

덴마크 에너지제로 하우스

| 엘렌 카트린 한센 | 이재익 '지금여기' 번역위원 옮김 |

현대생활에 쓰이는 에너지의 약 40%가 건물을 유지하고 난방하는 데 쓰인다고 합니다. 덴마크의 에너지제로 하우스는 그러한 에너지 소비를 획기적으로 줄여주는 시스템을 적용하는 active house 개념을 적용했기에 소개합니다(편집자 주).



겉 모습으로만 보면, 덴마크 오르후스 교외의 주거지에 있는 1.5층짜리 단순한 건물이 보통 주택 이상이란 것을 상상하기 어려울 것이다. 작지만 스타일이 살아있는 이 집에는 스칸디나비아식 주택에서 전형적인 길고 경사진 지붕과 넓은 창문이 있다; 트램펄린 한 대가 깨끗이 정돈된 잔디밭에 있다.

그러나 이 집은 뭔가 다르다. 환경 친화적 소재와 태양열 패널로 된 지붕을 사용하여 집 자체를 유지하는 데 필요한 전력보다 더 많은 전력을 만들어낸다. 실내에서는 5인 가족이 모델하우스를 테스트하고 있다. 네 벽마다 설치된 창문과 비스듬한 채광창으로 햇빛이 들어와 1층을 가득 채운다. 불박이형 블라인드가 자동으로 움직여 빛을 조절한다. 신선한 공기를 받아들이기 위해 채광창이 ‘스르륵’ 열린다. 아이들이 이야기한다. “이 소리 재밌어요.”

Active House로 알려진 최초의 덴마크식 견본인 Home for Life에서 14개월 간의 체류도 이제 막바지에 이르렀다. 이제 시몬센 가족은 각종 기술과 미묘한 장치들이 거주자의 편의를 위해 작동되는 동안에도 이를 그다지 의식하지 않게 되었다. 특별한 창문과 빈틈없는 단열재, 온도조절 시스템은 전기 및 난방 필요량을 최소화한다. 나머지는 태양에 맡긴다: 태양열판과 축열조를 갖춘 남향 집 Home for Life는 자체적으로 충분한 전기를 생산하여 탄소배출제로를 실현한다. 게다가 적은 에너지로 생산된 건축자재를 사용하여, 건축자재 생산 시 발생된 탄소배출량도 약 40년 안에 상쇄될 것이다.

‘이런 식으로 관찰 받고 연구의 대상이 되는 것은 좀 웃기는 일이다. 전문적인 인류학자가 하는 거라고 해도...’라고 소피(Sophie) 시몬센과 스베레 시몬센(Sverre Simonsen)은 지난 9월 온라인 일기에 썼다. 시몬센 가족은 이 집에 석 달째 살고 있는데 올해가 그들에게 특별

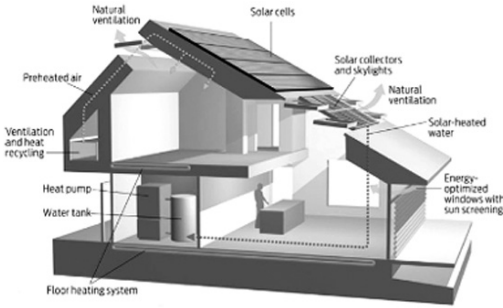


그림 1-1.

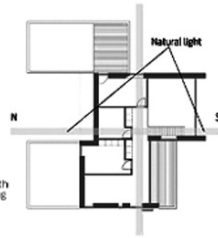


그림 1-2.

한 해가 될 것이라는 것은 벌써부터 확실했다.

한 인류학자가 젊은 부부에게 그 집에서 생활하는 동안 자신의 동선을 기록해달라고 부탁했다. 우리는 이 집의 중심을 ‘빛 십자가(light cross)’로 디자인했다. 이 빛 자가는 부엌과 식사장소, 거실로 구성된 40평방미터를 가로지른다. 우리는 이 디자인이 가족생활에 적합한지 알고 싶었다. 인공조명을 최소화하기 위해 십자가의 네 개의 가지 끝에서 모두 햇빛이 들어오도록 디자인했다. 십자가의 네 가지는 비상구, 통풍구, 선풍기, 전망대 역할도 한다. 이 가족의 기록에는 그들이 실제로 빛 자가에서 많은 시간을 만족스럽게 보냈다고 나와 있다.

시몬센 가족의 생각도 참고해야 했던 까닭은 기초 자료만으로는 불충분했기 때문이다. 수치상으로만 보면 그해 여름은 훌륭했다. 이 집은 지난 8월 전기 800킬로와트를 생산해서 절반 남짓을 쓰고 나머지는 축전기에 저장했다. 하지만 실험가족이 이 집에서 정말 즐거웠을까? 우리는 이 실험 가족원들의 직장 결근일이 줄었는지, 몸 상태가 좋아졌는지 궁금했다. 이 실험가족은 우리가 성공한 부분과 보완해야 할 부분을 알아내도록 도와주었다.

건축에 대해 이렇듯 전체적으로 접근하는 이유는 간단하다. 많은 근

대적 건물들은 유해하며 너무나 많은 에너지를 소비한다. 추정하기로
는 오늘날 건물의 약 1/3이 실내 환경면에서 건강에 해롭다. 이런 실
내 환경은 알레르기와 천식을 악화시키고 집중력을 떨어뜨리며 우울
증을 유발하기도 한다. 도시주거환경도 상당한 에너지 부담이 된다.
선진국 에너지의 약 40%가 건물에 쓰인다. 현대인이 90%의 시간을
실내에서 생활한다는 것을 고려한다면 이 비율이 놀라운 것은 아니다.
그러나 반드시 그래야 하는 것은 아니다. 가정의 실내 환경 개선에 집
중하고 있는 몇몇 회사에 투자해온 VKR사(VKR Holding)의 목표 중
하나는 위 수치들을 바꾸는 것이다.

몇 가지 방법이 있다. 한 가지는 단열재를 넣어 벽을 두껍게 하고 창
문을 작게 디자인하는 것이다. 이 방법은 태양열로 실내온도가 과도하
게 올라가는 현상을 방지하고 여름철 에어컨 가동과 겨울철 열 손실을
줄인다. 그러나 유쾌한 생활 경험이 되지는 않는다. 이런 집에 거주하
는 사람이 내게 불평하길, 외부와 너무 단절되어 있어서 바깥에 새 소
리조차 들리지 않는다고 했다.

그래서 우리는 요새처럼 벽으로 둘러싸 해를 차단하는 집이 아니라
햇빛과 신선한 공기를 받아들이는 집을 짓기로 했다. 다시 말해서, 창
문이다. 우리의 실험적 집은 보통의 덴마크식 집에 비해 창의 면적이
두 배 정도 넓다. 우리는 2중·3중으로 된 특별한 유리창을 골랐다.
이 창은 추운 계절에 내부 열이 세는 것을 줄여주는 동시에 열과 햇빛
이 내부로 들어오도록 한다. 사실상 이런 유리창만으로도 겨울철에 필
요한 난방의 절반을 해결할 수 있다.

창틀 또한 단열에 도움이 된다. 이 창틀은 가는 유리섬유로 강화된
새로운 타입의 폴리우레탄(발포고무의 재료)으로 만들어졌다. VKR의
자회사 벨팩(Velfac)의 엔지니어들은 단열이 잘되고 튼튼하면서도 표

면처리가 깔끔한 소재를 찾기 위해 200가지가 넘는 소재를 시험해 보았다. 폴리우레탄은 소재가 튼튼한 덕분에 얇은 폴리우레탄 시트 한 장으로 어떤 날씨에도 잘 견디는 창틀을 제작할 수 있다.

큰 창문은 실내조명과 기계식 환기의 필요성을 반으로 줄인다. 넷제로 에너지 목표에 희소식이다(역자 주: 넷제로 net-zero: 태양력이나 풍력을 이용하여 전기에너지를 소비한 만큼 다시 생산해내는 건물 또는 시스템). 그러나 실내 난방은 관리가 필요하기도 하다. 그래서 여름에 해가 높이 떴을 때 남측 지붕으로 그늘을 제공하고, 창문마다 안팎으로 셔터와 블라인드를 달아 열전달을 조절하고 사생활도 보호한다.



그림 2.

과도한 난방의 위험을 더욱 줄이기 위해 우리는 창문이 자동으로 열려 신선한 공기가 내부로 들어오도록 프로그램을 짰다. 각 방에 설치된 센서가 온도, 이산화탄소 농도, 습도를 체크하고 지붕 위에 있는 기후감지기는 바깥 날씨를 모니터한다. VKR의 또 다른 자회사 윈도우마스터(WindowMaster)에서 제작한 제어시스템은 위 정보를 이용하여 태양열판의 각도와 창의 개폐를 통제한다. 전통적인 공기조절 및

난방체계 대신 자동화된 창문을 통한 조절시스템이 이 집의 온도조절을 대부분 담당한다.

유감스럽게도 시몬센 가족은 우리가 맞춰놓은 설정에 늘 만족한 것은 아니었다. 부부는 이렇게 말했다. “추운데도 창문이 열렸어요. 찬바람이 들어와서 담요를 뒤집어쓰고 리모컨으로 창문을 닫았죠... 그런데 맵소사, 30분이 지나니까 또 열리지 뭐예요!”

이 가족은 Active House에 적응하는 데 서너 달이 걸렸다. 잘 모르는 사람이 처음 들어가면 이 집의 자동시스템에 깜짝 놀랄지 모른다. 셔터가 조정되는 소리나 창문이 열리는 소리를 들으면 이 집에 마치 의식이 있는 것처럼 느껴진다. 우리가 마주친 난제 중 하나는 에너지 소비가 낮게 유지되도록 정확하게 제어하면서도 거주자는 이런 통제 시스템을 의식하지 않도록 하는 것이었다.

소피는 이 자동화된 집에 서서히 익숙해지는 동안 자신의 반응을 메모해두었다. 하지만 이 집의 특이한 점 몇 가지는 계속되었다. 예를 들면, 방에 사람이 있는데도 조명이 꺼지곤 했다. 소피는 이렇게 썼다. ‘나는 조명이 꺼지지 않도록 의자를 앞뒤로 흔들었다. 이런 행동이 Active House에는 전혀 다른 의미가 되지만, 다른 사람들의 눈에 정말 이상해 보일 것이다.’ 자, 당신이라면 스스로 관리되는 이 집을 어떻게 작동시키겠는가?

전체로 보면, Home for Life는 기존의 덴마크 단독주택에서 소비하는 에너지의 약 60%를 쓴다. 조명과 가전제품, 집 자체의 자동화 시스템 가동에 1평방미터당 연간 15kwh, 온수와 난방에 32kwh를 소비한다. Home for Life가 돋보이는 대목은 바로 후자, 즉 온수와 난방면이다. 보통 덴마크 주택의 절반밖에 소비하지 않는 것이다. 모든 시스템이 제대로 조정된다면, 연간 약 9kwh/m²의 잉여 전기를 생산할

것으로 예상된다.

집의 형태가 이렇게 큰 차이를 만든다. 이 집의 전체 표면적은 최소화되었다. 열손실 면에서 매우 중요하기 때문이다. 또한, 지붕 꼭대기의 수평마루를 북쪽으로 밀어서 남을 향하는 표면적을 넓혔다. 지붕의 남향 면에는 태양열판과 태양열집열기, 채광창이 있으며, 모두 이 집의 전반적인 에너지 소비계획을 결정하는 데 중요한 역할을 한다.

먼저 전기를 살펴보자. 50m²의 다결정 태양열판은 연간 약 5,500kWh를 생산한다. 이는 집에 필요한 양보다 20% 더 많은 양이지만 겨울에는 송전망에서 얼마간의 전기를 끌어다 쓴다. 효율성 13%인 태양전지들은 시중제품 가운데 최고는 아니지만 가격대비 성능이 좋다.

그 다음은 난방인데, 유리창이나 태양열집열기를 이용한다. 6.7m²의 집열기는 지붕 최하단에 설치된 구리판에 태양광을 저장한다. 구리판 밑에 있는 동파이프 속으로 액체가 흐르면서 구리판의 열을 흡수하여 태양에너지의 95%를 열로 바꾼다. 집열기는 직사광선이 아닌 간접광도 이용할 수 있어서 흐린 날에도 난방을 할 수 있다.

실내난방이 더 필요하다면 공기열원 열펌프를 사용한다. 보통 이런 유형의 펌프에서 공기는 대기 중의 열을 액체에 전달하는 건물 바깥의 열교환기를 통과하며 이동한다. 따뜻해진 액체는 집안에 있는 전기 압축기로 들어가고 이 압축기는 따뜻해진 액체에 압력을 가해 온도를 더 높인다. 일반적으로 열펌프는 기존의 기름난방이나 전기난방보다 훨씬 효율적이면서도 이산화탄소 배출은 더 적다. 그러나 열펌프의 성공적 작동은 공기 온도에 크게 의존한다. 바깥 날씨가 추우면, 이런 열펌프는 효율적이지 못하다.

이 문제를 해결하기 위해 우리는 VKR의 또 다른 자회사 소넨크래

프트(Sonnenkraft)에서 제작한 열펌프를 사용했다. 이 제품은 차가운 겨울 공기가 열펌프에 닿기 전에 태양열 집열기를 사용하여 차가운 공기를 예열한다. 이제 이 펌프는 바깥 날씨가 영하로 내려가더라도 20°C의 물을 쉽게 만들어낼 수 있다. 액체가 압축된 후, 열은 파이프를 통해 바닥과 라디에이터로 전달된다. 결국, 태양열집열기와 펌프는 연간 8,000kWh 가치의 열을 생산할 수 있다.

그러나 전력생산과 난방은 설계목표의 일부에 불과했다. 전력과 난방 못지 않게 중요했던 것은 건축자재에 투입되었던 에너지까지 상쇄하는 것이었다. 이를 위해 우리는 생산에너지가 적게 든 건축자재를 골랐다. 대부분 나무를 사용하였고 하중을 받는 부분에만 강철빔 몇 개를 썼다. 건물 외관과 지붕에는 에너지 흔적(energy footprint)을 많이 남기는 벽돌 대신 천연슬레이트를 사용했다.


그러나 이렇게 심혈을 기울인 기술혁신과 예측이 실험가족의 취향과 항상 일치한 것은 아니었다. 날씨가 점점 더 추워지자 시몬센 가족은 더 따뜻했으면 좋겠다고 불평했다. 우리는 결국 바닥 난방을 2도 더 높였고, 밤에 실내온도를 낮추는 것을 포기했다.

결과는 당연히 더 많은 에너지 부담이었다. 다행스럽게도 시몬센 가족이 조명 및 가전제품에 사용할 예상 전력을 애 애 높게 잡았기 때문에 우리는 조명과 가전제품에 사용될 전력 추정치를 평방미터당 3.5와트에서 2와트로 줄였다. 그러나 시몬센 가족은 사생활보호와 눈부심 때문에 낮에 블라인드를 내려버려서 난방을 위한 햇빛을 차단해버리기도 했다.

그렇지만 시간이 지나면서 시몬센 가족도 유리창이 에너지소비에 어떤 역할을 하는지 이해하면 블라인드를 더 많이 열어둘 것이라고 생각한다. 우리는 이 가족이 이 집의 에너지 체계를 인식하고 자랑스러

위한다는 것을 알고 있다. 아주 화창한 어느 날, 시베레는 복도에 설치된 컴퓨터 화면으로 이 집의 에너지 효율을 살펴보았는데, 태양에너지가 정말로 집을 데우는 것이었다. ‘해가 나온 일요일, 오늘 이 자리에서 너무나 분명해졌다’라고 시베레는 가족일지에 썼다. ‘정말로 에너지 생산과 관계있는지, 가서 확인해보지 않을 수가 없었다. 그런데 정말 그랬다! 정말이지 ‘짜잔~’하면서 달라졌다.’

우리는 이 모든 관찰결과와 자료 및 지금 설계 중인 새로운 구상을 전 세계와 공유할 계획이며, 이상적인 에너지 소비를 비롯해 환경에 미치는 영향과 거주자의 웰빙까지 고려했다. 우리는 또 새로이 세 개의 Active House 실험에 착수했다. 코펜하겐 대학의 원형 건물인 그린 라이트하우스(Green Lighthouse) 및 오스트리아와 독일의 단독 주택 두 채가 그것이다(역자 주: 덴마크 최초의 탄소제로 공공건물로 2009년 10월 완공되었고 현재 대학 건물로 사용 중이다).

시몬센 가족은 한 달 후면 이 집에서 나올 것이고, Home for Life는 시중에 판매될 것이다. 만약 이 실험가족의 만족도가 어떤 지표가 된다면, 우리는 환경 친화적이고 탄소 중립적 주택에서도 행복하고 만족스런 생활이 가능하다는 것을 증명하는 것이 된다. (끝) 

- 이 글은 'IEEE Spectrum', 2010년 8월호에서 발췌했습니다.
- 이 글은 미래사의 허락없이 무단 전재나 재배포를 할 수 없습니다.

저자 | **엘렌 카트린 한센**(Ellen Kathrine Hansen) | 덴마크 오르후스에서 미래지향적 녹색주택 Home for Life의 설계팀을 이끌었다. 한센은 사탕무로 잘 알려진 덴마크의 섬 로란트 출신으로, 어린 시절의 친환경적인 경험에서 영향을 받아 설계 작업을 이끌었다. 한센은 로란트를 떠나 덴마크시각예술미술대학에서 건축을 전공했다. 지금은 대학이 있는 코펜하겐에서 살고 있다. 한센이 자신의 5살 난 딸을 Home for Life에 데려갔더니 딸이 이렇게 말했다고 한다. “엄마, 우리 여기서 살면 안 돼?”

역자 | **이재익** | '지금여기' 번역위원