

# 해외의 친환경자재 기준 및 친환경건축물(LEED) 적용

○ 문현준 | 단국대학교 건축공학과 교수  
hmoon@dankook.ac.kr

## 1. 머리말

전 세계적으로 산업화가 진행되면서 대기 오염이 심각해지고 환경문제가 시급히 해결해야 할 과제로 떠오르고 있다. 특히, 건설 분야는 재실자의 건강과 wellbeing에 대한 인식이 증대되어 보다 쾌적하고 안전한 환경을 구축하기 위해 많은 연구와 노력이 필요하다. 우리나라 뿐 만 아니라 세계 각국에서는 실내공기질을 적정수준으로 유지하고 국민의 건강을 확보하기 위하여 정부차원에서 다각도의 연구지원 및 관련정책들이 개발되고 있다. 이러한 노력의 일환으로 각종 가이드라인과 법규 등이 제정되고 있으며 친환경 건축물을 구축하기 위한 인증제도 등이 시행되고 있다.

실내공기질을 적절한 수준으로 유지하기 위해서는 건축자재 등에서 방출되는 오염물질의 억제하는 방법과 환기 등을 이용하여 방출된 오염물질을 건축물에서 신속히 제거하는 방법이 있다. 본고에서는 먼저 해외에서 적용되고 있는 건축자재에서 방출되는 오염물질의 기준 및 환경라벨링 시스템을 살펴보기로 한다. 이러한 기준 및 환경라벨링은 궁극적으로 친환경 건축물의 구축을 위한 것이므로 각국에서 제시하는 친환경 건축물 인증시스템을 살펴보고 적용되는 세부 기준을 소개한다. 현재까지 미국의 LEED 프로그램, 영국의 BREEAM, 일본

의 CASBEE 등의 친환경 건축물 인증프로그램이 사용되고 있으나, 본고에서는 LEED 프로그램과 여기에 적용되는 건축자재에서의 오염물질 방출기준을 알아보기로 하겠다.

## 2. 건축자재에서의 방출 오염물질

건축자재에서 방출되는 오염물질은 주로 화학적 오염물질을 의미하며 이는 크게 휘발성 유기화합물(VOCs, Volatile Organic Compounds)와 포름알데히드(Formaldehyde)로 구분된다. 휘발성 유기화합물과 포름알데히드는 미국에서 실내공기질에 관한 연구를 주관하고 있는 환경보호국(EPA, Environmental Protection Agency)의 주요 실내 공기 오염물질에 포함되어 있다. 또한 미국 냉난방 공조학회(ASHRAE)의 관심 실내오염물질에도 포함되어 있어 실내에서의 오염물질 농도 저감을 위한 지속적인 연구가 진행되고 있다.

휘발성 유기화합물은 특정 고체 또는 액체상태의 제품에서 가스 상태로 방출된다. VOCs는 매우 다양한 화학물질로 구성되어 있으며 건축물 내부에서 사용되는 많은 제품의 구성 성분으로 포함되어 있다. 건축자재 자체뿐만 아니라 페인트, 니스, 왁스 등은 물론, 화장품, 청소용품, 살충제, 복사기 및 프린터 등의 사무용품, 접착제, 코킹제품에서도 다량

표 1. 건축자재에서의 방출 오염물질\*

건축자재	오염원	방출오염물질
<b>■ 단열자재</b>		
섬유상 단열재 (유리면, 암면)	접착용 수지, 섬유상 물질	aldehydes, ketones, solvents
폴리우레탄단열재	전처리물질, 아민, 발포제(CFC)	FCs(chlorofluoro-hydrocarbons)
스티로폼 단열재	발포제(예, pentane), 스티렌잔유물	
<b>■ 내부 마감자재</b>		
수용성락커, 라텍스	경화제, 솔벤트	texanol, glycols, glycolethers
유성페인트, 락커	솔벤트, Monomers	solvents
카펫 - 부직포	솔벤트, 첨가제 및 보조제, 부직포 처리용 수지	formaldehyde(HCHO)
소나무 목판	목재 추출물	pentanal, hexane pinene, camphene, 3-carene, HCHO etc. (34 components identified)
조각목 바닥재	목재 추출물, 락커, 접착제, 아교	HCHO, solvents, terpenes, aldehyde (12 components identified)
리놀륨 바닥재	지방산,	fatty acids, toluene, 3-methylpentanes (16 components identified)
코르크 타일	목재 추출물, 합성수지산	1,2-propandiol, 4-methyldioxalan, HCHO, 2,2,4,6-pentamethyl-heptane (25 components identified)
PVC 바닥재료	경화제, 보조제, 솔벤트	TXIB(2,2,4-triethyl-1), 2-ethyl-1-hexanol, aromatic and aliphatic hydrocarbons, phenol (17-58 components identified)
고무 바닥재	항산화제, 경화제, 보조제	styrene, isododecene
<b>■ 코킹, 실란트 자재</b>		
실리콘 코킹제	시공시의 아세트산	acetic acid
아크릴 코킹제	솔벤트	solvents,
폴리우레탄	경화제, 솔벤트	solvents
폴리에스테르, 중합합성콘크리트	폴리에스테르 수지, 스티렌	styrene residue, phtalic acid
<b>■ 기타 건축자재</b>		
Chipboard	우레아 포름알데히드 수지	HCHO
접착제, 아교	solvents	2-ethyl-1-hexanol

\* 건축자재로 인한 실내공기질 오염에 관한 제도적 개선방안, 2003, 서울시

으로 방출된다.

포름알데히드는 건축자재 및 많은 종류의 생활 용품을 생산하는데 포함되어 있다. 또한 실내에서 사용하는 가스스토브나 석유난로 등에서도 방출된다. 섬유의 가공, 접착제, 페인트 및 코팅제를 생산하는데 다량으로 이용되고 있으며, 가정에서는 주

로 urea-formaldehyde resin (요소수지)을 이용한 압축 목재 제품(pressed wood products)에서 많이 방출된다.

일반적으로 건축물에는 다양한 건축자재가 사용되고 있으며 건축자재별로 방출되는 화학적 오염물질의 종류도 다르다. 이는 건축자재를 구성하는 요

소에 따른 오염원의 차이에 기인하는 것으로, 건축 자재의 생산 공정을 바꾸거나 저방출 원자재를 사용함으로써 건축자재에서의 방출량을 줄일 수 있다. 표 1에 건축자재에서의 방출 오염물질을 보여주고 있다.

### 3. 해외의 건축자재 인증 프로그램

건축자재 및 실내에서 많이 사용되는 제품들에서의 오염물질의 방출을 억제하기 위하여 각국에서는 다양한 프로그램을 만들어 적용하고 있다. 각국의 정부 혹은 민간단체 주관으로 친환경 건축자재 또는 생활용품에 대하여 기준을 제시하고 이를 충족 시에 친환경 마크를 수여함으로써 소비자들이 제품 구매 시 활용할 수 있도록 하고 있다. 각 국가별로 목표로 하는 실내공기질 유지기준과 국민들의 인식 차이가 있어 조금씩 다른 친환경 제품 인증제도(환경라벨링)가 운영되고 있다.

독일에서는 1979년에 세계 최초의 환경라벨링인 Blue Angel을 만들었으며, 이후 선진국에서 국가별 특성을 고려하여 환경라벨링을 구축하였다. 미국의 GREENGUARD 및 핀란드의 M1 라벨링 제도가 대표적이다. 우리나라에서는 1992년 환경부 주관으로 환경마크제도를 시행하고 있으며, 건축자재에 대해서는 한국공기청정협회에서 총 휘발성 유기화합물과 포름알데히드를 기준으로 HB마크를 운영하고 있다. 표 2에 해외 각국의 친환경 건축자재 인증제도를 요약하여 나타내고 있다.

각국에서 적용하고 있는 오염물질 방출 기준은 자재의 종류별로 구분하여 기준을 선정하는 경우와 자재의 종류와 상관없이 방출강도만을 기초로 등급을 결정하는 경우가 있다. 전자의 경우 GREENGUARD가 대표적이며 후자의 경우는 핀란드의 M1, M2, M3 Classification이 대표적이다. 표 3에 GREENGUARD에서 제시한 측정대상 제품의 기준 중 사무용 가구의 인증 기준을 예로 나타내었다.

표 2. 해외의 친환경 건축자재 인증제도

인증 제도	국 가	대상 제품	비 고
GREENGUARD	미 국	건축자재, 사무용품, 가구, 섬유, 벽지, 시각전시제품(화이트보드 등) 등	제품별 별도의 오염물질 기준적용 분기별 모니터링수행 GREENGUARD 주도
BLUE ANGEL	독 일	건축자재, 사무용품, 자동차제품, 생활용품 등	최초 에코라벨링 제도 다수 외국업체 참여 독일 연방환경청 주관
M1 Classification	핀란드	건축자재	건축자재의 구분 없이 방출강도로 등급결정 핀란드 건설정보센터 주관
MEC Classification	스칸디 나비아 국 가	건축자재	건축자재의 구분 없이 방출강도로 등급결정 실내공기환경 기준과 연계 SCANVAC 주관
Good Environmental Choice	호 주	컴퓨터, 화장품, 카펫, 접착제, 생활용품 등	민간 호주환경 라벨링 협회 주관
Environmental Choice Program	캐나다	사무기기, 가전제품, 건축자재, 생활용품, 서비스 등	VOC 및 독성물질 기준 민간 Terra Choice 주관
Eco Mark Program	일 본	사무기기, 사무용품, 페인트, 콘크리트, 블록 등 건축자재	1989년 도입 민간 일본환경협회 주관

표 3. GREENGUARD의 사무용 가구의 인증 기준

Individual VOCs	<0.1 TLV
Formaldehyde	0.05 ppm
4-phenylcyclohexene	0.0065 mg/m <sup>3</sup>
Total VOCs	0.5 mg/m <sup>3</sup>
Total aldehydes	0.1 ppm

#### 4. 친환경건축물(LEED) 적용

주요 선진국에서는 실내공기질과 관련된 오염물질 허용기준과 이를 만족하기 위한 여러 가지 가이드라인을 마련하고 있다. 미국의 경우, 산업안전보건국(OSHA, the Occupational Safety and Health Administration)에서는 작업장에서 요구되는 실내 오염물질 허용기준을 마련하고 있다. 미국 환경보호국(EPA)에서는 대기환경 관련 기준을 관리하고 있다. 건물의 환기와 실내공기 오염물질과 관련한 대표적인 권장 안으로는 미국 냉난방공조학회(ASHRAE, American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers)에서 만든 건축 설계 및 운영 기준이 있다. ASHRAE standard 62.1-2004 (Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality)은 일반건물에서의 실내공기질 확보를 위한 환기 기준을 제시하고 있으며, ASHRAE standard 62.2-2004 (Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality in Low-Rise Residential Buildings)은 저층 주거 건물을 대상으로 한 환기 및 실내공기질에 관하여 다루고 있다.

이러한 다양한 실내공기질 관련 오염물질 허용기준과 가이드라인은 최종적으로 건물을 사용하는 재실자들에게 쾌적하고 건강한 환경을 제공하는 것을 목적으로 하고 있다. 따라서 각국에서는 친환경 건축물의 성능을 확보하기 위해 다양한 인증 프로그램을 개발하여 사용하고 있다. 실내공기질 관련 기준도 해당 국가의 실정을 고려하여 친환경 건축물

인증 프로그램에 포함하여 운영하고 있다. 미국에서는 LEED 프로그램을 대표적인 친환경 건축물 인증 프로그램으로 사용하고 있으며, 영국에서는 BREEAM, 일본에서는 CASBEE가 대표적인 인증프로그램이다. 본고에서는 미국의 LEED 프로그램을 소개하고 관련된 실내공기질 기준을 살펴보고록 하겠다.

#### 1) LEED 프로그램

미국의 그린빌딩협의회 (USGBC, US Green Building Council)에서는 건물의 친환경 성능 인증 시스템인 LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)을 운영하고 있다. LEED는 그린빌딩 기술의 건물에 채용정도에 따라 적절한 등급을 부여하기 위해 개발되었으며, 1998년에 시행되었다. 현재 신축건물에 적용할 수 있는 LEED-NC 2.2 버전이 나와 있으며, 이외에 기존건물, 사무실 및 공공건물, 코어와 외피, 단독주택, 근린지구 개발에 사용할 수 있는 LEED 시스템이 개발되어 있다. 표 4에 우리나라의 친환경 건축물 인증제도와 LEED를 비교하여 나타내고 있다.

LEED는 6개의 평가 항목으로 나누어 건축물의 성능을 평가한다. 그림 1은 신축건물에서의 세부항목별 점수 분포를 보여주고 있다. 건축물의 각 용도

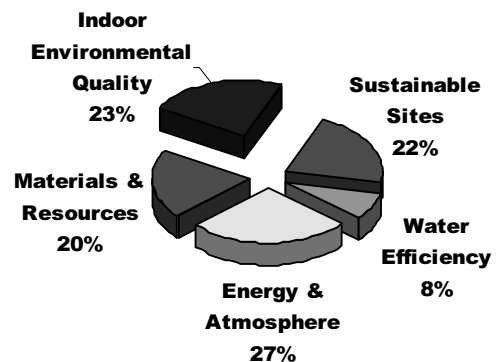


그림 1. LEED의 세부항목별 점수 분포

표 4. GBCC와 LEED의 비교

	GBCC	LEED
시행국	한국	미국
시행일	2002년1월	1998년 8월
개발처	환경부 건설교통부	USGB (U.S Greenbuilding Council )
평가단계	2단계(설계완료, 시공완료)	등록(설계단계~ 시공 완료전)단계와 완공후 평가단계
평가 항목 분류체계	부문(4)>세부(9)>범주(25)>평가항목(25)	부문(6)>필수항목(7), 일반평가항목(60)
부문 및 세부 부문 항목	A. 토지이용 B. 교통 C. 에너지 D. 재료 및 자원, 수자원 E. 대기오염 F. 유지관리, G. 생태환경 H. 실내 환경	A. 지속가능한 부지계획 (Sustainable sites) B. 수자원 효율 (Water Efficiency) C. 에너지 및 대기 (energy&Atmosphere) D. 자재 및 자원 (Materials & Resources) E. 실내환경의 질 (Indoor Environmental Quality) F. 혁신성 (Innovation & Design Process)
인증제도	공동주택, 주거복합, 업무용, 학교시설, 판매시설 숙박시설	신축건물(New construction, LEED-NC) 기존건물(Existing building, LEED-EB) 사무실, 판매시설, 공공건물 등의 임대 공간 (Commercial Interiors, LEED-CI) 코어와 외부(Core & Shell, LEED-CS) 단독주택( Home, LEED-H) 근린지구 개발 (Neighborhood Developments, LEED-ND)
인증등급	최우수 : 85점 이상 우수 : 65점 이상	Certified : 26-32점 Silver : 33-38점 Gold : 39-51점 Platinum : 52-69점

별로 점수의 편차가 있지만 LEED에서는 건물에너지 항목과 실내 환경 부분에 가장 높은 점수를 배정하고 있다. 에너지 항목에 높은 점수를 부여하고 있는 것은 건물의 에너지 소비를 줄임으로써 친환경 건축물을 유도하고자 하는 취지가 반영된 것이다. 또한 건축물의 실내 환경 항목에 높은 배점을 부여하는 것 역시 건축물의 기본 역할인 거주자의 쾌적도와 건강에 대한 중요성을 고려하고 있음을 알 수 있다.

## 2) LEED의 실내공기질 관련 기준

LEED에서는 실내 환경에 대한 항목을 평가하기

위해서 다양한 관련 기준을 따르도록 규정하고 있다. LEED에서 채용하는 기준들은 대부분 미국 내의 건축(또는 건축자재) 관련협회 또는 정부기관에서 제시하는 기준이며, US GBC에서는 여러 기준들 중에 친환경 건축물 평가 및 인증에 가장 적합한 기준을 채택하여 제시하는 역할을 한다. 본고에서는 LEED에서 채용하고 있는 건축자재에서의 오염물질 방출과 관련된 기준을 살펴보기로 한다.

LEED의 실내 환경 부문에 건축자재에서의 오염물질 방출과 관련된 항목은 건축자재의 종류에 따라 EQ -Credit 4.1 ~ 4.4로 구성되어 있다. 즉, 네 가지 기본적인 건축자재 (접착제와 실란트, 페인트

와 코팅제, 카펫, 합성 목재 및 섬유판)에서의 휘발성 유기화합물(VOC) 방출기준을 제시하고 각각의 기준을 충족시키면 항목별로 1점씩의 점수를 받을 수 있다.

접착제와 실란트에 대해서는 SCAQMD (South Coast Air Quality Management District ) Rule #1168의 VOC 방출기준을 따르도록 규정하고 있다. 각종 접착제별 VOC 허용 기준을 표 5에 보여 주고 있으며, 실란트 기준은 표 6에 정리하였다. 에어로졸 접착제의 경우, 기준은 GREEN Seal Standard for Commercial Adhesive GS-36의 별도 규정을 따르도록 하고 있으며 표 7에 정리하였다.

**표 6. 실란트에서의 VOC 방출 기준 (SCAQMD Rule #1168)**

Sealants	VOC (g/L)	Sealant Primers	VOC (g/L)
Architectural	250	Architectural Non Porous	250
Nonmembrane Roof	300	Archctectural Porous	775
Roadway	250	Other	750
Single-Ply Roof Membrane	450		
Other	420		

**표 5. 접착제에서의 VOC 방출 기준 (SCAQMD Rule #1168)**

Architectural Applications	VOC (g/L)	Specialty Applications	VOC (g/L)	Substrate Specific Applications	VOC (g/L)
Indoor Carpet Adhesives	50	PVC Welding	510	Metal to Metal	30
Carpet Pad Adhesives	50	CPVC Welding	490	Plastic Forms	50
Wood Flooring Adhesives	100	ABS Welding	325	Porous Material (except wood)	50
Rubber Flooring Adhesives	60	Plastic Cement Welding	250	Wood	30
Subfloor Adhesives	50	Adhesive Primer for Plastic	550	Fiberglass	80
Ceramic Tile Adhesives	65	Contact Adhesive	80		
VCT & Asphalt Adhesives	50	Special Purpose Contact Adhesive	250		
Drywall & Panel Adhesives	50	Structural Wood Member Adhesive	140		
Cove vase Adhesives	50	Sheet Applied Member Adhesive	850		
Multipurpose construction Adhesives	70	Top & Trim Adhesive	250		
Structural Glazing Adhesives	100				

표 7. 실란트에서의 VOC 방출 기준 (Green Seal GS-36)

Aerosol Adhesives	VOC Weight (g/L)
General purpose mist spray	65%
General purpose Web spray	55%
Special purpose aerosol adhesives( all types)	70%

건축물의 내부 벽과 천정에 사용되는 일반 건축용 페인트와 코팅제는 GREEN Seal Standard GS-11의 VOC 함유 기준을 초과하지 않도록 규정하고 있다 (표 8). 건축 철재 내장부위에 사용되는 부식 방지용 페인트의 경우에는 별도로 GREEN Seal Standard GC-03에서 규정하는 VOC 함유 기준인 250 g/Liter의 기준을 따라야한다 (표 9). 실내 마감재에 사용되는 도료 (목재 마감용 페인트, 바닥 코팅제, 착색제, 초벌용 도료, 셸락 등)에서의 VOC 함유기준은 SCAQMD (South Coast Air Quality Management District ) Rule #1113을 기준으로 하고 있다(표 10).

표 8. 일반 건축용 페인트 및 VOC 함유 코팅제 기준 (GREEN Seal Standard GS-11)

Architectural Paints, Coatings and Primers	Flats	50g/L
	Non-Flats	150g/L

표 9. 부식 방지용 페인트 VOC 함유 기준 (GREEN Seal Standard GC-03)

Anti-Corrosive and Anti-Rust Paints	250g/L
-------------------------------------	--------

LEED인증을 받기 위한 카펫은 미국 CRI (the Carpet and Rug Insitute)에서 규정하고 있는 Green Label Plus Program의 기준을 초과해서는 안 되며, 카펫 쿠션의 Green Label Program을 따르도록 규정하고 있다. 표 11는 CRI의 기준을 보여주고 있다.

표 10. 실내 마감재용 도료의 VOC 함유 기준 (SCAQMD Rule #1113)

Clear wood	varnish 350g/L lacquer 550 g/L
Floor coatings	100g/L
Sealers	waterproofing sealers 250g/L sanding sealer : 275g/L all other sealers : 200g/L
Shellac	clear 730g/L Pigmented 550g/L
Stains	250g/L

표 11. 실내용 카펫의 VOC 방출 기준 (CRI, Green Label Program)

구 분	성 분	기준 VOC mg/m <sup>2</sup> h
카 펫	TVOC	0.5
	Styrene	0.4
	4-phenylclohexene	0.05
	Formaldehyde	0.05
접착제	TVOC	10
	Formaldehyde	0.05
	2-Ethyl-1-Hexanol	3

LEED에서는 urea-formaldehyde resin (요소수지)가 포함된 합성목재와 섬유판(agrifiber)의 사용을 억제하고 있다. 여기에 해당되는 제품으로는 파티클보드, MDF(medium density fiberboard), 도어 심재, 각종 플라이우드 등이 포함된다. 하지만 건물내부에 들어오는 가구에 대해서는 건축자재로 인식하지 않아서 LEED에서는 별도로 고려하고 있지 않고 있다. 하지만 GREENGUARD에서 가구 및 사무용품에 대한 인증을 수여하고 있으므로, LEED와 별도로 저방출 제품을 소비자가 선택하여 사용할 수 있다.

## 5. 맺음말

본고에서는 해외의 건축자재 인증 프로그램을 살펴보고 미국의 친환경 건축물 인증시스템인 LEED에서 적용되는 건축자재에서의 오염물질 방출 기준을 알아보았다. LEED 뿐만 아니라 우리나라를 포함한 대부분의 친환경 건축물 인증 제도는 실내 환경 부분에 매우 높은 점수를 배정하고 있다. 이는 실내공기질이 거주자에 미치는 영향이 얼마나 큰 중요한지를 나타내는 것이라 할 수 있다.

건축물에 사용되는 건축자재는 그 종류가 매우 다양하고 방출되는 개별 오염물질의 종류도 매우 많다. 다양한 건축자재는 그 생산 공정에 따라 건축자재에서 방출되는 오염물질의 양도 차이를 많이 보일 수 있어 인증 후에도 지속적인 모니터링이 필요하다. 따라서 새로 개발되는 건축자재를 포함하여 모든 자재를 샘플링하여 측정하고 인증을 주기에는 많은 시간적, 경제적 노력이 요구된다. 앞으로 계속 증가할 측정대상을 효율적으로 관리하기 위한 데이터베이스 등의 시스템의 구축과 측정기관의 오차 및 불확실성을 줄일 수 있는 방안에 대한 논의가 필요할 것이다.

그동안 우리나라에서는 많은 연구의 성과로 저방출 원자재가 많이 개발되었고 상용화되어 현장에 적용되고 있어 전반적으로 실내공기질이 예전보다 개선되었다고 할 수 있다. 하지만 건축자재별로 오염물질 방출특성이 매우 상이하고 실내공기 중의 오염물질 농도에 미치는 영향이 크게 차이 날 수 있음에 유의하여야 한다. 특히, 신축건물에서는 상대적으로 표면적이 넓은 목가구에서의 포름알데히드 방출이 문제가 되고 있다. 또한 일반적인 건축자재 이외의 컴퓨터, 가구 등의 생활 용품에서의 오염물질 방출도 고려가 필요하다. 자재 및 제품에서의 화학적 오염물질의 방출은 시간경과에 따라 최고치를 나타내는 시점이 달라지고 많은 외부조건 (환기량, 온도, 습도 등)에 직접적인 영향을 받는다. 따라서

확실적인 제어기준의 설정은 효과적이지 않을 수 있다. 건축물 내부에서 사용되는 건축자재를 포함한 모든 제품에 대한 방출특성을 지속적으로 연구하고 환기 및 실내 온·습도 등을 고려한 종합적인 실내공기 중의 농도 제어방법을 찾는 것이 중요하다.

### - 참고문헌 -

1. EPA, <http://www.epa.gov/iaq/ia-intro.html>
2. ASHRAE 2004, ASHRAE standard 62.1-2004 (Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality)
3. ASHRAE 2004, ASHRAE standard 62.2-2004 (Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality in Low-Rise Residential Buildings)
4. US Green Building Council 2002, Green Building Rating System for New Construction and Major Renovations (LEED-NC)
5. South Coast Air Quality Management District Rule 1168, 2005, Adhesive and Sealant Application.
6. CRI, Green Label Indoor Air Quality Test Program
7. EPA 2003, A Standardized EPA Protocol for Characterizing Indoor Air Quality in Large Office Buildings
8. Green Seal 1993, Standard GS-11
9. GREEN Seal Standard GC-03
10. South Coast Air Quality Management District Rule 1113