

## 고성능 녹색 교육 시설, 시드웰 프렌즈 중학교

### Green School as a High Performance Learning Facility - Sidwell Friends Middle School



김 필 수 / 미첼 지아골라 아키텍츠, 미국 건축사, LEED AP BD+C  
Kim, Pil Soo / Mitchell Giurgola Architects, LLP, AIA, LEED AP BD+C  
archfeel@gmail.com

### 1. 미국 학교의 현 모습

미국 교육부에 따르면, 전체 인구의 1/5인 7천 2백만 여 명의 학생과 6백만 여명의 교직원이 공립과 사립을 포함한 120,000 학교 시설에서 하루 일과의 대부분을 보내고 있다고 한다 (2002년 기준). 이중 천식이 있는 6백만명 이상의 학생들이 40년 이상 된 열악한 학교 시설에서 지내고 있으며 (Common Core Data 2002), 미국 환경 보호 단체에 의하면, 전체 학교 수의 50%이상이 실내 환경의 질에 문제가 있다고 보고 되었다.

20세기 이후까지 학교 시설을 계획, 설계, 그리고 시공하는 대부분의 관계자들은 쾌적하고 건강한 교육 환경에 중점을 두기 보다는 경제적 논리인 공사비용 절감에 중점을 두어 왔었다. 즉, 저렴하기는 하나 학교 환경에 적합하지 않은 재료 선택과 설계로 인하여, 50% 이상의 학교가 곰팡이나 습기, 가스를 뿜어내는 신중하지 않은 마감재 선택으로 이어졌고, 열악한 통풍 환경으로 인해 학생들과 교직원의 건강은 악화되었다. 또한 열악한 단열 설계와 자연 채광 부족은 인공조명에 필요한 전기비용을 초래하였으며, 조명시설의 온도 상승으로 인한 냉방 시스템은 많은 유지비용의 결과를 낳았다. 이는 단기적으로 학생들과 교직원의 건강 그리고 학습능력과 업무 능력을 저하시킬 뿐 아니라, 막대한 유지비용과 에너지 소비로 이루어졌다. 이러한 현상은 장기적으로 이산화 배출로 인한 자연 환경 파괴와 더불어 국가 경쟁력 저하로 직결된다.

### 2. 해결책으로서의 생태학교

환경에 대한 위기의식, 에너지 고갈의 문제와 더불어 열악한 학습 환경의 개선의 방법으로 생태학교가 제안되었다. 생태 학교는 쾌적한 교육 환경을 제공하는 동시에 에너지, 원자재 그리고 비용을 절약하는 교육 시설을 말한다 (USGBC 2008). 크게 두 가지 관점에서 생태 학교를 이야기한다면, 첫째, 거시적으로, 지구 환경에 대한 책임의식과 다음 세대를 위한 배려이며, 둘째, 미시적으로, 학생과 교직원뿐만 아니라 지역 사회에 쾌적하고 안전한 교육 시설을 제공하는 것이다(NRC, 2006).

표 1. 생태건축의 장점

효과	내용
학습 효과	적절한 자연채광과 통풍 그리고 교육에 적합한 실내 온도가 만들어진 쾌적한 교육 환경은 그렇지 못한 환경에 비해 11% 이상의 성취도와 집중력을 높여준다.(EPA, 2010)
총 비용 절감	유지비용 절감 금액이 생태학교 건설을 위한 초기 비용의 증가 금액보다 높다. 2006년 30개의 생태학교를 통해 약 \$3/square foot 초기 비용 상승에 비해 물과 에너지 절약 등에 의해 \$10/square foot의 회수를 하게 된다. (Kats, 2006)
쾌적한 교육환경	학생의 집중력, 지구력, 그리고 성적 향상으로 이루어지며, 선생님의 교수 환경 향상으로 이어진다. 대기 오염 감소, 높은 생산력, 교직원의 교수 환경 개선, 천식과 질병 예방을 통하여 \$64/square foot 추가 절감하고 있다. (Kats, 2006)
유지 비용 절감	유지 비용 절감에 의한 금액으로, 더 많은 선생님 교육/ 컴퓨터/ 학생들을 위한 행사에 더 투자 할 수 있다.
교육 효과	생태 학교는 환경에 대한 학습장으로 활용되어, 학생들에게 공감각적으로 가까이 다가갈 수 있다.
물과 에너지 절감	태양열, 빗물, 자연 채광, 재활용을 통해, 물과 에너지 소모를 최소화 한다.

### 3. 미국 친환경 인증제도 LEED

지속 가능한 고성능 교육시설을 위해 미국정부와 비영리 단체는 적극적인 협력과 뒷받침을 하고 있다. 그 중 하나인 LEED (Leadership in Energy & Environmental Design)는 친환경 인증 비영리기관으로써 친환경 건축물에 필요한 적절한 지침을 마련 하고 있다. 2009년에는 신/개축하는 학교를 위해 “LEED 2009 학교 평가 기준”을 만들어 고성능 교육 시설을 만들도록 장려하고 있으며, 실내 교육 환경에 가장 큰 영향을 미치는 Energy and Atmosphere에 가장 많은 배점을 부여 하고 있다. 다음에 소개할 시드웰 프렌즈 중학교는 최초로 교육시설 부문에서 최고 등급인 Platinum을 받아 생태 학교로서 탁월한 선례가 되고 있다.

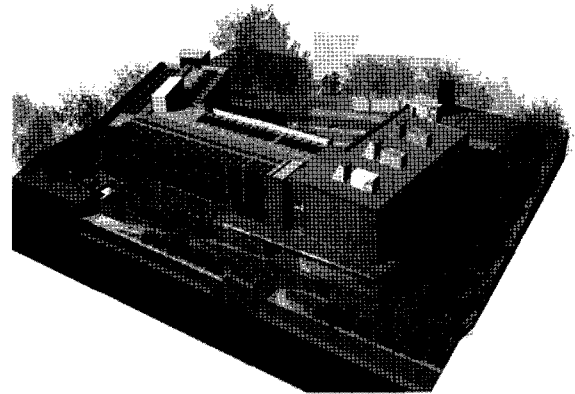


그림 1. 시드웰 프렌즈 중학교 조감도

표 2. LEED 2009 for Schools 인증심사 기준

LEED 기준	인증 등급 기준
1. Sustainable sites	Certified(최소)
2. Water efficiency	
3. Energy and atmosphere	Silver
4. Materials and resources	Gold
5. Indoor environmental quality	
6. Innovation in design	Platinum(최고)
7. Regional Priority	

### 4. 시드웰 프렌즈 중학교

5학년에서 8학년까지 약 400여명의 학생을 수용 할 수 있는 시드웰 프렌즈 중학교는 1950년도에 지어진 기존 건물 3,113m<sup>2</sup>의 개축과 함께 3,623m<sup>2</sup>의 증축이 이루어진 건물로 2006년에 완공 되어 그해 가을부터 학업이 시작 되었다. 시드웰 프렌즈 재단은 환경 설계 기준인 LEED의 (Platinum rating) 결과를 넘어서, 환경 의식에 대한 깊은 철학과 교육 실천, 그리고 설계자와의 협업을 매우 중요하게 여겼다. 고성능 교육시설인 시드웰 프렌즈 중학교는 건축물 자체가 생태계 속에서 어떻게 지속 가능한지 생생하고 합리적으로 잘 드러나진 “과학 학습실”역할을 한다. 방위에 충실한 건물의 배치, 설비와 재료 선택 그리고 입면 디자인은 학교의 모습을 결정 짓는 중요한 요소들이 되고 있다.

환경에 대한 사회적 책임 의식(Environmental Stewardship) 강조하고 있는 시드웰 학교 재단은 새로 증/개축된 녹색 시설에서 학습하고 체험된 정보를 학생들에게 학교가 어떻게 자연과 함께 공존 할 수 있는지 교육 하고 있다.

표 3. 설계개요

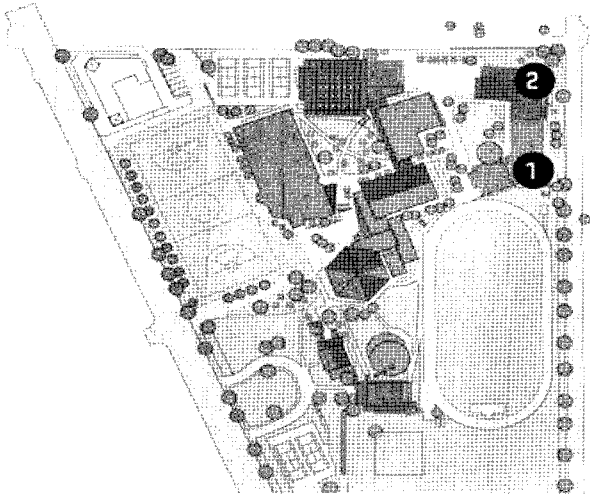
사업명칭	시드웰 프렌즈 중학교 증개축
대지위치	Washington D.C, 미국
건물용도	K-12, 교육시설
건물규모	지상 3층
건축면적	6,736m <sup>2</sup> (3,623m <sup>2</sup> 증축 + 3,113m <sup>2</sup> 개축)
공사금액	\$ 28.5 million
준공일자	2006년 9월
프로그램	교실, 도서관, 미술실, 음악실, 과학실, 인공 습지대,
설계회사	Kieran Timberlake Associates, LLP
조명회사	Benya Lighting Design, West Linn, Pregon
인테리어	Interior Design Resources
구조회사	CVM Engineers, Wayne, Pennsylvania
설비회사	Bruce Brooks & Associates, Philadelphia
조경회사	Andropogon Associates, Philadelphia
인공 습지대 자문	Natural Systems International, Santa Fe, New Mexico
친환경 설계 자문	Green Shape, Washington, DC; Integrative Design Collaborative, Arlington, Massachusetts.
토목회사	VIKA, Mclean, Virginia
지질회사	ECS Mid-Atlantic, Chantilly, Virginia

#### 4.1 배치계획

학교는 지리적으로 두 개의 하천 유역이 만나는 경계점에 위치하여 생태학적 가치가 높은 곳에 위치하고 있다. 지형적 장점을 적극 활용하여, 수질 정화 시스템을 부각한 생태학교를 만들기로 결정하였는데, 이러한 사고의 방향성은 학교를 설계하는 기존의 총체적인 관점, 문화 그리고 관리 체제의 전환을 요구하게 되었다.

시드웰 프렌즈 중학교는 “U”자 형 형태와 지형의 높낮이를 이용하여, 자연스럽게 계단형 인공 습지대를 설계한다. 정확한 방위 조사와 계절별 태양 위치에 대한 연구를 통해 에너지 효율적인 건물 배치를 설계 하게 된다. 또한 자연 통풍과 자연채광을 위한 입면 디자인, 옥상 정원과

해외 우수교육시설 소개



① 기존 중학교, ② 신축 시설  
그림 2. 배치도

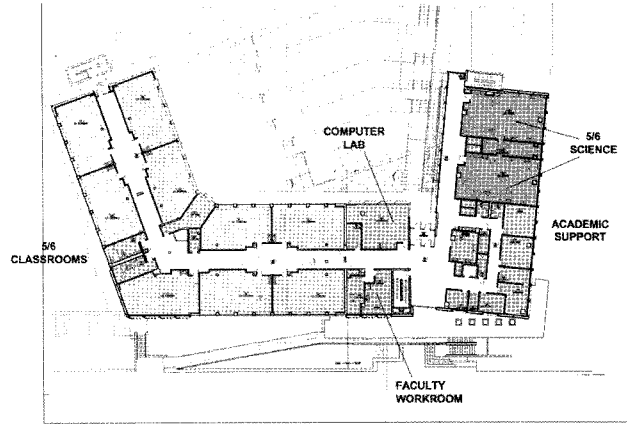
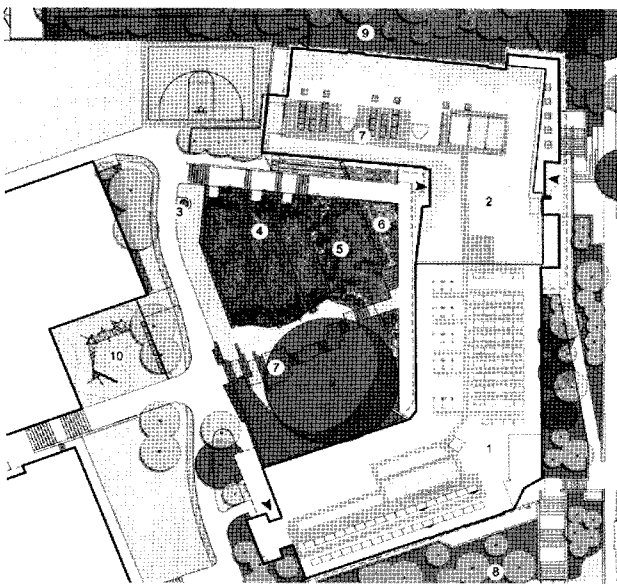


그림 5. 2층 평면도



① 기존 중학교, ② 신축 시설, ③ 수질 여과과정을 보여주는 trickle filter, ④ 수질정화를 위한 인공 습지대, ⑤ 우수 정원, ⑥ 연못, ⑦ 옥외 교실, ⑧ 나비 풀밭, ⑨ 경계지르씨의 나무 숲, ⑩ 놀이 공간  
그림 3. 배치도

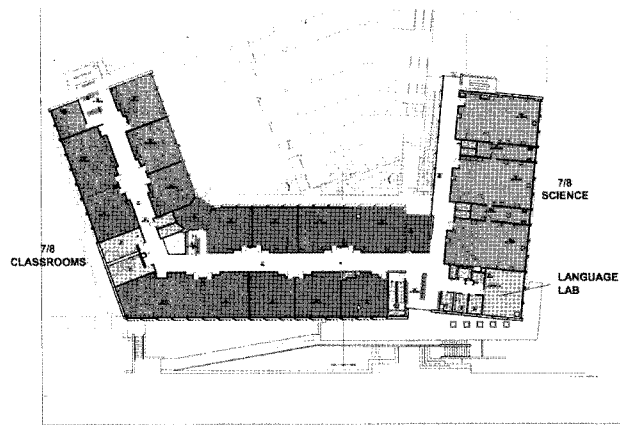


그림 6. 3층 평면도

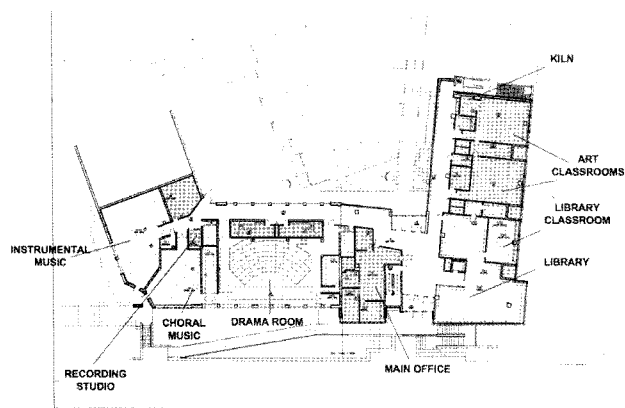
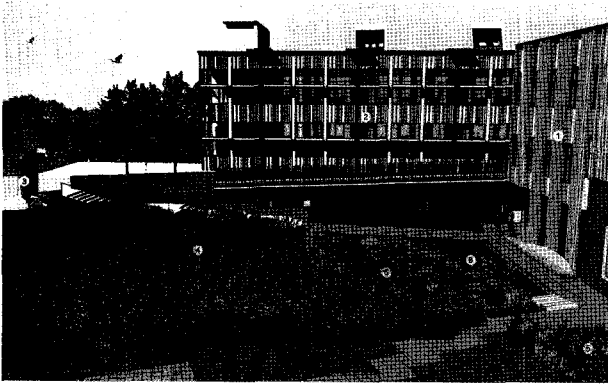


그림 4. 1층 평면도

태양열판의 도입으로 에너지 절감을 이루었으며, 재료를 재사용함으로써 원자재 사용 감소와, 매장량의 감소를 이끌어내고 있다.

4.2 인공 습지대와 지역 식물

인공습지대는 하수처리에 드는 에너지 비용 감소뿐만 아니라, 지역 동식물을 위한 서식지를 제공한다. 일차적으로 고체성 물질 처리시설을 거친 후, 하수는 생물학처리 과정을 거치게 된다. 수상식물, 미생물, 태양, 흙, 모래 그리고 공기처리 투과기를 통해서 물은 깨끗해진다. 이 물은 다시 미세 여과기와 울트라 바이올렛 여과기를 통과한다. 이 모든 처리과정은 도시 자치구의 하수 처리 방식과 똑 같지만, 현재의 보건법에 의해, 수세식 변기와 소변기에 적용하여 재사용하고 있다. 또한 하수 처리를 위해 사용되는 물과 조경에 들어가는 물 그리고 인공습지대를 위한 물도 재사용함으로써 기존 평균 물 사용량의 93%를 줄이게 되었다.



① 기존 중학교, ② 신축 시설, ③ 수질 여과과정을 보여주는 trickle filer, ④ 수질정화를 위한 인공 습지대, ⑤ 우수 정원, ⑥ 연못  
그림 7. 인공 습지대

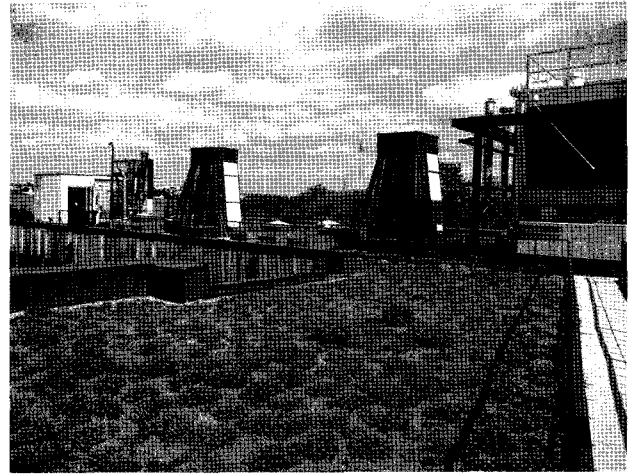


사진 1. 옥상 정원

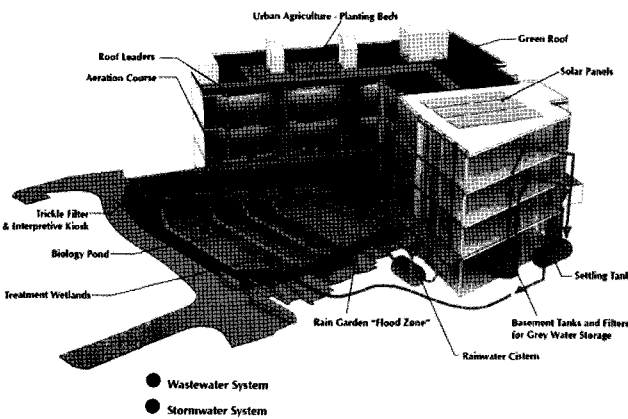


그림 8. 인공습지대를 통한 수질 정화 과정

또한, 인공습지대에 생존력과 자생력이 높은 지역 식물 80여종을 재배함으로써, 장기적인 유지비용을 현저히 줄일 수 있다. 이는 지역 식물들을 보존할 뿐 아니라, 타 지역 식물로 인한 지역 생태계의 변화와 파괴를 막을 수 있다. 또한 인공 습지대는 지역의 동식물의 거처, 서식지를 제공함으로써 생태계를 풍요롭게 한다.

### 4.3 옥상 정원과 태양 에너지

강한 태양 광선은 지붕의 재료를 퇴화 시키고 건물의 온도를 상승시켜 강제 환기시설 필요하게 되고 그에 필요한 유지비용이 많이 들어가게 된다. 반면에 옥상 정원을 설치함으로써 다양한 장점을 가지는데, 첫째로 지붕의 재료를 보호함과 동시에 재료의 수명을 연장시킨다. 둘째, 작은 생명체들, 새와 곤충들에게 보금자리를 제공하며, 이산화탄소를 흡수하고 대기에 산소를 배출 한다. 셋째, 도시 열섬 현상"을 줄인다. 도시 열섬 현상이란, 지붕의 재료의 색이 어두울시, 태양으로부터 열을 지붕 재료가 흡



사진 2. 태양열 전지판

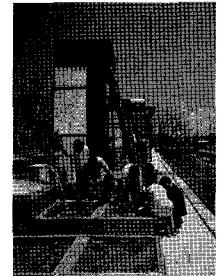


사진 3. 옥상 정원

수, 대기에 방출함으로써, 지역 생태계의 온도와 건물의 온도를 상승키는 현상을 말한다. 옥상 정원 설치를 통해 지붕의 온도를 차갑게 유지함으로써, 냉방에 필요한 에너지 소모를 줄일 수 있다. 넷째, 빗물에 포함된 오염 물질을 걸러내는 정화역할을 한다. 정화된 물은 인공습지대로 연결되어 관수를 공급하게 된다. 마지막으로, 옥상 텃밭을 통해 수확된 채소들은 카페의 식재료로 공급 되고 있다. 또한, 지붕에 설치된 태양열판을 통하여 학교의 5%의 전기를 충족하고 있다.

### 4.4 건축 자재 선택

재사용된 건축 재료는 천연 자원을 보호 할뿐 아니라, 재사용된 재료의 수명을 연장시킨다. 또한, 건축 자재의 재사용은 폐자재의 매립량이나 소각량을 줄인다는 의미를 가진다. 시드웰 프렌즈 중학교는 전체 재료의 11%를 재활용 재료를 사용하고 78%를 LEED 기준에 의거 500 mile 안에서 생산되는 지역 재료를 사용 하고 있다. 또한 미국 산림 관리 협의회에서 지정한 목재만을 사용하였다. 또한, VOC를 거의 포함 하지 않은 마감재, 예를 들면, 페인트, 접착제, 카펫, 목재, 코팅제등을 사용하여, 공기를 통해 전파 할 수 있는 병원체 확산을 최소화 하였다. 이를 통해

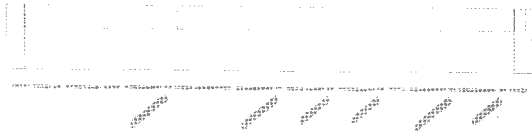
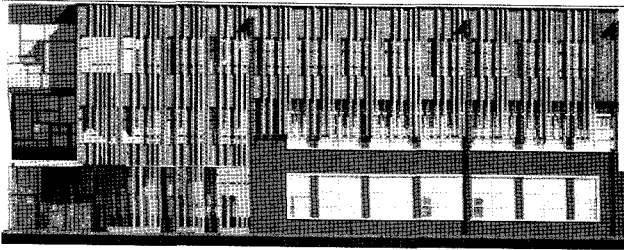


그림 9. 서쪽 입면도와 차양막의 각도

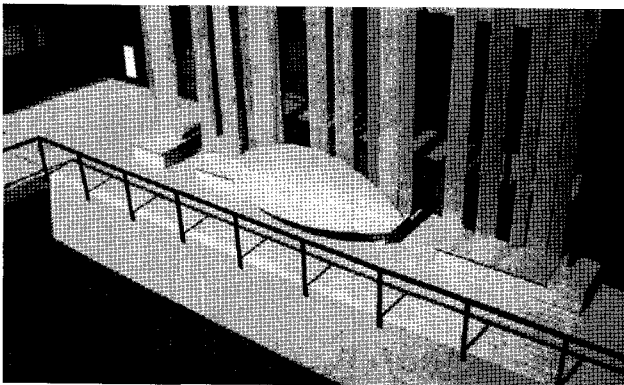


사진 4. 모형



사진 5. 차양막으로 재사용된 와인통

학생들의 천식, 가려움증, 메스꺼움, 어지러움등의 증상을 줄여 교육 환경 개선에 도움을 주었다. (Wargocki et al., 2005)

입면에 사용된 수직 차양막 재료는 서부 적삼목으로된 와인통을 재사용 하였다. 오후 3시 이후에 태양으로부터 강한 열 흡수 현상이 교실에서 일어나게 되는데 대부분의 수업은 3시 이후에 종료하게 됨을 착안, 수직 차양막은 정확한 분석(51도 북서쪽)과 실험을 통해, 3시 이전에 들어 오는 직사 광선을 차단하도록 각도를 설정하였다. 수직 차양막은 직사광선을 피함과 동시에, 반대 방향에서 오는 산 광 된 빛을 충분히 흡수 할 수 있을 만큼 열려 있게 설계 되었다. 또한 발티모어 항구에 사용되었던 말뚝을 이용하

여 인공 습지대 아래에 위치한 연못 데크 재료로 재사용 하였다.

#### 4.5 실내 환경의 질 향상

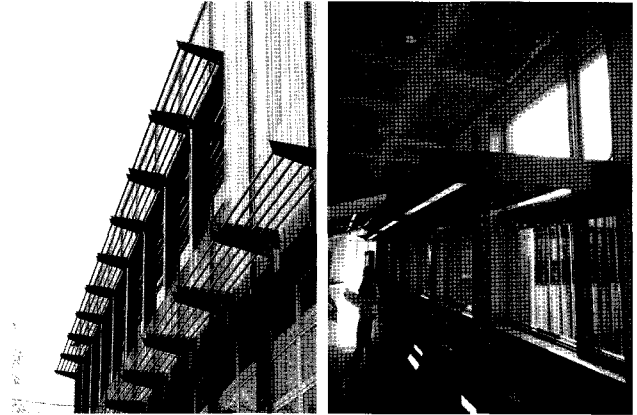


사진 6. 실의 수평 차양막과 빛 선반

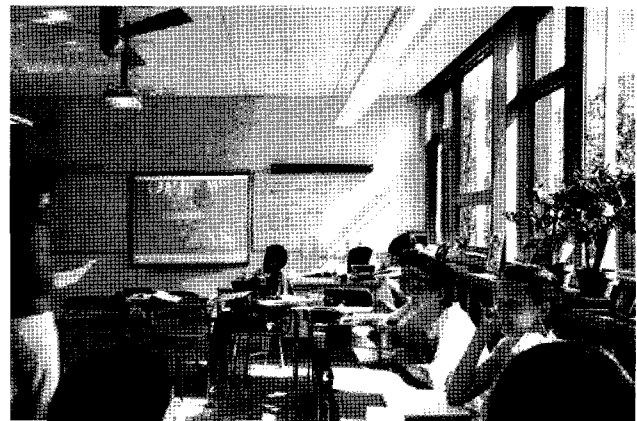
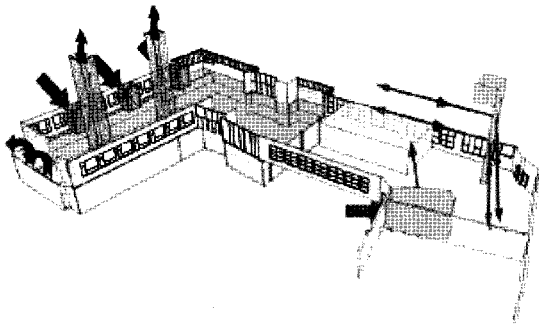


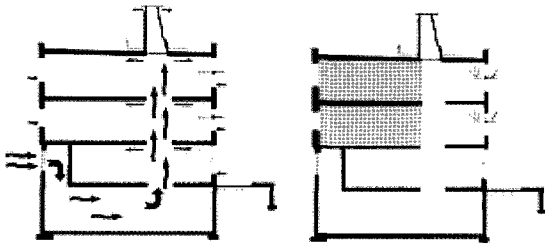
사진 7. 교실 풍경

쾌적한 실내 환경을 만드는데 있어서 가장 중요한 것은 실내 공기의 질을 개선하는 것이다. (Dougan and Damiano, 2003) 즉, VOC에 의한 미세 오염 물질과 이산화 탄소에 의한 공기 오염은 바이러스, 세균, 곰팡이 등을 통하여, 학생과 교직원의 건강을 해치는 주 요인이 되어 왔다. 또한 누수로 인해 발생할 수 있는 세균 번식은 보이지 않는 곳곳에서 발생하기 마련이다. 그러나 시드웰 프렌즈 중학교는 적극적인 환기 시스템과 차양 시설을 통하여 냉방에 필요한 에너지를 줄였으며, 자연채광과 감광 장치 그리고 재질 감지기를 통해 인공 조명에 들어갈 전기 에너지를 60% 줄였다.

예를 들어, 어떤 교실의 창문들이 열려 있다면, 냉난방 시스템은 그 교실에 공급을 중단하고, 자연 환기 방식으로 자동 전환한다. 또한 태양열 굴뚝을 통하여 데워진 공기는 자연스럽게 상승하여 천창으로 배출 되며, 자연스러운 공



HVAC Diagram



Passive Heating & Cooling

Daylighting Section

그림 10. 환기시스템과 자연 채광

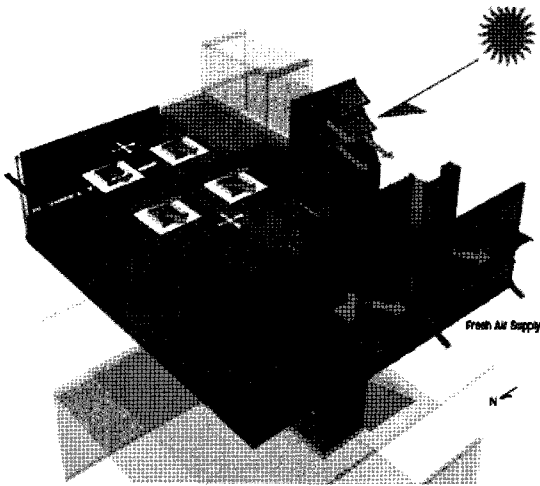


그림 11. 태양열 굴뚝과 환기 시스템

기 압력차에 의해 생긴 외부공기가 아래에서 유입되어 자연 통풍이 된다. 그리고 태양열 굴뚝 안에 종을 설치하여, 공기가 상승할 때 자연스럽게 소리가 발생한다. 모든 교실은 이중 태양 차단막 시스템으로 되어 있으며, 태양의 직사광선의 강도에 따라 자동 조절 된다. 컴퓨터를 이용한 발표가 필요할 때에는 태양 차단막 시스템이 어두운 교실 환경을 만들어준다.

#### 4.6 생태 학습실인 학교

시드웰 프렌즈 중학교는 학교 시설 자체를 학습의 장으



사진 9. 과학수업

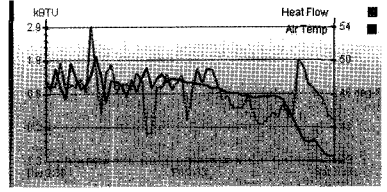


그림 11. 날짜별 온도와 열손실 그래프

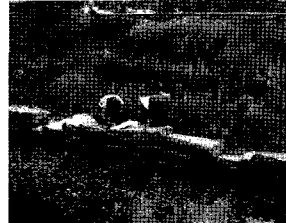


사진 10. 인공습지대에서 생태계를 연구하는 학생들

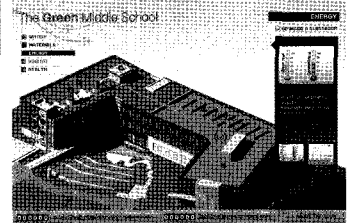


그림 12. 에너지 정량화를 보여주는 학교 홈페이지

로 적극 활용하여, 학생들로 하여금 자연과 건물이 어떻게 함께 공존 할 수 있는지 보여주고 있다. 첫째, 인공 습지대를 통한 수질 정화 시스템과 과정을 시각화, 정량하여 학교 홈페이지에서 항상 검색 가능하게 하였다. 둘째, 정화된 물은 인공 습지대의 식물에게 공급함으로써 지역 동물과 곤충의 서식처를 제공하며, 이를 관찰함으로써 생태계의 과정을 보여준다. 셋째, 태양열 전지판을 통해, 전기의 생산과정 / 발전과정 그리고 수확된 양을 학교 홈페이지를 통해 볼 수 있게 하고, 이 수치를 이용하여 과학적, 수학적 자료로 사용한다. 넷째, 이산화 탄소 감지기와 조도 감지기를 통한 정량화된 수치 역시 통계 자료로 사용되며, 학교가 얼마나 건강하게 유지되고 있는지 학생과 교직원 모두에게 정보를 제공 하고 있다.

이러한 일련의 교과 과정을 통하여, 학교 시설은 학생들에게 자연에 대한 존중과 책임의식 그리고 실천 방법을 가르치는 교육의 도구로써 활용 된다. 또한 학생들의 자발적 자원 봉사를 통해, 학교를 방문하는 손님들에게 생태학교의 현 모습을 설명 해줌으로써, 자부심과 자긍심을 심어준다.

### 5. 맺으며

미국의 학교는 1/5의 미국 인구가 하루의 대부분을 보내고 있는 공공시설이다. 지구 온난화와 에너지 고갈로 인한 글로벌 환경 문제와 50%이상 현 교육시설의 실내 환경 문제로 인한 학생과 교사의 건강 악화와 학습/업무 능력의 저하가 심각한 문제로 대두되고 있는 상태에서 새로운 형태의 학교는 절실 하였다. 고성능 녹색 교육 시설인

해외 우수교육시설 소개

시드웰 프렌즈 중학교는 교육시설 분야에서 최초 LEED Platinum을 인증을 받은 생태 학교로서, 1)현지 지형에 대한 깊은 이해로부터 도출된 인공 습지대, 2)방위에 따른 친환경 배치 계획, 3)자재의 재사용과 지역 재료의 사용, 4)옥상정원과 태양열 설치, 5)자연채광과 자연 통풍 시스템으로 쾌적한 학교 환경을 만들었으며, 학생들의 학습 능력과 교사들의 업무 능력을 향상 시켰을 뿐 아니라, 에너지 소비 감소와 이산화 탄소 배출을 절감하였다. 또한, 학교시설이 자연 환경과 어떻게 공생하는지 학생들에게 교육의 도구로서 과학적으로 잘 보여 주고 있다. 시드웰 프렌즈 중학교가 성공적인 사례가 될 수 있었던 또 다른 조건은, 관과 정부(Washington D.C.)의 적극적인 지원과 체계적인 제도 (LEED)의 뒷받침이 있었으며, 시드웰 프렌즈 재단(건축주)의 환경에 대한 책임 의식, 그리고 건축가와 컨설턴트의 창의적 도전과 실험 정신이 빚어낸 결과이라 할 수 있다.

참고문헌

1. Priscilla D. Johnson, National journal for publishing and mentoring doctoral student research, Volumn 7, number 1, 2010
2. Air quality sciences, Inc., Green, high performance schools, AQSM178.00, 2009
3. Douglas E. Gordon, Hon. AIA, National Clearinghouse for Educational Facilities, Green Schools as High Performance Learning Facilities, September 2010
4. Bruce Mclean Haxton, AIA, LEED, School Planning & Management, June 2011
5. Nadav Malin, Green Source, The magazine of Sustainable Design, Academic Achievement: A School expansion in our nations's capitol introduces a wetland to a dense urban site, Sidwell Friends Middle School
6. Carin Whitney, Kieran Timberlake Associates, LLP, Sidwell Friends Middle School, K-12 to Recive LEED Platinum, Middle School Teaches Environmental Stewardship through High Performance Design, March 19, 2007
7. Margaret Petty, Eco Home, Your Source for Green Products + Technology, A Magazine of the American Institute of Architects, Stewards of the Earth, The world's First LEED Platinum rated K-12 School Teaches Sustainability by Example, June 27, 2007
8. USGBC (United States Green Building Council). Center

for green school, K-12 Education, Web page <http://www.centerforgreenschools.org/home.aspx>

9. Anisa Baldwin Metzger, Center for Green Schools Fellows Manager, Center for green school, K-12 Education, Celebrate Earth Day with 11 Ways to Green Your School, April 22, 2011

저자약력

1975년 서울 출생, 2001년 인하대학교 건축공학과 졸업, 2005년 University of Texas at Austin, Master of Architecture 과정을 마치고, 같은 해 뉴욕 Mitchell Giurgola Architects에 입사, 2009년 LEED AP 취득, 2011년 Registered Architect 등록, 뉴욕 AIA 회원, 현재 Project Designer로써 근무 중.

주요 참여 작품, 미 국방부 주관 (Department of Defense), S.H.A.P.E.(Supreme Headquarters Allied Powers Europe)에 위치한, 초등학교, 중학교, 고등학교, 국제학교, 체육, 강당 시설 등을 설계, 코넬 대학교 Food Science 교육 연구 시설, Norwalk Health Science 교육 연구 시설, 뉴욕 공립 중학교 MS 114 교육 시설, 스토니 브룩 대학교 무선 정보 기술 센터 등을 참여함. 위에 언급한 모든 시설물은 최소 LEED Silver를 기본으로 설계 되었으며, 스토니 브룩 무선 정보 기술 센터는 LEED Gold를 수상하였다. 현재, 미 국방부에서 주관 하는 21세기 새로운 공립 교육시설(학생 중심 교육 환경 시설 + 친환경 건축)을 위한 첫 단추로 이탈리아 비첸차에 위치한 고등학교 설계 프로젝트에 참여 중.