

세계 최초의 대규모 건물통합 태양광 발전 주거 단지, Nieuwland



Nieuwland 위성사진

녹색성장이 전 세계적인 화두로 떠오르면서 선진 사례를 통한 벤치마킹 바람도 거세게 불고 있다. 베트남의 오토바이에 필적하는 자전거의 물결 때문일까, 풍차에서 풍력에너지를 연상한 것일까, 네덜란드 역시 친환경에너지의 선진국으로 인식되어 상당수의 녹색관련 사절단들이 네덜란드를 방문하여 선진사례들을 살펴보고 돌아갔는데, 그 중에서도 단연 사람들의 이목을 끈 것은 세계 최초의 대규모 건물통합형 태양광 발전시스템(BIPV, Building Integrated PhotoVoltaics) 주택단지인 Amersfoort 시의 Nieuwland다.

이번 기회를 통해 Nieuwland가 실제로 어떻게 설계되었고 어떠한 과정을 통해 건설되었는가 하는 보다 기술적인 측면을 다뤄보고자 한다.

Nieuwland 프로젝트를 총괄해서 주관한 기업은 REMU인데, 현재는 네덜란드 최대의 에너지 회사 중 하

나인 ENECO로 합병되었다. REMU는 Nieuwland 프로젝트 이전에도 5~6개의 태양광 프로젝트를 통해서 이미 기술력은 어느 정도 갖추고 있는 상황이었다.

프로젝트의 기술적인 완성도와는 별개로 태양광 시설을 설치하는데 있어서 건물의 소유형태가 어떠한 영향을 미치는가를 실증적으로 분석하는 연구 또한 함께 이루어졌다. 이를 위해 개인소유주택, 학교 등 공공건물, 아파트, 스포츠 홀 등 다양한 종류의 건물을 대상으로 프로젝트를 진행하였고, 동일한 건물형태에 있어서도 소유주의 선호도에 따라 소유주가 태양광설비를 설치할 지분을 REMU에 렌트해주고 발전전기의 20%를 무료로 공급받는 방식과(80%는 REMU가 3자에게 판매), 건물 소유주가 직접 태양광설비를 설치하고(설치비용의 25%보조) 대신 발전된 전기를 100% 무료로 사용하는 방식으로 나뉘어 진행되었다.

설비는 턴키(turn-key) 방식으로 최초 설치 후 10년간은 REMU(인수 후 ENECO)가 유지보수 및 관리를 책임지고, 10년 뒤에 건물 거주자와 ENECO가 재협상을 통해 10년 연장여부를 결정하는 방식으로 추진되었다.

1990년대 초반에 입안된 신재생 에너지 활용 친환경 주거단지

1990년대 초반 Amersfoort 시의 팽창하는 도시인구를 수용하기 위한 Waterk(Wartier) 지역의 개발을 고려중이던 Amersfoort 시는 신도시에 신재생에너지를 활용한 친환경주거단지를 개발하기로 결정하고, 컨설팅 기업인 BOOM에 환경영향평가 및 타당성 조사를 의뢰했다. 한편 REMU는 에너지 기업별로 에너지 절감 프로그램의 개발을 의무화한 네덜란드 정부의 방침에 맞춰 태양광 사업에 집중하기로 하고, Nieuwland 프로젝트를 대규모 상용화하기 위한 파일럿 프로젝트로 추진하기로 했다.

신재생에너지 활성화 프로젝트에 따른 보조금 혜택도 주어졌는데, 우선 대규모 태양광 프로젝트의 경험을

Nieuwland 프로젝트 개요

- ▶ 위치 : Nieuwland, Amersfoort, The Netherlands
- ▶ 규모 : 12,300㎡ / 1.35 MWp
- ▶ 개발 시기 : 1999년
- ▶ 총 사업비 : 860만 유로(평균 턴키 가격 6.9 유로 / Wp)

가진 이탈리아의 전력 회사 ENEL과의 협력 하에 EU THERMIE Programme에서 일부 보조금을, 그리고 네덜란드의 신재생에너지 프로젝트를 담당하는 에너지 및 환경 위원회(Novem, 이후 SenterNovem으로 변경)의 태양광 보조 프로그램(NOZ-PV)으로부터도 일부 금융보조를 받았다.

그리하여 프로젝트의 총 책임은 주 투자기업으로서 REMU 가 맡고, The THERMIE Programme과 Novem의 보조를 받고 프로젝트를 수행하는 것으로 기본적인 구조가 정해졌다.

태양광 모듈, 타일 대신 지붕에 부착해 건물에 통합

타당성 조사를 맡은 BOOM은 최초 동-서 방향으로 계획되어 있던 도시계획을 태양광발전의 최적화를 위해 남북 방향으로 변경시키는 등 효율화를 위한 여러 가지 기술적 제안을 냈다.

그 중에서도 가장 중요한 것은 요소별 환경등급평가 시스템으로, 도시개발에 필요한 물, 에너지, 건축자재, 교통, 쓰레기 등 여러 요소가 도시개발에 활용되는 형태에 따라 환경에 미치는 영향을 고려하여 A~D의 4등급으로 구분하는 방법론을 제안했다. 이를 보다 자세히 살펴보면 법으로 요구되는 기본적인 수준의 C등급을 기준으로, A등급이 가장 친환경적인 옵션, B, C는 각각 평균보다 단계별로 환경 친화적인 옵션으로 구분하고 있다. 예를 들어 같은 전구라 하더라도 에너지 절약형 전구는 A나 B등급, 일반 전구

는 C등급이다. 따라서 A등급 요소가 많이 포함된 건물은 환경 친화적인 건축물, C나 D등급 요소의 비율이 높은 건축물은 일반 건축물과 동일한 건축물로 쉽게 구분이 가능해지게 되었다.

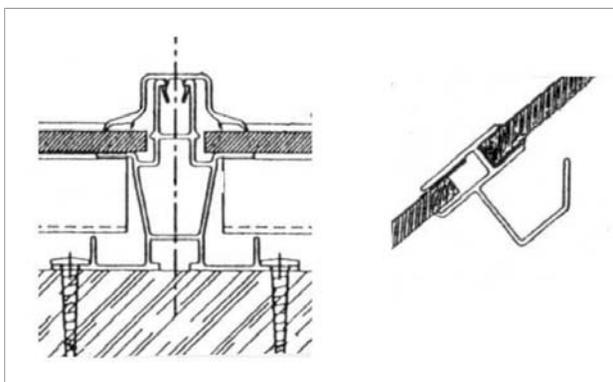
일견 단순해 보이는 이 시스템은 Nieuwland 프로젝트 이후에도 Amsterdam의 GWL-terrain 프로젝트¹⁾, Heerhugowaard의 City of the Sun 프로젝트 등 여러 프로젝트에 적용되었는데, 이는 친환경 건축물이라는 개념에 익숙하지 않은 프로젝트 참가자들로 하여금 친환경 건축의 기술적인 측면을 보다 쉽게 이해할 수 있도록 하는데 매우 효과적이었기 때문으로 풀이된다.

기술적으로 가장 어려운 과제로 여겨졌던 태양광 설비의 건물 통합은 모듈을 전통적인 타일을 대신해서 지붕에 부착하는 방법으로 결정되었는데, 단순히 지붕에 올리는 문제가 아니라 지붕의 기울기에 따른 발전 효율성, 조그마한 굴퓌로 인해 발생하는 그림자로 인해 급격하게 떨어지는 발전 효율성, 지붕의 방수문제 등 다양한 기술적인 난관을 극복해야만 했다.

Nieuwland 프로젝트에 사용된 태양광 모듈의 공급은 Shell Solar, BP Solarex, RBB 3개 회사를 통해 이루어졌다. 다만 아파트 빌딩의 차양시스템과 같은 특수한 경

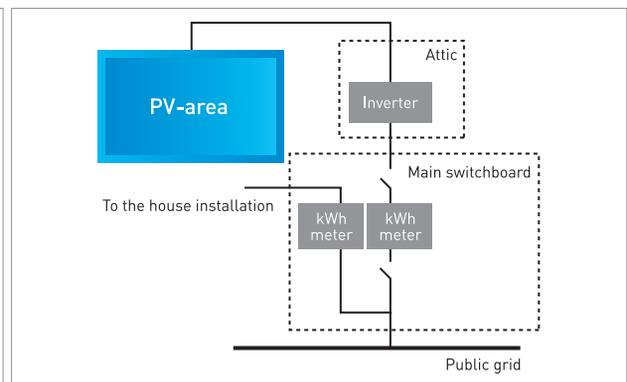
1) 1989년 암스테르담의 Minicipal wterboard terrain (GWL terrain) 지역의 주거지구 재개발 프로젝트

태양광 모듈의 지붕통합 단면도



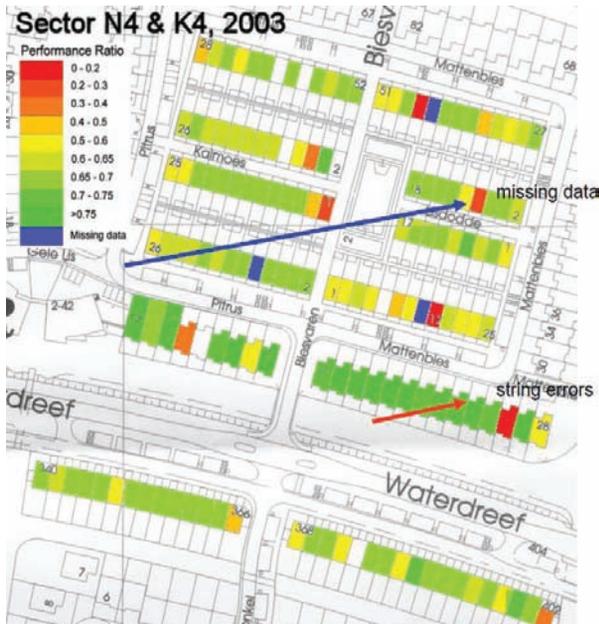
검은 부분이 태양광 모듈로, 비대칭 H형상 (asymmetric H-profile)을 활용해 지붕에 고정시키게 된다.

가정별 전기배선 설정



인버터는 다락에 별도로 설치, 2개의 미터기를 설치하여 태양광 발전량 및 소비량을 별도로 측정

2개 하위프로젝트 지역의 성과측정 맵



- ▶ 80% 이상의 태양광 시스템이 잘 작동하고 있음
- ▶ 평균 이하로 작동하는 시스템의 경우, 지붕 위 굴뚝, 이웃건물의 그늘로 인한 발전효율 저하, 인버터 오작동 때문인 것으로 밝혀짐
- ▶ 연간 평균 발전량은 944,000 kWh로 나타났으며, 1998년 기준 가구당 평균 전력소비량이 3,280 kWh임을 고려할 때 약 288 가구에 공급이 가능

우에는 Colt의 시스템이 사용되었고, 스포츠센터에 사용된 반투명 모듈은 Pilkington Solar를 통해 공급되었다.

건축설계측면에서 볼 때 Nieuwland 프로젝트는 최초의 대규모 PV프로젝트였던 만큼 다양한 시도가 이루어졌는데, 건축물 설계 또한 11개 하위프로젝트로 분리하여 프로젝트마다 태양광 모듈의 설치 각도가 20~90도로 차이가 날만큼 다양한 형태의 설계안이 제시되었다.

전기배전네트워크는 1가정 1시스템을 기본으로 설계되었다. 따라서 시스템 규모의 차이는 있을지언정 각 가정에 인버터 및 미터기가 설치되었다. 이 시스템은 Mastervolt 및 ASP사를 통해 공급되었다.

프로젝트 모니터링은 가정마다 설치된 측정기기(Eclipse)를 통해 에너지 전문 컨설팅 기업인 Ecofys와 University of Utrecht가 실시했다. 현재까지 2005년(Ecofys), 2007년(UoU)에 걸쳐 2번의 리포트가 발간되었으며 주요 사항은 다음과 같다

프로젝트에 참가한 건물소유주들의 만족도는 기대 이상으로 높은 것으로 나타났다. 로테르담 대학교에서 실시한 설문조사 결과 응답자의 70%가 태양광시스템에 만족한다

고 답변했다.

지속적 유지보수, 재투자자 숙제로 남아

문제는 예상치 아니한 곳에서 발생했는데, 설치 후 유지보수 관리에 허점이 드러났다. 최초 프로젝트 계획 시 REMU는 10년간 유지보수를 책임지기로 하고, 성능 보장 및 유지보수 시스템(Performance Guarantee & Maintenance System)을 도입했다. 첫 2~3년간 별 문제없이 작동했던 이 시스템은 시간이 지나면서 도로변의 나무가 성장함에 따라 발생하는 그늘 때문에 야기되는 발전효율저하, 지붕의 누수문제 등 너무나 다양한 문제점에 부딪히면서 한계를 노출하고 말았다. 또한 부품 및 모듈을 제공하는 기업이 경영위기로 사라지는 경우도 발생하면서 더 이상 유지보수시스템을 운영하는 것이 불가능한 지경에 이르렀다. 더불어 REMU가 ENECO에 합병되면서 유지보수 관리는 점점 취약해져 2003년부터는 거의 최소수준의 관리만이 이루어지고 있고 결과적으로 태양광시스템의 발전효율이 다소 저하되는 결과를 가져왔다.

그리드 패리티 실현을 위해 지속적으로 노력하는 네덜란드

Nieuwland 프로젝트는 세계 최초의 대규모 BIPV라는 점에서 그 자체로 큰 의의를 지님에는 틀림없다. 또한 첫 프로젝트치고 건축기술적인 측면에서는 더할 나위 없는 성공을 거두었다고 평가된다. 그러나 한편으로는 지속적인 유지보수 가능성이라는 큰 숙제를 남기기도 하였다. 또한 최초 투자기간인 10년이 경과한 후 재투자율도 70%선에 머물고 있어 보다 과감한 인센티브 도입의 필요성도 제기되고 있다. 한편 네덜란드는 Nieuwland 프로젝트 이후 Heerhugowaard, Alphen aan den Rijn 등 추가적인 태양광 프로젝트를 통해 그리드 패리티(Grid Parity)²⁾ 실현을 위한 잔 발걸음을 계속하고 있어 향후 신재생에너지 활성화의 벤치마킹 대상으로서 지속적인 관심이 요구된다. 

2) 태양광 발전가격이 전통적 화석연료의 발전가격과 동일해지는 시점. 네덜란드는 영국, 독일 등과 함께 2015~2018년에 Grid Parity에 도달할 것으로 전망되고 있다.