

---

# Global Report

---

## 에너지 효율적인 건축물의 첨단 건축재료와 기술에 관한 검토

1. 개요
2. 소개
3. 에너지와 건축물
4. 상업용 건축물의 에너지 효율성
5. 인도의 에너지 절약
6. 글로벌 관점의 에너지 절약
7. 에너지 효율적인 건축물의 설계
8. 상업용 건물의 쾌적함
9. 사례 연구
10. 건축물 에너지의 환경 영향
11. 비용편익 분석
12. 재료의 첨단화 달성 역량
13. 결론

## 1. 개요

이 연구보고서에서는 건물의 에너지 효율성을 향상시키기 위한 선진 건축재료의 필요성을 다루고자 한다. 건축 산업은 제1차 에너지원의 약 40%를 소비하고 총 배출량의 약 20%에 기여한다. 급속한 도시화로 기후여건이 변화하고 총 배출량은 향후 15년 동안 세 배로 증가할 것으로 예상되고 있다. 재료의 발전과 새로운 혁신 기술로 에너지 소비 및 배출은 제어될 수 있다. 이러한 많은 연구와 혁신은 비용 편익분석의 기준을 충족하지는 못한다. 비용 절감 및 배출물 제어 측면에서의 시설물 설치로 인한 이익 회수에 걸리는 시간 프레임이 더 길어지는 것 같다. 이 보고서에서는 이러한 기술적 측면을 검토코자 한다.

## 2. 소개

건축물은 에너지 생산성에 대한 엄청난 잠재력을 지니고 있다. 이러한 엄청난 잠재력을 수용하려면 건축물의 효과성을 개선하기 위한 몇 가지 지침과 활동이 필요하다. 건축물의 에너지 활용은 건축물의 수명 주기 단계별로 발생한다. 그럼에도 불구하고 중요한 단계는 수명 주기의 범위 내에서 에너지가 가장 많이 소비되는 건축물의 사용 및 지원(support) 주기이다. 건축물 생애주기 동안 가장 주목할 만한 에너지 활용은 사용단계에서 발생한다. 이것은 이 기간이 다른 단계에 비하여 길이가 더 길고 인간의 웰빙과 작업 효율에 필수적인 위안 수준(solace levels)이 이 단계에서 적용되기 때문이라는 것이 그 근거이다. 따라서 에너지 효율적인 건축계획에서 특히 활용단계가 숙고되어야 한다. 건물의 사용주기에서 에너지 이용을 감소시키려면 화석기반의 연료보다 지속 가능한 공급원이 선호되어야 한다. 지속 가능한 전력원의 활용에 대한 중요성도 부각되어야 한다. 특히 동적 및 비활성 프레임워크의 활용에 유의해야 한다. 건물 구성에서 에너지 재연 프로그램(Energy reenactment Program)도 활용되어야 한다.

## 3. 에너지와 건축물

건물 전문가들에게 건물의 수용 가능한 품질 기준에서 최종전력 사용을 개선하고 에너지 소비를 줄이는 것은 필수적이고 해결되어야 할 과제이다. 에너지 수요의 상당한 부분은 상업용 건물에서 전기 절약의 가능성이 가장 크기 때문에 난방, 환기 및 공조 그리고 조명설비에 의해 확장될 수 있다. 에너지 효율적인 건물과 조명설비를 개선하기 위해 다양한 개발도상국에서 수많은 기술이 연구되고 확인되어왔다. 그러나 이러한 기술의 적용과 효과성은 인도와 같은 개발도상국에서 포괄적으로 평가되는 경우는 아직 거의 없다.

## 4. 상업용 건축물의 에너지 효율성

에너지 개량 및 효율 개선 조치의 구현은 상업용 건물의 에너지 소비를 줄이는 비용 효과적인 수단이 될 수 있다. 건물 에너지 시스템의 적절한 변경은 최대 부하 절감의 결과로 장비구매의 감축을 통한 절감효과를 볼 수 있다. 건물의 에너지 절약은 귀중한 자원의 보호 또는 보존과 관련이 있다. 새로운 세기를 맞이하여 에너지 분야에서 할 수 있는 가장 큰 기여는 에너지 절약이다.

## 5. 인도의 에너지 절약

전기 에너지에 대한 관심의 증가는 접근 가능한 전력 소모의 증가로 급속히 늘어나고 있다. 따라서 에

너지 보호는 인도 내에서 부인할 수 없는 중요한 이슈가 되었다. 다른 나라에서 에너지 절약에 관한 많은 연구들이 이루어졌으며 인도에서도 일부 연구가 수행되었다.

건축부문에서 이산화탄소 감축 잠재력을 충족할 수 없었던 20세기 서구 비즈니스 구조(business structure)와 거의 동일한 에너지 중시 계획에서 벗어나는 것이 새로운 건축분야 과업의 필수사항이 되었다. 인도의 기후 및 사회적 여건 측면에서 명시적으로 가장 최근의 일은 기본적으로 시원한 건축물을 만드는 것이다. 그것은 엄격한 ASHRAE 및 ISO “Class A” 기준에서 쾌적함과 관련된 세부항목을 만족시킬 수 있도록 하기 위함이다. 본 조사에서는 다양한 기후대에서 다양한 생태제어 프레임워크와 구성 접근방식을 사용하여 에너지 전력의 범위에 걸쳐 의도적으로 정의된 인도의 사업장에 대한 포괄적 평가를 제안하여 다양한 난대 위안 기준(versatile warm solace standard)을 구축하였다. 인도에서 업무용 건축부문에 대한 저탄소 발전 추진방향은 일반적으로 위안 수준(solace level)이나 효율성을 희생하지 않고 기후에 따라 실내 계획 온도를 조정하도록 진행되고 있다.

## 6. 글로벌 관점의 에너지 절약

건축물은 난방 및 전력 분야에서 세계 에너지 활용의 중요한 부분을 차지한다. 이러한 에너지 활용의 거의 30%는 에너지 관리 및 유지관리 가능한 건축계획 및 작업으로 절약될 수 있을 것으로 평가되고 있다. 미국, 영국, 캐나다, 프랑스, 뉴질랜드 및 남아프리카를 포함한 15개국에서 건축물이 필수 에너지 이용의 대략 40%를 차지한다는 것이 다양한 조사연구를 통해 알려지게 되었다. 이것은 지구상의 모든 에너지 소비의 10% 이상이 건물 냉방 프레임워크(building cooling frameworks)에 의해 사용된다는 것을 의미한다. 건축물에서 에너지 결핍은 모든 면에서 매우 광범위하고 에너지 절약에 대한 상당한 확장성이 존재하고 있다.

## 7. 에너지 효율적인 건축물의 설계

건축물에 있어서 자연 통기에 따른 영향은 외관, 공기조화설비(HVAC) 및 제어시스템과 같은 건물의 수많은 구성요소에 대한 설계에 따라 달라진다. 2008년 Erhorn씨 등에게 Energy Concept Adviser (ECA)라 불리는 교육용 건물에서 에너지 효율성을 개선하는 하나의 기기(apparatus)가 주어졌다. 이 기기는 다양한 유사한 계획, 활동을 표시하고 있으며, 여러나라의 교육용 건물에 대한 중요사항들을 제공하고 있다. 연구결과에 따르면 연구책임자가 잠재적 에너지 절약 조치를 위한 정보가 부족하다는 이유로 에너지 절약 조치가 거의 적용되지 않는 것으로 입증되었다. ECA는 개발 벤처가 아직 계획단계에 있을 때 교육용 건물 책임자를 돕는 하나의 기기이다. ECA는 활용할 에너지 프레임워크의 권장사항과 계획단계에서 고려해야 할 잠재적인 계획 아이디어를 포함한다.

## 8. 상업용 건물의 쾌적함

시초의 건축물은 유해한 환경과 주변의 위험으로부터 인간을 보호하여 인간에게 피난처를 제공하도록 설계되었다. 그 당시에는 일반적으로 인간의 편안함에 비해 건축물의 편안함에 거의 관심을 기울이지 않았다. ASHRAE(미국공조냉동공학회)는 열적 쾌적함을 “열적 환경에 대한 만족을 표시하는 마음의 상태”로 정의하고 있다. 공기조화설비(HVAC)의 근본적인 이유는 인간의 열적 쾌적함을 위한 여건을 제공하는 것이다. 쾌적함에 대한 긍정적인 정의는 웰빙의 느낌이다.

## 9. 사례 연구

건축물의 에너지 활용은 현재 에너지 실행과 성공적인 에너지 평가가 모두 필수적이기 때문에 정말 문제이다. 이러한 관점에서 Paris et al (2009)은 비즈니스 체크 스테이션(BEMS-건물에너지관리시스템)용 한 제품을 만들었다. 이 제품은 (i) 생태학적이고 열정적인 경계의 온라인 관찰 (ii) 전 세계 에너지 포인터(pointer)의 온라인 파악 (iii) 지역의 환경 친화적인 전략자산 평가 (iv) 높은 수준의 온난화 제어를 위한 것이었다(Paris, Talbert, Eynard, Grieu, Traore, & Polit, 2009).

Pan et al (2008)은 에너지 회복 모델(Energy recreation models)을 만들었다. 중국 상해의 R&D 포커스에서 두 개의 사업장을 위한 Energy Plus를 사용하여 게이지 건물(gauge building)과 함께 검토 중인 친환경 건축계획 대안의 에너지 비용 예비기금(energy cost reserve funds)을 조사하는 것이었다. 글로벌 IT 파트너십의 R&D 포커스로서 두 건축물 안에 서버팜(server farms)이 있어 일반적인 비즈니스 장소와 동일하지 않게 만들었다. 전체 건축물 에너지 재생산 결과는 예측된 것의 연간 에너지 비용 절감이 중국 건설 기준에서 약 27%, ASHRAE 지출 건물에서 21% 정도로 제시된 것으로 나타났다. 그런데 이것은 에너지 실행을 첨단화함으로서 LEED 크레딧 항목 중 4가지 분야에 중점을 두고 있다(Pan, Yin, & Huang, 2008).

Dimoudi et al.의 연구조사로 알 수 있듯이 에너지 효과성은 학교 건물 내부의 안락함과 공기질 여건과 관련이 있고 이러한 건물의 에너지 비용은 주요 운영비용과 관련이 있기 때문에 학교 건물 내에서 중요할 수 있다. 이 조사의 의미는 겨울철 기온이 낮은 지역인 그리스 “C” 기후대의 학교 건축물에 대한 관측 정보를 바탕으로 에너지 실행을 평가하는 것이었다. 이 지역의 학교 건축물에 에너지 보호 잠재력이 있다는 것이 재연을 통해 재조명되었다. 슬로베니아에서 Butala et al.은 24개 학교 건축물에 대해 에너지 활용 및 실내 공기질에 대한 실내 환경 검토를 시도하였다. 대략 60명의 대상자를 상대로 조사한 검토 결과에 따르면 이들 건축물은 큰 에너지 소비처였으며 실내 공기질이 나쁜 것으로 조사되었다. 학교 건물의 열 손실은 제안된 값보다 89% 더 컸다. 학교 건축물 내의 상황을 개선하기 위한 적절한 조치에 대한 조사에서 알 수 있듯이 낮은 투자비용으로 균형 잡힌 에너지 사용과 우수한 실내 공기질을 보장하는 것은 실행 불가능하였다.

Budaiwi는 에너지 보존 및 열적 쾌적성을 위한 환기 및 온도전략의 영향을 조사하였다. 다양한 사례가 연구되었는데 연구결과 거주 전 2시간 동안 최초 환기를 시작할 경우 냉방 에너지의 약간의 변화와 난방 에너지의 3% 감소가 나타났다. 다음 단계에서는 거주 시작 후 2시간 동안 환기 시작을 추가로 지연시킨 경우 냉방에너지와 난방에너지 모두 현저한 감소를 보여 주었다. 하루 종일이 아닌 작업 기간 동안에만 온도 제어를 한 경우 상당한 절감을 보였는데, CE 및 HE에서 각각 25% 및 35% 감소를 나타내었다. 그러나 작업시간 동안 온도를 제어하고 거주자가 적을 동안 플로팅(floating)을 유지하는 경우 추가적인 절감효과를 나타내었다.

Ardehali et al (1997)은 신규 상업용 건물에 대한 TRACE 에너지 시뮬레이션 프로그램을 사용하여 CAV-RH & VAV-RH 시스템용 HVAC 운영전략을 조사 연구하였다. 조사 기간 중에 평가되었던 다양한 전략에는 NP, OSS 및 CHWR이 있었다. 그 결과 오래된 시설물의 경우 NP가 가장 낮고 OSS의 경우보다 효과적인 것으로 나타났다. 다단식 연로딩 특성을 지닌 냉각장치의 경우 CWR과 CHWR의 조합으로 합리적인 절감효과를 얻을 수 있다. OSS, CWR 및 CHWR 셋을 모두 함께 적용하면 보조적인 절감효과를 얻을 수 있었다. 그러나 신축 건물의 경우 OSS가 보다 효과적이었고 CWR은 냉각탑 회수로 인해 가장 큰 소모를 나타내었다.

브라질에서 가장 낮은 에너지 효과성 수준과 관련하여 법규를 준수용으로 만든 비즈니스, 행정 및 공공 건축물 숙련도 수준의 비 필수 표시용 지침과 일치하는 에너지 실행 및 건물 배치에 관해 우려할 만한 조사결과가 나왔다. 조사 대상은 다음과 같다. 즉, 관련 건축물의 순서를 고려하는 것; 전기 프레임 워크 개선 및 건물 외피 적용을 고려하는 것; 전기 에너지 사용을 줄이는 것; 에너지 이용과 비교하여

이산화탄소 배출량에 관해 생각해 보는 것; 개선 권고로 인한 추가적인 비용을 인식하는 것; 그리고 전기 에너지 활용을 감소시킬 것으로 예상되는 조치들로 확인된 비용 절감의 이점들을 평가하는 것이 그것이다.

“다목적 전통 포커스(multipurpose traditional focus)에서 활동 비용 순환(activity cost circulation)용 에너지 실행 복원(energy execution recreation)활용”이란 보고서에서는 활동이 가변적이고 직접적인 에너지 활용 가능성이 없는 건축물에서 운영 에너지 비용 할당 분야의 PC 재생산의 적절성에 관한 조사연구에 관해 언급하였다. 에너지 수요를 예상하는 재현(reproduction)은 기후부하와 내부 부담과 협력하는 방식으로 확인하였다. 그 결과는 바닥부분과 운영 사례로 식별된 정상적인 에너지 활용 범위까지 채택되었으며, 이는 난방, 냉방 및 전기 에너지로 구분하였다. 이 방법은 건축물의 운영단계 에너지 비용의 분산을 위해 실행될 수 있는데 필수 에너지를 추정할 기회가 없다.

Franken은 기존의 주택 복도를 재설계하여 달성한 잠재적인 에너지 투자기금 및 GHG 혜택을 이해하기 위해 Duke 대학교의 친환경 건축물을 심사숙고하였다. 그 연구조사에서는 Duke 대학교의 Kilgo Quad에서 LEED 확인 리모델링을 통해 달성된 에너지 및 자연적 이점을 평가하였다. 건물의 리노베이션은 산업표준 설계 건물 보다 32% 더 나은 에너지 효율성과 20%~30% 더 나은 물 효율성을 제공할 것으로 예상되는 동시에 기계시스템과 전기 배선을 업그레이드하고 처음으로 중앙 에어컨을 추가할 것으로 되어 있었다. 그런 다음 감사 결과를 Kilgo 리노베이션 전후의 상대적 성능을 측정하기 위해 2008년 여름에 유사한 리노베이션이 계획되어 있던 Few Quad에서 측정한 기준과 비교하였다.

Qingmiao Han et al (2006)은 그의 연구조사에서 에너지 이사회 계약에 의존하는 기존의 건축물 에너지 개조를 위한 중국의 비즈니스 설계를 설명하였다. 기존 건축물 에너지 개조에 대한 조사는 중국에서 건축 에너지 숙련도를 위한 핵심 중 하나이다. 이 조사에서 EMC의 사건, 행정업무, 사업 사례와 마찬가지로 중국의 기존 건축물 에너지 보호의 강점과 문제점을 소개하였다. 보증 준비금 계약, 공동투자기금 계약, 난방 계약을 포함하는 EMC의 세 개의 사업 사례에 대해 수행한 조사를 바탕으로 전문가들은 보증된 투자기금 계약이 중국의 건물 에너지 효율성 관리를 위한 최상의 발전 과정이라고 제안하였다.

이 조사연구의 요점은 브라질의 14개 다양한 도시 공동체에서 잘못 생각되는 사업장의 전기 에너지 이용을 예측하는 간단한 모델을 개발하는 것이었다. 전력 이용 예측에 활용되는 보다 필수적인 몇 가지 요인들을 찾기 위해 원인분석을 시도하였다. 전력 이용 예측을 위해 선택된 요인들은 건축물의 규모(층수 및 형태와 크기), 건물의 방위(창과 칸막이 비율), 옥상의 열전달과 열 획득 한계, 조망의 은폐 계수, 썬 베이스스 인슈어런스(sun based insurance), 외관 및 옥상의 색조, 전력의 밀집도(electric force thickness) 등 이었다. 그 상태는 대부분의 도시지역에서 0.99보다 더 큰  $r^2$ 로 좋은 결과를 나타내었다.

창작자들은 홍콩의 에너지 개선에 대한 연구를 평가하고 상업 중심지에 에너지 효과성을 전달하는데 있어 장애물을 조사하여 규정 및 실행 기반의 방법론에 관해 언급하였다. 완전한 건축물 에너지 코드를 제시하기에 앞서 그 지역에서 보다 혁신적인 작업 요구를 달성하는 것이 기본이다. 또한 이 연구에서는 홍콩이 다른 아시아 이웃 국가들과 비교하여 건물 에너지 기준 개발에서 미개척지라는 결론을 내렸다(Lam & Hui, 1996).

## 10. 건축물 에너지의 환경 영향

선진국에서는 건설로 인해 필수에너지 이용의 40%가 추가되었고 열 방사의 40%가 추가되었다고 한다. 이것은 덜 따뜻하게 건물 배치기 계획된 때문이다. 1차 에너지 사용량과 탄소 배출량은 상호 연관되어 있으며 특정 현장의 기후조건에 따라 달라진다. 급속한 도시화, 인구증가 및 도시 쇠퇴로 인해 1차 자원(화석연료 소비)의 과감한 활용으로 이어져 왔다. 에너지 문제는 건물의 열관리에 정비례하며 사람들의 환경적, 경제적 및 생활 수준에 영향을 미친다. 한 건물의 열관리 수단은 건물의 다양한 구성요

소에 의해 이루어진다. 벽, 바닥, 창문, 창호에 사용되는 재료가 중요한 역할을 한다. 이것은 기후와 건물 유형에 따라 달라지는데 건축 과정에서 소비되는 에너지를 결정짓는 경험적 법칙은 없다. 건물 에너지 성능은 사용되는 기술의 개선, 건물의 다양한 구성요소에 첨단 건축재료의 사용, 재생 가능한 에너지 자원의 효과적인 사용을 통해 개선될 수 있다.

## 11. 비용편익 분석

첨단 기술 및 건축재료가 사용되는 건물의 비용 편익분석은 공공요금(utility bill)의 큰 절감효과를 나타낸다. 물론 초기에는 절감되는 비용에 비해 공공요금의 비중이 크다. 그러나 시간이 지나면서 절감곡선의 오른쪽으로 향해 나아가면서 역전되는 것이다. 에너지 최적화를 고려할 때 평균적으로 에너지의 60%가 절약되게 된다.

보다 나은 이해를 위해 남측방향으로 큰 유리창문을 가진 추운 지방의 어떤 한 주택이 연구되었다. 연구결과에 따르면 이 주택의 난방 부하가 추가적인 비용 없이 그리고 추가적인 새로운 혁신요건도 발생되지 않는 상태로 훨씬 감소되는 것으로 나타났다. 보다 많은 에너지 절약 옵션을 위해 필요로 할 때만 허용할 수 있는 새로운 재료/ 기술이 나올 수 있다. 이러한 경우 두 매개변수의 분석에 필요한 비용, 성능 및 시간 측면에서 측정할 수 있는 새로운 창작물의 효율성을 결정짓는데 문제가 있다.

또 다른 모델은 NREL이 계획한 초에너지 효과적인 광고조립 건물(the ultra energy effective ad assembling)이다. 이 건물은 규정에 따라 건설된 상업용 건물에 비하여 65% 적은 에너지를 사용한다. 이어지는 기능은 설계기능으로 패시브 급속 증발냉각(Passive Downdraft evaporative cooling), 자동 환기,(overhangs and thrombi wall) 등이 있다. 포토 센서 및 재실 센서와 같은 첨단 기술, HVAC 기능을 최적으로 제어하는 컴퓨터 제어시스템 등도 있다.

## 12. 재료의 첨단화 달성 역량

벽체, 지붕 및 바닥 등 건물 외피의 구조 소재에 대해 즉석에서 수행되는 방식으로 재료 첨단화에 대한 영역이 이루어진다. 건축물 질감의 개선을 위해 큰 난반성(high warm opposition)과 습윤성이 좋으며 흐릿한 다양한 표면 특성을 지닌 재료가 활용될 수 있다. 건물 보호 재료에 대한 난반성은 R-3, R-7의 요청에 관한 것이다. 재료의 가치가 크면 클수록 유익하게 될 것이다. 이것은 연구진에 의해 건축물용 대피 단열재의 개발로 이어졌다. 이러한 재료의 R값은 이론적으로 더 커진다. 전도 및 대류 현상이 제거되고 열전달의 복사만 진공상태로 홀로 남는다.

## 13. 결론

재료와 신기술의 발전을 위한 엄청난 기회들이 존재한다. 기후여건에 따라 적절한 재료를 벽체, 바닥, 개구부에 사용하면 에너지 소비를 크게 줄일 수 있고 에너지 절약에 대한 새로운 방법에 도움이 된다. 특정 기간에 대한 비용 편익 분석은 재료 발전의 효율성을 규정한다. 에너지 절약적인 에너지 생산/ 적은 에너지 소비 측면에서 기본 건물을 개조할 수 있는 유연성을 지니면서 신축의 요구를 충족시키는 재료를 찾는 것이 급선무이다. 이러한 재료는 내구성, 무독성, 쾌적하고 저렴하며 미적으로 매력을 갖추는 등과 같은 기존의 특성을 가져야 한다. 컴퓨터 지원 도구를 사용하여 프로토타입을 만들고 건물을 가상으로 시뮬레이션 할 수 있다. 검증은 이러한 건축재료의 성능 기준 분석을 통해 이루어진다. 건물 수가 많기 때문에 에너지 소비를 조금만 줄여도 대기 중의 탄소발자국이 훨씬 줄어든다.

<원문제목> A REVIEW OF ADVANCED BUILDING MATERIAL AND TECHNOLOGY OF ENERGY EFFICIENT BUILDING

<원문출처> International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology