가능하며 침체된 건축산업을 활성화할 수 있으며, 지속적인 성장을 기대할 수 있음
- 기존 건축물 위주의 건축산업 패러다임 변화로 인하여, 신축에서 기대할 수 없었던 고용창출효과를 가져올 것으로 사료됨.
※ 영국의 경우 기후변화대비 건축물의 리모델링 촉진정책으로 커다란 고용창출 효과를 가져왔음.
- 기후변화 대응 리모델링 촉진으로 건축물에 대한 적합한 유지관리를 통한 사용성 및 내구성이 향상되고 간접적으로 국가자원 낭비를 예방함

- 기후변화에 대응하여 향후 건축물의 지속적인 환경부하 저하 효과를 통해 간접적으로 국가자원 낭비를 예방
- 기존건축물의 지속가능 기후변화대응 최적설계 프로그램 개발을 통해 국제적 수준의 목표 온실가스 저감, 건물의 수명확보 및 경제성을 만족시키는 최적의 지속가능 리모델링 기술을 최적설계 프로그램 확보

다. 환경 및 사회적 측면

- 온실가스 감축 잠재력이 매우 큰 기존건축물 및 도시차원에서 미세기후의 개선 및 에너지 성능개선을 통하여 건물부문 국가 온실가스 감축 목표달성의 현실화가 기대됨.
- 도심 주거환경의 개선으로 연동되어 활기찬 도시 쾌적한 환경을 유도할 수 있음. 구체적인 가이드라인의 활용으로 즉각적 주거환경의 개선
- 건축물 사용자 및 도시사용자의 온열환경 쾌적성(30%) 증가로 인한 활기찬 도시와 건축물 에너지 (20%) 저감의 기술을 확보함
- 온실가스 배출저감의 필요성 인식 및 국민의식 고취를 통해 미래 지향적 지속가능 리모델링 건축기술의 기틀 마련
- 주택개조지원 방안구축 및 주거정비사업 프로그램지원을 통한 지역재생발전 가능
- 노후건축물의 에너지 성능개선을 통하여 건물부문 국가 온실가스 감축 목표달성의 현실화 가능

기술적	경제적	정책적
- 기존 및 신축건축물의 에너지절감을 위한 기상데이터 제공 (미래기후 예측) - 통합적 설계 시스템 개발을 통하여 친환경 기술 및 방법론 필요 - 최적화 디자인 연구가 실증모델 및 현장검증을 동시에 진행하여 연구적 시행착오의 최소화 - ICT기반의 통합적 설계기반 마련	- ICT활용 기후예측으로 신재생에너지의 시장성 확대 및 활용기대. - 신규시장 창출및 기술확보를 통한 경쟁력확보 - 성능기반설계 기술을 선점하여 직접적인 경제효과 창출 - 리노베이션건물과 신축건물에 정확한 에너지 수요 및 소비 예측.	- 일관성있고 효율적인 건축물 에너지 정책 및 방향성 제시 - 국가 온실가스감축및 에너지 절감 목표에 부합 - 향후 건축물 건설 환경정책에 이 정표 제시
첨단기술, 세계적 기술	기술선점에 따른 시장선점효과	국가 에너지 정책 참여

그림 2 관련 분야 기여도

제5장. 연구개발성과의 활용계획

1. 연구결과의 활용방안

본 연구는 1단계로 “기후변화대응 열섬효과 측정 알고리즘 구축”, 2단계로 “열섬효과대응 보행자 쾌적성 및 건축물 에너지 프로그램개발”, 3단계 “지속가능 최적설계 통합기술 개발”을 통해 각 차년도의 연구성과에 대한 활용방안을 다음과 같이 정리할 수 있음.

[국내/외 논문게재]

- 본 연구결과는 SCI급 논문을 포함한 다수의 학술논문 투고와 리모델링 관련 전문가 교육을 실시할 수 있으며 특허 및 프로그램 등록 등의 지적재산권 확보 가능

[특허출원/등록]

- 본 연구결과의 “기후변화대응 쾌적성 30% 향상 및 건축물 에너지 20% 저감 최적설계 프로그램 및 설계 가이드라인 개발”은 국가 차원의 온실가스 배출량 감축, 에너지효율 향상을 통한 지속가능한 개발을 위한 제도 및 정책 수립 시 건설산업의 환경부하(CO₂) 절감 목표 평가 및 달성 방안 도출에 활용될 수 있으며 본 연구에서 제안한 지속가능 리모델링 최적설계 가이드라인을 근간으로 국가/건설구조물의 CO₂ 절감 정책 수립 가능

[기타성과]

- 본 연구 “기후변화대응 쾌적성 30% 향상 및 건축물 에너지 20% 저감 최적설계 프로그램 및 설계 가이드라인 개발”을 통해 산학연구비, 기술이전, 해외방문연구, 외국과학자 유치, 국제공동연구, 국내 학술회의, 국제학술회의 개최 등의 성과 기대 가능

가. 국가/정책적 측면 : 지속가능한 국가발전에 기여하는 건설분야 정책의 전개

- 노후건축물의 리모델링시 기후변화 대응한 온실가스 배출량 저감 대책을 위한 제도운영의 기술적 근거 도출
- 목표 지속가능성(목표 온실가스/수명/경제성)을 만족시키시는 최적의 지속가능 리모델링 건축기술을 전생애주기 관점에서 제시해주는 기존건축물 리모델링과 재생에너지 연계 최적설계유도
- 도시개발에 대한 에너지 소비량 저감과 환경오염물질의 배출저감을 위한 심의

나. 산업/기술적 측면 : 국제 경쟁력이 있는 기후변화를 고려한 지속가능한 리모델링 최적설계에 활용

- 노후건축물 리모델링 건설 산업을 위한 지속가능 리모델링 최적설계 방향 및 기업의 효율적인 판단기준 제공
- 전생애주기를 고려한 지속가능 리모델링 최적설계 기술 확립을 통한 관련 산업분야의 지

속가능성 기술개발 촉진과 함께 건설분야의 지속가능 개발 관련 국제 경쟁력 제고

다. 지역/경제적 측면 : 미세기후에 적용 및 지역활성화 유도 (보행자 쾌적성을 통한) 건축기술 적용 및 건설시장 활성화 역할

- 지역 주요 구성요소인 노후건축물의 리모델링시 최적의 기술적용을 통한 에너지사용 저감량 및 온실가스 배출량을 정량화한 경제성 평가
- 2009년 기준 15년 이상 경과 리모델링 요구되는 기존주택 680만세대, 2030년 이후 리모델링 시장규모는 전체시장의 약60%로 성장할 것으로 예상됨에 따라 국내 지속가능 리모델링 시장의 규모에 따른 미래기후변화 대비에 경쟁력 확보 가능

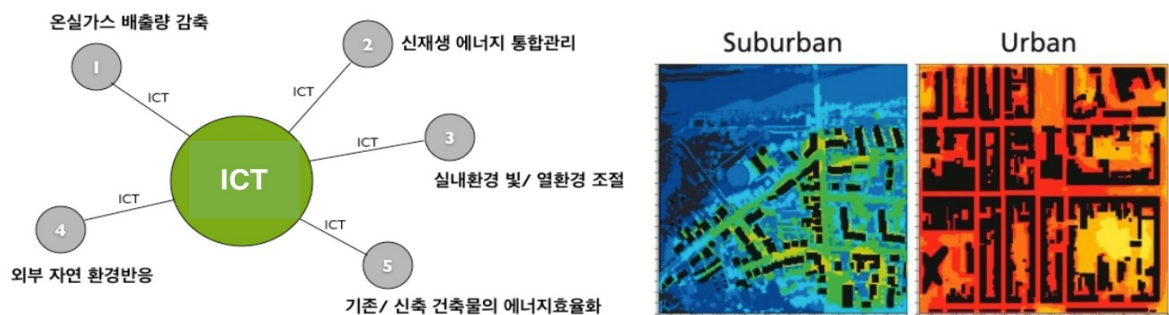


그림 3 기후변화 영향 및 도심 열섬 온도 분포도 (독일 Envi-met 프로그램)

2. 미래 기후 적응을 위한 대응방안

가. 기후 변화를 고려하는 계획의 중요성

적절하게 배치된 녹색 에너지의 공급을 지원하는 것 외에도 효율적인 공간 계획은 온실 가스 배출에 영향을 줄 수 있으므로 기후 변화에 대한 성공적인 대응의 중요한 부분임. 그렇게함으로써 지역 계획 당국은 대기 환경을 보호하는 것이 대기 환경을 보호하는보다 광범위한 문제와 함께 적절히 고려되도록 해야함. 계획은 개발의 위치, 혼합 및 디자인을 통해 기후 변화 영향에 대한 탄력성을 높일 수 있음.

기후 변화 해결은 국가 계획 정책 프레임 워크가 계획 수립과 의사 결정을 뒷받침 할 것으로 기대하는 핵심 토지 이용 계획 원칙 중 하나임. 지역 계획은 이 원칙을 반영하고 국가 계획 정책 기본 방침의 정책에 따라 지속 가능한 개발을 제공 할 수 있어야함. 여기에는 지방 당국이 기후 변화 법 2008의 조항 및 목표에 따라 기후 변화를 저감하고 적응하기위한 사전 예방 적 전략을 채택하고 기후 변화를 포함한 전략적 우선 순위를 제공하기 위해 협력해야하는 요구 사항이 포함됨

지방 계획의 준비 과정에서 이 기본 계획을 고려해야하는 법적 요구 사항 외에도 지방 계획 당국은 기후 변화와 그 영향을 다루기 위해 계획된 지방 계획에 정책을 포함시키는 법적인 의무가 있음. 이는 계획 수립 자에 대한 지속 가능한 개발 의무와 이웃 계획이 지속 가능한 개발의 성취에 기여할 것이라는 기대를 보완함. 국가 계획 정책 프레임 워크 (National Planning Policy Framework)는 기후 변화에 대응하는 것이 지속 가능한 개발의 경제적, 사회적 및 환경 차원의 핵심이라고 강조함.

• 건축설계 및 디자인 참여자들이 알아야 할 기후 변화 및 관련법안

건축계획은 지방 계획 당국이 해당 지역 계획에 지역 도시 건축계획의 토지 개발 및 사용이 저감 및 적응에 기여하도록 고안된 정책을 포함시켜야함. , 기후 변화". 이것은 지역 계획이 검토될 때 고려 사항임.

기후 변화 법 2008은 1990년 수준에서 2050년까지 우리나라의 온실 가스 배출량을 최소한 40% 줄이기 위한 법적 구속력 있는 목표를 수립함. 이 목표를 향한 진로를 추진하고 목표로 삼기 위해, 이 법안은 2020년을 포함하는 기간 동안 탄소 배출량의 연간 균등 가치가 적어도 1990년의 34%보다 낮은 목표를 포함하여 탄소 예산 검토.

이러한 요구 사항은 영국의 기후 변화 위험 평가와 전국 적응 프로그램 보고서에 의해 충족되며, 이는 계획 수립에 유용한 정보를 제공 할 수 있음.

• 지역 계획을 통해 기후 변화의 문제점 해결방안

기후 변화 저감 및 적응 목표를 각 도시별 지역 계획에 통합/ 적용하여 효과적 결과유도. 지속 가능성 평가는 2008년 기후 변화 법에서 기후 변화와 저감목표에 대한 법적 의무에 따라 적절한 전략을 수립하는데 도움이 될 수 있음.

나. 온실 가스 감축을 통한 기후 변화 저감 사례 :

- 여행의 필요성 감소 및 지속 가능한 운송 제공
- 재생 가능 및 저탄소 에너지 기술 기회 제공
- 분산 된 에너지 및 난방 기회 제공
- 자연순응 솔라 패널 설계와 같은 건물의 에너지 소비를 줄이기위한 저탄소 설계 접근

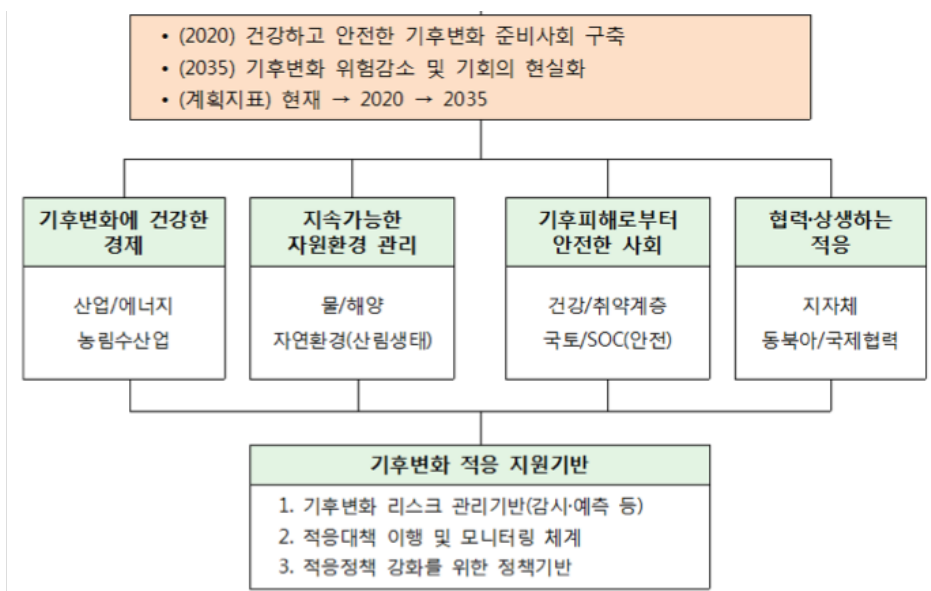


그림 4 각 부처별 기후변화 준비사항 (자료: 관계부처합동 2011)

리스크는 사건의 발생 가능성 (Possibility)과 발생결과 (Consequence)로 정의되며 (IPCC, 2012) 리스크 방정식은 문헌에서 다양하게 표기됨.

기후변화로 인한 잠재적 영향과 규모는 어느 누구도 예측을 정확하게 할수가 어려우므로 기후변화는 리스크(위험도)로 인식하여 이를 평가하고 관리하는 경향을 가지고 있음.

최근 선진국에서는 기후변화의 불확실성에도 불구하고 이에 대한 예방조치로써 리스크관리 (Risk Management)의 개념 및 접근방식을 도입하고자 하는 노력을 진행함.

표 1 국가기후변화적응대책 (2011~15) 건강분야 폭염 관련적응대책

분야	추진과제	세부과제	적응사업
건강	폭염 및 자외선 적응	폭염 및 자외선 건강영향 평가 및 감시체계 구축	• 폭염의 건강영향 감시 및 취약성 평가체계 구축
			• 고온건강경보시스템에 따른 질병감시체계 구축
			• 자외선의 건강영향평가 실시
		폭염 및 자외선 피해 저감대책 마련	• 노인 등 취약계층 집중 보호대책 수립 및 추진
			• 폭염 취약군 건강관리지침 및 폭염대응 매뉴얼 개발 보급
			• 폭염의 취약성을 고려한 건축물과 도시계획 모델 수립 연구
			• 폭염저감을 위한 도시생태 네트워크 개선 등 시범사업 추진
			• 자외선 피해 저감대책 마련

자료: 관계부처 합동(2011).

다. 우리나라 기후변화 폭염 대응종합 대책

중앙재난안전대책본부는 소방방재청을 중심으로 폭염상황관리체계를 확립하고 폭염 피해 예방 및 신속한 대응을 위해 2005년 이후 매년 5월에 1년 단위로 폭염대응종합대책을 수립 추진하고 있음. 하지만 폭염대응종합대책은 폭염이 발생하는 매년 6월 1일부터 9월 30일까지 4개월간 운영하면서 폭염특보가 발령되는 시기에 운영되고 있는 것이 특징임. 덧붙여서 이러한 폭염특보는 최고기온을 사용하여 국민건강 등에 미치는 영향 정도에 근거해서 폭염경보와 폭염주의보가 발령되는 특징이 있음.

기상청의 폭염특보에 따라 폭염대응종합대책(표1)은 각 기관별로 담당업무에 따라 수립 운영되는데, 매년 관계부처별 주요 추진사항들을 명시하고 있음. 폭염 대비 관계부처의 중점추진사항을 수행하는 부서는 교육부, 산업통상자원부, 보건복지부, 국토교통부, 환경부 등임. 주로 보건복지부가 노약자, 홀로 사는 노인 등 응급환자 발생대비 응급진료체계를 구축하며, 독거노인 생활실태 파악 및 보호관리 시스템 구축, 폭염 예견 시 도우미 활용, 외출자제 등 행동요령 설명 및 건강상태 점검, 영유아 보호를 위해 보육시설 안전관리 매뉴얼 보급 및 보육시설 종사자 중심의 행동요령 교육 실시 등 고령자, 독거노인 등 취약계층 보호대책 실시를 중점적으로 진행하고 있음.

1) 국가기후변화 적응대책 (2011~15)

기후변화 적응을 통한 안전사회 구축 및 녹색성장 지원을 위한 국가기후변화적응대책은 저탄소 녹색성장기본법 제48조 제4항 및 동법 시행령 제38조에 의해 관계부처와 협의 하여 5년 단위 적응대책 수립 시행이 명시되어 있음. 이에 2011년 국가기후변화적응대책에 따라 중앙부처 세부시행계획(2011~15)이 마련되었으며, 폭염 관련 대책의 경우 주로 건강 부문에 집중되어 있으며 영향 부문별로도 세부과제가 제시되어 있음. 폭염 피해가 개인의 건강, 사회문제 야기 및 경제와 산업까지 악영향을 미칠 수 있음을 살펴보았으며, 이에 대한 사례로서 주된 영향인 건강영향, 환경 질의 변화, 그리고 사회기반시설의 영향에 대해서 정리하였음. 더불어 폭염으로 인한 취약계층은 건강영향 측면, 나아가 지역사회 주민의 복지 측면에서 생리적인 특성뿐만 아니라 거주환경, 지역사회 특성 등에 의해서도 나타날 수 있음을 언급하였음(Hess et al., 2012).

국내 국가기후변화적응대책의 폭염 관련한 대책에 대해 건강 분야를 포함한 재난/재해, 농업, 산림, 물관리, 기후변화 감시 및 예측, 적응산업/에너지, 그리고 교육 홍보 및 국제협력과 관련한 추진과제를 정리함.

2) 기후변화에 따른 건물의 영향

대부분의 건물은 수십년 동안 지속되고 사용되어야하기 때문에 기후의 예상되는 변화는 특히 기후 대응 설계에서 고려해야 할 관련 측면임. 기후 변화는 기후 자원의 에너지 및 쾌적성 요구의 가능한 변화를 반영하고 따라서 기후 반응 설계 전략을 따른다.Dutch Meteorological Institute (KNMI)는 기준 기간 1981-2010 (KNMI, 2014, KNMI, 2015)과 비교하여 약 2050년과 2085년 동안 인간이 유발 한 기후변화를 정량화하는 다양한 기후 시나리오를 생성했음. 기후변화 네 가지 시나리오 (대기 온도 상승과 대기 순환 변화에 대한 두 가지 가능한 모든 값의 조합)와 두 가지 시간 범위 (2050년)를 고려한 다양한 기후 지표 (예 : 온도, 강수량, 및 2085). 다른 시나리오는 자연적 변화를 수반하며 '네덜란드의 기후변화 가능성이 있음'을 나타냄.

네 가지 시나리오와 두 가지 시간대 모두에서 전반적인 기온이 상승하여 겨울이 더 온화하고 겨울이 더 짧아짐. 2050년 겨울철 평균 기온은 여름에는 1.1 ~ 2.7 °C, 1.0 ~ 2.3 °C로 증가 할 것으로 예상됨 25 °C 이상의 기온을 가진 따뜻한 여름날의 수는 기준 기간의 21 일에서 2050년 26 일에서 36 일로 증가 할 것임. 태양 복사량이 약간 증가하면 과열 방지를 포함하여 냉방 필요성이 커짐. 더 중요.

그러나 대지와 야간 주변 대기의 잠재력은 계속해서 실용적인 냉방 자원임. 토양 온도는 평균 주변 온도의 발달과 함께 유지되며 평균 온도의 예상 증가는 기준 온도 10.1℃에 비하여 1.0℃와 2.3℃ 사이에 있으므로 특정 깊이의 토양 온도는 안락 지대. 2050년 밤 20℃를 넘는 기온이 거의 비슷할 수 없기 때문에 가까운 대기 시간의 냉방도 기준 시간과 동일하게 적용됨

바람과 물의 기후 자원과 관련하여 기후 시나리오에서 다음과 같은 변화가 예상됨 겨울철의 풍속 변화는 2050년 -2.5 %에서 0.9% 사이, 2085년에는 -2.5%에서 2.2% 사이로 추정됨. 전체 강수량은 2050년에는 2.5 %에서 5.5% 사이, 2085년에는 5%에서 7% 사이로 증가 할 것임. 전반적인 여름은 더 건조해질지라도 겨울철 극한과 여름철의 강수 또한 증가함. 두 경우 모두 기후 반응 설계 전략에 최소한의 영향을 미칠 것으로 예상됨

돌이켜 보면, 1951 ~ 1980년의 이전 기간과 관련하여 1981 ~ 2010년 기준 기간 동안 평균 기온은 0.9℃ 상승했고 태양 복사량은 2.3 % 증가했음. 표2는 환경요소들의 변화와 주의점들을 정리하였음.

표 2 기후변화에 따른 환경요소

환경요소	주의해야 할 점
도시 패턴, 녹지, 자연광 기하학	- 건물 외벽 (새도우 캐스팅 등)에 대한 태양 광 액세스는 자연순응 및 능동 태양 전략의 잠재력을 결정함. 조밀하게 지어진 지역에서 태양 수확은 건물 피부의 낮은 수준에서 바닥까지 제한됨 최상층 층과 지붕은 여전히 태양에 잘 노출 될 수 있음. 현장의 초목은 건물에 대한 일광 차단 기능을 제공하여 태양광의 목적에 도움이됨
도시 지역, 지형, 식생 및 풍향 및 속도 분포	- 도시 협곡 및 도시 캐노피의 바람 거동은 자연 환기 및 풍력 발전 가능성을 결정함. 밀도가 높으면 자연 그대로의 공기가 건물 주인에게 흘러 가게 되고, 거리 수준의 기류는 제한됨 명백한 우세한 바람 방향이 없을 때 바람은 다른 방향에서 바람을 '잡을'수 있는 전략을 사용하여 가장 잘 수확됨 지형과 식물은 건물에 대한 바람 접근을 차단할 수 있으며 이는 풍 대 감사의 목적에 도움이 될 수 있음.
연간 온도 분포, 토양 구성 및 지표 표지	- 토양의 얇은 층의 에너지 교환 가능성. 얇은 심도의 토양 조성은 토양 온도는 계절의 대기 온도 경향을 따른다. 건물 바로 아래에서 에너지 균형은 건물의 열 흐름에 의해 공급됨
연평균 기온, 토양 구성 및 지하수 유출량	- 토양의 더 깊은 층의 에너지 저장 잠재력. 10m 이상의 깊이에서의 토양 온도는 매우 안정적이며 그 지역의 연평균 기온에 가까움. 또한 지하수는 토양의 에너지 균형에 영향을 주어 오랜 기간 동안 가열 (또는 냉방) 잠재성을 높임.
대기 온도 분포 (극한값, 평균값) 및 태양 기하학	- 건물의 일반적인 열에너지 균형의 주 조정 요소. 초기 디자인의 가열 및 냉방 요구 사항을 탐색하려면 빠른 스캔 방법을 사용함.
과열에 대한 가능성이 높은시기의 태양 경로	- 빠른 스캔 방식을 사용하면 시간대와 시간대에 따른 예방 대책의 필요성을 파악할 수 있음. 고정 된 음영 장치는 해당 태양 각도에서 태양 복사를 차단함.
건축입면에 자연 채광 접근	- 주간의 전략적 사용은 추가적인 전기 조명의 필요성을 최소화함.
물의 존재 여부, 식생과 함께 한 것인지의 여부	- 물의 존재는 증발 효과로 인해 직접적인 주변 환경에 냉방 효과가 있음.

3) 변화하는 기후에 적응

- 개발의 수명 기간 동안 리스크가 이해되도록 개발 현장을 할당 할 때 미래의 기후 리스크를 고려
- 개발의 평생 동안 홍수 위험 및 해안 변화에 대한 설계 대응의 영향 및 영향을 고려
- 수자원 효율을 증진하고 수질을 보호하기 위한 개발 및 설계 응답의 평생 동안 물과 물 인프라의 가용성 고려
- 개발 및 공공 영역을 위한 설계 정책에서의 적응 접근법을 촉진

적응 및 저감 방법을 어떻게 통합하는가는 중요함.

지역 계획을 준비하고 계획 결정을 내릴 때 지역 계획 당국은 적응과 저감 접근법을 통합하고 지속 가능한 발전을 지원할 수있는 '윈 - 윈' 해법을 찾는데 특히 주의를 기울여야 함. 이것은 다양한 방법으로 달성 될 수 있음. 예를 들면 다음과 같음.

건물의 자연 환기를 통한 여름 냉방을 극대화하고 태양광 발전을 피함.

3개의 에너지원 (냉방, 열 및 전력 통합)를 포함하는 지역 난방 네트워크를 통합.

도시의 열섬을 줄이고 홍수를 관리하며 기후변화에 적응하는 데 도움이 되는 다기능 녹색 기반 시설을 제공하고 사람들이 걷고 순환하도록 만드는 쾌적한 환경에 기여할 수 있음.

지역 기획 당국은 부적응 (도움이 되는 것보다 해로울 수있는 적응)의 위험을 인식하고 피해야 함. 예를 들어, 여름에 과열에 대한 영향을 고려하지 않고 겨울에 태양광 발전을 극대화하기 위해 건물을 설계하는 것은 조심해야 함.

지속 가능성 평가 및 필요한 경우 환경 영향 평가는 에너지 저감과 더불어 환경적응 수단의 통합과 장기적인 활용을 하는데 유용하게 이용될 수 있음.

- 건설개발에서 적응을 촉진 할 때 미래 대비한 기후 위험의 불확실성을 어떻게 대처하는 것이 중요함.

이를 위해서는 기후 변화의 영향은 현실적으로 고려되어야함. 그렇게함으로써 지역 계획 당국은 다음 사항을 준비할 수가 있음.

기후 리스크에 대한 고비용 지출이 없고 저비용으로 대응가능: 다양한 효과를 동반하는 것에 투자유도 할 수 있음. 생물 다양성과 어메니티(생활편의시설)를 향상시키는 녹색 기반 시설과 같은 다른 혜택을 제공하는 등등 미래의 적응을 허용 할 수있는 **유연성**을 갖추어야함. 예를 들어 하천에서 새로운 개발을 다시 시작하여 향후에 홍수 방어를 개선하는 것을 추가하는 것은 어렵지 않음. 전생애에 걸친 기후 변화 위험에 대한 개발의 **잠재적 취약성을 파악**하고 대비가 필요.

- 기후 변화로 인한 위험의 증거는 지역 계획 수립을 지원하는 데 사용성 (활용성)의 극대화.

기후 변화 위험 평가는 지속 가능성 평가에 정보를 제공하여 지역 계획의 생산을 지원할 수 있음.

지역 위험 평가는 기상 이변에서 발생하는 위험을 포함하여 기후 위험을 식별하는 데 사용할 수 있으며 계획 시스템이 해결할 수 있음. 위해성 평가는 건설 환경 및 개발, 기반 시설, 서비스 및 생물 다양성에 대한 활용과 그로 인한 취약 집단 및 지역 사회 응집력에 대한 후속 활용을 고려할 수 있음. 지역 서비스 제공에 대한 잠재적 인 위험이나 혼란을 야기하는 영향을 확인하면 취약성을 평가하고 개발에 적합한 영역을 식별하고 적응 대응을 실시 할 수 있음.

지역 계획의 증거 자료의 다른 부분에는 전략적 홍수 위험 평가 및 수자원 관리 계획 및 수자원 연구와 같은 기후 변화 위험에 대한 정보도 포함됨 인프라 제공 업체는 공급망의 범위와 네트워크 제약 및 기존 네트워크 및 용량 계획에 대한 정보를 보유하고 있음. 다른 서비스 제공 업체는 건강 및 사회 서비스 제공 업체와 같은 계획에 영향을 미치는 위험 평가를 수행했을 수도 있음.

지역 연구는 또한 기후 영향 및 극심한 기상 현상의 영향에 대한 지역 취약성에 대한보다 상세한 평가를 제공하기 위해 수행 될 수 있음.

- 건물의 지속 가능성과 제로 탄소 건물에 대한 정부의 국가 표준 필요성

국가 계획 정책 프레임 워크는 정부의 제로 탄소 빌딩 정책과 일치하는 방식으로 건물의 지속 가능성에 대한 현지 요건을 설정하고 국가 표준을 채택 할 때 지역 계획 당국이 기대함. 현지 요구 사항은 적절한 파트너와의 계약에 따라 지역 계획의 일부를 구성해야하며 견고하고 신뢰할 수있는 증거를 기반으로 하고 생존 가능성에주의를 기울여야함. 이와 관련하여 기획 당국은 신규 주택과 관련된 현지 요구 사항을 고려할 때 주택 기준 검토에 대한 정부의 결정을 고려해야함.

다른 건물의 지속 가능성에 대한 현지 요구 사항에 대한 정책을 고려할 경우, 지역 기획 당국은 국가적으로 기술 된 표준 및 개발 가능성에 영향을 미칠지 고려할 것임. 더 자세한 지침은 생존 가능성에서 찾을 수 있음.

4) 미래기후변화와 자연순응디자인

양질의 자연순응 디자인은 지속 가능한 발전의 핵심 요소임. 국가 계획 정책결정 방향은 (National Planning Policy Framework) 디자인의 질이 중요하며 모든 계획에 걸쳐 표준을 수립해야함을 인식함. 핵심 계획 원리로서 계획 작성자와 의사 결정권자는 항상 고품질 디자인을 확보해야함.

자연순응 디자인을 달성하는 것은 기후변화에 유연하게 대처하여 모든 사람들에게 잘 작동하고, 보기 좋게, 오래 지속되고, 미래 세대의 요구에 적응할 수있는 장소, 건물 또는 공간을 만드는 것임.

자연순응 디자인은 장소의 기능과 컨텍스트 (장소만의 정체성)를 드러내며 실용적이고 창조적인 방식으로 설계할 수 있음. 단기간뿐 아니라 장기간에 걸쳐 토지, 물, 배수, 에너지, 공동체, 경제, 기반 시설 및 기타 원천으로 최대한 활용할 수 있음.

가) 자연순응 디자인은 :

- 지속가능한 디자인으로 인한 개발이 광범위한 계획 목표를 달성 할 수 있도록 보장

- 다른 것들의 형태와 기능을 고려하여 품질의 건물과 공간을 향상시킵니다. 효율성과 효과 및 웰빙에 미치는 영향
- 호의적으로 다른 용도에 대한 필요성을 강조함.

나) 계획 수립을 통해 훌륭한 디자인이 전달되는 방법

지역 계획 당국은 지역 계획에서 채택 된 정책을 통해 설계 품질을 보장해야함. 좋은 디자인은 좋은 계획에서 분리 할 수 없으며 계획을 세우는 과정의 핵심에 있어야함.

국가 계획 정책 프레임 워크 (National Planning Policy Framework)는 지역 계획이 해당 지역에 예상되는 개발의 질을 설명하는 강력하고 종합적인 정책을 개발할 것을 요구함. 지역 계획 당국은 적절한 설계 기회와 정책을 확인하기 위해 증거 기반의 일부로서 지역의 특성을 평가하고 이해할 필요가 있음.

이러한 디자인 정책은 지역 비전을 개발하는 데 도움이됨 그들은 사이트를 선택하고 개발 능력을 평가하는 데 도움을 줄 것임. 그들은 타운 센터 전략 수립 및 지속 가능한 운송 솔루션 개발에 유용 할 것임. 모든 장소, 건물 및 공간에 대한 고품질의 디자인을 확보하기 위한 것임.

다) 좋은 디자인 가이드 및 개발 제안을 가이드라인 / 설계기법으로 제안

가이드라인은 국가 및 지역 정책에 명시된 좋은 설계 요건을 반영해야함. 지역 계획 당국은 지역 계획 정책, 국가 정책 및 기타 중요한 고려 사항에 따라 계획 제안의 설계 품질을 평가함.

지역 계획 당국은 설계를 고려해야하며 불량 설계 개발을 위한 허가를 거부해야함. 지역 계획 당국은 이 지역에서보다 일반적으로 디자인 표준을 높이는 데 도움이 되는 뛰어난 디자인이나 혁신적인 디자인에 큰 비중을 두어야함. 이것은 혁신적인 건축 자재 및 기술의 사용을 포함 할 수 있음. 기존의 도시 경관과의 활용성 (양립성) 대한 우려로 인해 좋은 디자인으로 그러한 우려가 완화 된 경우 (우려가 지정된 유산 자산과 관련되어 있고 그 영향으로 인해 발생할 수있는 경우가 아닌 한) 높은 수준의 지속 가능성을 장려하는 건물 및 기반에 대해서는 계획 허가를 거부해서는 안됨. 제안의 경제적, 사회적 및 환경적 이익보다 중요하지 않은 자산 또는 그 설정에 대한 중대한 손해).

라) 지역 기후변화에 대한 대비

지역 기후의 에너지 잠재력은 기후 반응 설계의 원동력임. 이러한 잠재력과 어떻게 구축 된 환경이 자체 미기후 환경을 조성 및 유도하는 것이 중요.

예를 들어, 도시 환경에서의 건물 외벽에 대한 태양 접근은 수동적이고 능동적 인 태양 전략의 가능성을 결정함. 조밀하게 지어진 지역에서 태양 수확은 건물 피부의 낮은 수준에서 바닥까지 제한됨 최상층 층과 지붕은 여전히 태양에 잘 노출 될 수 있음 (표3).

표 3 건물에너지 대응을 위한 방안 : 기후 및 문맥 상황관련

환경요소	가이드라인
도시 패턴, 식물 및 태양 기하학	건물 외벽 (새도우 캐스팅 등)에 대한 태양광 액세스는 자연순응 및 액티브 태양광의 잠재력을 결정함. 조밀하게 지어진 지역에서 태양 수확은 건물 피부의 낮은 수준에서 바닥까지 제한됨 최상층 층과 지붕은 여전히 태양에 잘 노출 될 수 있음. 현장 식생은 건물에 대한 태양 접근을 차단할 수 있으며 태양 차광의 목적에 도움이 될 수 있음.
도시 패턴, 지형, 식생 및 풍향 및 속도 분포	도시 협곡 및 도시 캐노피의 바람 거동은 자연 환기 및 풍력 발전 가능성을 결정함. 밀도가 높으면 자연 공기가 건물 옥상 위로 흐르고 거리 수준의 공기 흐름은 제한됨 명확한 지배적 인 바람 방향이 없을 때 바람은 가장 좋은 방법으로 수확 할 수 있음. 다른 방향에서 바람. 지형과 식물은 건물에 대한 바람 접근을 차단할 수 있으며 이는 풍력 선별 검사의 목적에 도움이 될 수 있음.
연간 온도 분포, 토양 구성 및 지표 표지	토양의 얇은 층의 에너지 교환 가능성. 얇은 심도의 토양 구성과 토양 온도는 계절의 대기 온도 경향을 따른다. 건물 바로 아래에서 에너지 균형은 건물의 열 흐름에 의해 공급됨
연평균 기온, 토양 구성 및 지하수 흐름	토양의 더 깊은 층의 에너지 저장 잠재력. 10m 이상의 깊이에서의 토양 온도는 매우 안정적이며 그 지역의 연평균 기온에 가까움. 또한, 지하수 흐름은 토양의 에너지 균형에 영향을 미치며, 장기간 동안 가열 (또는 냉각) 잠재력을 높이거나 불어 넣음.
대기 온도 분포 및 태양 기하학	건물의 일반적인 열에너지 균형 요소. 초기 디자인에서 냉난방을 위한 에너지 요구량 간략한 검토가 매우 중요
과열에 대한 가능성이 높은시기의 태양 경로	빠른 스캔 방법을 사용하면 시간대와 시간대에 따른 예방 조치의 필요성을 매핑 할 수 있음. 고정 된 음영 장치는 해당 태양 각도에서 태양 복사를 차단함.
건축입면에 자연 광 접근	일광을 전략적으로 사용하면 추가적인 전기 조명이 필요하지 않음.

3. 통합설계를 위한 방법론 제안

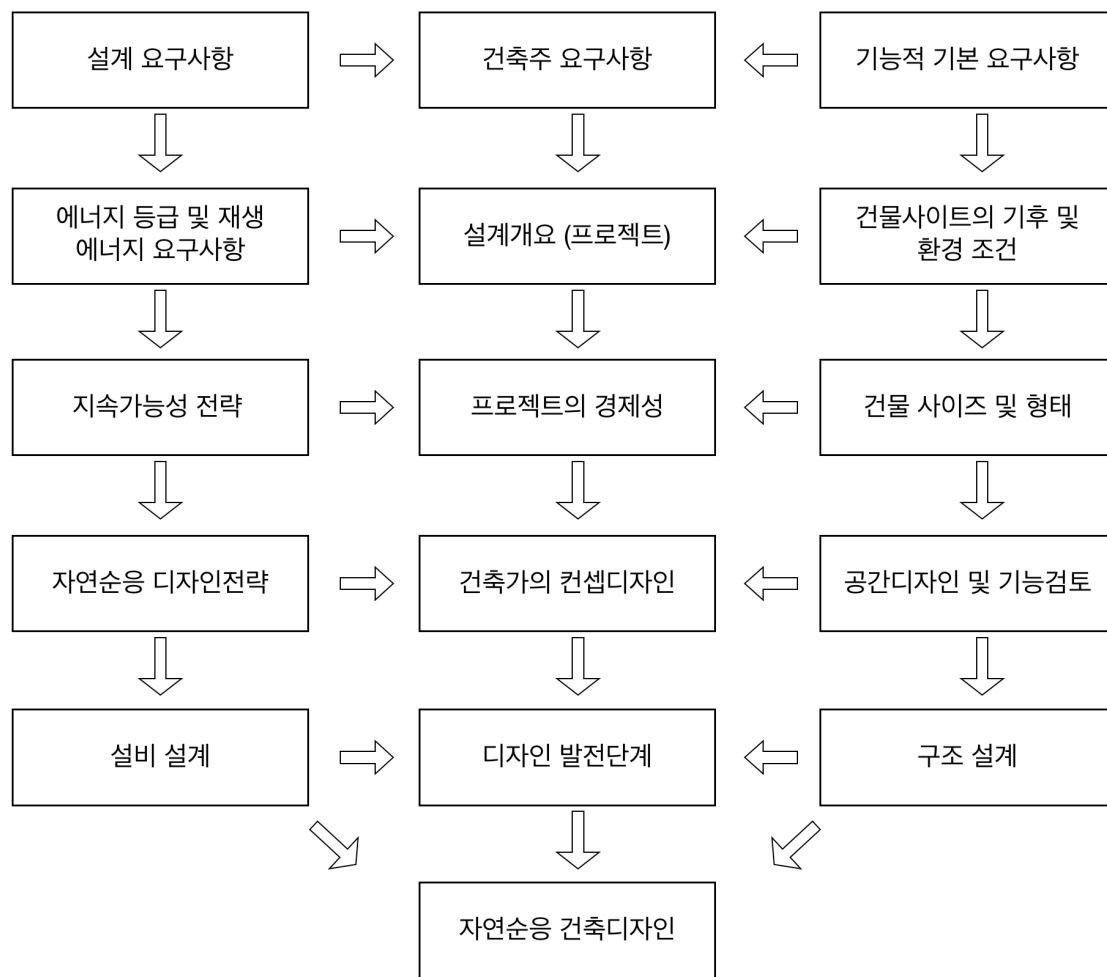


그림 5 환경대응 설계 방법론

가. 친환경 (자연순응) 설계가 달성 할 수있는 계획

사람들이 장소와 상호 작용하는 방식을 디자인함. 디자인은 계획 프로세스의 일부일 뿐이지 만 좋은 디자인을 요구하는 것 이상의 경제적, 사회적 및 환경 적 목표에 영향을 미칠 수 있음. 계획 정책 및 결정은 물리적 환경이 이러한 목표를 지원하도록 보장해야함. 다음 사항을 고려해야 함(그림5).

- 지역 캐릭터 (조경 설정 포함)
- 안전하고 연결되어 있으며 효율적인 거리
- greenspaces (공원 포함) 및 공공장소 네트워크
- 방법
- 보안 대책
- 접근 및 포함
- 천연 자원의 효율적인 사용
- 응집력 있고 활기찬 지역

1) 계획은 지역 특성 (조경 설정 포함)을 촉진해야함.

개발은 지역 특유의 개발 패턴, 지역 인조 물 및 자연 유산 및 문화에 대응하고 적절한 혁신을 방해하거나 낙담시키지 않으면서 도시 경관과 풍경의 인격을 장려해야함.

주변 개발과 관련된 모든 형태의 새로운 개발을 성공적으로 통합하는 것은 사이트가 도시 외곽지 또는 타운 중심부의 중심에 있는지 여부와 관계없이 중요한 목표임.

새로운 개발을 생각할 때 사이트의 토지 형태를 고려해야함. 자연적 특징과 지역 유산 자원은 개발을 구체화하고 더 넓은 지역에 통합하고, 지역 특유의 힘을 강화하고 유지하며, 자연에 미치는 영향을 줄이고 장소 감각에 기여할 수 있음. 더 큰 사이트를 들여다보고 나가는 시각은 디자인 과정의 시작부터 신중하게 고려해야함.

지역 건축 형태 및 세부 정보는 장소의 독특한 특성에 기여함. 이들은 디자이너의 범위를 반드시 제한하지 않고 새로운 개발에서 성공적으로 해석될 수 있음. 표준 솔루션은 특유의 정체성을 만들거나 특정 사이트를 최대한 활용하지 않음. 로컬 재료, 건축 방법 및 세부 사항의 사용은 현지 진화 디자인 향상에 사용하는 경우 지역 특수성에 중요한 요인이 될 수 있고, 더 또한 현대적인 디자인에 사용할 수 있음. 그러나 혁신적인 디자인은 낙담해서는 안됨

성공적으로 폭 넓은 개발 환경에 통합하는 데 도움이 고품질의 하드와 소프트 조경 디자인을 위한 기회는 조심스럽게 이 제안의 구조를 보완하고 도시 경관이나 풍경의 전반적인 품질을 향상 보장하기 위해, 처음부터 고려되어야함. 좋은 조경 설계는 지역의 자연 감시를 도울 수 있고, 공공 및 사설 공간을 차별화하고, 적절한 경우 보안을 강화하는 데 도움이 될 수 있음.

2) 계획은 안전하고 연결되어 있으며 효율적인 거리를 조성유도.

거리의 대부분은 이미 존재하며 변경되거나 관리되는 방식이 계획을 세울 수 있는 통제 범위에 포함되지 않음. 그러나 대규모 개발은 중요한 건물 또는 설립 지역의 토지 이용 변화가 기존의 거리로 변경을 요구하는, 그들의 성격과 기능을 변경 수 있지만, 새로운 거리를 포함 할 가능성이 있음.

기획 정책과 결정은 이 지역의 특성과 용도를 뒷받침하는 거리를 만들어야함. 이것은 비 수송 활동을 수용하기 위해 교통 경로로서의 그들의 역할과 지역 공공 공간으로서의 그들의 중요성을 모두 고려하는 것을 의미함.

개발 제안서는 서로 적절히 연결되고 이동하기 쉬운 장소를 만들어 접근 가능성과 안전한 지역 노선을 촉진해야함. 매력적이고 잘 연결된 투과성 거리 네트워크는 더 많은 사람들이 걷고 지역 목적지로 순환하도록 권장함.

이러한 이유 때문에 모든 사람들이 기능적으로 접근 할 수 있도록 거리를 설계해야하며, 공공장소에서 안전하고 매력적이어야 하며 공학적 고려 사항에만 반응해서는 안됨 그들은 교통 관리 고려 사항뿐만 아니라 도시 디자인 특성을 반영해야하며, 지역적으로 적절한 운동 및 장소 기반 활동의 혼합을 조정하고 균형을 맞추도록 설계되어야함.

예를 들어, 서비스 차선을 포함 가로수는, 정면은 여전히 중앙 차선 내에서 트래픽 용량의 높은 수준을 제공하는 동안, 건물 및 그들은 생성 주차 및 장소 기반 활동에 직접 액세스를 제공하여

지속적인 개발을 지원할 수 있음. 마찬가지로 홈 영역은 낮은 속도에서 차량의 움직임을 통해 허용 보행 우선 순위를 여행 모드로 순환하고 충족하기 위해 주민들을 위한 공간을 제공함으로써 지역 사회와 주거 거리에서 드라이버 지역의 요구 사이에 균형을 달성하기 위한 하나의 방법임.

도로는 안전한 행동, 여행 모드와 원활하고 효율적인 교통 흐름 사이의 효율적인 교환을 지원하도록 설계되어야함. 전송 사용자 계층 거리 디자인의 모든 측면 내에서 적용되어야함 - 먼저 가장 취약한 사용자의 요구를 고려 : 보행자, 자전거 그런 다음, 대중교통 사용자, 구급차 등 차량과 같은 전문 차량이 거리에 더 많은 사람들이 개인 안전과 도로 안전을 향상시킬 수 있음. 연구에 따르면 보행자가 있기 때문에 운전자가 더 천천히 안전하게 여행 할 수 있음. 건물과 나무 레이아웃 프레임과 묶어 거리, 보행자와 짧은 라인 사이트의 높은 시각적 효과는 모든 도로 안전을 지원하는 데 도움이 될 수 있음.

도로가 아닌 (변경 금지) 부동산 관리 계약에 고정되는 것이 아니라, 채용 기준에 내장되어 개발 내에서 사용하기보다 다양한 시간이 지남에 개발 될 수있는 가능성이 있음.

3) 계획은 녹색 공간 (공원 포함) 및 공공장소 네트워크를 촉진해야함.

개발은 가족, 장애인 및 노인을 포함한 모든 사용자에게 매력적이고 접근 가능하며 안전하고 정리 된 공공장소 및 경로를 효과적으로 홍보해야함. 자연의 특징을 존중하고 쉽게 접근 할 수있는 열린 공간과 녹색 공간의 시스템은 귀중한 지역 자원이 될 수 있으며 성공적인 장소를 창출하는데 도움이됨 나무 및 반 자연 서식지를 포함한 고품질의 경관은 해당 지역의 품질에 중요한 기여를 유도함.

공공장소는 목적을 염두에 두고 설계되어야하며 가능한 범위 내에서 다양한 사회적 및 환경 적 목표를 제공해야함. 거리, 광장, 공원, 광장, 초록색 등 다양한 형태를 취할 수 있으며 다양한 기능 (예 : 비공식, 시민, 레크리에이션, 상업용)을 제공 할 수 있음. 기능이 없는 개발 후 남아있는 공간은 낭비되는 자원이며 정체성의 장소를 손상시킬 수 있으며 범죄 및 반사회적인 행동이 발생할 가능성을 높일 수 있음 (기능에는 비공식 공간 및 캐릭터를 추가하는 디자인 요소가 포함될 수 있으며, 공식적인 기능적 사용에만 국한되어서는 안됨). greenspaces가 보행 경로, 자전거 도로, 광장 및 자연 및 강 회랑의보다 넓은 녹색 네트워크에 통합되면 이점이 향상됨

4) 계획은 천연 자원의 효율적인 사용을 촉진해야함.

구조, 레이아웃 및 디자인은 그들의 에너지 수요, 물, 토지 걸릴 측면에서 리소스 요구 사항의 장소를 줄이는 데 도움이, 그리고 자연스럽게 시설을 사용하고 지역 여행 수요와 에너지 수요 내에서 줄일 수 있음 보유한 혼합 생태계를 유지 할 수 있음.

장소가 튼튼하고 적응력이 있는지 확인하면 시간이 지남에 배가 고픈 자원을 줄일 수 있음. 예를 들어 고가의 미래의 변화에 대한 필요성을 줄이기 위해 수요 예측 가능한 변화를 고려해야 (상수도, 하수도, 배수, 가스, 전기, 케이블, 전화, 도로, 보도, 주기 방법과 공원 포함) 인프라 서비스 개발의 레이아웃 .

레이아웃 및 건물과 재배의 디자인은 에너지와 물 사용을 줄이고, 홍수, 오염에 난방을 통해 완화 할 수 있음.

자연순응 태양 디자인은 가열 및 냉방을 위한 태양 에너지의 사용을 최대화하기 위해 건물의 부지 선정과 디자인임. 자연순응 솔라 디자인은 건축 자재 및 공기의 자연적 특성을 이용하여 가열 및 냉방에 필요한 추가 에너지를 줄임. 정책은 가능한 한 많은 건물에 좋은 태양 액세스를 허용하도록 사이트를 격려 할 계획 할 수 있음. 태양 광 자연순응 디자인의 잠재적 이익은 도심 부지 선정과 레이아웃에 의해 실현 될 수 있음. 예를 들어, 접근 도로는 주로 남북의 유통을 실행하는 지역의 수 동서를 실행하고 열 손실의 상승을 줄이기 위해 유리를 마주 북쪽 최소화.

자연순응 태양 디자인 원칙은 주거 및 상업 개발에 동등하게 효과적으로 적용 할 수 있음. 자연순응적 인 디자인은 여름에 과열뿐만 아니라 겨울에 난방의 필요성을 줄여 가능성을 고려하는 것이 중요함.

과열과 공조의 필요성을 피할 수 있도록 다양한 설계 솔루션을 고려할 수 있음. 예를 들어, 자연 환기를 극대화 열 질량의 높은 수준, 그늘 재배하여 자연순응 냉방 지붕 오버행 높은 태양의 각도에 대한 음영, 스마트 유약 재료를 제공하는 것임. 도시 열섬 효과 건물 녹화 음영 건물 또는 식물에 대한 공기 유량과 광을 이용하여 반사면을 장려 거리 레이아웃 사이에 충분한 공간을 허용함 (예를 들면, 감소 될 수 있음).

나. 자연순응 (패시브) 디자인 단계시 계획 응용 프로그램에서 :

계획 응용 프로그램 및 제안의 진화 과정에서 좋은 디자인을 달성 할 수있는 방법 제안.

- 사전 토론
- 디자인 및 목표 설정
- 디자인 검토
- 디자인 코드 (정보데이터)
- 응용 프로그램에 대한 결정
- 계획 조건 및 계약의 사용 및 구현

1) 사전 신청 토론 사용

사전 구현 토론은 사이트에 적용될 디자인 정책, 요구 사항 및 매개 변수에 대해 토론 할 수있는 기회임. 지방 당국은 자신이 가장 중요하고 느끼는 디자인 문제를 설명하고 개발자가 자신의 목표와 포부를 설명 할 수 있음. 디자인 프로세스의 초기 단계에서 제안 된 개발의 설계에 정보를 제공하고 영향을 줄 수 있으면 나중에 제안된 수정을 구현하는 것보다 효율적임. 특히 주요 제안과 관련이 있는 경우 더욱 필요함.

지방 당국은 집안의 숙련되고 경험이 풍부한 직원, 외부 컨설턴트 또는 설계 검토 토론자로부터 의견을 이끌어 낼 수 있음. 현지 기획 당국은 사전 신청 서비스의 일환으로 적절한 경우 설계 검토 제공을 고려해야함.

2) 디자인 및 목표설정

설계 및 접근 성명서는 계획 승인 및 계획된 건물 동의서에 대한 신청서를 첨부 한 간결한 보고서임. 제안 된 개발이 사이트 및 해당 설정에 대한 적합한 응답이며 예상 사용자가 적절하게 액세스 할 수있는 방법을 설명하는 응용 프로그램 프레임 워크를 제공함. 어떤 응용 프로그램이

Design and Access 문을 수반해야하는지에 대한 정보와 여기에 포함되어야하는 내용은 여기에서 찾을 수 있음.

3) 디자인 검토 사용 / 기존건축물

디자인 검토는 좋은 디자인을 홍보하기 위해 시험되고 검증된 방법이며 품질을 향상시키는 효과적인 방법임. 지역 계획 당국은 제안서 평가 및 높은 수준의 설계 지원을 위해 지역 설계 검토 제도를 마련해야함. 지방 당국은 적절한 경우 주요 프로젝트에 국가 설계 검토를 의뢰해야함. 기존건축물의 외부디자인의 변경정도를 결정후 내부 에너지와 재료에 대해 검토. 디자인 검토는 신청 초기 단계에서 가장 효과적이며, 대부분의 경우 지방 당국은 사전 신청 서비스의 일환으로 이를 청구함.

지방 당국은 다양한 방식으로 설계 검토를 시작할 수 있음. 예를 들어, 자체 설계 검토 토론자를 지정하거나 다른 지역 당국과 자원을 공유하거나 외부 조직에 아웃소싱 할 수 있음. 개발자는 설계 검토 토론자를 거치지 않고도 계획 권한을 신청할 수 있음. 그러나 계획은 거부 될 가능성이 적음.설계 검토의 목적은 새로운 개발의 설계 품질을 향상시키는 것임. 응용 프로그램을 평가할 때 지역 계획 당국은 설계 검토 패널의 권장 사항을 고려해야함.

4) 디자인 코드 (정보데이터)사용

디자인 코드는 장기간 개발에서 여러 당사자가 참여하는 복잡한 시나리오에 특히 유용한 세부 디자인 유형임. 코드는 새로운 개발과 관련된 프로세스를 단순화하여 관련된 모든 사람들에게보다 확실하게 제공하고 고품질의 장소를 만드는 데 도움이 될 수 있음. 코드 작성을 통해 조직과 지역 사회 는보다 효과적으로 함께 일할 수 있으므로 모든 사람들이 어떤 장소를 만들고 싶어하는지에 대한 합의를 도출 할 수 있음.

디자인 코드는 주로 처방 수준 (그들이 수정 한 것과 유연한 것으로 남겨 두는 것)과 운영 규모에 따라 다름. 그들은 새로운 토양 개발을 형성하기 위해 지역 단위로 사용하는 것이 적절할 수 있음. 그것들은 주거, 상업, 혼합사용, 도시 또는 도시 일부의 재개발, 열린 공간, 경관 또는 공공 영역 요구 사항을 포함한 모든 개발 유형에 적용될 수 있음. 디자인 코드는 다른 상황에서 사용될 수 있음. 예를 들어 특정 지역에서의 확장, 변경 등과 같은 반복적 인 미성년자 주거 계획 응용 프로그램의 설계를 안내하는 것이 적절할 수 있음. 그들은 종종 채택 된 마스터 플랜에 연결됨

좋은 코드를 준비하는 것은 기술적 특수성과 필요한 것에 대한 간결한 설명 사이의 균형을 찾는 것임. 최상 및 가장 효과적인 코드 중 일부는 매우 짧음. 설계 규약은 장소의 특정 요구 사항을 포착하고 이해 관계자가 각 개발에 대해 고유 한 장소로 전체적으로 함께 생각하도록 권장함. 기존 건축물 (리모델링)은 특히 지역 계획 당국과 개발자는 고품질 결과를 제공하는 데 도움이 되는 설계 코드 사용을 고려해야함.

그들은 거대하고 복잡한 현장에서 설계 결과를 조정하여 일관된 지역 협의 비전을 제공하고자함. 다중 소유권이 있는 대규모 사이트 및 / 또는 개발이 단계적으로 이루어질 수 있고 둘 이상의 개발자 및 설계 팀이 개입 될 수있는 일관성을 유지하고자함.

코드는 계획 응용 프로그램에 제출할 때 신청자가 사용할 수 있음. 개발의 최종 설계에 유연성을 유지해야하는 경우 (예 : 개발이 자체 / 맞춤형 주택 계획 인 경우 미래 주택 소유자의 선호도).

구현 속도를 높이고 책임감 있는 혁신을 억제하고 유연성을 제공하기 위해 가능한 경우 디자인

규약을 과도하게 처방하지 말고 장소 및 다양성에 대한 감각을 조장해야함 (현지 상황이 다른 접근법을 명확하게 정당화 할 수없는 경우 제외).

코드는 간결해야하며 필수 요소를 신중한 구성 요소와 신중하게 구분해야하며 모호한 포용 선언문을 피하고 불필요한 전문 용어를 사용하지 않아야하며 핵심 기술 용어의 사용을 정의해야함. 디자인 코드는 계획 응용 프로그램 프로세스의 일부로 가장 자주 사용되지만 다음과 같은 다른 시점에서 사용할 수 있음.

공식적 입양을 통해, 주로 지역 계획 또는 이웃 계획을 통해;

건축 주문에 대한 공동 권리 또는 지역 개발 명령 또는 이웃 개발 명령의 일부로 통합 됨; 및 개발 약정 및 약정을 통한 자유 권리의 행사.

접근 방법의 선택은 지역 상황과 코드 발기인의 목표와 포부에 달려있음.

5) 응용 프로그램에 대한 의사 결정 사용

계획 응용 프로그램에 대한 결정은 개발 계획의 설계 목표를 명확하게 지원해야함. 지방 당국이 설계 근거로 신청서를 거절한다고 결정한 경우 결정에 대한 명확한 설명이 있어야함.

6) 계획 계약 및 조건 사용

설계 프로세스는 허가를 받은 후에도 계속됨 지방 당국이 상세한 설계 이슈가 계획의 수용 가능성의 핵심이라고 생각하면, 이러한 조건을 사용할 수 있음. 이는 사이트의 민감성, 기존 속성과의 관계 또는 허가 때문에 발생할 수 있음. 조건이 전달 될 디자인의 확실성을 향상시키는 데 사용될 수 있지만, 지역 계획 당국은 각 조건이 국가 계획 정책 프레임 워크 정책의 6 가지 테스트를 충족시키는 지 확인해야함.

벽돌과 같은 재질에 대한 매우 상세한 사양을 규정하는 조건은 필요한 경우가 아니면 예를 들어 유산이나 디자인이 필요할 때 사용해서는 안됨 지역 계획 당국은 수용 가능한 대안을 허용 할 수있는 유연성을 구축함으로써 지나치게 엄격한 조건을 피할 수 있음. 이는 자재 공급 부족이 있거나 혁신적인 적절한 대체 접근법 (예 : 현장 외 공사)을 장려하는 경우에 특히 유용함.

다. 디자인 지침

기후 대응형 건물은 문맥, 건축 및 기술 솔루션을 단일 디자인으로 결합한 통합 건물 개념을 형성하여 쾌적함 요구와 에너지 제공 사이의 시너지 효과를 찾음. 복잡한 특성으로 인해 디자인 퍼즐에는 일반적으로 하나 이상의 적합한 결과가 있음. 이러한 모든 설계 옵션은 입법 또는 고객 요구에 의해 결정되는 경계 조건, 일련의 설계 목표 및 제약 사항의 영향을 받음. 기후 반응 설계에서 주요 목표는 지역 환경의 에너지 잠재력을 활용하여 만족스러운 (기능적) 실내 환경을 창출하는 것임.

디자인의 경계 조건은 지역 환경의 에너지 잠재력의 사용을 제한 할 수 있음. 이러한 조건에는 편의성, 접근성, 기능성, 안전성 및 지속 가능성에 대한 제한이 포함됨 이러한 조건 중 일부는 규정에 정의되어 있으며 법적으로 구속력이 있음. 기타 조건은 고객이 설정하며 협상 할 수 있음. 쾌적성은 기후 반응 형 디자인의 출발점이므로 쾌적함 요구 사항은 최종 디자인 옵션을 포함함. 교장 또는 디자인팀이 변경하게 되면 목표를 세워 더 높은 수준의 쾌적함을 요구할 수 있음. 이렇게 하면 디자인 옵션의 양이 더욱 좁혀 질 것임. 최종 디자인은 재무, 성능 및 아키텍처와

같은 2차 설계 목표를 충족시키는 데 가장 적합한 선택된 설계 옵션임.

1) 분석적 가이드라인 : 가능성과 한계의 탐색

기후에 반응하는 건물 개념은 다양한 문맥, 건축 및 기술 설계 솔루션을 단일 설계로 통합함. 기본 기후 반응 설계 원칙을 적용하는 복잡한 특성으로 인해 설계 프로세스의 초기 단계에서 기후 반응 설계 개념 (즉, 기후 반응 설계 원칙에 따라 에너지 개념)을 개발하는 것이 기본임.

2) Analysis 분석

개념 개발의 실제 프로세스에 앞서 모든 에너지 및 편의성과 관련된 설계 작업의 가능성과 한계를 탐구해야함. 가능한 모든 디자인 옵션을 포함하는 경기장이 그려짐. 이 첫 번째 분석 단계는 개념 개발의 창조 프로세스에 대한 초기 입력을 생성함. 분석 단계는 다음과 같은 부분으로 나눌 수 있음.

- 공간적 및 기능적 경계 조건 식별
- 사용자 관련 목적 및 제약 식별
- 지역 기후 잠재력 목록

설계 작업의 세부 사항 인 설계 개요에는 에너지 개념에 영향을 미치는 많은 공간 및 기능 요구 사항이 포함되어 있음. 예를 들어 수확 될 고정 된 양의 에너지 만 있기 때문에 특정 건물의 에너지 잠재력으로부터 각 건설 단위가 '요구할 수있는 부분'을 결정하는 요구 된 건물 밀도를 취함. 이러한 요구 사항과 에너지 개념에 미치는 영향을 파악하는 것이 분석 단계의 첫 번째 부분임(표4).

표 4 공간 및 기능 경계 조건과 에너지 개념에 미치는 영향

Boundary condition	설명	가이드라인
장소 선정 및 계획안	장소에서의 자연 순응 에너지 잠재력은 설계보다 대해 다른 것보다 더욱 클수가 있음. 그러나 많은 설계 사례에서 조성은 이미 디자인원칙에 의해 결정됨 이로 인해 선택된 장소에서 자연 순응 에너지의 극대화는 건축가에게 달려있음.	건물의 향 설정, 상황 (도시 또는 시골) 및 (기존) 지형 및 식생의 가능성과 같은 부지 특성의 고려.
건축 밀도	고밀도의 주거 단위가 에너지 분배에서 효율적	• 증가 된 밀도는 에너지 수요를 줄이기 위해보다 엄격한 조치를 필요로함. • 밀도가 높을수록 단일 건물 단위의 규모에 적용 할 때와 반대되는 효과를 높일 수있는 설계 솔루션을 공유 할 수 있음. • • 밀도가 높을수록 공유 솔루션을 비용 효율적으로 (더) 응용할 수 있음.

주거 주택의 건설 및 설치	예를 들어 아파트 건물, 계단식 거주지 또는 단독 주택. 주거 유형은 에너지 수확에 사용할 수 있는 건물 입면(외피)의 특정 영역 (1층, 정면, 지붕) 사이의 비율을 결정함.	• 아파트는 주변 조건에 노출 된 낮은 단위 특유 표면, 토양에 대한 특정 표면 및 다른 아파트에 인접한 넓은 표면을 가짐. 따라서 에너지는 특히 정면 또는 공동체 시스템을 통해 수확되어야함. • 단독 주택은 주변 환경에 노출 된 넓은 표면, 토양에 노출 된 중요한 표면 및 다른 건물과 인접한 표면이 없음. 이것은 에너지가 건물의 어느 면에서나 수확 될 수 있게 함. 그러나 결과적으로 큰 유효 열 손실 영역은 에너지 손실을 제한하기 위해 특별한주의가 필요함.
대상그룹(Group)	현재 및 관련 편의 시설 요구 사항은 그룹마다 다름 : 자녀가 있는 가족, 자녀가 없는 소득 부부, 독신자, 노인 등.	• 노인은 실내에서 가장 많은 시간을 보내고 쾌적한 영역이 다를 수 있는 더 작은 대역폭을 요구함. 이는 특정 안락 수준을 지속적으로 유지하는 데 더욱 중점을 둡니다. • 자녀가 없는 2인 소득 가정과 독신자는 집 (및 그 생활공간)을 더 간헐적으로 우리에게 분산 시켰는데, 이는 분산 된 수요 위주의 쾌적 제어 전략에 더 많은 혜택을 줄 것임. • 자녀를 둔 가정은 다른 지역을 동시에 차지하면서 더 많은 집을 계속 사용할 것임. 이것은 개별적으로 작동 할 수 있는 수요 중심 통제 전략을 필요로 할 것임.
가격범위	개발의 가격 범위 (예 : 사회 주택 또는 팬트하우스)는 부분적으로 안락 제어 관련 투자에 사용할 수 있는 예산을 설정함.	사회 주택 프로젝트의 미래 거주자는 낮은 운영비용으로 가장 잘 도와줌. 공사비가 많은 집을 개발하면 환경 솔루션을 적용하기가 용이

4. 친환경 설계 가이드라인 / 설계기법

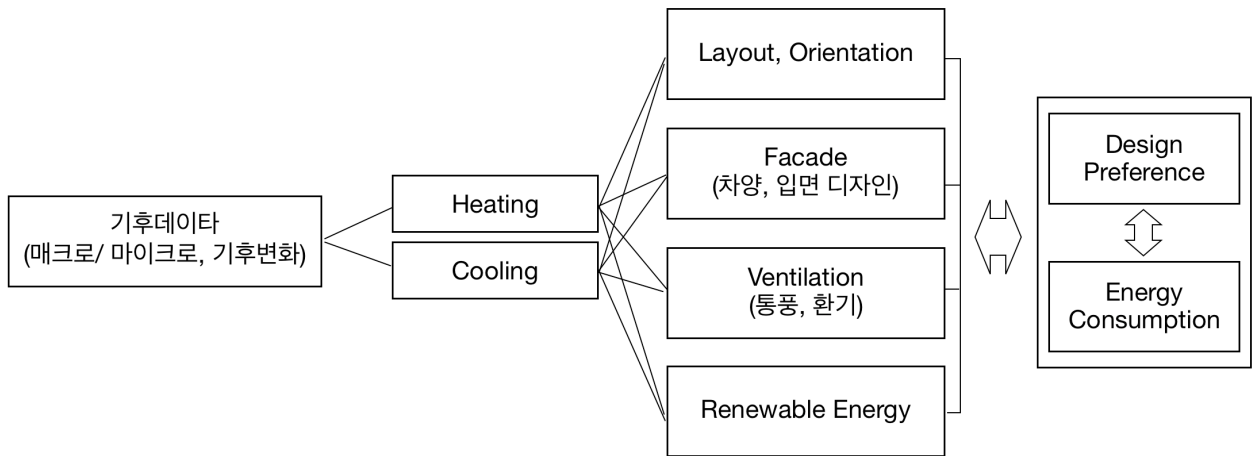


그림 6 자연순응건축을 위한 건물과 외부공간의 고려사항 : 템플릿기반

가. 기후대응건축을 위한 건물과 외부공간의 고려사항

계획, 정책 및 결정은 다양한 규모의 물리적 형태를 효과적으로 관리 할 수 있음(그림6). 이것이 기획이 좋은 디자인과 연결 목표를 달성하는 데 어떻게 도움이 되는지 필요함. 적절한 경우 다음 사항을 고려해야함. 기존 건축물 (리모델링) 및 신축건축물과의 기본방향은 일치함.

- 레이아웃 - 건물과 공간이 서로 관련되는 방식
- 형태 - 건물의 모양
- scale - 건물의 크기
- 디테일 - 건물과 공간의 중요한 작은 요소
- 재료 - 건물이 만들어지는 자재

1) 레이아웃 고려

이것은 건물, 거리 블록, 경로 및 열린 공간이 한 지역에 배치되는 방식과 서로 관련되는 방식임. 이것은 개발을 위한 기본 계획을 제공함. 유연한 레이아웃과 디자인을 갖춘 개발.

새로운 개발은 건물, 거리 및 공간의 기존 배치를 적절히 고려하여 인접한 건물이 서로 관련되고 거리가 연결되며 공간이 서로 보완되도록 보장해야함.

영역의 배치는 기존 또는 신규 인 경우 인접한 건물, 거리 및 공간과 관련하여 고려되어야함. 지형; 지역의 건물 높이의 일반적인 패턴; 시각 및 전경을 개발 사이트 안팎으로 가져올 수 있음.

개발이 시행되어야하고 혹은 잠재적으로 개선되어야 할 기존의 레이아웃 (오래된 배치)이 있는 경우에 건물디자인은 새 건물과 기존 건물이 서로 잘 어울리고, 거리가 연결되고, 공간이 서로 보완되도록 유도해야함. 기존 건물 라인을 따라 가면서 기존 거리 사이에 새로운 연결 고리를 만

들거나 새로운 공공 공간을 제공하여 과거의 흔적과 새로움이 공존하며 발전하는 개발로 이어짐.

일반적으로 도시 블록 레이아웃은 공공 공간에 건물 전방 및 입구가 있고 사적인 공간에 개인전용 백을 배치하는 효율적인 템플릿을 제공함. 이러한 레이아웃은 감독되지 않고 안전하지 않은 공공장소 및 안전하지 않은 액세스 경로를 최소화함. 그러나 정면은 연속적이거나 평탄하지 않아도 됨 특히 입구를 강조하는 부분과 기능은 성공적으로 통합 될 수 있음.

공공 공간과 사적 공간 사이에는 명확한 정의가 있어야함. 사생활 및 보안을 지원하기 위해 공용 옥외 공간과 개인 내부 공간 사이에 앞 정원과 같은 완충 지대를 사용할 수 있음 (그림7).

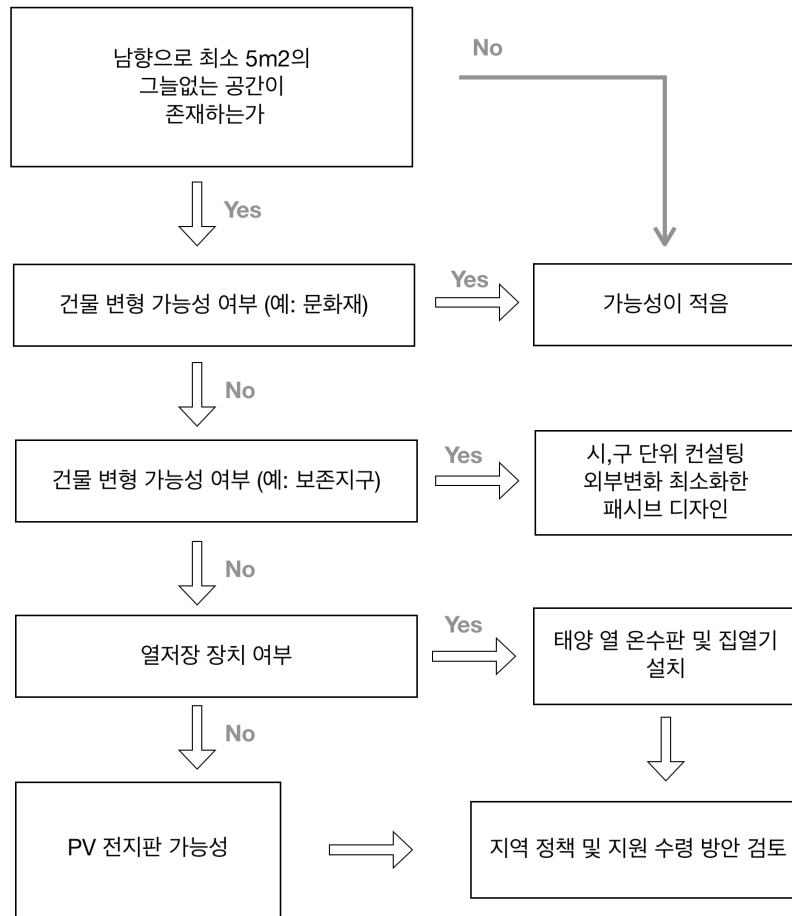


그림 7 재생에너지 설치를 위한 매트릭스 (태양광 패널)

2) 형태 고려

건물은 여러 가지 방법으로 형성 될 수 있음. 예를 들어 높이가 있는 탑, 단일 독립형 건물, 길고 낮은 블록, 테라스. 배치 위치, 주변 환경과의 관계, 사용 방법, 아키텍처 및 디자인 품질에 따라 성공 또는 실패 할 수 있음.

마찬가지로 거리는 다른 형태를 취할 수 있음. 출입구가 거의 없는 넓은 고속도로에서 많은 건물이 있는 좁은 골목까지. 적절한 장소에 적합한 형태를 설계 할 때 주의를 기울여야함.

일부 형태는 특정 설계 과제를 제기함. 예를 들어 건물 작업장이 지면을 충족시키는 방법과 지역

풍 및 햇빛 패턴에 미치는 영향을 신중하게 고려해야하는 경우임. 일부 하위 블록의 길이는 지역 액세스 및 이동 경로를 방해 할 수 있음. 독립형 건물은 주변에 약한 공간을 만들 수 있으며 테라스는 제대로 설계되지 않은 경우 단조롭고 영혼이 없어 보일 수 있음.

3) 규모(Scale) 고려

이것은 주변 환경 및 각 부분의 규모와 관련하여 개별 건물과 공간의 전체 크기와 질량에 모두 관련됨. 건물의 크기와 질량, 그리고 그 주변과 그 사이의 열린 공간의 규모에 대한 결정은 지역의 성격, 기능 및 효율성에 영향을 미침. 일반적으로 열린 공간에 비해 건물이 너무 많아 지나치게 비좁고 억압적일 수 있으며 액세스 공간과 편의 공간은 실현 가능한 것보다 더 많은 것을 해야함. 토지가 너무 적거나 자원이나 금전적 인 투자로 인한 토지를 사용하지 않을 것임.

개별 건물과 그 요소의 크기는 신중하게 고려되어야하며, 그들의 디자인은 다음에 영향을 미칠 것임 : 다른 사람들의 그림자와 간과; 지역 문자; 스카이라인; 및 전망 및 전망. 건물 요소의 규모는 주변의 거리, 정원 및 공원에서 보거나 사용할 때 매력적이고 기능적이어야함(그림8).

개발의 덩어리 진입은 도시, 마을 및 마을에서 기존 스카이라인을 존중하는 특유의 스카이라인을 만드는 데 기여해야함. 옥상 서비스의 시각적 영향이 최소화 된 넓은 공간에서 지붕 공간 설계에 대한 고려가 필요함. 계정은 일광 및 햇빛, 바람, 기온 및 서리 주머니를 포함하여 지역 기후 조건에서 가져와야함.

4) 건축 디테일 (details) 고려

새로운 개발의 품질은 세부 사항에 대한 열악한 관심으로 부식 질 수 있음. 문, 창문, 현관, 조명, 환기구, 배수구, 파이프 및 기타 빗물 세부 사항, 철 용제 및 장식 기능과 같은 품목은 신중하게 고려해야함. 이러한 (및 기타) 요소를 고립으로 보아야 할뿐만 아니라 전체 요소를 검사하고 요소 간 조인을 신중하게 검토하는 방법을 함께 고려하는 것이 중요함.

5) 재료 고려

재료는 실용적이고 내구성 있고 합리적인 가격이어야 함. 올바른 재료를 선택하면 주변 환경과 조화를 이루도록 새로운 개발을 크게 도울 수 있음. 그들은 일치하지 않을지도 모르지만, 색깔, 짜임새, 곡물 및 반영은 모두 조화를 지원할 수 있음.

다양한 빌딩 및 오픈 스페이스 자료를 이용할 수 있으며 항상 더 많은 제품을 개발할 수 있음. 혁신적인 건축 자재 및 기술은 잘 설계된 주택 및 기타 건물을 달성하는 데 도움이 될 수 있음. 여기에는 에너지 효율적이고 내구성 있는 건물을 보다 신속하게 제공 할 수있는 오프사이트 건설 및 제조가 포함될 수 있음. 계획 권한이 부여되기 전에 재료 및 건축 기술을 명시하지 못할 수도 있지만, 수행 할 것으로 기대되는 기능은 조기에 명확해야함.

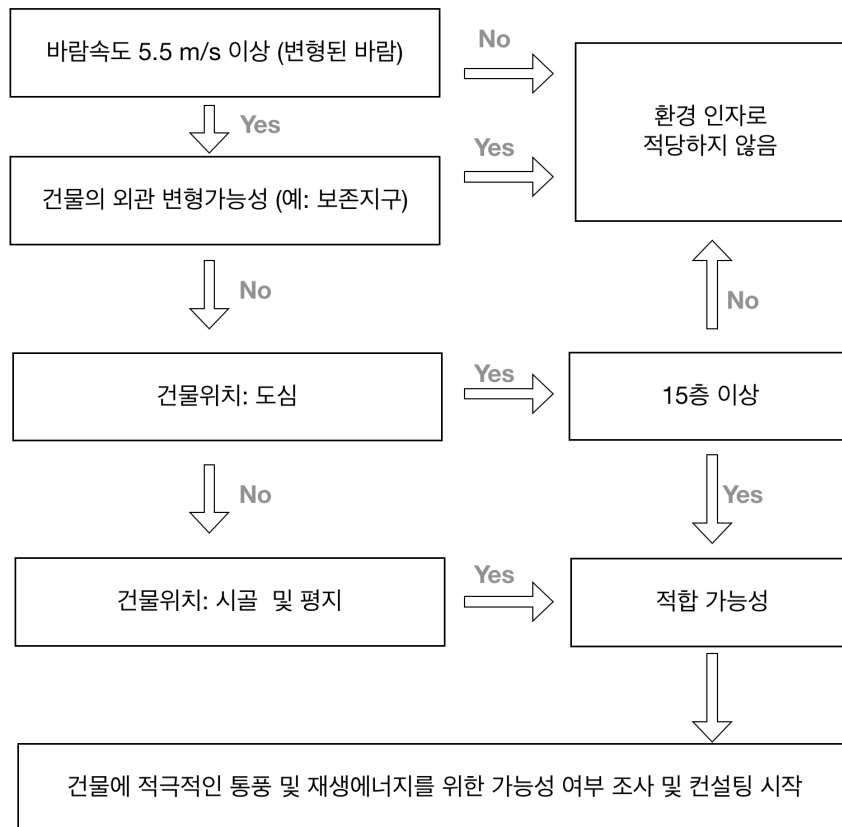


그림 8 재생에너지 설치를 위한 매트릭스 (풍력에너지)

나. 기후반응 설계기본 원칙

기후 반응 설계는 다음 세 가지 원칙의 나태내면 구체적인 디자인 요소에 따른 적용방안은 표5에 설명되어져 있음. .

- 쾌적한 환경을 위한 에너지 교환

기후 반응 설계는 거주자에게 쾌적함을 제공하는 것임. 이용 가능한 자연 에너지는 복잡한 간섭 없이 기후 제어를 위해 유용 할 수 있음. 실외 환경이 건물 에너지의 원천 또는 싱크대가 될 가능성이 있다는 사실을 인정함. 사용자의 에너지 요구를 충족시키는 데 필요한 것을 모음.

- 반응형 시스템으로서의 건물

반응형이란 어떤 자극에 대해 반응하는 것을 의미함. 기후 반응 설계에서 기후는 자극임. 건물 공간 및 질량은 실내 및 실외 환경 사이의 중개자 역할을 할 수 있으므로 환경 필터 역할을 하면서 두 환경 간의 에너지 교환이 가능함. 건물 디자인 전체 (예 : 모양, 계획, 인클로저, 요소, 재료 및 설비 사용)는 특정 개방성으로 간주되어 실내 및 실외 환경 사이의 중개자를 형성함. 기후 대응 형 건물은 내외부 및 거주자 행동과 같은 기후 조건의 변화에 대응함.

- 광범위한 건축 또는 건축구조 통합기후

반응 설계는 실내 및 실외 환경 간의 상호 작용에 관한 것임. 공간과 부피에 관한 설계 선택은 통합 에너지 기반 시설의 적용 가능성에 중요한 영향을 미친다.

기후 반응 설계는 잠재적 인 에너지 흐름을 적극적으로 수확하는 구조 및 건축 요소에 대한 양식 및 봉투 설계의 생물권 설계 원칙을 확장 할 수있는 설계를 설계하는 전략을 포함함. 기후 반응 설계는 기본적으로 건물의 에너지 수요를 최소화하는 것이 아닙니다. 그것은 건축 환경에서 자연 에너지 자원의 잠재력에서 비롯된 쾌적하고 건강한 건물을 만드는 것에 관한 것임.

표 5 구체적 디자인요소에 따른 적용방안

디자인원칙	설명
자연순응형 태양광 난방	자연순응형 태양열의 원리는 공간에서의 난방에 사용될 수있는 장파 복사열을 분산시키는 (건물) 질량의 단파 태양 복사의 수집을 기반으로함.
대지결합형	대지 결합의 일반적인 개념은 대지의 큰 열저장 용량을 이용하는 것임. 지면 온도는 상대적으로 작은 깊이에서 상당히 안정하며 지역 연평균 평균 기온과 매우 유사함. 표면 근처의지면 온도는 동적 주변 조건에 더 많이 영향을 받음.
밤하늘 냉방	야간에 하늘의 적정 온도는 대개 주변 조건보다 훨씬 낮음. 따라서 건물은 밤에는 하늘에 열을 방출하여 식도록 함. 이 현상은 주간에도 발생하지만 일사량에 의해 평탄해짐.
자연 통풍 냉방	자연 환기는 대용량 (차가운) 공기로 건물에서 불필요한 열을 제거하는 데 사용할 수 있음. 자연 공기 냉방은 교차 통풍의 자연 환기 원리를 기반으로 하며 건물 양쪽의 오프닝으로 통한 기압차를 이용하여 자연 발생 바람이 열을 가지고 건물을 통과함.
증발냉방	증발 냉방은 물의 증발을 위해 에너지가 필요하다는 사실에 근거함. 이 에너지가 건물에서 철수되면 즉시 건물을 식힐 것임. 지하수 나 지표수 만 있으면 주변 환경을 냉방시키는 효과가 있음. 높은 열용량으로 인해 물은 히트 싱크로서 큰 잠재력을 가지고 있음.
자연 통풍	투명한 개구와 반투명의 개구는 자연 채광이 인접한 공간을 밝게 비출 수 있게 함. 자연광은 햇빛과 햇빛의 두 부분으로 나눌 수 있음. 햇빛은 직접적인 태양 복사이고 일광은 다른 용어가 문학에 사용 되더라도 확산 태양 복사임.
태양열 온수	태양 복사는 가정용으로 직접 물을 가열하는 데 사용할 수 있음. 태양 온수 시스템에서 물은 태양에 의해 가열되는 태양열 수집 장치를 통해 순환함.
지열온수	깊이가 깊어지면 토양의 온도가 올라갑니다. 2,000m 이하의 깊이에 갇힌 물은 최대 60 °C 이상의 온도에 도달 할 수 있음. 지열 활동에 따라 상승 된 기온은 훨씬 더 표면에 도달 할 수 있음. 원칙적으로 토양에서 뜨거운 물 또는 열을 추출하여 가정용 온수 공급원으로 사용할 수 있음.
태양광 에너지	광전지로 태양광은 직접 전기로 변환됨 이 원리는 태양 광 입자 (즉, 광자)에 포함 된 에너지를 물리적 물질의 전자로 통과시키는 광전 효과에 기반을 둠.
바람 에너지	풍력은 바람을 다른 유용한 형태의 에너지로 전환시키는 것임. 풍력 터빈은 전기를 생산하기 위해 풍력을 수확함.
태양광 차양	투명한 개구부는 자연 채광이 건물 안으로 들어오고 거주자에게 외부의 시야를 제공함. 동시에 큰 태양을 향한 구멍은 과열 또는 불쾌한 빛의

	레벨로 인해 불편함을 유발할 수있는 특정 순간에 과도한 양의 태양 복사를 받을 수 있음. 이러한 유형의 원하지 않는 영향을 없애기 위해 다양한 종류의 태양 음영을 사용할 수 있음.
열 절약	열 보존 전략은 열전달과 침투로 인한 열 손실을 줄이는 데 목적이 있음.
열 완충 (Buffering)	열 완충은 직사광선 또는 통과하는 공기 흐름으로부터 열을 저장하는 재료의 용량임. 이 버퍼링 동작의 결과로 실내 온도 변동이 부드러워짐. 또한 에너지는 낮에는 저장되고 밤에는 방출됨 이것은 야간의 온도 강하를 낮추고 따라서 다음날 필요한 열량을 낮 춥니 다.
열 분포	풍요로움이 있는 곳에서 에너지로 원하는 순간에 원하는 에너지 레벨이 부족한 장소를 제공하기 위해 건물 전체에 에너지를 분산시킬 수 있음. 에너지는 공기 흐름을 연결하거나 구조 요소에 내장 된 운반 매체를 사용하여 전달할 수 있음.
일광분포	태양조도 반사와 분산은 창문이 없는 건물의 내부에 배치 된 깊은 방의 뒤쪽이나 공간에서 원하는 조도가 충족된다는 것을 볼 수 있음.
전달 열 회수	전송 손실 감소 전략 (열 보존 참조) 외에도 전송 열 흐름으로 인한 열에너지를 복구 할 수 있음.
환기 열 회수	건물에서 오래된 공기를 제거하면 유용한 (열) 에너지가 제거됨 이 열에너지는 폐 기류로부터 (부분적으로) 회복되어 들어오는 신선한 공기 흐름으로 전달 될 수 있음. 이는 신선한 공기를 보조 가열 할 필요성을 줄이거나 제거 할 수 있음.
폐수 열 회수	폐수 흐름의 제거는 회수 될 때 사용할 수있는 열에너지의 제거를 의미함. 이러한 폐기물 흐름에는 화장실, 샤워기 또는 욕조, 식기 세척기, 세탁기 및 싱크대의 배수가 포함됨
열에너지 저장	에너지 공급과 수요의 불일치를 연결하기 위해 열에너지를 저장할 수 있음. 에너지 저장 에너지는 건물 질량 및 공간과 '분리되어' 저장되며 필요시 검색 할 수 있음. 열에너지의 저장 및 회수주기는 일주기에서 계절주기로 다양 할 수 있음.
온수 저장	온수 저장 기술은 일광이 거의 없거나 전혀 없는 기간에도 (태양열) 온수를 언제든지 사용할 수 있도록 함.

- 사용자 쾌적성 관련용도 및 제약

우리가 쾌적함고 정의하는 것은 우리가 건물을 설계하는 방식과 밀접한 연관 있음. 실내 환경을 일정 수준의 쾌적함을 유지하도록 제어하기 위한 에너지 사용에 광범위한 영향을 미침. 예를 들어, 실제 태양열 수요를 직접 조정하여 자연 순응적 태양열 가열을 사용하여 가장 필요한 시간에 최적화하고 열 버퍼링 및 저장 전략을 보완함. 사용자와 관련된 목표 및 제약 사항 (예 : 실내 기후 요구 사항 최소화, 사용자 관련 편의성 요구)을 파악하면 기후 반응 설계의 출발점이 됨(표 6).

표 6 구체적 디자인요소에 따른 적용방안

쾌적성관련 요소	설명	가이드라인
쾌적성 요구사항 및 목표치 전통적 vs 적응)	일반적 난방 과 냉방 전략	난방 수요에 따라 자연순응 난방 전략을 조정하여 가장 필요한 시간을 최적화하고 에너지를 보존하거나 저장하는 전략 유사한 요구 사항을 가진 구역을 그룹화하고 에너지 제안에 따라 건물 계획 (방향, 층 수준)에 배치함.
여름 쾌적성	여름철 무더위방지를 위한 전략	지속적으로 열을 외부로 방출시킴 주변 환경을 이용한 자연순응 냉방 활용
공기질	통풍시간과 장소	오염물질 최대한 저감 분산형 통풍시스템 설치 및 열회수장치 이용
습도	습도조절	흡습성 내벽 및 천장 마감과 같은 수분 완충 전략은 환기에 기초한 전형적인 제어 전략의 보완 물임. 완충 기술을 사용하면 수분 조절이 시간이 지남에 따라 퍼져 나갈 수 있으므로 직접 환기가 필요하지 않으며 수반되는 불편함을 없앨 수 있음.
음향	요소 및 마감재의 음향학적 특성	건물 전체에 통풍 공기가 방해받지 않고 흐르면 소음 수준에 대한 요구 사항이 일치해야함.
조명	창 크기 및 배열, 눈부심 방지 대책 및 개인 사생활	열 전송 (일광 접근 및 전송 손실)에 맞춰 충분한 태양광 허용. 조밀 한 건축 환경에서는 일광 입장에 특별한주의가 필요함. 배치가 잘 된 창문보다 효과적
사용자 개입	적응 제어 조치	적응 제어 조치가 에너지 저감 전략과 적응 제어 조치가 쾌적성 향상과 단기 오차를 향상 효과적 기후 반응 디자인은 사용자의 부정적인 경험은 자연반응 디자인으로 최소화유도. 또한 사용자는 자신의 행동으로 인한 에너지 및 안락한 영향을 인식 할 수 있음.

제6장. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

1. 기후변화를 고려한 환경영향평가

가. 영국의 기후변화 대응 도시 개발 노력

1990년 후반 영국의 그린벨트 해제 시안을 평가하면서 도시 및 농촌 개발계획에 권위 의 기반을 구축한 도시. 농촌개발계획학회 (Town and Country Planning Association, TCPA)는 학회 회원을 중심으로 저탄소 도시계획의 싱크탱크 역할을 하고 있음. 그 예 로 2009년 조직 된 에코발전그룹 (Eco-development Group, EDG)은 지방 공무원, 지 자체도시계획위원회 및그밖에개발전문가를중심으로생태중심개발에대함양 한 형태와 크기에 대하여 의견을 교환하고 개선사항을 지속적으로 논의하고 있음[10]. EDG 그룹은 현재 지역 재개발사업이나 신도시 개발 사업에 대한 자문 역할 뿐만아니라, 혁신적 지역 리더십을 통하여 저탄소 주택 3만 6천 호 건설이라는 야심찬 계획을 추진 중임.

1997년 창설된 기후변화 예측·적응 연구교류조직 (UK Climate Impacts Programme, UKCIP)은 지역별 기후변화 영향 및 대응 전략 수립에 대한 연구 및 의견교환을 지원함. 기후 변화와 관련된 의사결정 연구는 과학자와 정책 결정권자 사이 직접적 의견교환을 통하여 이루어지며, 연구 결과는 국가, 시·도 및 소규모 지역의 개발사업에도 활용되고 있음.

온실가스 저감과 기후변화 대응을 위하여 지방정부의 적극적인 정책적 노력을 지속시키기 위하여 2000년 ‘노팅햄선언 (Nottingham Declaration)’을 발표하고, 2012년 현재까지 300개 이상의 지방정부가 선언문에 서명하였음. 그리고 지방정부를 지원하기 위한 웹기반 온라인 지원책으로 ‘Nottingham Declaration Action Pack(NDAP)’이 보급하고 있음. 구체적인 실천 지침 개발의 필요성을 인식한 영국 지역사회 지방정부부 (Department of Communities and Local Government, DCLG)가 2011년 8월과 9월에 걸쳐 154 지방정부의 대표자를 상대로 수요조사를 실시하였고, 그 결과를 반영하여 2012년 중 지역적 기후변화 대응 전략인 “Climate Local - a local commitment to action on climate change”를 발표할 계획임.

2. 사업단위 기후변화 환경평가 방법 및 도구 현황

가. 환경영향평가

2009년 유럽연합이 실시한 환경영향평가 시행 실태 조사에서 ‘생물종 다양성’ 문제와 함께 ‘기후변화’가 가장 취약하게 다뤄지고 있는 분야라는 결과가 보고됨. 이에 따라 현 재 유럽연합은 환경영향평가법에 대한 전반적인 수정 작업을 수행 중이며 그 초안이 2012년 공개 될 예정 임.

이와 함께,영국의 환경관리 및 평가협회 (Institute of Environmental Management & Assessment, IEMA)는 2009년 협회 회원을 대상으로 환경영향평가 단계에서의 기후변화 요소 고려에 대한 당위성 조사를 실시하여 다음과 같은 결론을 발표함. 환경영향평가는 국가

온실가스 저감 목표를 달성하는 데 있어 사업계획 단계에서 활용되어야 할 중요한 의사결정 수단임. 모든 사업의 온실가스는 기후변화의 요인이며, 특히 누적환경영향이 클 것으로 예상됨. 따라서 사업 진행초기 단계에서 온실가스 배출에 영향을 줄 수 있는 지역선정 또는 사업 디자인 등의 결정은 환경영향평가를 통하여 이루어져야 함. ① 기후변화는 결과적으로 유럽 환경영향평가 지침 (EIA Directive)이 정하는 모든 평가요소 (예. 주민, 동/식물, 토양, 대기 등) 전반에 영향을 미침. 따라서 기후변화에 대한 사업의 잠재적 탄력성과 위험성을 환경영향평가단계에서 고려되어야 함.

IERA 조사 결과를 바탕으로 2010년 기후변화저감 (온실가스 고려) 및 기후변화 대응에 대한 환경영향평가 기본 원칙을 개발하여 협회 회원에게 배포하고 있으며 협회 웹사이트를 통하여 기후변화 고려 환경영향평가 사례에 대한 정보를 공유하고 있음.

나. UKCIP 의 보급형 가이드라인 및 평가 도구

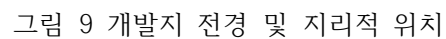
지역개발의 기후변화 대응 노력 확대를 위하여 UKCIP 는 지역별 기후변화 영향 프로파일 (Local Climate Impacts Profile)을 개발하였고, 이는 지자체 개발부서 공무원의 업무수행에 중요한 기후변화 참고 자료로 활용 될 뿐 아니라 자료 사용 경험을 UKCIP 웹사이트를 통하여 공유 하고 있음.

UKCIP 는 2012년 현재까지 7 개의 기후변화 대응 평가 도구 및 가이드라인을 소개하였으며 이 중 도시계획 분야에 활용 가능 한 주요 도구 는 아래와 같음.

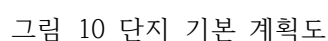
- Adaptation Wizard - 도시계획 분야에서 가장 활발히 활용되고 있는 ‘기후변화 대응 워저드’는 주요 기후변화에 대한 지역의 취약성을 판단하고 기후변화 대응 전략을 수입하는데 도움을 주는 의사결정 도구 임.
- Costing the impact of climate change - 기후변화 영향을 경제적 가치로 평가하는데 도움을 주는 비용분석 도구로 서로 다른 기후변화 영향에 따른 대응 방법의 비용을 분석하는데 활용할 수 있음.
- Risk framework - 단계별 의사결정 모형으로 기후변화 위험성과 그 밖의 위험성을 상호 비교 판단하여 적절한 대응방법을 모색하는데 도움을 줌.
- SES (Socio-economic scenarios) - 기후변화에 따른 사회·경제적 취약성에 대한 시나리오를 구성하고 그에 따른 대응법을 모색할 수 있도록 돕는 시나리오 구성 도구 임.

다, 저탄소 도시 개발 사업의 평가 사례: North West Cambridge

캠브리지대학의 서쪽 과학기술캠퍼스 확장과 산학협력 단지조성 등으로 향후 20년간 지속적으로 늘어나게 될 지역 및 대학 인구의 수용을 위해 제안된 North West Cambridge (NWC) 개발 사업은 3,000 가구 주택건설과 연구개발 기설을 구축하는 개발 규모 141 ha 의 도시 연장사업 임. 개발의 두드러진 특징은 사업 추진 제안을 한 캠브리지 대학이 사업 계획 초기부터 개발자와 긴밀한 협력관계를 구축하고, 사업 방향 및 목표 설정 등의 실질적 계획단계



- 단지 내 모든 주택은 친환경주택규정(The Code) 5 등급에 만족해야 함. 그 밖의 건축물은 BREEAM 이 정하는 친환경 건축물기준 최우수 (Excellent) 등급을 획득해야 함.
- 개발지역의 신·재생에너지 사용을 통한 탄소 저감률은 영국정부가 제안하는 10% 수준보다 높은 20% 이상으로 높이고 차후 지역난방시설과 열병합 발전소를 건설하여 에너지 독립성을 향상시켜 계획 함.
- 기후변화에 따른 물부족 현상에 대비하여 절수기 설치, 중수도 재활용 시스템 구축, 물을 적게 소비하는 식물 심기 등의 실천 전략을 수립하고 거주민 1 인 당 하루 평균 80 리터 물 소비를 달성 목표로 설정 함.



라. 기술평가 및 효용성 분석

사업평가를 위하여 수집한 자료에 따르면 NWC 사업은 기후변화 적응 및 대응의 기회가 될 수도 있지만, 여러가지 난관도 산재해 있음. 평가를 통하여 밝혀진 기회와 한계 요인은 아래와 같음.

- 대규모 사업: 그림 10에서 계획된 사업은 비교적 넓은 지역에 걸쳐 수행되는 대규모 사업으로 소규모 단위사업에서 실행할 수 없는 다양한 기후변화 저감 방법을 시도할 수 있음. 예를 들어 바이오매스 열병합발전은 소규모 사업에서는 상업성이 떨어지지만, 본 사업에서는 신/재생에너지 공급의 방안으로 고려해 볼 수 있음.
- 복합개발: 주택과 상업건물을 적절히 혼합하여 개발함으로써 일정한 에너지공급량을 유지할 수 있을 뿐 아니라 지역에너지개발 사업의 실효성을 높일 수 있음.
- 기반시설의 부재: 잠재적인 장애물이 될 수 있는 기존 기반시설이 없어 지역에너지개발이 용이함.
- 편리한 교통: 사업지역은 캠브리지 도심과 두 개의 주요도로로 연결되어 있고 이는 에너지 생산에 필요한 자원 (예. 바이오매스 원료)의 수송에 유용 함.
- 중급 밀도 개발: 복합형 개발을 통하여 중급 주택 밀도를 유지함으로써 고밀도 개발 사업, 예를 들어 압축형 도시개발 (Compact city)형태에서 시도할 수 없는 다양한 기후변화저감 및 적응 프로그램을 시도해 볼 수 있음.

보일러 효율성 및 건물의 열 손실 문제에 대한 사업의 특성을 고려한 평가를 실시하기 위하여 정부가 정하는 2010년 표준 주택배출량평가 가이드라인 (Standard Assessment Procedure, SAP)을 그대로 사용하지 않고 최근 문헌이나 비슷한 사업의 최근 건물 에너지 사용량 대비 온실가스배출량 평가 결과를 참고하여 평가를 실시 함. 에너지사용 대비 온실가스 배출량 변환인자 (Carbon Emission Factors, CEF)가 사업지구에서 사용되는 전기생산 형태에 따라 달라질 수 있다는 점을 고려하여 0.198 - 0.822 kg.CO₂/kWh 의 다양한 변환인자를 적용하여 평가기준총량을 계산 함.

건축물의 밀집도와 건물형태를 고려하여 비용편익을 분석한 결과 유럽 내에서 최고 수준의 기후변화 고려 건축물 모델로 인식되고 있는 독일의 저탄소 주택 기준(Passive House)보다 Zero Carbon Hub 가 제안하는 무탄소 주택 기준(Fabric Energy Efficiency Standard, FEES)이 더욱 적절함고 판단 함. 건축물의 형태나 사용목적에 따라 실행 가능한 온실가스 저감량에 차이가 있어 각기 다른 배출량이 예상됨 (표7).

표 7 건물형태별 예상 온실가스 배출량

Building Type	Heat Demand, kWh/m ² , (of which domestic hot water)	Electricity Demand (including demand for cooling), kWh/m ²	CO ₂ emissions, kg.CO ₂ /m ²
Research – office based	46 (5)	75	47
Research – laboratory	79	66 (not including process loads which vary according to research)	49
Student Residences / Senior care	144 (100)	56	56
Hotel	100 (70)	80	60
Primary School	38	59	37
Supermarket	0	370	189
Small shop	23	172	91
GP Surgery	77	54	42
Community Centre	200	70	75

기후변화에 따른 온도상승과 건축물 영향은 구체적 디자인 구상단계에서 평가하여 결정될 예정이지만, UKCIP 가 발표한 2050-2080년 기후변화 시나리오를 기준으로 아래와 같은 기본 원칙을 수립 함.

- 통풍,외부채광,열안정성증진을위한고열체사용,천장높이조절등의 다양한 Passive House 방법을 사용하여 적정 실내온도기준 (침실온도 25°C/ 거실온도 28°C)을 넘지 않는 형태로 주택을 설계 할 것.
- 상업용 건물의 경우 2050년 이후 건물냉각시설의 증축이 불가피할 것으로 예상되므로 사전에 추가시설에 대한 공간 확보를 하여 설계 할 것.
- 내부 열 발생이 높은 일부 연구실은 기온 상승에 따른 영향을 특별히 고려하여 설계할 것.
- 2005년 건축공학자협회 (Chartered Institution of Building Services Engineers, CIBSE)가 발표한 기후변화에 따른 건물 내 가스 및 전기사용량 변화를 참고하여 설계할 것

탄소배출 평가의 표본이 되는 평가기준(Baseline)은 공사 시작년도 (2012년)부터 완공되는 시점(2026년)까지 2006년 건축법을 따르는 상태를 유지하고 온실가스 감량노력이 없는 연간 온실가스배출량 23,000 톤을 평상시(Business as usual, BAU)로 정함. 그리고 이러한 평가 기준선은 사업의 진행과 운영시기의 외부적 환경 요인 (예. 정부 시책 변동, 에너지 가격 상승, 에너지 절감 또는 기후변화 등에 대한 거주민의 행동 및 인식 변화)에 의하여 변화될 수 있음을 고려함 (그림 11 (a,b)).

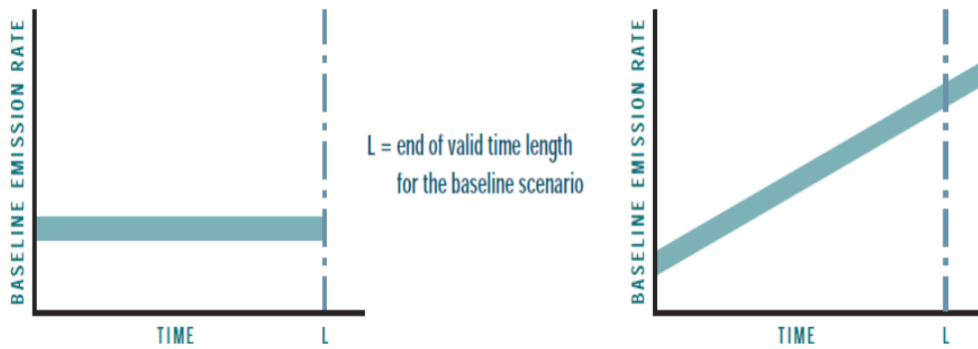


그림 11 외부 환경적인 요인

(a) 고정 기준성

(b) 변동 기준선

캠브리지 지방정부가 사업지구에 요구한 20% 신·재생 에너지 사용의 목표달성을 위하여 지역 열병합, 풍력, 태양전지, 태양광, 혐기성소화 발전 등의 다양한 에너지 생산 방법에 대한 비용분석 및 기술 타당성 평가를 실시함.

마. 저탄소 개발 전략 수립

2008년 영국 정부가 발표한 무탄소 주택 기준에 따라 사업 부지 내 2016년 이후 건설되는주택에대한장기적무탄소주택실현전략을수립함. 실현방안은 크게 건물의 에너지 효율 향상,

저/무탄소 에너지 공급을 통한 온실가스 배출 최소화, 잔여 온실가스 배출량에 대한 무탄소 허용 해결책으로 구성 됨. 캠브리지 지방정부가 NWC 사업에 할당한 온실가스 감축목표는 사업시행년도인 2012년 대비 20% 임. 지역 난방과 열병합 발전을 통한 에너지 공급 시 전체 온실가스 저감효과는 29%로 집계 됨. 하지만, 비주거용 건물의 경우 건물의 사용 목적 및 형태에 따라 에너지 사용량이 다르고 일부 에너지 소비형 건물 (예. 실험실, 상업용 건물 등)의 경우 20% 감축 목표 달성이 어려워 비주거용 건물에 대한 예상 감축량을 독립적으로 계산한 결과 18%로 주거용 건물에 비하여 다소 낮게 나타남. 계산을 근거로 사업지내 온실가스 감량 목표를 일괄 적용하지 않고, 건물의 형태에 따라 차등 적용하여 전체 감축목표량을 만족하는 기준을 설정하였음.

바. 지역주민 ‘기후변화 대응 워크숍’ 개최

기후변화에 대한 피해를 최소화하고 적응력을 향상을 위한 전문가 의견 조사와 더불어, 사업지 거주 예정 주민과 함께 ‘기후변화 대응 워크숍’을 개최하여 효율적인 기후변화 대처 방안을 모색하고 주변지역에 위치한 초·중·고등학생을 사업 계획에 직접 참여하도록 하여 기후변화에 대한 비전문가 의견을 수렴하는 기회를 제공 함.

사. 결론 및 시사점

- 도시의 주택건설 사업에 있어 기후변화는 온실가스 배출 저감과 기후변화 영향 완화를 통하여 궁극적으로 에너지 자립과 기후변화 영향에 대한 도시의 회복성 (Resilience)을 향상시키는 방향으로 추진되어야 함에도 불구하고, 사업 계획단계에서 실시되는 환경영향평가는 온실가스 배출 평가에 집중되어 있음. NWC 사업의 경우, 기후변화 영향 완화에 대한 문제 인식과 문제해결 대안에 대한 의견이 평가서에 일부 포함되어 있지만, 정성 또는 정량적 평가가 부재하여 기후변화 영향관련 중요한 의사결정에 타당성을 부여하기 어려움.
- 온실가스 배출 저감에 있어 평가의 기준이 되는 평상시배출(Business as usual)이 효율적인 에너지 사용에 대한 정부차원의 움직임과 에너지 가격 상승 등의 외부적 요인에 따라 변동 될 수 있음을 인식한 것과 사업의 특성을 고려하여 온실가스 배출량 변환인자(CEF)를 보정하여 사용한 점이 기존의 획일적 평가와 차별화 됨.
- 온실가스 배출 평가에 있어 평가의 정확성을 높이하고자 하나의 가이드라인에 의존하지 않고, 국내·외의 다양한 가이드라인을 접목하여 활용한 점이 돋보임. 예를 들어, 유럽 내에서 기후변화를 고려한 건축물 모델의 최고 수준 중 하나로 인식되고 있는 독일의 Passive House의 기준을 영국의 무탄소 주택 기준 (FEES)과 상호 비교하여 사업 적용 적절성을 판단한 것이 주목 할 만함. 이와 함께, 가이드라인의 제안사항을 그대로 따르지 않고 사업평가 시점의 현실과 지역성을 고려하여 적합한 내용을 선별적으로 적용하고 우수한 사업에 대한 벤치마킹을 병행함으로써 부족한 점을 보완한 것은 향후 비슷한 사업의 평가에 귀감이 될 만한 시도 임.
- 캠브리지 대학 내 핵심 인력의 보금자리제공을 위하여 제안된 본 사업이 앞서 언급된 다양한 기후변화 고려 한계요인에도 불구하고 모범적 환경영향평가 사례로 인정받는 것은 사업 추진자가 캠브리지 대학이라는 특수한 상황과 사업참여 주체별로 기울인 노력 및 협력에 그 원인을 찾을 수 있음.

3. 독일기후 보호정책 지방화 사례

가. 통합적 기후보호 에너지 정책의 지방화 작업

연방환경부 (BMU)는 2007년 메제베르크(Meseberg) 에서 통합적인 기후 에너지 프로그램을 발표, 2010년 에너지 콘셉에서 1990년 대비 2020년까지 40%, 2030년까지 55%, 2050년까지 80-95% 온실가스 절감 및 재생에너지 확장을 위한 연방정부의 목표들을 설정함.

연방환경부의 “국가 기후이니셔티브(National Climate Initiative)”는 탄소배출권거래 제도로 부터 발생하는 세입을 통해 다양한 프로젝트와 지원프로그램을 실시하고 있으며 크게 다음과 같이 분류할 수 있음.

- 지자체, 공공 및 사회/복지/문화기관 지원
- 경제계, 소비자 및 교육분야 또는 지자체의 창의적인 개별 프로젝트 지원
- 초소형 열병합 발전기 (Mini-KWK)
- 산업체의 냉난방 공조설비

독일의 14000여개의 도시 및 301개 군 등은 절약형 가로등, 관청 및 학교 등 공공건물 의 에너지 효율화 사업, 공공 시설(수영장)의 에너지 개선사업 등을 통하여 탄소배출 및 에너지 비용절감 뿐 아니라, 산업체 및 가정경제에도 커다란 전시 파급효과와 고용창출 을 기대할 수 있으므로 연방정부는 지자체가 출선수범 움직일 수 있도록 제반여건을 확대하고 있으며 그림12에서 보듯이 지자체를 위한 부문이 중점지원분야로 부상하고 있음.

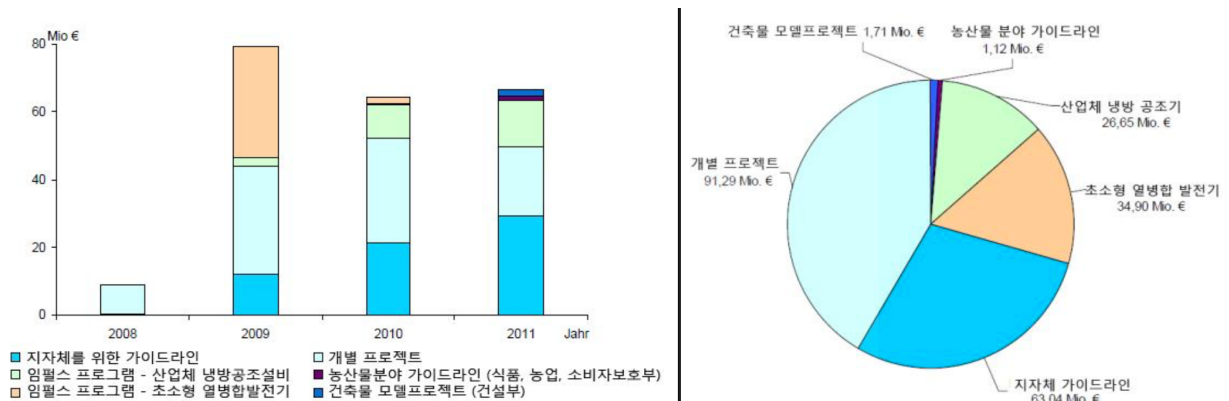


그림 12 2008-2011년 분야별 지원금 추이 및 총합의 분포

지자체 수준에서 기후보호를 위한 정책은 ‘지역 특성을 파악하고 이에 맞는 통합적 콘셉 또는 부분콘셉을 설정’ 하는 일에서 시작하며, 이 콘셉을 근거로 지자체 내 기후보호 관리자를 임명하거나 태스크 포스식의 기구를 개설하여 연방/주 정부 프로그램에 지원 하고 실행하는 관련업무를 전담하도록 함. 연방환경부는 각 지자체가 기후보호 대응책을 구현하기 위한 과정을 뒷받침하며, 재정상황이 불리한 지자체들을 배려하고, 저감목표의 성과를 일괄 측정하는

전문 연구소(ptj: Projektträger Jülich)를 운용함.

나, 지자체들의 기후변화 대응 동향

정부의 에너지 기후보호 지원정책이 본격적으로 발표된 2008년 이전에도 이미 주요 지자체들은 에너지 비용 상승을 대비하여 자체적인 에너지 절약 프로그램을 제작하고 운 용중에 있었 음 (베를린의 경우 이미 94년에 에너지 전담기구와 콘셉이 수립됨).

중소규모의 재정난을 가지고 있는 지자체들은 대부분 지원 프로그램 출현 후 기후변화 대응 에 나섰으며, 점차 확산되어가는 추세 (2010년은 일반 예산동결로 인한 감소).

최근 통계 (2012년 3월 28일자)에 의하면, 현재까지 가로등의 고효율 (LED)전구교체 및 콘 셉설정 등 기초적인 프로젝트에 대부분의 지원금이 사용되었으며, 앞으로 시범프로젝트에 대 한 직접 투자는 감소하고 콘셉 구현을 위한 기후보호 관리자 운용이 증가될 전망이다. 기후보 호 관리자 운용지원은 지자체 기후보호 콘셉이 존재할 때만 가능하며, 시의회의 결의를 거쳐 야 하기 때문에 아직까지 많은 부분을 차지하고 있지 않음. 허가지역 분포를 보면 기반이 안 정적인 구서독의 지자체들이 재빨리 기회를 이용하여 구 동서독간의 격차를 보이고 있음. 이 에 정부는 구 동독지역의 지원금 활용이 더욱 활성화 될 수 있도록 집중적인 홍보/안내행사 를 개최할 계획임. 총 4억 6백만 유로의 지원금 지출로 예상되는 경제적 파급효과가 그림13 에 예시로 집계됨.

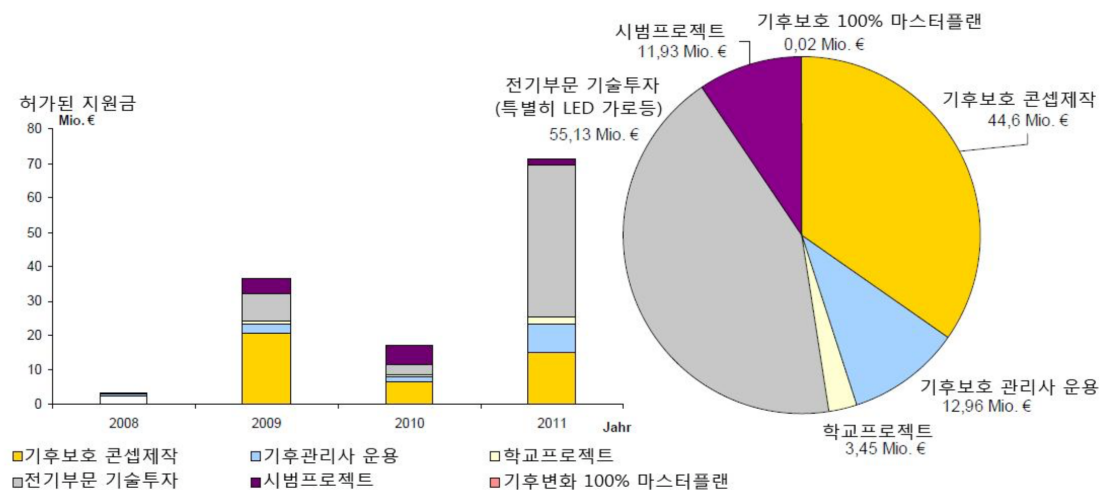


그림 13. 2008-2011 기후보호 지원금 사용추이 및 총합의 분포

4. 독일 함부르크시의 기후보호 대응사례

가. 함부르크 개요

2011년 유럽연합의 환경도시로 수상된 함부르크(Hamburg)시는 독일 최대의 항구도 시이자 두 번째로 큰 도시(동시에 ‘자치 주’의 위상을 가짐)로서 면적 755 km², 인구 180 만을 가진 독일 북부의 관문, 14주변 지역을 합친 메트로폴지방으로는 19802km² 면적에 4300만 인구를 의미.

지구적 해수면 상승의 위협, 엘베강의 좁은 수변 폭으로 인한 만조 때의 홍수위험, 지역 기후변화에 따른 식생패턴의 변화, 녹지가 적은 도심의 열섬현상의 심화 등은 이미 기후변화의 직접적인 영향을 보여주고 있어 광지역적 협력체계를 위해 단계적인 준비과정을 거쳐 2012년 기후보호 마스터 플랜에 에너지 탄소절감 정책과 더불어 적응정책들이 제시될 것임. 역사적으로 무역, 기계(선박, 항공기)제조, 금속가공, 운송/서비스업 등이 골고루 발달하였으며 산업과 재원이 늘 풍부하여 항상 독일평균을 상회하는 지방세를 납부하는 도시임.

“기후정책은 지속가능정책” (Klimapolitik ist Nachhaltigkeitspolitik) - 제조산업체가 지자체의 중요한 경제를 구성하고 있기 때문에, 2007년 기후보호 콘셉 수립이 에너지 절감이나 탄소절감목표 뿐 아니라 지속가능한 성장목표의 일환으로서 경제성장의 중요한 요소로 인식하고 결의했다는 점에서 매우 귀감이 되는 사례.

기후변화 콘셉과 함께 이를 전문적으로 지원할 전담반을 신설하고 연간 2 천만 유로가 넘는 대대적인 예산편성을 통해 타 지방과 차별된 접근방법과 프로세스를 시사함. 특별히 기업주체들을 공략하는 전략으로 2011년 지자체 공모전 “전략부문”을 수상 (CO₂ 배출이 많은 알루미늄 및 화학제조 기업체들을 기피하지 않고, 전문자문 제공 및 기술적 혁신 등을 통해 협력적으로 절감목표 달성을 결의).

관련자들을 초청하여 시물레이션 툴(GRIP)을 통해 공동으로 실시간 부문별 목표치를 조정하면서 합의, 목표설정을 한 점이 특이사항임 (<http://www.euco2.eu>).

나. 기후보호 콘셉

2012년까지 CO₂ 2백만 톤 감축을 목표로 2007년 기후보호 목표 및 활동 계획 마련. 2011년까지 약 7천 5백만 유로의 예산을 투입, 450여개 이상의 프로젝트를 수행.

이미 90년대비 2012년 20% 저감목표 달성이 가시화되고 있으며 주된 요인은 기업들을 위한 경영에너지 효율화 지원프로그램, 건축물 에너지 리모델링, 산업체들의 약속이행으로 평가됨. 주요 온실가스 배출자 - 산업체 29%, 수송 27%, 가정경제(주택) 23%, 중소기업 20% (2006년기준)

콘셉은 매년 부분적으로 갱신되고 발전. 2011년 4차 갱신이 실시 - 수행목표 내용은 온실가스 저감, 기후변화 적응, 자문/연구/평가 등의 세 부문으로 구성 (2011년 갱신된 보고서에

제시된 14개의 기후보호 수행목표 및 사례 프로젝트)

1) 에너지 공급 - 친기후적이면서도 안정적인 에너지 생산

2009년 함부르크 에너지 (Hamburg Energy)공급회사 설립으로 에너지 공급 확대
(http://www.hamburgenergie.de/index.php?id=305&wt_mc=amc95917897),

100% 공공지분으로 기후보호에 관한 시 정책을 직접적으로 구현하기 용이> 재생 에너지 사용, 무화석 무핵, 저탄소 열병합발전소 운용, 스마트 그리드 도입. > 효과적인 탄소절감을 위해 난방을 위한 인프라구조의 시소유가 적절함고 판단, 주요 에너지 인프라구조의 공공화를 검토중. 현재 약 25.1% 지분을 유지. > 함부르크 에너지사와 E.On. Hanse AG 에너지 공급사는 제조업, 서비스업, 주택 건설사에서 열병합발전기 설치시 경제성 조사 및 상담비용을 지원> 연간 9800톤 절감효과

- 에너지 절약 - 온실가스가 많이 발생하는 제조업, 기계설비, 수송 및 건물에 에너지 절약 방법에 우선순위를 둠 > 스마트 미터 (지능형 전기계량계) 설치: 대형건물에 시간대와 목적에 따른 구체 적인 전기소비 흐름과 패턴을 파악하여 조절하는 역할을 함, 궁극적으로 전기 소비 의 절약을 유도
- 재생가능에너지 - 유기물 쓰레기 사용한 바이오매스 발전소 운용, 100MW 풍력에너지 확장 (리파워링 중점), 태양열 및 태양광 에너지 확장 > 풍력발전 확장을 위해 토지이용도 변경 및 리파워링 추진.
- 개인소유 태양광/열 발전 - 에너지 잠재력을 표시한 전자지도 공개 및 태양광 발전기 설치시 재정적 지원. 정부의 '경기활성화 패키지II' 지원금을 활용하여 지열발전기, 열교환기의 확장 및 태양열 발전과의 결합 가능성 조사와 가능지역 모델링 실시. 74개 학교지붕에 총 180kWp 태양광 발전기 설치
- 에너지효율화 - 함부르크가 중요한 경제입지로 계속 경쟁력을 갖추기 위해서는 현 존 산업체 구조를 유지하면서 저탄소 전략이 융합되어야 할 것임. 2011년 지자체 콘셉 공모전 전략 부문 수상작 "자원보호를 위한 기업들 (UfR Unternehmen für Ressourcenschutz)" 프로그램이 있음: 무료로 조명/냉난방 및 경영에너지효율화를 위한 자문과 에너지 체크를 지원 함. 2007년부터 약 960회 이용되었으며, 더불어 효율화를 위한 지원을 통하여 약 146400톤의 이산화탄소를 절감하였음. 6,70년대 건설된 터널 및 지하도 조명을 고효율 LED로 교체
- 에너지인프라 - 시는 에너지 네트워크 인프라구조에 향후 효율성을 가름하기 위해 함부르크 기후/경제/공급안정 면에서 다시 시소유로 전환하여 공공화 운용이 가능한 지 검토 난방재생에너지 활용 및 지역 난방, 열병합발전의 적재적소점 산출, 흑탄 화력발전소를 가스 및 증기터빈으로 교체, 쓰레기를 활용한 바이오매스 화력발전소 운영. (가스는 순간점화 발전이 가능하므로 기존 흑탄 화력발전으로 기저부하를 유지했을 때 재생에너지의 생산량을 유동적으로 수용할 수 없었던 문제를 개선)
- 기후변화 적응대책 - 장기적 위험요소 분석 및 대처방안 정의와 실행전략 수립, 2012년 전반기에 발표될 기후보호 마스터플랜에 구체적 전략이 제시될 것임
- 건물에너지효율화 - 온실가스절감에 비전기부문중 주택단열수준강화에 시급한 투자가 필요하며, 장기적으로 상당한 역할을 할 수 있을 것으로 계산됨.

함부르크는 약 89%이상이 1978년 이전에 세워진 건물들로서 에너지 효율면에서 상당히 뒤 떨어진 상태. 2008년 약 4000여 주택, 2009년 약 5000여 주택이 에너지 리모델링을 실시. 국제건축박람회 (Internationale Bauausstellung): 기후변화는 IBA 함부르크의 주요테마 중에 하나로써 기후보호컨셉의 구현을 위해 “재생가능한 빌헬름스부르크” 프로젝트를 통해서 신규건물에 재생에너지 열 네트워크가 구축된 사례를 제시 > 기민-녹색연정의 결의로 기후보호 컨셉의 핵심적인 요소 중 하나로 탄생한 것이 2008년 7월1일부로 시행된 함부르크시 기후보호 시행령 (Hamburgische Klimaschutzverordnung(HmbKliSchVO)). 이로써 독일에서 처음으로 연방 에너지절약법률 (EnEV2007: Energieeinsparverordnung)의 열효율 기준을 30% 능가 하는 수준으로 시 전체에 건축물 열효율 기준을 제시하게 되었음 (연방 에너지절약 법률의 수준은 2001년과 동일한 조건인데 반해 에너지 비용은 상승하였으므로, 30% 높은 수준을 제시해도 경제성이 있는 것으로 경제 타당성 조사를 통해 확인됨) > 본 시행령은 건축물의 물리적 기준 뿐 아니라, 운용에 관하여 3E 컨셉 (Einsparen 단열수준 강화를 통한 에너지 절약, Energie Effizient nutzen: 고효율 냉난방기기 및 열 네트워크사용, Erneuerbare Energie einsetzen: 재생에너지 사용)을 통해 법적인 강제성을 가지고 건축물 에너지 관리를 추진할 수 있게 되었음. 국제건축박람회 에너지 리모델링, 학교/유치원 에너지 절약 프로그램 50:50). 강화와 확장을 통해 이분야에 선구적 역할을 할 수 있도록 투자유치.

- 기후변화 연구투자 - 기후변화 적응과 절감에 관한 연구기관의 지속적인 네트워크
- 기후캠퍼스 설립- 기후변화와 관련한 기존 대학연구소 및 외부 연구기관간의 협력체 결성함 (www.klimacampus-hamburg.de)
- 시민 교육및 공공 소통작업 - 기후변화 현상과 대처방안에 대하여 시민들이 일상에서 자각할 수 있도록 대시민 교육, 정보제공, 자문활동 등을 대폭 강화할 예정임.
- 국내외 협력강화 - 지방, 주정부간, 연방 및 국제간 협력체계 강화를 통해 노하우/ 정보교환 및 자체 기후보호 컨셉의 개선. 유럽프로젝트 (EU CO2 80/50): 유럽의 14 메트로폴 (대도시권) 지방이 함부르크 기후보호전략 기획하에 마스터플란을 제작중임. 각 지방별 CO2 현황이 산출되고, 시나리오 워크숍을 통해 절감목표들이 설정됨. 14지방 50개의 워크숍에 약 350 주체들이 참여하여 기후보호 마스터플랜 작성을 위한 목표들을 논의, 전략비교 (그림 14)



그림 14 함부르크시 이산화탄소 절감평가

다. 기후보호 전담반

2007년 기후보호 콘셉이 수립된 동시에 콘셉의 목표를 구현, 관리, 갱신할 전담반을 신설. 기후보호 목표들이 각 행정부서들 업무에 고려, 통합될 수 있도록 적극적으로 밀어 주는 견인차 역할을 하며, 연방지원 및 지자체 자체예산, 파트너십의 스폰서를 활용한 프로젝트들 관리(485개), 새로운 기술과 지식의 접목 가능성을 타진, 대시민 교육 및 행사주최 등을 주도하는 5명의 분야별 전문가와 1명의 행정보조로 구성. 일차적으로 2012년까지 계약직으로 시범 운용중.

함부르크 주정부 “도시개발 및 환경부”(BSU: Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt) 산하 “자연 및 자원보호”(NR: Naturund Ressourcenschutz)담당부서에 분류되어 있으나 범 부서적인 성격을 가지며, 연간 약 2천2백만유로의 막대한 예산을 집행.

즉, 함부르크 기후보호콘셉은 단편적인 참고서나 제안서가 아니라 진행형 프로세스로 이해될 수 있으며, 행정 전 분야를 포괄하는 통합적 범분야적 실천목표로서 전담부서를 통해 실현함. 가정경제에 에너지 절약 및 효율화를 위한 대시민 서비스를 실시하는 에너지 전담반이 따로 있으며 (<http://www.hamburg.de/energieagentur>) 무료 에너지 체크, 에너지 절 약 자문 및 브로슈어 자료배급, 에너지 절약 저금통장등을 제공함.

라. 결론 및 시사점

- 기후보호에 대한 독일의 전략이 2007년부터 본격적으로 논의되면서, 연방정부가 목표 구현을 위해 유동적인 지원체제를 마련한 것을 주목해 볼 필요가 있음. 지자체들은 재정 자립도에 따라 차이가 있으나 경쟁과 학습효과를 통해 꾸준히 대처방안들을 수립하고 이행해 가고 있으며, 투자 중점분야를 찾아가는 과정중에 분야별로 변화되는 필요예산에 정부는 때로는 초과분에 때로는 잉여분의 예산편성에 대처해야 하기 때문임.
- 지자체들이 지방별 특색과 예산수준에 따라 자체적으로 상황을 분석하여 콘셉을 수립할 수 있도록 하고, 관리자 지원 및 전문가문 제공, 네트워크 및 정보공유 강화를 위한 플랫폼을 만들어 주는 것이 소비자를 직접적으로 지원하는 것보다 중장기적으로 큰 효과를 가져올 수 있을 것으로 판단됨
- 전문전담부서 또는 기후변화 관리자의 역할이 매우 중요하게 부각됨. 기후보호를 위한 요구사항은 아무리 잘 정리된 보고서라 할지라도 관심과 시간을 가지고 실행 주체들과 협의하지 않으면 성사되지 않기 때문에 함부르크시에서 보듯이 전담하는 부서를 콘셉과 동시에 개설했다는 것은 행위 주체들을 이끄는 프로세스로 간주했다는 데에서 의의가 있음
- 함부르크 시가 기후보호정책을 성장정책의 일환으로 부상시킬 수 있었던 것은 함부르크 경제규모에 걸맞는 대담한 투자로 볼 수도 있으나, 에너지 및 탄소배출량이 많은 경제구조에서 기업들이 경쟁력을 갖추기 위한 생존전략의 조건으로 판단한 데에도 기인함
- 독일최초로, 실질적인 법적 구속력을 가지는 지방법으로서 함부르크시 기후보호 시행령(hamburgische Klimaschutzverordnung(HmbKliSchVO))이 발효되었고, 함부르크 전체

건물의 열효율뿐 아니라 건축물의 에너지 운용방법까지 규정함으로써 에너지 및 탄소절감에 매우 선구적인 강제수단을 마련하였음

- 기 시행령의 초안이 이미 1997년에 마련된 것을 볼 때, 오랜 시간에 걸쳐 시도된 노력이 지금에서야 여러가지 요인을 통해 사회적 합의를 가능하게 하였음을 알 수 있음. 증가하는 에너지 비용에 따른 시민들의 주택 선호도 변화 추세, 연방 기후보호 정책과 프로그램의 탄생, 탈핵을 위한 에너지 전환 압력, 연방에서 지원하는 수준 이상의 함부르크 지자체의 추가 지원금 보장, 국가 재건은행 장기 저리융자 프로그램 등이 함부르크 주택공급업자들의 리모델링 부담을 절충할 수 있게 하는 요인으로 평가됨.

5. 스웨덴 기후보호 대응사례

모든 국제개발 활동에서 '평등하고 지속가능한 국제개발'을 핵심원칙으로 추진하는 스웨덴은, 환경과 기후변화 이슈에 특별한 관심을 기울이는 대표적인 선진국임. 그림 15에서 나타내는 바와 같이, 스웨덴은 연간 총 ODA의 20% 이상을 환경 또는 기후변화 관련 활동에 투입하여 환경적으로 지속가능한 개발협력 사업을 추진하고 있음.

스웨덴은 1950~60년대 심각했던 환경오염과 폐기물처리 문제를 극복 해낸 자국의 도시개발 경험을 토대로 1990년대 후반부터 개도국 도시의 지속가능한 개발에 관심을 기울이며 정책문서와 지원전략 등을 수립해 왔음. 스웨덴의 국제개발 담당 기관인 SIDA(Swedish International Development Cooperation Agency)는 인프라 및 경제협력국하에 도시개발부서를 두고, 개도국의 지속가능한 도시 개발지원에 힘써왔음.

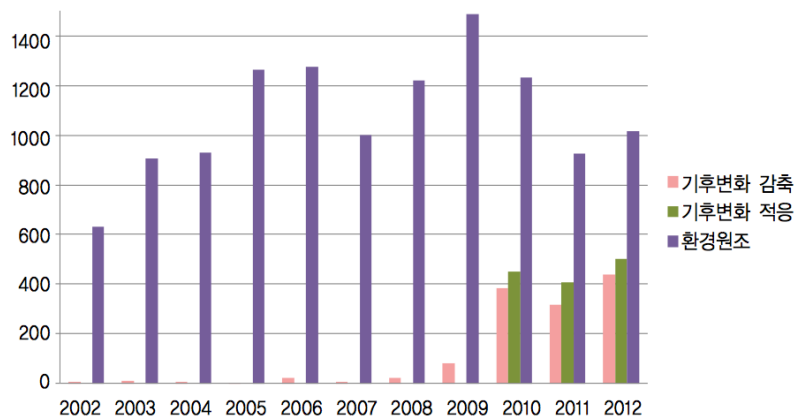


그림 15 스웨덴 환경 관련 원조 상황 (단위: USD) 참조: OECD Statistics(<http://stats.oecd.org>)

가. 지원 프레임워크 및 전략

스웨덴의 도시 관련 지원 노력은 도시개발 정책문서인 "Towards an Urban World - Urbanization and Development Assistance," "Fighting Poverty in an Urban World(2006-11)," The SymbioCity Approach 등에 반영되어 있음. 또한 환경 기후변화 지원 정책문서인 "Swedish Policy for Global Development 2010-12(Climate Change and Environmental Challenge chapter)," "Policy for Environmental and Climate Issues 2010-14" 등에서도 도시를 지원분야 중 하나로 지목하고 지침을 제공하고 있음.

스웨덴 정부의 환경기후변화 지원에 관한 정책 가이드라인은 도시이슈가 중점적으로 고려되었음. 특히 "Policy for Environmental and Climate Issues 2010-14" 문서는 '개도국의 환경영향 및 기후변화에 대한 복원력 강화, 지속가능한 자원 활용, 환경개선 추구'라는 핵심 목표를 제 시하였음. 중점 활동분야로는 1 공공행정 분야의 제도적 역량 강화, 2 식량안보와 지속가능한 생태 이용 강화, 3 수자원 관리 강화 및 식수 와 위생시설 접근 강화, 4 지속가능한 에너지원에의 접근 개선, 5 지속 가능한 도시개발을 꼽았음.

2006년 발간된 "Fighting Poverty in an Urban World"는 1995년의 도시 개발지원 정책문서 "Towards an Urban World - Urbanization and Development Assistance"에 이어, 개발을 저해하는 문제점으로 도시의 급속한 팽창과 이로 인한 사회, 경제, 환경적 불평등을 지적하였음. 도시지역 지원은 스웨덴 국제개발정책에 따라 도시 빈곤층이 스스로 삶의 개선을 추구함이 가능한 환경조성을 목표로 함. 이러한 맥락에서 Sida의 도시 지원전략이 집중되어야 할 분야로 1 지역 및 국가개발의 통합, 2 지역 거버넌스와 도시 관리, 3 인프라와 도시 서비스, 4 토지 및 주택, 5 환경적 지속가능성이 제시되어 있음.

스웨덴의 2006년의 도시개발 지원 정책문서는 Sida가 증여, 소프트론, 역량 강화 등을 통해 국가단위의 지원을 주목적으로 추구하며, 동시에 국 제 지역적 단위에서 다자공여기관을 통해 지원을 제공하고 밝히고 있다. 이에 부합하여 현재 Sida는 UN-Habitat와 Cities Alliance, CLIFF(Community-Led Infrastructure Financing Facility) 등의 인간거주지 관련 다자협력체에 대한 지원과 지속가능한 도시, 이른바 SymbioCity 에 대한 양자지원으로 지속가능한 도시개발을 지속적으로 추구하고 있음. SymbioCity의 직접적 사업이행은 스웨덴 지역정부협회(SALAR: Swedish Association of Local Authorities and Regions)의 산하기관인 SKL International에서 담당하고 있음.

나. SymbioCity 이니셔티브

스웨덴은 2010년 도시개발의 경험을 학문적으로 정립하고 이를 개도국 및 체제전환국 지원에 적합하도록 재구성한 SymbioCity Approach를 개발하여 지속가능 도시 지원 사업을 추진함. 이 활동은 스웨덴의 환경 지식 및 기술을 활용하여 세계 지역의 지속가능한 도시개발을 지원하며, 또한 시장기반의 플랫폼 구축을 통해 지원을 지속하고자 하는 점이 특징적임.

SymbioCity는 지속가능한 도시 지원에 교통, 폐기물, 수자원 등의 특정 도시이슈를 다루는 분야별 접근과 다각적인 범분야 접근의 두 개 진입점을 고려함. 또한 분야별 지원을 우선적으로 추진하되 점진적으로는 각기 다른 분야의 시너지 창출을 추구하는 범분야 지원으로의 이행을 권고함.

도시의 지속가능성은 환경과 사회, 경제, 그리고 공간적 요소로 나누어 볼 수 있는데, 지속가능한 도시개발을 위해서는 이러한 개별적 요소를 효과적으로 아우를 수 있는 거버넌스 제도 프레임워크가 요구된다(표8 참고). SymbioCity 접근법은 환경, 사회, 경제 요소를 아우르는 효과적인 거버넌스가 공간적 요소와 적절히 연계되고, 이러한 과정이 지속적으로 유지될 때 도시의 지속가능한 발전이 이루어지는 것으로 간주함.

표 8 SymbioCity의 주요요소

정의	주요 요소	포함활동
환경	기후변화, 재해, 소음, 오염, 유해물질, 대기오염, 방사능오염	장기적인 생물학적 생태학적 시스템의 보호 및 보존 기후변화에 대한 복원력
사회	정의, 사회적 포용성, 인간발전, 인내, 인구, 문화와 전통	기본적인 사회적 상업적 물리적 서비스를 제공할 수 있는 역량 포용적이며 정의로운 공동체 구현 능력
경제	혁신, 도시의 경제적 부, 소비와 생산, 경제성장	가용자원을 고려한 균형적인 개발활동 (이를 통해 현지의 경제 개발활동과 투자를 촉진)

(참조: Ranhagen and Groth (2012))

SymbioCity 접근법은 지속가능 도시개발 지원을 크게 6단계로 나누고 (그림16) 각 단계에서 이루어져야 할 중점목표와 세부목표, 고려사항, 행동계획 등을 뚜렷하게 포함하였음. 스웨덴은 지원 단계별로 독립적인 지침을 명확하게 제공하여, 1년 내외의 단기사업 추진 시 특정 단계까지의 이행을 목표로 삼고, 향후 후속작업 시 다음 단계를 이행할 수 있도록 기반을 마련함으로써 지원 제공의 효율성을 강화하였음.

이 이니셔티브에는 스웨덴 환경부와 외무부, 기업에너지통신부, 무역위원회, SALAR, 대학 등의 다양한 이해당사자가 참여하며, Sida가 재정적 지원을 제공함. 2010년부터 SALAR의 산하기관인 SKL International이 개도국 4개 도시를 대상으로 접근법을 활용한 지원활동을 시작하였으며 현재 아프리카, 아시아, 동유럽 국가로 지원 활동을 확대 중에 있음.

SymbioCity 모범사례 중 하나로 거론되는 스웨덴 보로스-인도네시아 팔루 협력사업은 지역사회 거버넌스와 역량 강화를 목표로 하였음. 이는 전체 사업기간이 1년에 불과하여 기간 내 완료할 수 있는 SymbioCity 접근법의 1단계의 이행을 목표로 한 것임.

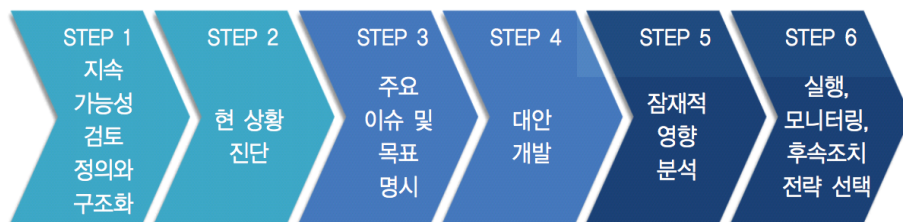


그림16 SimbioCity 지원단계

보로스-팔루 협력사업은 스웨덴 보로스의 경험을 토대로 생활폐기물 처리와 교통량 증가로 인해 지속가능 도시개발이 정체 중인 인도네시아 팔루시에 방향성을 제시하고자 하였음. 1970년대 스웨덴의 보로스는 낙후되고 오염된 소도시였으나 체계적인 도시 폐기물 처리 계획과 대중교통 시설 확충을 통해 지속가능한 도시의 모범사례로 거듭난 바 있음. UN-Habitat, 세계은행, 스웨덴은 기후변화와 세계의 급속한 도시화라는 도전과제를 맞아 각자의 경험을 토대로 한 지원 전략을 수립하여 추진 중임. 먼저 UN-Habitat는 중소규모 도시에 대한 국제

사회 의 지원이 미흡함에 주목하여, 소규모의 인간거주지 개발역량 지원경험을 토대로 개도국 중소도시의 기후변화 대응에 주력하고 있음. 이 활동에 있어서도 현지사정의 정확한 판단, 즉 기후변화 영향 및 현지 역량 파악에 많은 관심을 기울인다는 점이 주목할 만함.

국제금융기구로서 풍부한 경험과 자원을 보유하는 세계은행은 온실가스 감축과 기후변화 적응의 공동혜택에 관심을 갖고 개도국 도시의 저탄소 개발을 지원함. 한편 저탄소 도시 인프라 구축을 위해 재원의 확대가 필수적일 것으로 보고 혁신재원 동원방안과 개도국 도시의 민간 재원 접근을 위한 신용도 구축을 지원함.

다. 요약 및 시사점

- 국제사회는 2015년 이후의 글로벌 개발 프레임워크의 핵심 비전으로서 경제와 사회, 환경적 균형이 이루어진 지속가능발전을 채택하고, 현재 구체적인 목표를 수립 중임. 2000년 수립되어 추진되어온 밀레니엄 개발목표에 비교하여 지속가능발전 목표는 새로운 국제적 도전과제들을 다루기 위해 그 지원의 대상과 규모가 크게 확대된 양상임. 이러한 도전 과제 중 시급한 대응이 절실한 분야가 바로 가속화되고 있는 기후변화와 인구 및 도시의 무분별한 팽창임.
- 개발의 역사에서 도시의 발달은 주로 경제의 번영과 사회적 서비스의 접근성 개선으로 긍정적인 효과를 가져왔음. 오늘날 50% 이상의 세계인구가 도시에 거주하며, 2050년 약 60% 이상으로 증가할 것으로 전망됨. 이는 곧 과거에 비해 보다 많은 인구가 개선된 사회 및 경제 인프라의 접근성을 얻고 경제적 혜택을 누리게 되었음을 뜻함. 그러나 개도국 도시의 빈곤문제는 점차 심화되고 있으며, 상호 영향을 미치는 기후변화와 도시의 저개발은 도시, 더 나아가 국가 전체의 지속가능발전을 위협하는 상황임.
- 이 연구에서는 개발협력의 관점에서 도시지역 개발협력의 현황과 개도국 도시의 기후변화 취약성을 검토하고 2015년 합의될 새로운 글로벌 개발목표에서 도시 및 도시의 기후변화 대응의 의의와 선진 공여기관들의 현행 사례를 검토하였음. 이를 통해 향후 우리나라 도시지역 개발협력 활동 추진에 시사점을 제공하고자 하였음.
- 국제적으로 급속하게 확산되는 도시화 현상과 도시가 개발에서 차지하는 역할에 비해 개도국의 도시 개발 지원에 관한 검토는 아직까지 다소 더딘 상태임. 국제적으로 보편적인 도시 정의의 부재를 차지하고도 적절한 도시 개발지표 및 레지스트리, 모니터링 체제의 부재는 그동안 도시 지역에 대한 국제사회의 협력이 제한된 가장 큰 요인이 되어왔음. 개도국 의 중소도시 및 대도시 간 격차 또한 현재 국제사회가 주목하고 있는 문제점 중 하나임. 따라서 도시지표의 개발, 도시 규모별 격차 해소 등에 향후 국제사회의 노력이 우선적으로 이루어질 것으로 전망됨.
- 다양한 인구 및 면적에 따라 도시의 기능 및 특징 또한 많은 차이점을 가지는데, 국제적 정의 및 기준의 부재는 도시의 현황에 대한 적절한 파악을 어렵게 하기 때문임. 이는 일관된 도시 개발지표 수립 및 분석의 가장 큰 장애물이기도 함. 이러한 한계를 극복하기 위해 국제 개발협력 추진 시에는 국가별로 도시의 규모에 따라 특수한 수요를 반영 한 지원 전략을 수립하는 것이 필수적이며, 이를 위해서는 도시에 대한 이해 제고가 반드시 필요함. 동일 지역에 위치하는 도시라 할지라도 지형, 기후, 주요 산업 등 다양한 조건에 따라 다른 기후변화 취약성을 가지고 있음. 따라서 도시의 기후변화 지원 추진 시 각 도시의 특성 및 특징에

대한 이해 구축을 우선적으로 고려함이 바람직함. UN-Habitat의 Cities and Climate Change 사업의 가장 첫 단계가 이해당사자 및 기후변화 취약성의 평가인 점은 시사하는 바가 큼.

- 도시 관련 지표 및 통계체계 개발 국제사회에 보편적인 도시의 정의가 존재하지 않는 것과 같은 맥락에서 국제적으로 보편적인 도시 개발현황 지표가 부재한 것은 도시의 기후 변화 대응과 지속가능발전을 위해 국제사회가 반드시 해결해야 할 과제 임. 제2장에서 검토된 UN-Habitat의 도시개발지수(CDI) 및 도시변영지수(CPI), Siemens의 녹색도시지수(GCI) 등 도시 관련 지표가 나타난 가장 큰 한계점은 이들 지표 및 지수가 일관된 통계 및 통계수집 체계를 통해 구축된 것이 아니며 따라서 국제적으로 통용되지 않는다는 것이었음.
- 현재 학계 및 국제기구들은 도시와 관련된 지표 및 통계체계의 부재를 매우 큰 문제점으로 인식하며, 도시의 지속가능성을 검토하기 위한 제도 구축 노력을 추진하고 있음. 이 중 Global City Indicators Facility(GCIF)의 움직임이 가장 주목할 만함. GCIF는 세계 최초의 도시 데이터 비교를 위한 국제표준을 개발하여 2014년 5월 국제표준화기구의 승인을 얻은 바 있음. 뿐만 아니라 기후변화의 범주에서도 기후변화 대응 도시의 현황에 대한 일관적인 모니터링 및 통계체계의 부재를 큰 문제점으로 인식하고 이를 해결하기 위한 노력을 시작하였음. 2014년 9월 기후변화정상회의에서는 세계 도시의 네트워크 및 UN 기구가 협력하여 Compact of Mayors를 도출하였음. Compact of Mayors는 기존 ICLEI의 Carbonn Climate Registry를 통해 도시별 온실가스 배출 현황을 파악하는 동시에, 국제관행에 부합하는 새로운 도시별 온실가스 배출 통계체계 구축활동을 추진 하도록 결정하였음. Global Protocol on Community-scale GHG Emission(GPC)이라 불리는 이 통계체계는 도시 단위의 온실가스 배출 및 감축 현황 파악을 용이하게 하며, Compact of Mayors에 통계를 제출 하고자 하는 도시들은 GPC를 활용함으로써 일관적이고 신뢰할 수 있는 도시별 온실가스 관련 데이터 구축이 가능함. 이와 같은 국제사회의 도시 관련 개발지표, 온실가스 또는 기후변화 취약성 데이터수집 노력과 현 황에 대해 보다 심층적인 연구를 통해 적절한 대응이 바람직함.
- 프로그램식 접근 우리나라는 도시계획, 상하수도 인프라 구축 지원, 폐기물 처리, 토지 이용, 수자원 공급 등 개도국 도시에 대한 다양한 지원활동을 추진하고 있으나, 세계은행과 스웨덴의 사례에서 검토한 바와 같이 이러한 프로그램 단위의 활동을 도시지역 지원이라는 범 분야 주제로 연계 가능한 전략이 부재함. 실제로 한국국제협력단이 추진한 동아시아기후파트너십 사업에서 두번째 우선순위 분야로 저탄소 도시개발 지원 활동이 포함되었으나, 전체적인 전략의 수립에는 이르지 못한 채 일부 프로젝트 단위의 사업 추진에 그친 바 있음. 우리나라는 폐기물 처리, 친환경 건축, 오, 폐수처리, 기상 예보 등의 분야에서 기술력을 보유하고 있으며, 전략을 통해 체계적인 지원이 이루어지는 경우 민간부문의 개도국 진출 잠재력 또한 상당할 것으로 여겨짐. 이러한 측면에서 학술적 개념을 사업이행 전략으로 탈바꿈하여 개도국 도시에 적용한 스웨덴의 SymbioCity 사례는 많은 시사점을 줌.
- SymbioCity 접근법은 도시지역에 대한 지속가능개발 지원을 사업단위의 개별 지원과 지역의 전 주기 발전을 고려한 통합적 지원으로 구분하되, 점진적 및 궁극적으로는 통합적 지원을 추진하고 있음. 즉 지원활동의 초기에는 폐기물, 수자원 관리, 교통과 같이 전문성을 가진 특정 도시요소에 집중하여 기존의 계획을 개선하는 등의 활동이 보다 효율적임. 그러나 사업이 진행되면 점차 각 요소와 연계된 시너지를 검토하여 점진적으로 통합적인 발전을 지원하는 방향으로 이행해가야하다는 것임. 검토에 따르면 스웨덴의 SymbioCity 지원전략은 지속가능한 도시의 각 요소, 즉 공간설계, 조경, 건축, 에너지, 폐기물 처리, 위생 등을 구분

하고 여기에 추진 가능한 활동을 구체적으로 명시함으로써 기타 국제기관 및 스웨덴이 어떠한 활동을 추진해야 하는지 구체적인 밑그림을 제시했다고 여겨짐. 특히 시장기반의 플랫폼을 구축하여 민간참여의 기회를 확대하기도 한 점이 참고할 만함. 우리나라의 개발협력 활동이 집중되어온 동남아시아 및 남아시아 지역은 도시화가 급격히 이루어지고 있는 대표적인 지역중 하나임. 따라서 향후 도시를 범분야 주제로 연계하여 지원 방향을 수립할 필요가 있음. 특히 도시의 특징을 고려한 프로그램식 접근이 유망함고 여겨짐.

- 도시의 적절한 기후변화 대응은 향후 글로벌 개발목표의 달성을 위해 반드시 선제되어야 할 요건임. 첫째, 다수의 도시 빈곤계층이 기후변화로 인한 재해에 노출되어 있기 때문이며, 둘째, 도시의 적절한 대응을 통해 국제사회의 기후변화 노력에 긍정적으로 기여가 가능하기 때문임. 그러나 이를 추진하기 위해서는 먼저 국제적으로 보편적인 도시규모의 정의가 합의되어야 하며 지표의 개발 또한 요구됨. 국제사회가 도시이슈의 중요성을 인식하고 앞서 언급된 문제점의 해결을 위해 활발한 노력을 기울이고 있음에 따라, 우리나라 또한 선제적인 대응방안 모색으로 국제 개발협력의 논의 흐름에 참여가 필요함.

6. 기후변화: 영국 정부차원의 대책

가. 배경

올해 2017년 여름에 겪었던 폭염을 아직도 많은 분들이 기억을 하고 있으리라 생각이 든다. TV에서는 연일 붉게 물든 우리나라 지도를 보여주며 폭염경보 및 주의보를 알렸다. 올 8월의 평균 최고기온은 34.3°C로 110년 만에 최고폭염이었었다고 함. 이전에 최고의 폭염을 기록했던 1994년보다도 1.74°C가 높았고 다양한 문제들이 속출하였음. 그중에서 전기세는 제일 이슈가 되었음. 낮의 폭염과 더불어 야간의 열대야는 밤잠을 설치게 했으며, 이는 에어컨 가동으로 이어져 에너지사용이 증가하고 급격히 늘어난 전기세에 관한 사회적 논의가 벌어지기도 했음. 또한 건물뿐만 아니라 사람들에게도 영향을 미쳐 폭염에 대처하지 못한 육체적 허약계층은 온열질환(예: 열사병, 열탈진)이 많이 발생하였다고 함. 또한 도시에서는 폭염으로 인한 도심 불쾌지수의 급증했음은 두말할 필요도 없을 것임.

이는 비단 최근 우리나라에서만 일어나는 일은 아님. 2003년 폭염으로 북프랑스에서 1,500명의 사상자가 나왔고 영국도 2009년 6월 30일과 7월 2일 사이 300명이상의 사상자가 나왔음. 올 8월에는 중국에서 40°C, 이라크는 54°C에 이르러 임시 공휴일이 선포되기도 했음. 영국의 남부지방도 예외는 아니어서 33°C가 넘는 더위에 선로가 휘어지고 이로 인해 교통체증이 일어나기도 했으며 물놀이를 함가 숨지는 사건이 부각되기도 하였음.

문제는 이와 같은 현상이 올해에만 일어나는 것이 아니라 이미 조금씩 진행이 되어왔고 앞으로 더욱 가속화될 것이라는 경고가 학자들을 통하여 많이 주장되어 왔음. 세계 각국에서는 기후변화에 대비하여 다양한 정책 및 실용적 대비를 준비하고 있음. 이는 기후변화로 인한 농업, 수산업, 보건 및 건설업은 다양한 분야에 영향을 주기 때문임.

건설업에서 보자면 거주자들에게 좀 더 쾌적한 공간 즉 작게는 폭염을 피할 수 있는 건조환경(built environment)을 제공하는 것은 매우 중요함. 물론 이때 온난화를 가속화 시키는 이산화탄소 배출 저감 및 에너지사용(전기세)의 절감은 사용자들에게는 추가적인 이익을 가

저다 줄수 있다고 할 수 있음.

- 우리나라 현황

우리나라에서는 예상치 못한 여름철에 급격한 더위로 인한 냉방에너지 증가로 전력수급에 긴장감을 이어가고 있음. 특히 2011년 9월에 발생한 늦더위로 인한 전력사용량 증가로 블랙아웃(blackout: 대규모 정전상태) 직전까지 경험한 우리나라는 기후변화에 대한 준비에 공을 들여왔음. 특히 여름기후가 아열대로 변해가는 현실에서 여름철 냉방에너지 사용의 증가는 전력예비율에 위협이 되고 있음.

전력예비율 15%가 안정된 전력공급을 판단하는 기준이 된다고 함. 전력예비율 10% 미만일 수는 2010년 이 후로 매년 40일 이상을 보이고 있으며 특히 여름철에 집중이 되고 있음. 이는 기후변화에 의한 열대성기후가 점차 가속화되고 있음을 보여주고 있음. 그림 17에서는 올해 전력사용량이 사상최대치를 기록하였으며 전력공급의 안정성을 나타내는 전력예비율이 7.9%(11일), 8.5%(12일)로 위험한 순간이 있었음을 보여줌. 이후 안정이 되었다고 하지만 전력사용량이 계속 늘어나고 있는 추세여서 대책이 필요함.

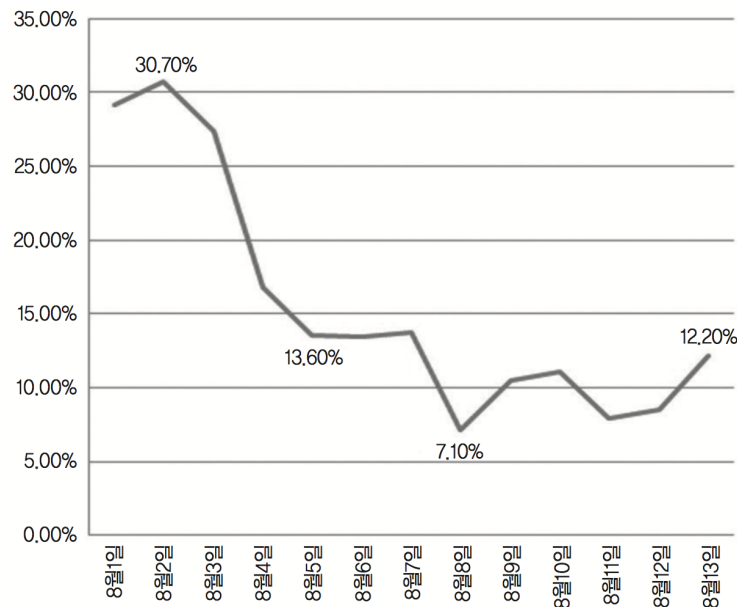


그림 17 8월 전력예비율 (출처:전력거래소)

최근 기후변화에 대한 경고가 심심치 않게 나오고 있음. 세계기후기구에서 1999년 이후로 발표하고 있는 기후를 보면 지구온난화가 지속적으로 이행되고 있음을 알 수 있으며 지구온난화에 따른 온실가스저감 협약준수를 위해서 국가의 노력이 중요한 시기임. 우리나라는 교토의정서를 시작하여 신기후변화체제를 표방하는 파리 협약(COP21)에서 우리나라의 온실저감목표를 2030년까지 온실가스 배출전망치(BAU)대비 37% 저감을 발표하고 이후 각 부처에서 이를 위한 방안들을 강구하고 실행하고 있음. 우리나라는 「저탄소 녹색성장 기본법」(2010)을 제정하고 온실가스 저감 및 기후변화에 대응하는 제도들을 시행중에 있음. 그러나 이미 시행중인 선진국에 비해서는 아직 미비한 점들이 있으며 기후변화에 대한 인식과 대응도 아직은 미흡한 편임. 사용자들의 온열환경 쾌적성을 계절에 관계없이 유지하고 기후온난화를 일으키는 가스의 배출저감대책은 동시에 이루어져야 함. 현재 신축이나 리모델링에서 사용하는 기후데이터는 과거 10년간의 기후 평균을 사용함. 그러나 최근에 일어나는 그리고 앞으로 일어날 기후에 대한 대비책을 세우는 데 매우 미흡하고 할 수 있음. 기후에 대한 정확한 예측을 기반으로 해서 미래 건축 및 도시에 관한 계획이 절실한 시기임.

나. 영국현황

유럽국가 중에서도 선도적으로 기후변화에 대응하고 있는 영국의 사례를 살펴보면서 국내에도 적용할 수 있는 아이디어가 발견되었으면 하는 의도로 국가를 선택하였음.

영국은 기후변화로 인한 피해의 최소화 및 적극적인 대응을 위하여 2008년 기후변화협약 (Climate Change Act)을 만들고 이를 기반으로 하여 기후변화에너지부 (DECC)를 신설하여 건축적, 도시적 방안을 제안하고 있음. 또한 기후변화협약에 의해 생겨진 독립연구기관인 기후변화위원회(The CCC: The Committee on Climate Change)를 통하여 장기목표설정 및 법제화, 5년 단위 중기목표 설정, 전담 부처설치, 전력산업 개편, 정책방향성 유지 등을 주요 활동으로 하고 있음. 5년마다 발표되는 영국 기후변화 리스크평가에서 보면 건축 및 도시적 차원 리스크 및 대응방안을 제안하고 있음.

영국 도시별로 기후변화에 대하여 준비 및 대응방안을 조사하여 발표하고 있으며 주요 위험 요소에 관해서 대책을 제안하고 있음. 기온상승 및 해수면의 상승, 강수량의 변화는 거주환경과 거주자에게 많은 영향을 줄 것임. 이러한 변화는 건축, 도시 계획, 비상대응, 보건체계 등에 대한 새로운 도전을 주며 대비책을 준비하도록 하고 있음. 특히 홍수 와 이상기온상승이 주요 위험요소로 간주되어지며 각 위험요소별로 영향력을 아래표에서 분류하고 있음. 폭염, 장마, 가뭄, 추위로 주요요소를 나누고 도시와 사회에 어떤 영향을 미치는 것을 표9 에서 정리해 놓았음. 특히 여름철 폭염은 에너지사용의 증가 및 환자의 증가 위험을 보여줌. 여름철 온도의 증가뿐만 아니라 겨울철에 급격한 추위 또한 최근에 대두되고 있는 위험요소 이기도 함.

표 9 기후변화 위험요소의 영향

	지역사회와 거주지	빌딩	사회건강시스템	인구건강
폭염	폭염, 도시열섬 현상, 공기오염	과열, 에너지사용	온열환자, 직업적 위험도	인구수영향, 치명도
장마	홍수지역, 회복성, 거주이전, 경제효과	홍수피해, 곰팡이, 습기	인근병원 주의, 서비스 마비	홍수 위험 정신 건강 및 사망·부상자
가뭄	물제공 문제, 가뭄	침몰	서비스 마비	물제공 위험, 공공건강 위험
추위	극한기온의 위험	습기, 추위	서비스 마비	추위사망 위험

1) 과열빌딩(Overheating Building)

기후변화에 따른 두드러진 현상 중에 여름철 급격한 온도상승 및 연속된 폭염일의 증가는 건물에 직접적인 영향을 줌. 그래서 건물사용자들은 쾌적한 온열환경을 위하여 전기제품(예: 에어컨)을 사용하며 이는 곧장 에너지 증가로 이어짐. 이는 한정된 전기량을 생산하는 우리나라로서는 대규모 정전(블랙아웃)을 언제나 대비하고 있어야 함.

연중기후가 온화한 영국에서는 더위를 느끼는 강도가 우리나라보다는 약함. 그러나 최근에 더워지는 기후로 인하여 여름철 건물 내에 열환경에 문제가 생기고 있음. 약 20%의 거주자가 오버히팅문제(28°C 이상)를 경험했다고 함. 건물의 용도에 따른 분류를 하여 오버히팅의 문제를 분석하고 있음. 이러한 오버히팅이 최근에 리모델링한 건물에서 자주 발견되는 것은 기존의 건물틈새가 현저히 줄어들고 창문을 통한 통풍이 충분치 못한 것으로 여러 연구에서 밝혀지고 있음. 오래된 주거에는 주민동의를 얻어야하는 제한적인 외부단열공사로 인해 내부 단열이 주로 이루어지지만 이는 여러 문제들(예: 습기침투, 열손실현상)이 발견되고 있음. 기후변화로 인한 여름철 오버히팅은 자연 환기건물에서는 한계가 있음이 제안되기도 함. 이러한 현상을 경제적으로 환산하면 여름철 에어컨이 사용된 다면 약 20억 파운드(기존주거)와 4억 파운드(신축주거)의 비용이 지출될 것으로 나오고 있음 (그림18).

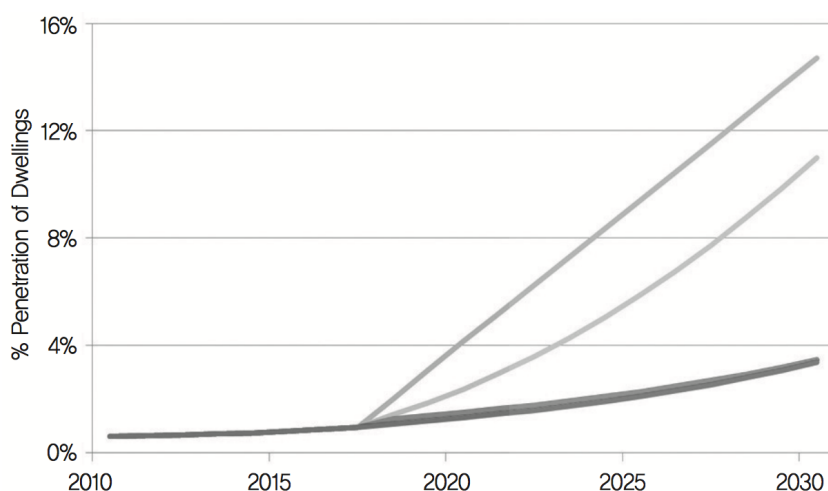


그림 18 영국 주거에서 에너지변화 (증가) 시나리오 (출처: BSRIA)

영국에서 온열환자도 역시 지속적으로 2050년대까지 현재(매년 2000명)보다 250%의 증가를 보일 것이라고 함.

표 10에서 건물들(병원, 저소득층 주거, 오피스, 학교, 감옥등)은 폭염에 시달릴 것으로 예상 이 됨. 이중 겨울철 날씨에 적응하기위한 건물들이 여름철에는 취약한 것으로 파악이 되고 있음. 또한 대중교통에서의 쾌적성 이 중요한 문제로 부각되고 있음

겨울철 추위는 영국이 현재 가지고 있는 문제임. 주택의 노후화 및 거주자의 노령화에 따른 추위대응이 미약하여 매년 35,800 ~ 49,700명의 사망자가 매년 생겨난다고 통계가 나와 있음. 정부는 2050년까지 2%의 사망자를 줄이는 것을 목표로 하고 있음. 1980년대 이후 평균 온도 가 상승하고 있음을 알 수가 있음(그림 19).

표 10. 건물용도에 따른 오버히팅 분석

분류	Overheating risk	건설년도
주거(Homes)	통풍부족 및 태양광 차단 설치물 부재	1960~70년대 1990년 중반이후 펜트하우스 형태
오피스(Offices)	자연통풍 위주의 경량구조 빌딩	1960년대
학교(Schools)	현 기후에서도 오버히팅 문제가 빈번히 발생. 30% 이상의 교사들이 교실온도가 30℃ 이상을 느낌 학생들 수업능력저하 초래. 1950년대에 지은 학교는 공기질저하도 초래	통풍부족으로 공기질저하초래
병원(Hospitals)	최근에 지어진 병원에서도 통풍부족으로 오버히팅 발생	1960년대 개방형병동(나이팅게일 병동)이 오버히팅 수치는 적음

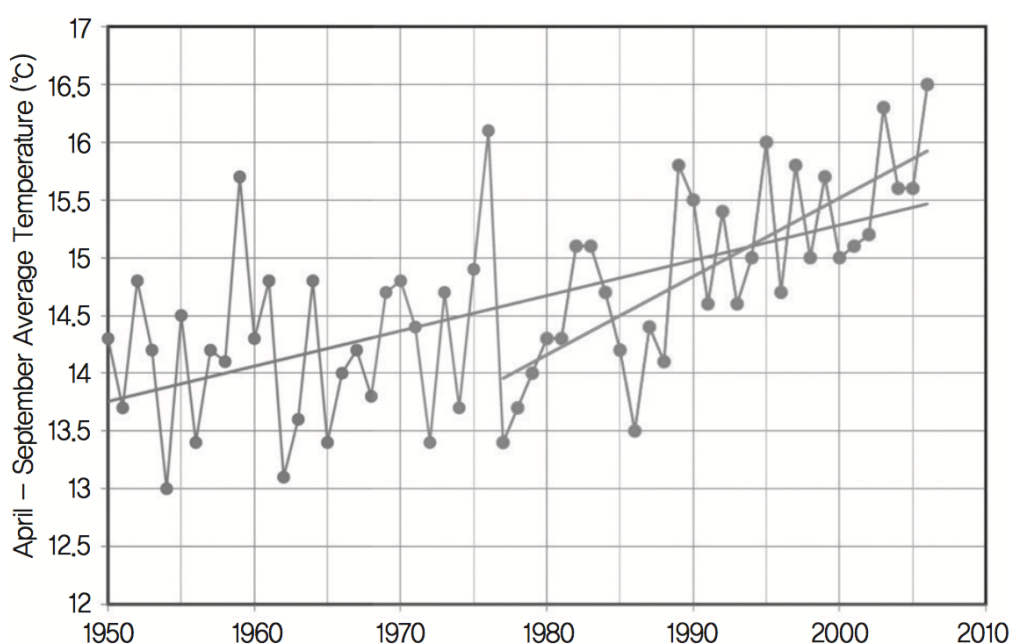


그림 19 런던평균온도 4월 - 9월 (CIBSE TM49)

영국 런던의 폭염은 짧은 예보로 대응의 어려움이 있는데 좀 더 고차원의 조직적인 단기, 중기, 장기적인 대비로 체계적인 준비를 해야함. 낙후된 건물에 대한 관심을 증대시키는 것은 단기간에 열섬현상에 대한 양향을 저하시키며 쾌적성을 증가하는 중요한 역할을 함.

열섬현상은 밤에 두드러져 나타난다. 도심의 표면기온 과 둘러싸고 있는 외곽 시골의 온도차이가 난다. 이러한 현상은 따뜻한 날씨, 가벼운 바람과 구름 없는 하늘일 경우에는 이러한 기온차이가 더욱 커지게 됨. 그림 20에서 붉은 곳(테두리 안)이 건물들이 밀집된 곳이며 그린색(테두리 밖)이 주로 공원임을 알 수 있음

"Buildings and places and the people who live and work in them are resilient to a changing climate and extreme weather and organisations in the built environment sector have an increased capacity to address the risks and take the opportunities from climate change."

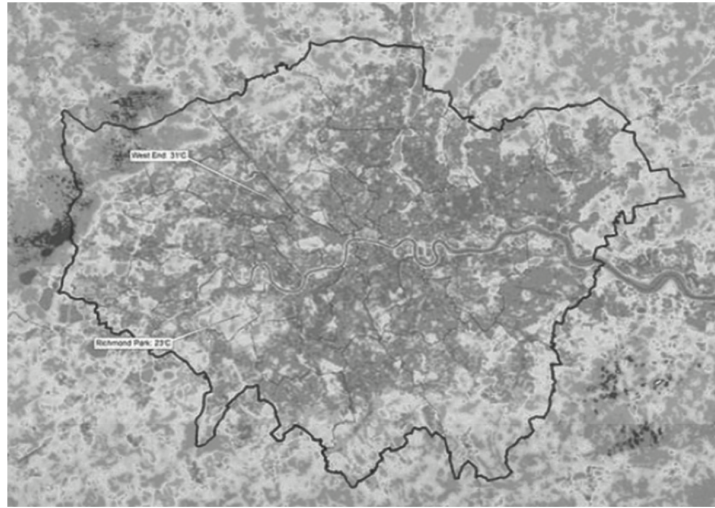


그림 20 런던 열섬현상 이미지 (출처:ARUP)

2) 친환경건축물 인증: 친환경인증마크 BREEAM

가장 오래된 친환경인증 제도인 BREEAM(영국친환경 인증)에서도 기후변화에 대응하기 위한 평가항목을 넣고 있음. 항목 중에 Waste 05 '기후변화대응'을 신설(2014) 하고 다른 항목들(열환경, 에너지저감, 저탄소디자인, 물 소비, 재료의 내구성 및 회복력, 물 배수)과 연계하여 최대15점을 가산점으로 받을 수가 있도록 하고 있음. 이는 건축물이 현재만을 위한 것이 아닌 향후 50년이상을 지속하는 것으로 설정하고 미래를 대비하는 평가로 이끌며 독려하고 있음.

3) 정책(Policy)

보건부(Department of Health)에서는 기후변화에 따른 건강관련 정책을 정부와 NHS(국가의료서비스) 그리고 지방자치에 제안을 하고 있음. 안전하고 지속적인 비상준비 및 대응책을 제공함. 도시, 건축에서 기후변화에 대한 정책은 크게 두가지로 나누어볼 수 있음. 적응(Adaptation): 건물형태, 용도, 레이아웃등을 최적화하여 기후변화에 적극 대응하는 방법 감소(Mitigation): 에너지(이산화탄소)를 줄이는 방법, 건물의 디자인, 위치 및 설비시설의 구축으로 인한 절감효과

이와 연계하여 2013년 7월에 발표된 국가적응정책에 서는 취약한 부문부터 선정하고 비전과 더불어 세부목표 를 명시하고 있음. UK climate change risk assessment(CCRA) in 2012 (2017예정) 5년마다 리스크 평가를 하고, 이를 바탕으로 국가적응 프로그램(National Adaptation Programme, NAP 2013)을 5년마다 제안을 하고 있음.

또한 이러한 대응책이 잘 이행이 되고 있는지를 적응 분과위원회(2014)를 만들어 평가하도록 하고 있음. 이는 다시 법규, 규정, 제안서 등으로 구체화되어 주거환경이 개선되도록 하고 있음. 기후변화에 대응을 위하여 초기 에 적극적으로 준비하는 것이 매우 중요함. 나중의 준비는 많은 시행착오를 불러일으키기 때문임. 증가된 일사량을 저감하고 장기적인 안목으로 철저한 대비가 필요함.

지난 30년간 런던은 여름철 기온이 매우 올라가는 것 을 경험하였음. 영국 남동부 지역은

2003년, 2006년 2011년에 걸쳐 폭염을 경험하기도 했음. 런던의 이상기후에 대처하기 위해 열경계 프로젝트(Heat Thresholds Project, 2012) 리포트를 만들어 준비를 하고 있음.

영국에서 폭염의 정의는 지난 30년간(61~90년) 최고평균온도보다 5°C이상 5일동안 지속이 될 때를 정의함. 지역별로 1~2°C의 차이는 있지만 런던에서는 하루 중에 온도가 32°C 이상, 밤의 기온이 18°C 이상으로 이틀이상 진행이 될 때 경보를 발령하여 더위를 피할 수 있도록 함 (NHS Heatwave Plan). 런던기후변화 파트너십에서는 정책과 실무와 연계된

구체적인 위험평가와 건물계획을 제안하고 있음. 사회빈곤층 주거와 케어홈 등 사회취약계층을 위한 방안을 제안하고 있음. 주거에서 기온에 대한 경계온도로 거실에서는 28°C, 침실에서는 26°C로 삼고 오피스, 학교에서는 25°C 이상을 '더운' 환경으로 설정하고 있음. 그런데 이 경계온도는 보통의 건강한 사람을 기준으로 하고 있으므로 노약자들의 온도와의 차이가 있으므로 고려해서 적용해야 함.

4) 추운집(Cold home)

겨울에도 비슷한 문제가 발생하는 데 이를 일명 '추운 집(Cold home)'이라 명하고 개선을 하고 있음. 외부통풍 이 심한 집은 겨울에 높은 에너지비용이 들어간다. 사회 취약계층에서는 에너지비용을 감당 못하여 보일러를 사용안하는 경우가 발생하여 아이들이나 노인들의 건강에 도 악영향을 주어 결과적으로 사회적 비용이 증가함을 보여줌. 이를 건물에너지 평가와 연계하여 평가받은 주거시 설비율이 45% (1996)에서 60% (2013)로 늘어나 에너지 평가를 받았으며 이는 주거의 습기와 곰팡이문제를 전체 주거의 10%에서 5% (2011)로 줄였음. 연료 취약(Fuel poverty)주거에서는 앞으로 5년 동안 20만가구에 대하여 연료시설 향상을 목표로 실행중이며 2030년까지 평균 가구의 에너지 수준을 C등급 수준으로 하는 것을 목표로 하고 있음.

5) 내부 공기질 위험(Indoor air quality risk)

겨울철 에너지저감 및 실내온도 유지를 위해서 환기의 회수 및 장치가 없는 건물에서는 실내 공기질의 악화가 우려됨. 겨울철 보일러 미사용으로 인한 내부 습기의 증가 혹은 외부습기의 내부 침투로 인하여 곰팡이 생성이 쉽게 일어난다. 이는 내부 공기질의 악화로 이어짐.

또한 최근에 지어진 건물에서도 비슷한 문제가 발생할 수 있음. 기밀성이 뛰어나 외풍이 적으므로 내부환경 조 절에 유리할 수 있지만 충분한 환기가 이루어지지 않을 때 습사리 내부 공기질이 악화될 가능성이 높다. 일산화탄소(CO), 질산화산소(NO2) 및 포름알드하이드 등은 호흡기관 및 다른 질병을 악화시키는 것으로 나타나고 있다. 또한 도심에 위치한 건물이나 저소득층의 주거에서 창문을 통한 외부오염물질의 유입이 관찰되고 있음.

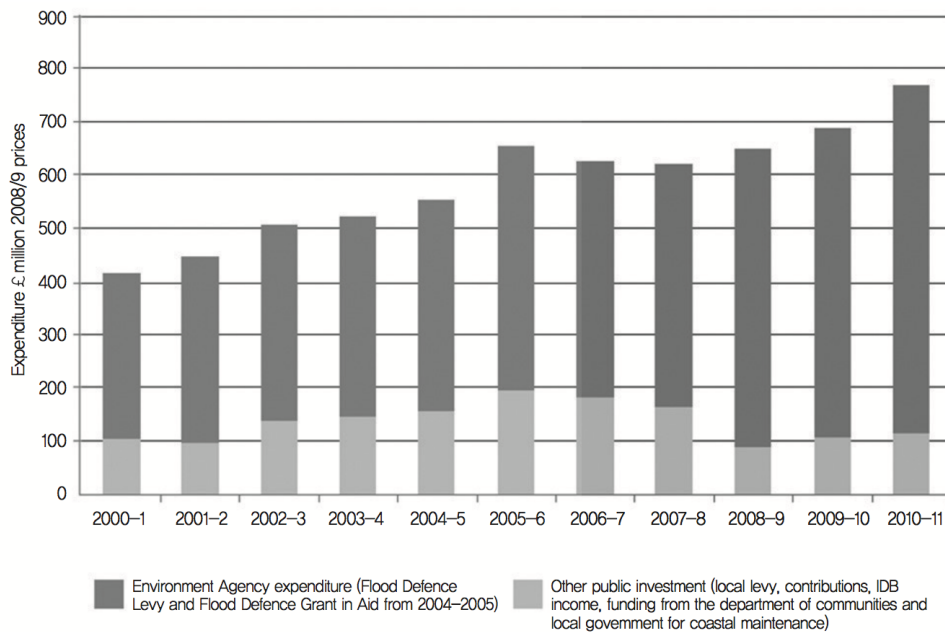


그림 21 홍수위험방지 비용증가 2000년-2010년 (출처:Environment Agency, 2009)

6) 홍수(Flooding)

영국에서는 기후변화로 인한 가장 심각한 재해가 홍수으로써 대처를 강구하고 있음. 그림 21에서 보면 홍수위험 방지를 위한 경제적 비용은 계속 늘어나고 있으며 이를 위해 장기적으로 건축물의 견고한 건설을 요구하고 있다. 신축건물이 들어서는 곳에서는 홍수 위험평가가 이루어지며 기존 침수지역에서는 홍수에 대한 자료를 공개 하고 극복하기 위한 방안들을 제안하고 있음. 해수면 증가에 의한 해변침식 작용으로 해안가집들이 침식당하고 있음.

방지(Avoidance), 저항(Resistance), 회복력(Resilience) 복구(Repairable)로 구분하고 홍수에 대한 대비책을 제시하고 있음. 건물은 홍수 시에 견딜 수 있는 구조적 인건 고성과 홍수 후에도 수정이 용이한 자재 및 구조를 하도록 정하고 있음.

- 늘어나는 강우량에 대비한 하수도 시설의 확장 및 보완책 마련
- 건축물 바닥면을 올리고 전기선 위치의 상향조정으로 홍수시 누진 및 감전방지
- 적절한 녹지공간의 활용으로 도심열섬현상 저감효과 증진. 가로수에 의한 열섬현상 저감. 이중단열창을 이 용한 단열효과 및 자연환기 활성화
- 신재생에너지(예: 히트펌프)를 활용한 에너지 저감방법 도로 재료의 연구를 통한 열의 저장을 최소화하여 열섬현상 저감

이미 기후변화의 시대에 접어들었음. 미래기후변화에 가장 효과적이 대응은 지금부터 시작하는 것임. 이것 을 나중으로 미룬다면 추후 건축물, 도시에 들어가는 시 간과 경제적 부담감은 현재 들어가는 것보다 더욱 많이 들 것임(스턴보고서 2006). 건축의 예로 들면 건설초기부터 변화되는 기후에 대응하는 조치를 할 때 향후에 들어가는 추가적인 유지보수비용보다 10~20%의 비용절감 효과가 있다고 함. 경제적인 이유만이 아님. 건물 과 도시에서 살아가는 거주자들에게 좀 더 쾌적한 환경에서 살아가는 것은 단순히 경제논리 그 이상의 영향을 줌.

기후변화에 대한 대응을 위하여 유럽의 주요국가에서 시행하고 있는 것처럼 부처간의 원활한 통합적 업무를 위하여 전담기관을 설립하는 것도 고려해 볼 수 있음. 또한 이를 위해 한두 곳의 부서만 집중되는 것이 아닌 상호협력을 통한 대응책을 준비하는 것이 효과적인 기후대응이 될 것임. 기후변화에 대응하는 능력을 산업적 측면에서는 기회요인으로 활용하는 것도 중요함. 즉 기후대응기술 및 연구의 선점으로 경제적 이익을 가져다 줄 수 있음. 물론 파리 에너지협약(COP21) 이행 준수를 위한 중장기적 전략을 이에 대한 대비는 구체적이며 실질적으로 이루어져야 함. 석유 한방울 나지 않는 우리나라에서는 기후변화가 오히려 기회가 될 수도 있음. 화석연료의 사용을 줄이면서 자연의 원리에 순응하며 기온 및 변화에 대응하는 도시 및 건축방안을 선도적으로 이끌어갈 수 있는 기회이기도 함.

다. 주요 위험요소 및 기회 - 건물

• 건물의 과열로 인한 건강 및 복지에 대한 위험성

기온이 상승하면 주택, 학교, 병원, 간병 시설, 감옥 및 기타 유형의 건물에서 과열 위험이 높아져 건강 및 열에 대한 편안함에 악영향을 미침. 과열을 겪고 있는 주거의 비율은 기후 변화에 따라 증가 할 가능성이 매우 높음. 주택 정책은 기후 변화로 인한 추가적인 영향을 피하기 위해 과열 부담을 줄이기 위해 낙후된 주거의 대규모로 개조가 필요함. 주택 규모에 따른 비용 효과적인 적응 대응책을 결정하는 데 많은 노력이 있었지만, 주택 전체에 대한 인구 규모의 변화를 확대하는 것은 복잡한 문제이며 지침이 필요함. 에너지 효율 및 환기 중재의 실행을 장려 할 때 완화 및 적응 조치를 결합 할 필요가 있음.

• 보건 서비스 및 사회 케어 전달에 대한 위험성

새로 지어진 병원은 더운 날씨에 과열 위험이 있음. 보육원의 정보에 따르면 건물 설계 및 관리 문제로 인해 고온의 위험에 처할 수도 있음. 과열의 위험은 기온이 높아짐에 따라 증가 할 것임.

• 홍수로 인한 사람, 공동체 및 건물에 대한 위험

건물은 범람으로 인해 손상 될 위험이 있음. 홍수후 건조 속도는 건물의 특성에 달려 있음. 금형을 포함하여 장기간의 손상이 발생할 수 있음. 재산 수준의 보호 조치는 영향을 줄일 수 있지만 주택에 대한 이해는 현재 낮음.

• 습기, 바람 및 폭우로 인한 건물 위험

높은 바람은 건물을 손상 시키지만 기후변화의 향후 영향은 기후 모델에서 강풍이 잘 묘사되지 않아 불확실함. 홍수 피해 증가 및 폭우 증가로 인해 습기로 인한 피해가 증가 할 수 있음.

• 과열로부터 대중교통을 이용하는 승객의 위험

대중교통 (주로 버스 및 기차)의 과열은 승객의 건강 및 복지에 부정적인 영향을 미치며 서비

스를 방해 할 수 있음. 런던의 지하철 및 버스의 과열 문제를 해결하기 위한 조치가 취해지고 있음은 증거가 있지만 그 지역의 다른 지역에 대한 증거는 현재 부족함

- 역사적인 구조물에 대한 위험

기후 관련 위험은 역사적인 구조물과 현장에 피해를 주지만 현재와 미래의 위험 규모에 대한 정보가 부족함

라. 건물 과열

- 현재 기후 적응 및 위험성

과열 (과도한 실내 온도)은 열적 편안함, 건강 또는 생산성과 관련하여 정의 될 수 있음. 높은 기온은 기후변화의 가장 확실한 영향 중 하나이기 때문에 건물의 과열이 증가 할 가능성이 있음.

최근의 증거에 따르면 잉글랜드의 가정의 약 20 %는 비교적 서늘한 여름에도 과열을 경험했음 (예 : Mavrogianni et al., 2012, Beizaee 외, 2013, Lomas and Kane, 2013, BRE, 2013). 예를 들어, 비교적 시원한 여름이었지만 2007년 영국 전역의 다양한 유형의 193 개의 비가 열 주거에 대한 모니터링 조사에서 거실 실내 온도와 실내 온도가 권장 온도 인 28°C 및 침실의 26°C를 초과하는 여름 실내 온도가 기록되었음 (Beizaee 외, 2013). 거실의 4 %만이 점령 시간의 1 % 이상 동안 28 °C 이상의 온도를 경험했지만, 야간 침실 온도는 주거의 21 %에서 시간의 5 % 이상 동안 26 °C를 초과했으며 24 °C를 초과했음 (수면 장애가 있는 것으로 생각되는 온도는 주거의 47 %에서 점령 시간의 5% 이상 동안). 이와 유사하게 2009년 레스터에서 다양한 유형의 200 개가 넘는 비율로 열 주거에 대한 모니터링 연구 (Lomas and Kane, 2013)는 거실의 실내 온도가 주거의 27 %에서 1 % 이상 28 °C를 초과했다고 보고했음 , 침실 야간 온도는 주거의 92 %에서 야간 시간의 5 % 이상 동안 24 °C를 초과했음. 2009년 (Mavrogianni et al., 2012) 핫 스펬 동안에 36 개의 런던 주거에 대한 연구에 따르면, 36 개의 모니터 침실 중 15 개는 밤 시간 실내 온도가 1 % 이상 26 °C를 넘었음.

전국 가구를 대표하는 2,616 명의 영국 가정의 2010/11 영어 주택 조사 에너지 후속 조사 (BRE, 2013)는 인터뷰 한 가구의 20 %가 적어도 한 방의 여름 과열 문제를 보고했으며 40 % 이상의 가구가 약간의 어려움을 겪고 있음을 나타냈음. 이 연구들은 심각한 과열 (즉, 예기치 않게 고온이나 장기간의 고온)이 단지 주택 재고량의 작은 부분에서만 발생함고 지적하고 있지만, 취약한 개인에 대한 건강상의 악영향이 저온에서 발생할 수 있음은 사실에 주목할 가치가 있다고 연구에서 보고되었음 (ZCH, 2015a). 현재의 기후하에서 영국의 남부 지역은 실내 과열 문제 (DCLG, 2012b)로 인해 더 심하게 영향을 받고 있지만 영국 북부의 건물과 과도 정부에 대한 과열에 관한 연구는 거의 없음.

- 특정 건물 설계에서 과열에 대한 몇 가지 사례

주택. 과열되는 경향이 있는 거주 유형은 1960년대부터 1970년대까지 그리고 태양광으로부터

터의 충분한 환기 및 보호가 부족한 1990년대 중반 및 최상층의 목적으로 지은 아파트를 포함 (CIBSE, 2005; Hacker, et. 2012년 NHBC, Orme and Palmer, 2003, Salagnac, 2007, Oikonomou et al., 2012).

진력. 전형적인 1960년대의 자연 환기 가벼운 사무실은 현재 기후하에서도 실내 과열 기준을 초과 할 수 있음. 주로 음영 및 환기 제어가 부족하기 때문임 (CIBSE, 2005; de Wilde and Tian, 2010).

- 학교 - 일부 학교는 또한 현재 기후하에서 과열을 경험함. 최근 설문 조사 (NASUWT, 2012)에 따르면 3명의 교사 중 1명은 30 °C 이상의 온도를 정기적으로 경험하는 교실에서 교육하고 있음. 설문 참여자의 4 분의 3 이상이 24 °C 이상의 교실 온도를 경험했으며, 이로 인해 학생들의 인지 능력, 행동 및 복지에 좋지 않은 영향을 미치는 기면과 피곤함이 종종 발생함고 제안되었음. 전후 학교는 경량 구조와 큰 유약 지역 (Teli et al., 2011, 2012, CIBSE, 2015)으로 인해 과열과 실내 공기의 질이 저하되는 경향이 더 큼. 과열 위험은 빅토리아 시대와 20 세기 초반의 학교 건물에서는 교차 환기가 잘 안되었고 에너지 효율 표준이 개선 된 이후 (Montazami et al., 2015) 높은 것으로 나타났음.
- 병원 - 새로 건설 된 병원은 또한 더운 날씨에 과열 된 것으로 밝혀졌는데, 1920년대에는 개방형 '나이팅게일'병동과 1960년대 블록이 있는 전통적으로 지어진 블록이 열에 더 탄력적이었음 (Lomas and Giridharan, 2012; Lomas et al., 2012 Short et al., 2012).

많은 연구에서 에너지 효율적인 개장 이후 건물의 높은 실내 온도를 조사했는데, 상이한 개조 유형이 과열의 가능성을 증가 시키거나 감소시킬 수 있음을 보여 주었음 (Porritt et al., 2012; Taylor et al., 2014). 건물을 개장 할 때 과열 위험이 증가하는 중요한 요인은 건물을 더 공기 단단하게 만드는 (Taylor et al., 2015a) 것으로 인해 수동 환기율이 감소하는 것임. 과열을 조사하는 중요한 모델링 작업이 있었지만, 연구는 여름철 실내 온도 데이터를 경험적으로 경험하고 기계 환기 및 열회수 시스템과 같은 에너지 회수형 환기 시스템이 어떻게 위험을 변화시킬 수 있는지에 대한 이해를 향상시킬 수 있었음.

또한 내부벽 절연에 따른 개조 된 단단한 주거지의 여름철 과열 위험이 증가했다는 증거가 있음. 모든 영국 거주 주택의 약 1/4이 단층 (Taylor et al., 2014)이며, 이중 98%는 단열재가 없음 (Porritt et al., 2012). 단단한 단열재는 내부 또는 외부에만 설치해야함. 후자는 비용이 많이 들고 시간이 많이 걸리고 파괴적임.

마. 미래기후변화

최근 파리기후협약(COP21)에 따라 국가별 온실가스 저감이행을 위한 각분야별 정책이 수립 및 실현 되고 있음. 환경, 어업, 농업등 다양한 분야에서 기후변화에 따른 전망과 이에따른 대책이 우리나라에서도 준비가 되고 있음. 그러나 온실가스의 약 30%를 차지하고 있는 건축물은 기후변화 대응차원에서 아직 미흡한 실정임.

또한 우리나라는 지난 100년간 기온이 1.8℃상승하여 전 지구 상승보다 약 2배의 수치를 나타내며, 특히 최근 40년간에 1.4℃가 상승하여 기온변화가 가속화됨을 보이고 있음. 이에 따른 건축물에너지 요구량도 가속화가 예상 되며 이는 파리기후협약(COP21) 이행을 위한 걸림돌이 될 것임. 이에따른 건축물 정책에 전반적인 보완이 필요하며 유럽(영국) 사례로 미래기후변화에 따른 건축적 적응방안을 보여주고, 우리나라 한반도의 기온변화추이를 분석 하여 이에 따른 필요성을 보여주고자 함. 본 연구에서 정책사례 및 기후변화데이터 분석은 향후 발생할 기후변화에 따른 건축물에너지 대책을 마련할수 있을 것임.

1) 한반도 기후변화 분석

제5차 국가정부간 기후변화협약체 보고서(IPCC2011)에 따르면 대표농도경로(RCP, Representative Concentration Pathways)를 사용하여 온실가스 저감 정책이 상당히 실현 되는 경우(RCP4.5)와 현재 추세(저감없이)로 온실가스가 배출되는 경우(BAU 시나리오, RCP8.5)의 비교를 통하여 향후 진행되는 기후변화에 대한 변화를 예측해볼 수 있음 (표11).

표 11. 한반도 기온상승 예상 시나리오 (IPCC 5차보고서, 2011)

RCP 시나리오		RCP4.5		RCP8.5	
		2020-2049	2070-2099	2020-2049	2070-2099
기온 (℃)	연평균	1.8	3.0	2.2	5.6
	봄	1.5	2.6	2.0	5.1
	여름	1.4	2.9	2.1	5.4
	가을	1.7	3.0	2.1	5.6
	겨울	2.7	3.4	2.5	6.3

2) 영국 건축물 기후변화대응

영국에서는 건축법 part L에서 건물에너지절약기준을 설정하고 따르고 있으면 2006년 EU의 EPBD (Energy Performance of Building Directive) 지침서에 따라 종합에너지성능(이산화탄소배출량) 목표치를 따르고 있음. 국가 목표인 2020년까지 이산화탄소 30%저감 및 신설주거는 제로에너지를 목표로 하고 있으며 이에 따라 단계적 목표를 실현하기 위해 다양한 방안들이 시행되고 있음.

주거용 건물과 비주거용 건물로 크게 두가지로 나누며 에너지평가 (Energy Assessment)는 일정 자격을 갖춘 에너지 평가사가 직접 방문하여 주택의 향, 난방시스템, 단열 재 설치유무 및 창호에 대한 정보를 수집한 후 영국 주거 건물의 표준평가 방법인 SAP(Standard

Assessment Procedure)을 이용하여 주택의 에너지 성능등급과 CO2배출 등급을 매기고 있음(표13).

표 12. 건물용도별 에너지효율향상을 위한 방안

지원	건물용도(신축)	
	주거	비주거
소프트웨어	SAP	NCM (National Calculation Method)
하드웨어	기밀테스트	기밀테스트

신축건축물은 의무적으로 수행하고 있으며 기존건물의 모든 등급도 확보되어 인터넷으로 자료를 공개하고 있어 건축물의 매매할때 정보를 의무적으로 포함하도록 하고 있음. 또한 기밀테스트를 모든 신축건물에서 실행을 하고 있으며 특히 건축물 에너지 국가계산방법론(NCM)을 보급하여 이를 기반으로 소프트웨어 사용을 의무화시키고 있음. 통일된 데이터 방법론을 사용 하여 설계단계에서부터 에너지에 관한 피드백이 수월해 지며 데이터의 검토 및 호환에 유리함.

표 13. 영국 기후변화대응 주요내용

기후변화대응 주요법	주요내용
건설계획법	-주택의 에너지 효율문제 -기후변화의무사항을 법안으로 명시하고, 완화 및 적응의 대응방안 제시

또한 영국에서 추진하고 있는 기후변화에 대한 주요대응 으로 건설계획법은 에너지 및 대응방안을 명시하고 있음. 현재 새건물이 들어서는 비율로 봤을때 존재하는 건물의 약70%가 2050년까지 존재함고 예상하고 현재 지어지는 건물들은 현재의 기후를 기반으로 설계가 되어있으므로 이에 대한 방안을 제시하도록 함(표13). 여름철 기온의 상승으로 인한 냉방에너지 요구량이 증가 할 것이며 특히 도시열섬현상(Urban heat island)으로인한 도심건물들의 대책이 요구됨.

한반도 기후변화 최근 우리나라는 기후변화에 따른 이상기온이 빈번히 발생되고 있음. 기후변화 시나리오에 따르면 폭염일(일최고 기온 33°C이상)은 1980-20009년간 현재 연평균 9.0일에서 2020-2049년에는 16.5일(RCP4.5), 23.0일(RCP8.5)로 각각 7.5일, 14.0일로 증가가 예상되고 있음. 또한 21세기 후반 (2070-2099년)에는 연평균 폭염일수가 29.6일(RCP4.5), 64.7일(RCP8.5)로 각각 현재보다 20.6일, 55.7 일 증가할 것으로 전망된다(그림 22). 이는 외부공간환경의 쾌적성에 매우 큰영향을 미칠것이며 또한 건물에너지에 도영향을 줄것임. 이와연관된지수인냉방도일 (Cooling Degree Days)은 24°C이상을 기준으로 하여 2009년의 평균냉방도일은 95.6도일에서 21세기 전반과 후반에 는 현재보다 각 시나리오에서 76.1도일, 196.0도일 (RCP4.5) 증가분을 보이며 또한 128.2도일, 436.1도일 (RCP8.5)씩 증가할 것으로 예측됨.

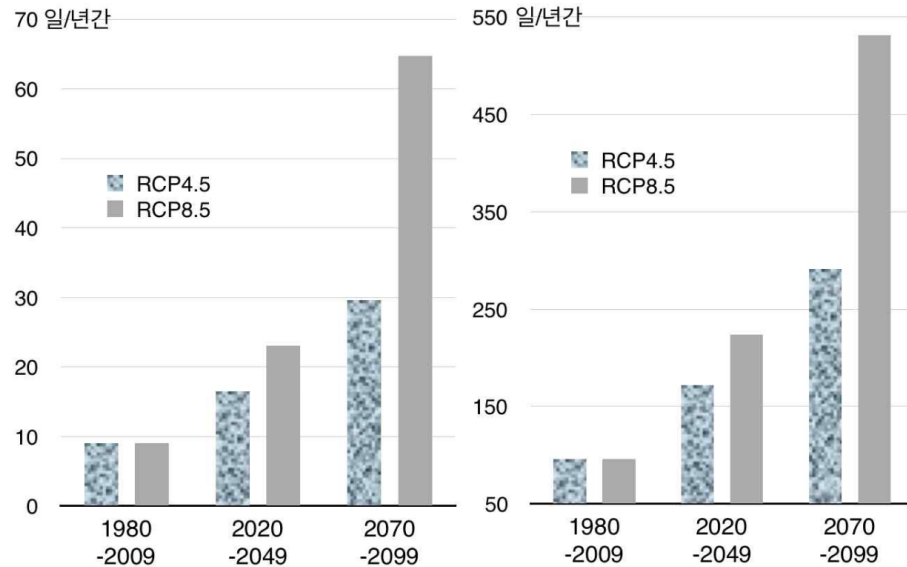


그림 22 폭염일수 및 냉방도일 그래프

더욱이 아열대 기후로 인한 여름철 냉방에너지 급증으로 2011년 서울시 대규모 정전(블랙아웃)을 경험한 우리나라는 건물의 냉방에너지 저감을 위한 중장기적 대책이 요구되고 있음. 살펴본 바와 같이 영국에서는 온실가스 저감목표를 이루기 위한 구체적인 방안들(건물에너지 소프트웨어, 기후변화대응 적응방안명시등)을 실행하고 있음. 정책을 뒷받침 하는 구체적인 방법들을 제공하고 이에대한 지속적인 모니터링과 평가를 하는 것이 미래기후변화에 대한 적극적인 대응이 될 것임. 특히 우리나라는 기후변화로 인한 한반도 대부분이 아열대기후로 편입예정이며 여름철 냉방에너지 증가에 따른 건축물 기후변화적응 대책이 요구됨.

바. CCRA1의 사람과 건설 환경에 대한 위험 및 기회 요약

1) 건강

홍수 (사망률, 정신 건강), 열 관련 사망률 및 오존 관련 사망률 (Hames and Vardoulakis, 2012)에 대한 미래 위험의 정량화가 수행되었음. 홍수는 최초의 CCRA에서 기후 변화로 인한 건강에 가장 중요한 위험 중 하나로 확인되었음.

평가는 또한 병원을 포함한 현재의 NHS 인프라가 기후 변화 및 기상 이변에 강하지 않을 위험이 있다고 결론지었음. 특히 홍수는 NHS 서비스에 상당한 혼란을 야기 할 수 있음. 난방 열은 병원 및 의료 시설의 실내 온도가 적절히 제어되지 않으면 의료 분야에 혼란을 야기 할 수 있음.

2) 건축 환경

다음과 같은 주요 환경 위험이 확인되었음.

- 건물 과열의 위험은 긴급 조치가 필요함. 건물을 식히기 위한 에너지 수요가 증가 할 것으로 예상되어 2050년까지 10억 파운드를 초과 할 가능성이 있음.
- 홍수 위험은 2080년대까지 £ 1.3 billion에서 £ 2.1 - £ 120 billion으로 증가하면서 증가 할 것으로 예측되었음.
- 도시의 열섬 효과는 도시 지역의 온도 상승이 악화된다는 것을 의미함.
- 2050년까지 급수 문제가 있는 지역에는 27 ~ 52 백만 명이 거주 할 수 있음.
- 하수구가 더 자주 채우고 유출 될 것으로 예상됨.

3) 미래의 더운 여름과 무더위

- 영국의 평균 기온은 1960년 이래로 약 0.28 °C / 10년 증가했음 (Met Office, 2014). 영국 전역의 연간 2일간 연속된 무더위 횟수는 196년의 10 회에서 2010년 20 회로 증가했음 (HR Wallingford, 2014). 영국의 최대 및 최소 일일 기온의 극한값은 1950년대 이래로 1 °C 이상으로 상승했음 (Brown et al., 2008).
- 2003년 여름은 서유럽에서 500년 동안 가장 인기 있었음 (Met Office, 2014). Stott 외. (2004)는 인간의 영향이이 사건의 위험을 적어도 두 배로 증가 시켰다고 추정함. 유럽 전역의 폭서의 강도는 식생과 토양의 건조와 관련된 긍정적 인 피드백에 의해 증가 될 수있음 (Clark et al., 2010).
- 영국은 2003년 8 월에 켄트의 Faversham에서 가장 높은 온도 인 38.5 °C를 기록했음. 2014년은 현재 영국, 영국, 웨일즈, 스코틀랜드에서 가장 따뜻한 해임 (1910년 시리즈와 영국 중부 시리즈 1615년 (Kendon et al., 2015) 2015년은 세계에서 가장 인기있는 해이지만 영국에서는 그렇지 않음. King et al. (2015)는 인간의 영향으로 중앙 영국 온도가 2014보다 적어도 13배 이상 높다.
- 미래에는 영국의 연간 평균 기온과 계절 기온이 상승 할 것으로 예상됨. UKCP09 예측치의 중앙 추정치는 중간 배출 시나리오 (A1B) 하에서 영국 주변의 지역 여름 기온이 2.8°C까지 증가 할 수 있음을 시사함 1950 ~ 1960년의 평균 기후와 비교하여 2050년까지 (0.9 ~ 4.6 °C의 범위로) (그림23에서 여름철의 전망 그래프를 참조).

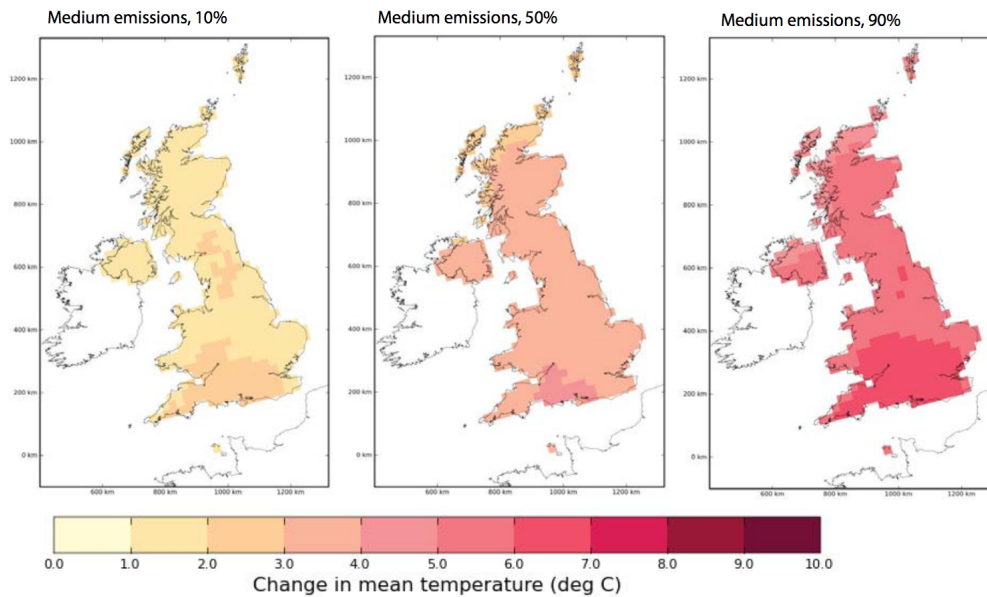


그림 23 2050년대에 여름철 예상 기온그래프

4) 미래의 추운 겨울과 극한의 겨울

영국 전역의 평균 겨울 기온은 1960년 (Met Office, 2014)부터 10년당 0.23°C 증가했으며 차가운 계절은 영국에서 감소한 것으로 나타났음 (HR Wallingford, 2014).

영국의 차가운 겨울과 추운 날은 현재의 사건 (Murphy et al., 2010; Sexton and Harris, 2015)보다 덜 심각하고 덜 빈번하게 발생하며 짧은 기간 동안 지속될 가능성이 있음. 중간 배출 시나리오에서 30년 평균 일 평균 기온은 2080년대까지 평균 2.1°C ($0.6 \sim 3.7^{\circ}\text{C}$)에서 3.5°C ($1.5 \sim 5.9^{\circ}\text{C}$)로 증가함.

2010년 12 월이 적어도 100년 동안 가장 추운 12 월이지만 (Met Office, 2014) 극단적 인 겨울의 빈도 또한 감소했음. 일부 연구들은 2010/2011년과 같은 추운 겨울을 북대서양 해빙 (Stocker et al., 2013)에 연결 시켰는데, 북대서양 진동 (NAO)이 더 차갑고 건조한 부정적 인 단계로 들어가거나 남아 있도록 유도 할 수있음 영국의 겨울 (Francis and Vavrus, 2012). 그러나 겨울철 기후 모델 모의에서 NAO (and Arctic sea ice cover)에 영향을 미친 증거는 다른 기후 변화 모델 (Screen et al., 2013)의 기후 모델과는 관련이 없음. 북극의 얼음 거래는 제한적일 수있음 (Stroeve et al., 2012). 대기 순환에 북극 해빙의 영향, 그리고 잠재적으로 영국의 건조 기간과 폭풍은 적극적인 논쟁의 주제임 (Gramling, 2015). 공감 대의 발달은 얼음 범위와 질량의 더 나은 정량화를 포함한 다른 요인들 사이에서 대서양 제트 기류 (Wallace et al., 2014)에 대한 영향에 대한 이해의 개선을 요구할 것임 (Laxon et al., 2013).

5) 미래의 폭풍과 강풍

영국의 폭풍우 기후 리스크에 대한 이해는 복잡함 (Yan et al., 2002). 일반적으로 폭풍을 잘 나타내지 않는 기후 모델은 북대서양 폭풍 진로에서 남쪽으로의 변화가 예상 됨에도 불구하고 고 겨울에 영국에 대한 폭풍 빈도의 변화가 낮다는 것을 나타냄. 미래의 폭풍과 풍속 및 방

향은 10년 동안의 NAO의 행동에 영향을 받는 영국에 대한 폭풍 진로의 미래 위치와 강하게 연계 될 것임.

기후 변화가 폭풍의 강도, 진로 및 시간적 또는 공간적 집단화에 영향을 미칠 수 있는 방식에 대한 상당한 불확실성이 있음. 최근의 여러 연구 (Ludwig et al., 2014)는 기후 변화가 폭풍 - 발생 시스템의 성격, 폭풍의 심각성, 궤도 및 클러스터링을 변화시킬 수 있음을 암시함. 그러나 데이터 세트의 10년 변동은 추세를 만들.

그림 24는 보험 손해가 바람 피해로 인한 지표임. 그것은 다양한 기후 위험으로부터 1988년에서 2014년까지의 손실을 보여줌. 이 수치는 2007년과 같이 특정 기상이 우세한 상황을 포함함. 이 수치는 폭풍으로 인한 피해의 큰 변동을 보여줌.

토네이도는 육지와 해상에서 영국에서 수시로 발생함 (Mulder and Schultz, 2015). 그것들은 보통 너무 큰 피해를 주기에는 너무 작음. 그러나 1980년대 버밍엄의 한 토네이도는 다른 어떤 것보다 많은 피해를 입혔음 (4천만 파운드와 19개의 부상). 영국의 토네이도에 대한 기후 변화의 영향은 불확실함.

폭우는 항상 그렇지만 종종 강우량이 지속적으로 강함. 홍수 투영에 대해 자세히 설명함. 미래의 강수량과 강 흐름에 미치는 기후 변화의 영향을 설명함 .. 월간 업데이트는 생태 및 수문학 센터 (CEH)에서 발행 한 수문 요약에서도 이용할 수 있음. 영국 지질 조사국 (British Geological Survey)의 CEH는 최근에 다양한 하천 및 지하수 예측을 작성했으며 CEH는 수자원 관리자, 개발자 및 계획 시스템이 연간 및 수십년 변동성을 더 잘 인식 할 수 있도록 홍수 평가 핸드북 포인트 견적 서비스를 제공함 영국의 날씨 패턴에 영향을 미침.

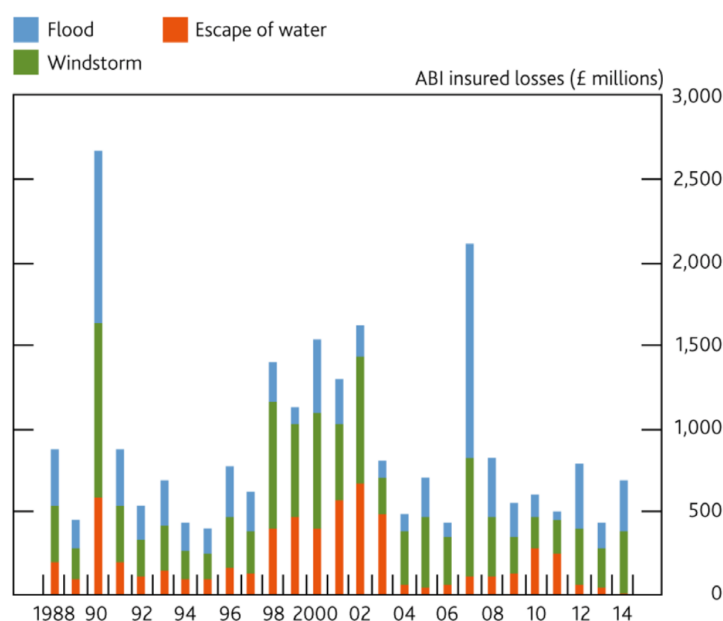


그림 24 ABI (1988 - 2014)에 따른 폭풍 및 기타 운전자의 영국 보험 손실

6) 관측된 변화하는 홍수 위험이 기후 변화에 기여한 증거

현재 인간이 유발 한 기후 변화와 특정 홍수 사건 사이의 연관성에 대한 증거 또는 홍수에 대한 장기적인 추세 (Hannaford and Marsh, 2008)에 대한 증거는 확립하기가 어렵다. 대규모의 영국 홍수는 하천 저수지에 많은 양의 물을 쌓는 비교적 드문 대기 현상에 의존 할 수 있기 때문에 관측치의 추세를 감지하는 것이 어렵지 않음 (Lavers et al., 2011). 10년 변동성은 또한 데이터의 자연 변동성으로부터 기후 신호를 탐지하는 것을 어렵게 만듦. 또한, 특정 지역에서 홍수가 발생하는지 여부는 기후 및 기상학적 요인 이외에도 지구 물리학 적 및 수 문학적 요인의 범위에 따라 달라짐.

기여 연구는 2000년 가을 / 겨울의 영국과 같은 일부 홍수 사건을 인간 활동에 의한 기후 변화와 연결시키기 시작했음 (Kay et al., 2011; Pall et al., 2011). Pall et al. (2011)은 인위적 강제력이 2000년 가을 잉글랜드와 웨일즈에서 일어난 홍수의 위험을 20 % 이상 증가시킬 가능성이 매우 높다고 결론지었음. 폭우를 포함한 극한 기후의 추세와 전망에 대한 자세한 내용이 포함되어있음.

현재 및 미래의 홍수에 대한 기후의 영향을 이해하는 것은 다양한 물리적, 사회적 및 경제적 요인을 고려해야함. 모델링 문제는 더욱 다루기 쉽다 (Huntingford et al., 2014). 최근의 사건은 Slingo et al.의 관측 및 지구 시스템 상황에 놓여있음. (2014).

사. 정책 구조

1) 정책배경

영국의 국가 계획 정책 프레임 워크는 특별히 도시의 열섬을 언급하지는 않지만 계획가가 환경 품질을 개선하고 건강한 지역 사회를 증진 할 필요성을 어떻게 고려해야 하는지를 일반적으로 설명함. 여기에는 도시의 열섬을 줄이는 것으로 알려진 도시의 녹지 유지가 포함되며 NPPF는 그린 필드 현장 개발을 피하도록 기획자에게 제시함. 지역 공동체는 특정 지역을 '특별 환경'을 제외한 지역의 새로운 개발을 배제하는 지역 녹색 공간으로 지정할 수도 있음. 지역 계획 (LUC 및 JBA 컨설팅, 2015)을 검토 한 결과 도시 열섬을 줄이기위한 전략에 대한 많은 증거를 찾지 못했음.

영국의 도시 열섬은 런던에서 모델링되었음 (McCarthy et al., 2010; Bohnenstengel et al., 2011; Taylor et al., 2015b, Barlow et al., 2014), Birmingham (Heaviside et al., 2015), 맨체스터 (Levermore and Parkinson, 2015), 글래스고 (Emmanuel and Krueger, 2012). 열섬의 측정은 선택된 도시의 열섬 측정법 (예 : 최고점 UHI 강도) 및 도시 - 농촌 참조 점에 따라 다름. 런던 UHI는 일반적으로 다른 영국 도시의 것보다 더 큰 것으로 나타났으며 지난 30년 동안 관측 된 평균 기온의 상승으로 UHI 강도가 증가하지 않았으며 (ASC, 2014), 이는 시골의 기온이 도시 기온보다 빠르게 상승하고 있기 때문일 수 있음 (ASC, 2014). Wilby (2008)는 또한 1950년대 후반 이후 런던의 UHI 강도에 대한 추세를 발견하지 못했음.

도시 열섬은 핵심 도시 주택의 공간 난방 수요를 최대 45 %까지 과대평가하는 평가로 이어

질 수 있음 (Mavrogianni et al., 2009). 비슷하게, 런던 UHI 내에 위치한 전형적인 냉난방 시설의 난방 및 냉방 부하는 시골 지역에 비해 최대 22 % 낮을 수도 있고 25 % 높을 수도 있음 (Watkins et al., 2002; Kolokotroni et al., 2007). 부지의 미기후 요인에 의한 변이 또한 고려되어야함 (Kolokotroni et al., 2010). 예를 들어, 인접한 건물의 그림자는 농촌 지역보다 냉각 부하를 최대 14 %까지 감소시킬 수 있음 (Watkins et al., 2002, 2007).

도시 열섬을 줄이기위한 전략에는 빌딩 디자인 (흰색 지붕, 녹색 지붕) 및 도시 설계 조치 (나무 심기, 녹색 및 수변공간 증가)가 포함됨. 예를 들어, 낙엽수를 심는 것은 여름에 태양열의 증가로부터 보호를 제공하지만, 도시 지역의 식물 종의 선택은 꽃가루와 생물학적 휘발성 유기 화합물의 방출 및 유지 보수를위한 에너지 수요를 포함한 다양한 고려 사항을 기반으로 해야함 (Salmond et al., 2016).

2) 미래 기후 위험 및 적응

기후 변화는 여름철 기온을 상승시켜 도시 지역의 도시 열섬 효과에 추가됨. 영국 도시의 기후 변화와 도시 열섬 간의 상호 작용에 관한 연구를 발표했음.

UHI 효과가 감소한 상황에 비해 난방비용이 낮을 수 있고 이론적으로 감기 관련 사망률이 감소 할 수 있기 때문에 기온이 상승함에 따라 겨울에는 도시 열섬이 도움이 될 수 있음. 따라서 실내 온도가 낮은 곳에서 거주자를 보호하는 건물 에너지 개조와 함께 열섬 현상 강도를 줄이는 것이 좋음.

현재 영국의 어떤 전략도 도시 녹지 공간을 넘어서는 계획을 통해 도시의 열섬 효과를 줄이기위한 방안보다 구체적인 권장 사항을 제시하지 못하고 있는 상황임. 이것은 열섬을 줄이기 위한 도시 설계 및 녹화 개입에 관한 점점 더 많은 증거에도 불구하고 실현되는 정책은 적음. 그러나 향후 원-원 대책을 통하여서 (즉 녹지향상 및 건물별 대책) 온도를 효과적으로 통제할 수 있도록 노력을 하고 있음.

3) 도시의 대기 질

실외 대기의 질은 주로 도시 지역의 도로 운송과 대기 오염, 퇴적 및 오염 물질의 화학적 변형과 관련된 배출원의 강도에 달려 있음. 대기 오염의 분산은 지역의 기상 조건과 대기의 안정성에 달려 있음. 도시 지역의 지면 오존 농도의 증가는 뜨겁고 잔잔한 날씨에 종종 발생함. 도시 상황에서 오존과 질소 산화물 사이에 복합체 화학 반응이 일어나서 어느 한 요소를 더 증가 시키거나 감소시킬 수 있음 (McMurry et al., 2004). 고공해 에피소드는 고온 에피소드 (도시 열섬과 관련된), 정적 대기조건 및 온도 반전 (McGranahan and Murray, 2004)에서 감소 된 대기 분산으로 인해 발생함.

4) 더운 날씨로부터의 기회

지역 사회와 거주지의 고온과 관련된 기회가 있음. 기후 변화는 야외 및 자연 환경의 레크리에이션 이용에 영향을 미칠 수 있는 요인으로 점차 인식되고 있음.

이 효과를 정량화하려는 연구는 거의 없음. 한 연구에 따르면 북미 지역의 데이터를 토대로 보트, 골프 및 해변 레크리에이션과 같은 야외 레크리에이션 활동에 참여하는 사람들의 수는 중간 배출 시나리오에서 14 ~ 36 % 증가 할 것으로 추산됨 (Shaw and Loomis, 2008). 스위스의 한 연구에 따르면 야외 수영장 사용이 크게 증가한 것으로 나타났음 (연간 방문객 수의 증가는 9 ~ 19 %, 8월과 9월에는 30 % 이상 증가 할 것으로 예상됨) (Finger and Lehmann, 2012).

관측 연구에 따르면 어린이의 활발한 이동 (보행)은 기온이 높고 비가 적기 때문에 증가하는 것으로 나타났음 (Oxford and Pollock, 2015). 자전거 (사이클리스트) 전체 사용자들은 날씨 요인의 영향을 받는다 (Sabir et al., 2008; Ahmed et al., 2010; Thomas et al., 2012). 강한 바람과 폭우는 자전거 사용 감소와 관련이 있지만 경험이 자전거 타는 사람 효과가 더 작음. 기온이 높아지면 고령자의 보행과 자전거 타기 시간이 늘어남 (Prins and van Lenthe, 2015). 더운 날씨로 인해 기후가 변함에 따라 앞으로의 활발한 교통 패턴을 계획하려고 시도한 연구는 발견되지 않았음. 전반적으로 워킹과 사이클링은 여름이 더 따뜻할수록 증가 할 수 있으며, 걷기와 자전거 타기에 대한 적극적인 여행은 건강과 복지에 커다란 이점을 제공 할뿐 아니라 자동차 사용 감소를 통한 기후 변화 완화에 도움이 됨 (Woodcock 외., 2009).

더운 날씨에서 영국의 상업적 기회는 관광 증가로 인해 혜택을 받을 수 있음. 스코틀랜드에서는 Harrison et al. (2015)은 고지대의 더 나은 여름 기후와 더 밝은 이스트 코스트가 야외 활동과 여행에 도움이 되는 소비자 신뢰도를 높일 수 있음을 제안함. 겨울에는 스키 리조트가 적정량의 눈을 계속 공급할 수 있지만 접근 도로는 눈과 얼음으로 막히는 경향이 적음.

그러나 매우 높은 온난화 속도에서 고온으로 인해 일부 활동이 방지 될 수 있음. 예를 들어, 매우 뜨거운 날에는 일부 스포츠 활동을 제한 할 수 있음. 또한 진드기 (라임 병 (Lyme disease)의 벡터)와의 접촉 증가와 UV 방사선에 대한 노출 증가와 같은 야외 노출 증가로 인한 잠재적 인 불리한 점도 있음. 적당한 햇볕에의 노출은 건강에 유익하지만 (비타민 D의 생산을 통해), 너무 많은 햇볕에 노출되면 햇볕과 피부암의 위험이 증가 할 수 있음 (Williamson et al., 2014).

제7장. 연구개발성과의 보안등급

보안등급 분류	보안	일반
		0
결정 사유	연구의 목적이 일반 다수가 영향을 받는 기후 및 건축물 에너지에 관한 내용이며 보안에 크게 영향을 받지 않는 연구임.	

제8장. 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황

구입 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입 가격 (천원)	구입처 (전화번호)	비고 (설치 장소)	NTIS장비 등록 번호

제9장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적

○ 기술적 위험 요소 분석, 안전 관리 대책

가. 연구실 안전 점검 체계 및 실시

(1) 실험실 안전 점검 체계

※ 위험등급별로 환경안전점검을 단계별로 체계화하여 관리

※ 관리위험등급의 지정 - A등급 : 가연성가스, 인화성 시약, 유해화학물질, 다량의 폐액배출, 독극물, 생물 및 동물, 방사성 동위원소, 위험성이 높은 기계장비가 설치된 실험실

- B 등급 : 일반시약, 소규모 인화성 시약, 불연성가스, 소량의 폐수발생실험실

- C 등급 : 이화학실험을 수행하지 않는 전기, 설계, 컴퓨터 관련 실험실

(2) 실험실 정밀안전진단 실시

- 대상 : 연구개발활동에 유해화학 물질 관리법 제2조 7호에 따른 유해화학물질을 취급하는 연구실, 산업안전보건법 제39조에 따른 유해인자를 취급하는 연구실, 과학기술부령이 정하는 독성가스를 취급하는 연구실

- 실시 : 2년마다 1회 실시하여 교육과학기술부에 보고

나. 교육 훈련

(1) 개요 : 실험실의 안전을 확보하고 종사자의 건강을 보호하여 실험 및 연구 활동에 기여하고, 또한 연구실 안전환경조성에 관한 법률에 의거하여 실험실의 환경안전교육이 의무화됨에 따라 이공계열 대학원생 및 관련자 전원은 환경안전교육을 의무적으로 수강

(2) 교육대상 : 교수, 대학원생, 실험조교, 전문직원, 소속연구원, 실험참여 학부생 및 업체직원 등

(3) 단계별 교육 이수과정 :

- 1단계 : 공통이수과목(등록실험실전체)

- 2단계 : 특수실험실

(4) 교육구분

- 정기교육 : 방학기간 중 2회 출석 수업 실시

- 비정기 임시교육 :

○ 대상 : 새로운 실험과정의 신설시, 연구소의 신설시, 교육 미 이수자(신입 대학원생, 전담직원, 연구원, 업체직원, 유해물질 취급자 등)

○ 방법 : 사이버 교육 환경안전교육 등(홈페이지 개설 동영상교육), 자료/유인물, 외부 온라인상, 외부강사, 전문교육기관의뢰 등

제10장. 연구개발과제의 대표적 연구 실적

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/ 기타	소속 기관명	역할	논문 게재지/ 특허 등록 국가	영향력 지수	논문 게재일 /특허 등록일	사사 여부 (단독 사사 또는 중복 사사)	특기 사항 (SCI 여부/인용 횟수 등)
1	논문	Investigation of the environmental performance of a transitional space in a UK nursery school	세종대학교	주저자	Journal of Sustainable Building Technology & Urban Development		2016. 12. 12	단독사사	Scopus
2	논문	Outdoor Thermal Comfort in a Transitional Space of Canopy in Schools in the UK	세종대학교	주저자	Sustain-ability	1.789	2017. 09. 28	단독사사	SCI(E)
	논문	미래기후변화에 따른 해외 사례조사 및 적응방안 연구	세종대학교	주저자	춘계학술 건축학회		2016. 04. 30	단독사사	학술대회
	논문	기후변화를 대비하는 도시적.건축적 대응방안: 영국사례	세종대학교	주저자	건축		2016.10		등재지

제11장. 기타 사항

제12장. 참고 문헌

1. Abu Bakar, A. User response to thermal comfort of outdoor urban spaces in hot-humid regions: With reference to kuala lumpur, malaysia.
2. Pitts, A.; Bin Saleh, J. Potential for energy saving in building transition spaces. *Energy and Buildings* 2007, 39, 815-822.
3. De Long, D.G.; Peatross, C.F.; Saarinen, E. Eero saarinen : Buildings from the balthazar korab archive. 1st ed. ed.; W. W. Norton: New York ; London, 2008.
4. Hertzberger, H. Space and learning : Lessons in architecture 3. English ed. ed.; 010 Publishers: Rotterdam, 2008.
5. Hough, J.; Ramírez-Montagut, M.; Auburn, D. Revisiting the glass house : Contemporary art and modern architecture. Aldrich Contemporary Art Museum ; Oakland, Calif. : Mills College Art Museum ; New Haven, Conn. ; London : Yale University Press: Ridge Field, Conn., 2008.
6. Kalkin, A.; McLean, W. Quik build : Adam kalkin's abc of container architecture. Bibliotheque McLean: London, 2008.
7. Littlefield, D. Metric handbook : Planning and design data. 3rd ed. ed.; Architectural: London, 2008; p 1 v. (various pagings).
8. Meteotest Meteonorm v6.0.2.5, Global Meteorological Database: Bern, 2008.
9. Szokolay, S.V. Introduction to architectural science : The basis of sustainable design. 2nd ed. ed.; Elsevier Architectural Press: Amsterdam ; London, 2008; p xi, 345 p.
10. Verstegen, T.; Broekhuizen, D.; Bijlsma, L.; Linders, J. Contemporary dutch school architecture : A tradition of change. NAI Publishers/Staro: Rotterdam, 2008.
11. Kwon, J.Y. Human responses to outdoor thermal environments [electronic resource]. <http://hdl.handle.net/2134/5519>
12. Malekzadeh, M. Positioning of outdoor space in house design - an energy efficiency and thermal comfort perspective [electronic resource].
13. Taylor, A.P.; Enggass, K. Linking architecture and education : Sustainable design for learning environments. University of New Mexico Press ; London : Eurospan [distributor]: Albuquerque, N.M., 2009.
14. Brittain-Catlin, T.; Haughton, D. Making the most of student-pupil collaborations in architecture schools. Kent School of Architecture: Canterbury, 2010.
15. Gelfand, L.; Freed, E.C. Sustainable school architecture : Design for primary and secondary schools. Wiley ; Chichester : John Wiley [distributor]: Hoboken, N.J., 2010.
16. Harwood, E. England's schools : History, architecture and adaptation. English Heritage: Swindon, 2010.
17. Harwood, E. England's schools : History, architecture and adaptation. English

- Heritage: Swindon, 2010.
18. Johnson, N.; Rappaport, N.; Harwell, A.; Miller, L. Urban integration : Bishopsgate goods yard : Nick johnson/fat architects. W. W. Norton: New York ; London, 2010.
 19. Rappaport, N.; Denison, B.; Hanna, N. Learning in las vegas : Charles atwood/david m. Schwarz. Yale School of Architecture: New York, 2010.
 20. Stern, R.A.M.; Dixon, P.M.; Newman-Wise, A. Robert a.M. Stern : On campus : Architecture, identity, and community. 1st ed. ed.; Monacelli ; Enfield : Publishers Group UK [distributor]: New York, 2010.
 21. Vire, L.; Winand, J.-M. Architecture scolaire à bruxelles : Henri jacobs et l'école de la rue des capucins, 1910-2010. Institut Diderot: [Brussels?], 2010.
 22. Barrett, N. The rise of a profession within a profession [electronic resource] : The development of the architectural technology discipline within the profession of architecture. <http://hdl.handle.net/10059/645>
 23. Farley, K.; Berke, D.; Rappaport, N.; Biklen, N.K.; Higgins, E. Urban intersections : Sa\0303o paulo. Yale School of Architecture ; New York : Distributed by W.W. Norton & Co.: New Haven, Conn., 2011.
 24. Kwon, C.W. Transitional spaces [electronic resource] : The role of sheltered semi-outdoor spaces as microclimatic modifiers for school buildings in the uk.
 25. Robinson, B.A. Histories of peirene : A corinthian fountain in three millennia. American School of Classical Studies at Athens: Princeton, [N.J.], 2011.
 26. Shahidan, M.a. The potential optimum cooling effect of vegetation with ground surface physical properties modification in mitigating the urban heat island effect in malaysia. Thesis (Ph.D.), Cardiff University, 2011.
 27. Zacarias, I.C.M.a. A study of the historical development and evaluation of the present day performance of primary school architecture in mexico, with special reference to veracruz. Thesis (Ph.D.), Oxford Brookes University, 2011.
 28. Dejvises, J.a.; Strbac, G. Modelling of flexible heat demand and assessing its value in low carbon electricity systems. Thesis (Ph.D.), Imperial College London (University of London), 2012.
 29. Liu, J.a. Occupants' adaptive responses in non-air-conditioned workplaces. Thesis (Ph.D.), University of Reading, 2012.
 30. Morrissey, M.P.a. The effect of ventilation on the thermal comfort properties of outdoor clothing systems with different mid-layer fabric structures. Thesis (Ph.D.), University of Leeds, 2012.
 31. Tan, C.a. Experimental investigation of indoor air pollutants in three residential buildings. Thesis (Ph.D.), University of Sheffield, 2012.
 32. van Esch, M.M.E.; Looman, R.H.J.; de Bruin-Hordijk, G.J. The effects of urban and building design parameters on solar access to the urban canyon and the potential for direct passive solar heating strategies. *Energy and Buildings* 2012, 47, 189-200.
 33. Elwan, A.a. Urban neighbourhood redesign in hot climate zones : Coupled

- outdoor-indoor assessment framework for climate change scenarios. Thesis (Ph.D.), University of Sheffield, 2013.
34. Kang, K.-N.; Song, D.; Schiavon, S. Correlations in thermal comfort and natural wind. *Journal of Thermal Biology* 2013, 38, 419-426.
 35. Acar, H. Learning environments for children in outdoor spaces. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 2014, 141, 846-853.
 36. Ketterer, C.; Matzarakis, A. Human-biometeorological assessment of heat stress reduction by replanning measures in stuttgart, germany. *Landscape and Urban Planning* 2014, 122, 78-88.
 37. Taleghani, M.; Sailor, D.J.; Tenpierik, M.; van den Dobbelsteen, A. Thermal assessment of heat mitigation strategies: The case of portland state university, oregon, USA. *Building and Environment* 2014, 73, 138-150.
 38. Tan, C.L.; Wong, N.H.; Jusuf, S.K. Effects of vertical greenery on mean radiant temperature in the tropical urban environment. *Landscape and Urban Planning* 2014, 127, 52-64.
 39. Taleghani, M.; Kleerekoper, L.; Tenpierik, M.; van den Dobbelsteen, A. Outdoor thermal comfort within five different urban forms in the netherlands. *Building and Environment* 2015, 83, 65-78.
 40. ASHRAE. Addendum to thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta, Ga.: American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers; 1995.
 41. Bradshaw V, Bradshaw VBcs. *The building environment : active and passive control systems*. 3rd ed. ed. Hoboken, N.J.: Wiley ; Chichester : John Wiley [distributor]; 2006.
 42. CIBSE. *Comfort*: CIBSE; 2006b.
 43. DfES. *Guidelines for environmental design in schools* Stationery Office; 1997b, 2003 revised.
 44. Givoni B. *Urban design in different climates*. World Climate Program Document, WMO/TD No 346. 1989.
 45. Hastings R, Wall M. *Sustainable solar housing*. London: Earthscan; 2007.
 46. Johansson E. Influence of urban geometry on outdoor thermal comfort in a hot dry climate: A study in Fez, Morocco. *Building and Environment*. 2006;41:1326-38.
 47. Littlefair P. Daylight, sunlight and solar gain in the urban environment. *Solar Energy*. 2001;70:177-85.
 48. National Research Council . Committee on High-Performance Green Federal Buildings S, *Approaches for Meeting Federal O. Achieving high-performance federal facilities : strategies and approaches for transformational change*. Washington, D.C.: National Academies Press.
 49. Nikolopoulou M-H. *Thermal comfort in outdoor urban spaces* [Thesis (Ph.D.)]. Cambridge: University of Cambridge, 1988
 50. Yannas S. *Urban climatology and design*. Architectural Association Graduate

School; 2002.

- 51, DCLG, "Planning Policy Statement: Planning and Climate Change Supplement to Planning Policy Statement 1," ed. London, UK: Department for Communities and Local Government, 2007c.
- 52, H. Government, "Warm Homes, Greener Homes: A Strategy for Household Energy Management," ed. London: HM Government, 2010.
- 53, DCLG, "Code for Sustainable Homes: A step-change in sustainable home building practice," ed. London: Department for Communities and Local Government, 2006.
- 54, DCLG, "Code for Sustainable Homes: Technical Guide," ed. London: Department for Communities and Local Government, 2010.
- 55, DCLG, "Greener homes for the future," vol. Department for Communities and Local Government, ed. London, 2008.
- 56, ZCH, "Allowable Solutions for Tomorrow's New Homes," ed. London: Zero Carbon Hub, 2011.
- 57, TCPA. (2012, 2 February). The Eco-Development Group Available: <http://www.tcpa.org.uk/pages/eco-development-group.html>
- 58, 기현주, 송두삼. 해외 주요 도시의 외부환경 쾌적성 평가를 위한 지표의 제안. 2 ed: 대한건축학회; 2013. p. 265-6.
- 59, 김용진, 강동화, 안건혁. 기후변화에 따른 도시열섬현상 특성 변화와 도시설 계적 대안 모색에 관한 기초연구. 한국도시설계학회지. 2011;12:5-14.
- 60, 김용진, 강동화, 안건혁. 기후변화에 따른 도시열섬현상 특성 변화와 도시설 계적 대안 모색에 관한 기초연구. 한국도시설계학회지. 2011;12:5-14.
- 61, 김유정, 김경배. 영국의 기후변화 대응체계와 적용사례 연구. 서울도시연구. 2010;11:111-30.
- 62, 류승현, 김수덕. 기후변화 대응을 위한 가정용 연료전지 시스템의 시간대별 최적화 운전 방안 제시와 경제성 평가 및 민감도 분석. 에너지경제연구. 2011;10:25-48.
- 63, 반영운, 윤중석, 정지형, 우혜미, 주경선, 최나래, et al. 전문가 설문조사를 통한 통합적 기후변화 대응 도시 조성전략. 서울도시연구. 2011;12:41-63.
- 64, 손원득, 박정한, 박경순. 신재생에너지 적용이 도시열섬방지에 미치는 기여도 분석. 대한설비공학회; 2009. p. 508-13.
- 65, 정수현, 이정훈, 최종규, 송두삼. 지역기후 데이터를 이용한 외부 온열 쾌적성 평가방법. 한국태양에너지학회; 2013. p. 195-200.

주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통기술촉진연구사업의 연구보고서임.
2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구개발성과임을 밝혀야 함.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됨.