

# 녹색 건축 지열 설비 통합 시스템 설계 및 커미셔닝 기술

■ 이 의 준 / 한국에너지기술연구원, ejlee@kier.re.kr

## 머릿말

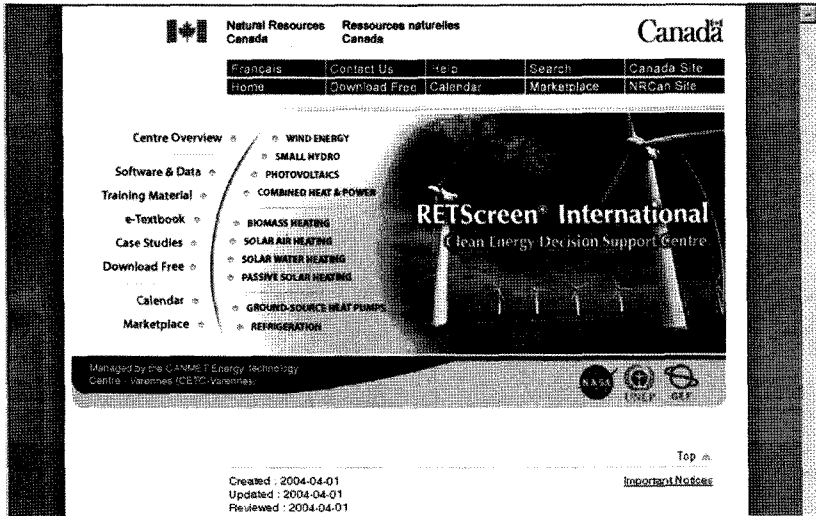
최근 국가가 지향하는 녹색 성장 시대에서 녹색 건축 설비 시스템은 그 비전을 담는 그릇으로 표현 된다. 녹색 건축 설비 시스템에서의 에너지 절약 및 환경 보존을 위한 노력은 지금까지는 주요 요소기술의 개발에 중점을 두어왔으나, 시스템의 통합화 평가화를 통한 최적화 방안 개발 및 적용은 아직도 미흡한 실정이다. 최근의 추세는 이러한 각종 요소 기술들이 건축설계 초기단계부터 설계에 통합 반영되어야만 효율적으로 건물에 적용될 수 있으며, 이러한 관점에서 건축 설비 통합 시스템의 에너지 및 환경성능은 설계 초기단계의 건축설계자의 역량에 의해 결정되어진다는 인식하에 건축 통합설계를 위한 에너지성능 평가도구 및 확인 도구의 개발 및 적용화 쪽으로 연구의 방향이 옮겨가고 있는 추세이다.

이러한 노력의 일환으로 UNEP(United Nation Environmental Program)와 CETC(Canada Energy Technology Center) 프로그램에서는 보다 체계화된 방법으로 실무자 위주의 에너지절약 및 환경친화적 녹색 건축 설비 시스템 설계를 진행할 수 있는 연구를 진행 중에 있는데, 이중 한 분야가 설계 실무자를 위한 시간별 통합 건물 설비에너지 해석도구인 RETScreen 기술이며, 이를 이용한 해석 결과를 통합성능 지표로 표현하여 각종 설계에 대한 성능 확인 기술인 IPMVP(International Performance Measurement Verification Protocol) 기술이다. 본 논문에서는 최근 녹색 건축 특히 지열 설비 통합 시스템의 에너지 성능 사전 예측 RETScreen 기술 및 사후 확인 기술 IPMVP의 현황에 대한 최근 정보를 나누어 보도록 한다.

## 녹색 건축 설비 설계 성능 예측 기술 RETScreen

RETScreen 기술은 캐나다 정부 지원 하에서 개발되어 신재생에너지 자원의 활용 및 이에 따른 에너지 저감효과 분석 및 환경부하 감소, 그리고 신재생에너지 설비의 설치에 따른 경제성 분석까지 손쉽게 평가할 수 있는 도구이다. 본 프로그램은 현재 196개국에서 50,000명이 넘는 사용자를 확보하고 있는 국제적 신재생에너지 경제성 평가 프로그램이라 할 수 있다. 이 프로그램에 포함된 Energy Model 워크시트에서는 건물과 시스템의 자료를 근거로 하여 설치된 신재생에너지 시스템에서 획득 가능한 에너지를 renewable energy delivered의 값으로 얻어질 수 있으며, 시스템이 가지는 경제성 분석에 관한 자료는 Financial Summary 워크시트에서 투자회수년도(simple payback) 형태로 제시해 주고 있다.

이러한 RETScreen 방안과 결과를 활용하여 교토 기후 협약 대비 화석 연료를 대체하는 신재생에너지 발전 시스템(풍력, 태양광 및 소수력)에 대한 지역 기후 및 시스템 별 사업 초기 예비 타당성 분석이 가능하다. RETScreen은 캐나다에서 개발된 프로그램으로, 국제 기후 협약 대처용 지속가능한 에너지기술(RET : Renewable Energy Technology)프로젝트나, 신재생에너지를 에너지원으로 하는 특정 요소기술 설비의 시행 타당성 분석을 위한 시장조사, 정책분석을 통한 사업 예비 가능성 평가를 주 목적으로 사업 타당성이 확보된 요소설비 시스템의 정보공유에서부터 관측, 및 서비스와 관련된 프로젝트 연구개발 목적으로 배포되어 사용되는 시스템 타당성 평가 도구이다.



[그림 1] RETScreen의 관리와 홍보 및 지원 인터넷 홈페이지  
(<http://www.etscreen.net/ang/menu.php>)

RETScreen은 캐나다의 정부기관과 해당 관련 산업체의 전문가들로 구성된 CEDRL(CANMET Energy Diversification Research Laboratory)에 의해 개발되었으며, 다양한 대체에너지 이용 요소기술 설비개발 및 보급 프로젝트를 통하여 검증된 프로그램으로써, 대체에너지관련 프로젝트의 표준 통합 분석용 도구라 할 수 있다. 현재까지 개발되어 활용되고 있는 것으로는 총 10가지의 요소기술에 대한 프로그램이며 이는 다음과 같다.

- Wind Energy : 풍력 발전 관련
- Small Hydro : 소수력 발전 관련
- Photovoltaics : 태양광 발전 관련
- Ground-Source Heat Pumps : 지열활용 Heat Pumps 관련
- Combined Heat & Power : 열, 전기 조합에너지 관련
- Biomass Heating : 바이오메스 에너지 활용 난방 관련
- Solar Air Heating : 태양열 공기 집열식 난방 관련
- Solar Water Heating : 태양열 온수 난방 관련
- Passive Solar Heating : 자연형 태양열 난방 관련

- Refrigeration : 건물내 냉방, 냉동 관련

또한 이렇게 개발된 프로그램 이외의 기타 요소 기술에 대한 성능평가 도구의 개발연구가 진행 중이며, 향후 제공될 성능평가용 프로그램으로는 다음과 같은 것들이 준비 중에 있다.

- Biogas Electricity Generation (Landfill recovery and anaerobic digestion)
- High Efficiency Lighting
- High Efficiency Motors
- District Heating
- High Efficiency Wood-stoves for Heating
- Biomass Electricity Generation
- Geothermal Electricity Generation
- Solar Thermal Electricity Generation (Central Receiver, Trough and Dish/Engine)
- Hydrogen Fuel Cell

이렇게 구성된 RETScreen 프로그램은 Excel 프로그램을 기초로 제작되어 있으며 시스템 성능평가과정은 크게 다섯 단계로 구분하여 진행되도록 이루어져 있는데 각 단계마다 독립적인 Work-

sheet로 구성되어 있다. 또한 각각의 단계마다 성능평가에 필요한 변수들의 입력으로 해당 단계에서 평가할 수 있는 내용에 대한 결과를 얻을 수 있으나, 각 Worksheet가 독립적으로 평가되기 보다는 매크로로 연결되어 다음단계, 또는 그 다음 단계의 결과를 도출하는데 변인으로 작용하도록 구성되어 있다.

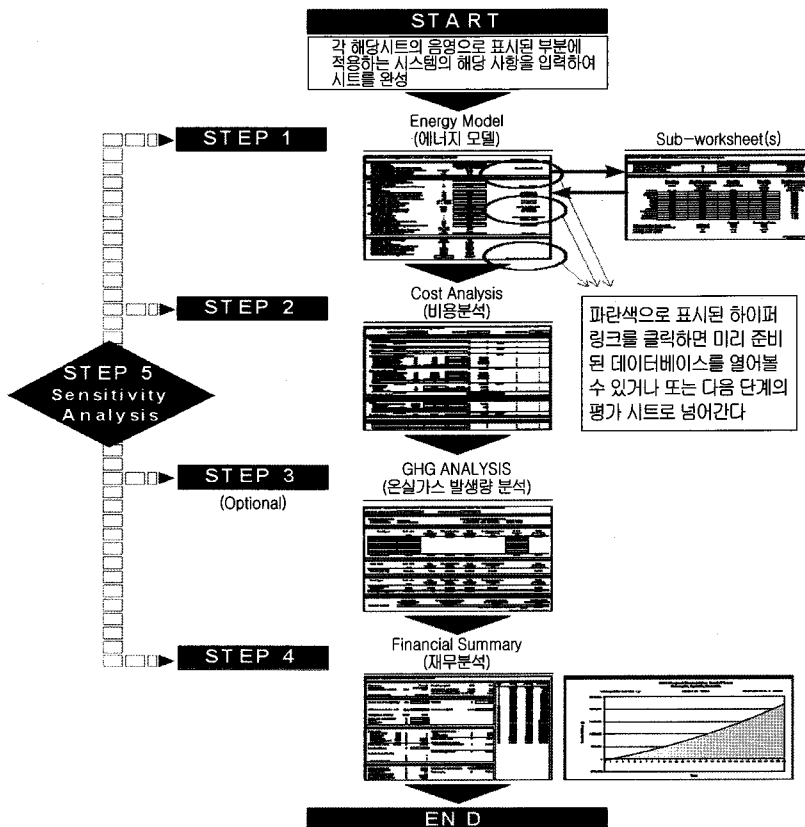
그림 2는 RETScreen을 통한 시스템 성능평가 과정을 보여주는 Flow-Chart 이다. 그림에서 보는 바와 같이 시스템 성능 평가를 위해서는 이용자가 각 단계별로 지원되는 Worksheet의 음영으로 처리된 부분에 평가하고자 하는 시스템의 상세 내용을 적는 것만으로 결과를 도출 할 수 있도록 구성하였다. 또한 각 단계마다 Worksheet 내에는 파란색 글씨로 하이퍼링크(Hyper-Link)된 부분을 찾아볼 수 있는데, 이는 각 단계마다 부가적으로 요

구되는 Sub-Worksheet 라든지 시스템의 상세한 내용, 또는 정확하게 판단할 수 없는 내용에 대해서 필요한 참고자료를 찾아볼 수 있도록 프로그램 자체 내에 Data-Base를 포함하고 있다.

여기서는 GHP(Geothermal Heat Pump)을 중심으로 프로그램의 구성 및 각 Worksheet에 제시된 내용을 중심으로 상세한 소개와 각 단계별 성능평가 과정을 설명하고자 한다.

**1단계 : ENERGY MODEL Worksheet**

1 단계 그림 4는 GHP시스템을 적용하고자 하는 건물 입력 값과 GHP 시스템 입력 값에 대하여 연간에너지 절감량 즉, 에너지 절감에 관계된 대체에너지 획득량(Renewable Energy Delivered)



[그림 2] RETScreen 프로그램 활용 Flow-Chart



RETScreen<sup>®</sup> International is a standardised and integrated renewable energy project analysis software. This tool provides a common platform for both decision-support and capacity-building purposes. RETScreen can be used worldwide to evaluate the energy production, life-cycle costs and greenhouse gas emissions reduction for various renewable energy technologies (RETs). RETScreen is made available free-of-charge by the Government of Canada through Natural Resources Canada's CANMET Energy Diversification Research Laboratory (CEDRL). The user is encouraged to properly register at the RETScreen website so that CEDRL can report on the global use of RETScreen.

### Solar Air Heating Project Model

**TO START (click here)**

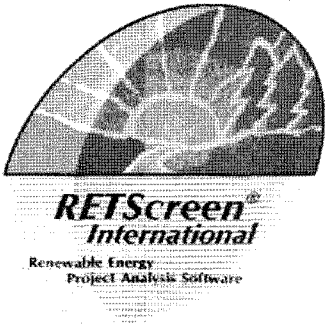
- Brief Description & Model Flow Chart
- Cell Colour Coding

**RETScreen Features (click to access info)**

- Online Manual
- Product Data
- Weather Data
- Cost Data
- Currency Options

**Model Worksheets (click to access sheets)**

- Energy Model
- Solar Resource
- Cost Analysis
- Greenhouse Gas Analysis
- Financial Summary
- Blank Worksheets (3)



**RETScreen<sup>®</sup> International**  
Renewable Energy Project Analysis Software



**RETScreen is available free-of-charge at**  
<http://retscreen.gc.ca>

**Internet Options:**

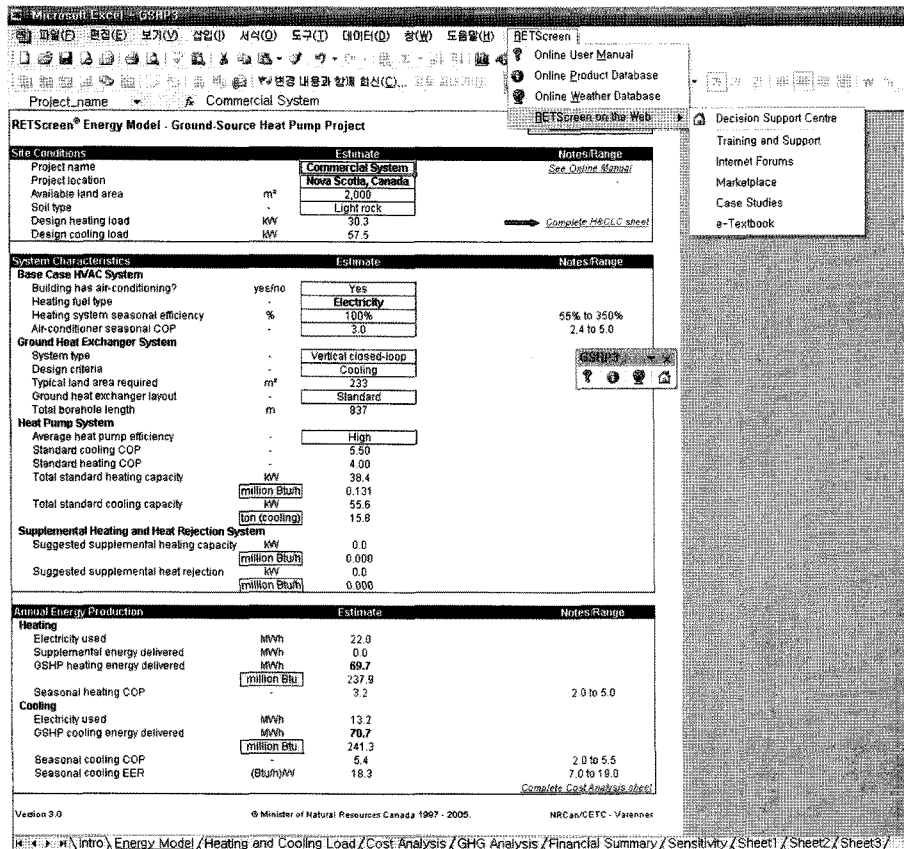
- RETScreen Website
- Training Information
- Registration
- Contact CEDRL

**Contributors:**

- 85+ Technology Experts
- Collaborating Organisations

[그림 3] Geothermal Heat Pump 분석 초기 화면



**RETScreen<sup>®</sup> Energy Model - Ground-Source Heat Pump Project**

Site Conditions	Estimate	Notes/Range
Project name	Commercial System	
Project location	Nova Scotia, Canada	See Online Manual
Available land area	2,000 m <sup>2</sup>	
Soil type	Light rock	
Design heating load	50.3 kW	
Design cooling load	57.5 kW	Complete HX/CLC sheet

System Characteristics	Estimate	Notes/Range
<b>Base Case HVAC System</b>		
Building has air-conditioning?	Yes	
Heating fuel type	Electricity	
Heating system seasonal efficiency	100%	55% to 350%
Air-conditioner seasonal COP	3.0	2.4 to 5.0
<b>Ground Heat Exchanger System</b>		
System type	Vertical closed-loop	
Design criteria	Cooling	
Typical land area required	237 m <sup>2</sup>	
Ground heat exchanger layout	Standard	
Total borehole length	837 m	
<b>Heat Pump System</b>		
Average heat pump efficiency	High	
Standard cooling COP	5.50	
Standard heating COP	4.00	
Total standard heating capacity	38.4 kW	
	0.131 million Btu/h	
Total standard cooling capacity	55.6 kW	
	15.8 ton (cooling)	
<b>Supplemental Heating and Heat Rejection System</b>		
Suggested supplemental heating capacity	0.0 kW	
	0.000 million Btu/h	
Suggested supplemental heat rejection	0.0 kW	
	0.000 million Btu/h	

Annual Energy Production	Estimate	Notes/Range
<b>Heating</b>		
Electricity used	22.0 MWh	
Supplemental energy delivered	0.0 MWh	
GSHP heating energy delivered	69.7 MWh	
	237.9 million Btu	
Seasonal heating COP	3.2	2.0 to 5.0
<b>Cooling</b>		
Electricity used	13.2 MWh	
GSHP cooling energy delivered	70.7 MWh	
	241.3 million Btu	
Seasonal cooling COP	5.4	2.0 to 5.5
Seasonal cooling EER	16.3 (Btu/h)/W	7.0 to 19.0

Version 3.0 © Minister of Natural Resources Canada 1997 - 2005. NRC an/CETC - Vaeseher

[그림 4] Energy Model Worksheet

RETScreen® Cost Analysis - Solar Air Heating Project

Type of project:

Currency:

Cost references:

Initial Costs (Credits)	Unit	Quantity	Unit Cost	Amount	Relative Costs	Quantity Range	Unit Cost Range
<b>Feasibility Study</b>							
Other	Cost	0	\$ -	\$ -	-	-	-
Sub-total:				\$ -	0.0%	-	-
<b>Development</b>							
Other	Cost	0	\$ -	\$ -	-	-	-
Sub-total:				\$ -	0.0%	-	-
<b>Engineering</b>							
Other	Cost	0	\$ -	\$ -	-	-	-
Sub-total:				\$ -	0.0%	-	-
<b>Renewable Energy (RE) Equipment</b>							
Solar collector materials	m <sup>2</sup>	500	\$ 63	\$ 31,500	-	-	-
Equipment installation	m <sup>2</sup>	500	\$ 36	\$ 18,000	-	-	-
Cloadding material credit	m <sup>2</sup>	-500	\$ 31	\$ (15,500)	-	-	-
Cloadding labour credit	m <sup>2</sup>	-500	\$ 20	\$ (10,000)	-	-	-
Incremental transportation	project	0	\$ -	\$ -	-	-	-
Other	Cost	0	\$ -	\$ -	-	-	-
Sub-total:				\$ 24,000	40.8%	-	-
<b>Balance of Equipment</b>							
Fans and ducting materials	L/s	20,000	\$ 2.00	\$ 40,000	-	-	-
Fans and ducting labour	L/s	20,000	\$ 1.50	\$ 30,000	-	-	-
Fan and duct mat'l credit	L/s	-20,000	\$ 1.75	\$ (35,000)	-	-	-
Fan and duct labour credit	L/s	-20,000	\$ 0.50	\$ (10,000)	-	-	-
Incremental transportation	project	0	\$ -	\$ -	-	-	-
Other	Cost	0	\$ -	\$ -	-	-	-
Sub-total:				\$ 25,000	42.5%	-	-
<b>Miscellaneous</b>							
Overhead	%	10%	\$ 49,000	\$ 4,900	-	-	-
Training	p-h	0	\$ -	\$ -	-	-	-
Contingencies	%	10%	\$ 49,000	\$ 4,900	-	-	-
Sub-total:				\$ 9,800	16.7%	-	-
<b>Initial Costs - Total</b>				\$ 58,800	100.0%	-	-

Annual Costs (Credits)	Unit	Quantity	Unit Cost	Amount	Relative Costs	Quantity Range	Unit Cost Range
<b>O&amp;M</b>							
Property taxes/insurance	project	1	\$ 1,000	\$ 1,000	-	-	-
O&M labour	project	0	\$ -	\$ -	-	-	-
Travel and accommodation	p-trip	1	\$ 750	\$ 750	-	-	-
Other	Cost	0	\$ -	\$ -	-	-	-
Contingencies	%	0%	\$ 49,000	\$ -	-	-	-
Sub-total:				\$ 1,750	81.6%	-	-
<b>Fuel/Electricity</b>							
	kWh	3,636	\$ 0.3000	\$ 1,091	38.4%	-	-
<b>Annual Costs - Total</b>				\$ 2,841	100.0%	-	-

Periodic Costs (Credits)	Period	Unit Cost	Amount	Interval Range	Unit Cost Range
		\$ -	\$ -	-	-
		\$ -	\$ -	-	-
		\$ -	\$ -	-	-
End of project life		\$ -	\$ -	-	-

[그림 5] Cost Analysis Worksheet (2단계)

을 계산하는데 이용된다. 우선 SBS(Site, Building, System)적 접근 원칙에 근거하여, 상단 처음 부분에는 사용 가능한 대지의 면적과 대지의 지중 상황 그리고 설계 냉난방 부하를 입력한다. 그리고, 기준이 되는 냉난방 열원의 종류와 에어컨의 경우 설계 COP 수치를 기입한다. 그리고 GHP시스템의 종류가 수직형인지 수평형인지를 기입하며, 설계 기준이 냉방인지 혹은 난방인지를 입력한다. 이어서 HP 시스템의 냉난방 COP 를 기입하고 모델의 정보를 입력하면 1단계의 입력이 된다, 그러면, 1 단계의 결과물인 기준 대비 개선 시스템으로 부터의 연간 냉난방 에너지 저감량이 계산된다.

2단계 : COST ANALYSIS Worksheet

2 단계로 Cost Analysis Worksheet에서는 적용된 시스템의 초기 설치비용 및 유지, 관리비용 등 시스템의 경제성 부분을 산출하는 것이다. 여기서 얻어진 결과 값과 Energy Model Worksheet에서 얻은 에너지 절감액과 비교하여 최종 단계인 Financial Summary Worksheet의 투자 회수년에 대한 평가를 도출하게 된다. 여기서는 초기투자비용과 연간 운영비용을 모두 포함하여 산출하도록 구성되어 있는데, 대체 에너지 관련 대부분의 요소기술들이 그렇듯이 설비 시스템의 개발 및 초기 투자비용이 타 설비 시스템에 비교하여 많이



소요되므로 개발된 시스템의 정확한 경제성 분석을 위해서는 초기 투자비용에 대한 상세한 분석을 필요로 한다. 따라서 해당 Worksheet의 초기투자비용부분을 판단하는 Initial Cost 부분도 상세한 입력 요건을 요구하고 있으며 다양한 유형으로 입력조건을 제시하고 있다.

### 3단계 : GREEN-HOUSE GAS(GHG) EMISSION REDUCTION ANALYSIS Worksheet

세 번째 단계로 Green-House Gas(GHG) Emission Reduction Analysis Worksheet로 여기에서

는 해당시스템의 설치 및 유지, 운영상 발생하는 온실가스의 발생량과, 대체에너지 이용 설비가 아닌 시스템의 운영상 발생하는 온실가스 발생량을 비교하여 해당 설비의 적용 및 운영으로 절감되는 온실가스의 저감량을 평가하는 Worksheet이다. Worksheet는 크게 네부분으로 구성되어 있는데, Base Case System(일반적인 형태의 시스템)과 Proposed Case System(제한하는 설비 시스템)으로 구분하여 비교 할 수 있도록 구성되어 있으며, 또한 Base Case System은 다시 전기난방 방식과 기름 난방 방식으로 구분하여 보여 주고 있다. 이런 사례를 대상으로 동일한 난방 능력을 가진 시

RETScreen® Greenhouse Gas (GHG) Emission Reduction Analysis - Solar Air Heating Project

Use GHG analysis sheet  Yes  No      Type of analysis  Standard  Custom

**Background Information**

Project Information		Global Warming Potential of GHG	
Project name	Example	1 ton CH <sub>4</sub> =	21 tons CO <sub>2</sub> (IPCC 1996)
Project location	Iqaluit, Canada	1 ton N <sub>2</sub> O =	310 tons CO <sub>2</sub> (IPCC 1996)

---

**Base Case Electricity System (Reference)**

Fuel type	Fuel mix (%)	CO <sub>2</sub> emission (kg/GJ)	CH <sub>4</sub> emission factor (kg/GJ)	N <sub>2</sub> O emission (kg/GJ)	Fuel conversion efficiency (%)	T & D losses (%)	GHG emission (tCO <sub>2</sub> /MWh)
Diesel (#2 oil)	100.0%	74.1	0.0020	0.0020	30.0%	8.0%	0.975
Electricity mix	100%	268.5	0.0072	0.0072		8.0%	0.975

---

**Base Case Heating System (Reference)**

Fuel type	Fuel mix (%)	CO <sub>2</sub> emission (kg/GJ)	CH <sub>4</sub> emission factor (kg/GJ)	N <sub>2</sub> O emission (kg/GJ)	Fuel conversion efficiency (%)	GHG emission (tCO <sub>2</sub> /MWh)
Heating system Diesel (#2 oil)	100.0%	74.1	0.0020	0.0020	76.0%	0.359

---

**Proposed Case Heating System (Mitigation)**

Fuel type	Fuel mix (%)	CO <sub>2</sub> emission (kg/GJ)	CH <sub>4</sub> emission factor (kg/GJ)	N <sub>2</sub> O emission (kg/GJ)	Fuel conversion efficiency (%)	GHG emission (tCO <sub>2</sub> /MWh)
Heating system Electricity	0.5%	268.5	0.0072	0.0072	100.0%	0.975
Solar	99.5%	0.0	0.0000	0.0000	100.0%	0.000
Heating energy mix	100.0%	1.5	0.0000	0.0000		0.005

---

**GHG Emission Reduction Summary**

Heating system	Base case emission factor (tCO <sub>2</sub> /MWh)	Proposed case GHG emission factor (tCO <sub>2</sub> /MWh)	End-use annual energy delivered (MWh)	Annual GHG emission reduction (tCO <sub>2</sub> /yr)
	0.359	0.005	662.7	234.26
			Net GHG emission reduction	tCO <sub>2</sub> /yr

Complete Financial Summary sheet

[그림 6] Greenhouse Gas(GHG) Emission Reduction Analysis Worksheet(3단계)





다. 초기투자비용이 상대적으로 크며 제대로 된 설치 및 사후관리가 이루어지지 않아 기존에 약속된 성능이 유지되지 않는다면 엄청난 투자비의 손실 및 경제적인 부담으로 작용할 것이다. 이 같은 부작용을 해소하기 위해 신재생에너지 설비 관련 시공 및 설치 확인 기준(지식경제부고시 제2008-232호)이 제정되어 있으나 현장 상황에 맞지 않거나 새로운 신기술의 생성으로 인한 기준 개정 및 제정이 필요한 게 현실이다. 또한 국내인 경우 대부분이 시공 및 설치 확인 기준으로 인증만이 이루어지고 있어 선진국 성능계약 제도와 같이 시공 및 설치만이 아니라 초기에 성능 예측과 차후에 성능 확인을 통한 검증으로 개정이 이루어져야 할 것이다(그림 8). 우리나라에서도 eRTU 모니터링 시스템 기술에 의해 운전 데이터의 전송을 의무화 하였으나 있으나 이 또한 작동여부 확인에 국한 되어 있으며 전체 시스템 성능에 대한 정보를 포함하지는 않고 있는 게 현실이다. 이와 같은 문제점을 해소하기 위한 방안으로 신재생에너지 설

비 적용 사업에서 그 효과를 객관적으로 정량화하기 위한 국제적인 설치 성능확인 기준인 IPMVP (International Performance Measurement & Verification Protocol)처럼 설계 초기 시 사전 약속된 성능 예측 확인 커미셔닝 프로그램을 활용하여 약속되는 성능을 연 1회 정도 사업 규모와 재정에 따라 사전에 약속된 성능 확인 방안에서 검증 확인이 가능하도록 한 제도적 보완이 필요하다.

국내 기준인 신재생에너지설비 시공 및 설치 확인 기준안은 신재생에너지를 보급함에 있어 적합성 및 효율성을 가하고 소비자에게 신뢰를 확보하여 국민적 이용 확대를 할 수 있도록 하기 위함에 있으나 기존에 기준안은 시공에서 설치 확인에만 국한되어 있어 실제적인 성능 및 효율에 대한 확인 및 인증에 대한 부분은 취약함을 가지고 있다. 신재생에너지설비인 경우 효율적인 에너지 생산 및 에너지 절약과 큰 이점에 대하여 소비자에게 신뢰를 주기 위해서는 초기 및 지속적인 시스템의 성

신·재생에너지설비 설치계획서					
기관명	확정자		성명	전화번호 (이메일)	
기관의 명	국가기관( ) 지방자치단체( ) 정부투자기관( )	정부투자기관( )	전화번호 (이메일)		
건물명	건축물의 용도				
건물 주소					
허가 예정년월일	년 월 일	착공 예정년월일	년 월 일	준공 예정년월일	년 월 일
건축 면적	지상층 ( m <sup>2</sup> )	합계 ( m <sup>2</sup> )	층 수	지상 ( 층 )	
신축건축물	연료 및 열사용량 ( TOE, MWh )				
연간에너지사용량	중 에너지사용량 ( TOE, MWh )				
설치될 신·재생에너지 설비의 종류	신·재생에너지 설비의 종류	생산 에너지의 종류	설치 용량	연간 생산량	연간 에너지 생산량
설치 예정 위치	※ 설치 예정 위치를 명기하고 해당 도면 첨부				
적용 신·재생에너지의 비율	건축물에너지(가)	「별표 9」에 따른 총 건축물에너지 = ( 원 )			
	신·재생에너지 설비를 위한 투자비용(나)	( 원 )			
	건축물에너지에 대한 신·재생에너지설비 투자 비율(나/가)(%)	( % )			
	연간에너지사용량에 대한 연간 연료 및 열 사용량의 비율(나/가)(%)	( % )			
연간에너지사용량에 대한 연간 전력 사용량의 비율(나/가)(%)	( % )				
연간에너지사용량에 대한 연간 총에너지 사용량의 비율(나/가)(%)	( % )				
위와 같이 신축 건축물의 신·재생에너지설비 설치계획서를 제출합니다.	년 월 일 (직인)				
신·재생에너지센터소장 귀하					
첨부서류 1. 사용 예정 신·재생에너지설비의 개요, 설치 용량, 연간에너지 생산량 계산 근거, 투입비용 상세) 1부. 2. 사용 예정 신·재생에너지설비 건축서 1부. 3. 신·재생에너지설비 설치 위치가 명기된 도면 및 신·재생에너지설비의 계통도 1부.					

신·재생에너지설비 설치확인신청서					
기관명	각설자		성명	전화번호 (이메일)	
확인 신청 건물명	건축물의 용도				
허가 년월일	년 월 일	착공 년월일	년 월 일	준공 예정년월일	년 월 일
건축 면적	지상층 ( m <sup>2</sup> )	합계 ( m <sup>2</sup> )	층 수	지상 ( 층 )	
신축건축물	연료 및 열사용량 ( TOE, MWh )				
연간에너지사용량	중 에너지사용량 ( TOE, MWh )				
설치될 신·재생에너지 설비의 종류	신·재생에너지 설비의 종류	생산 에너지의 종류	설치 용량	연간 생산량	연간 에너지 생산량
	연료 및 열 ( )	전 력 ( )			
	연료 및 열 ( )	전 력 ( )			
	연료 및 열 ( )	전 력 ( )			
설치 예정 위치	※ 설치 예정 위치를 명기하고 해당 도면 첨부				
위와 같이 신·재생에너지설비 설치 확인을 신청합니다.	년 월 일 (직인)				
신·재생에너지센터소장 귀하					
첨부서류 1. 설치된 신·재생에너지설비 개요 (용량, 연간에너지 생산량 계산 근거, 투입비용 상세) 1부. 2. 신·재생에너지설비 설치 위치가 명기된 도면 1부. 3. 신·재생에너지설비의 계통도 1부.					

[그림 8] 신재생에너지설비 설치계획서 및 설치확인서(지식경제부고시 제2008 - 232호)



능이 보장되어야 할 것이다. 현 국가 비전인 저탄소 녹색성장에 성공적으로 기여하기 기존 신재생 에너지설비 시공 및 설치 확인 기준안이 시스템의 설치만으로 이루어지는 것이 아니라 재생에너지 설비 시공 및 설치 확인 및 성능 기준안으로 시스템 성능을 확인기준을 추가 제시하는 것이 필요하다. 선진국에도 또한 이러한 폐단을 없애고자 에너지 절약 사업의 객관적 성능 비교 기준의 필요에 의해 1997년 미국 에너지부에서 '국제 성능 측정, 검증 규약서인 IPMVP (International Performance Measurement & Verification Protocol)를 만들었다(그림 9). 국제적 에너지 사업의 객관적인 평가를 위한 IPMVP는 개도국 및 선진국에 있어서 효율적인 방법으로 에너지 절약 평가에 관한 국제적인 기준을 제공함으로써 건물의 에너지 효율성을 향상시키고, 에너지 효율성 프로젝트의 재정비용을 낮추고, 에너지 절약을 증대하며, 오염을 줄여 공공의 건강을 증진시키는데

그 목적을 두고 있다.

전 세계적인 에너지 절약 사업에 대한 객관적인 평가 규칙 제정을 위하여 IPMVP가 개발되고 현재도 지속적인 개선 작업을 하고 있다. 이와 같은 국제 표준 IPMVP 내용을 간략히 살펴보면, 옵션 A는 규정된 일부분의 측정으로 에너지 절감량을 검증하기 위한 규약으로 성능인자나 적절한 가동상태를 조사하는 것이고, 옵션 B는 시스템적으로 중요한 부분을 측정하여 검증하는 규약으로 성능 및 가동 인자를 모니터링하는 것이며, 옵션 C는 전체 건물에 대한 지속적 측정 및 검증하기 위한 규약으로 시간별 혹은 월별의 유틸리티 계량기 자료를 사용하여 "건물전체" 혹은 시설수준을 결정하는 것이다. 그리고 옵션 D는 모의실험에 의한 데이터 측정 및 검증에 관한 규약으로 시설 구성요소 및 전체시설에 대한 시뮬레이션 하는 것이다. 이러한 규약들은 실행되어지는 재생에너지 프로젝트 과정 및 성격을 고려한 후, 그에 맞는 옵션을 적용하

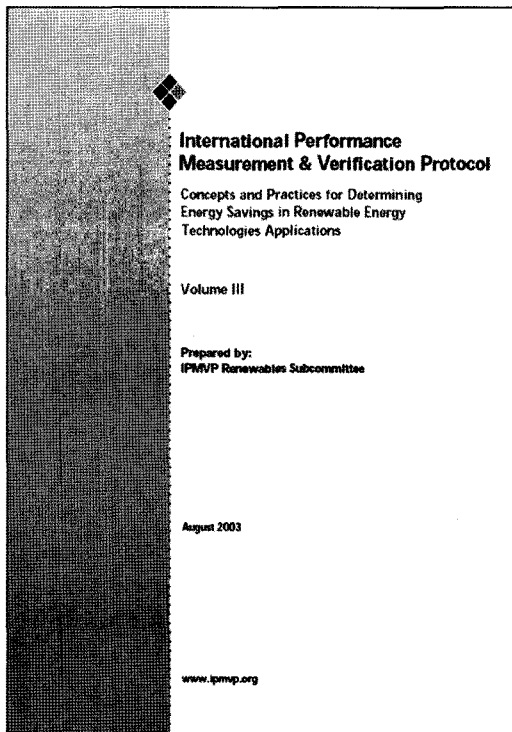


Table of Contents	
Table of Contents	1
Acknowledgements	ii
Chapter 1: Introduction	1
1.1 Overview	1
1.2 Purpose and Scope	1
1.2.1 Objectives	2
Chapter 2: Baseline Definition and Development	4
2.1 General Issues	4
2.2 Baseline Applications	5
2.2.1 Comparison with Control Group	5
2.2.2 Before-and-After Comparison	5
2.2.3 On-and-Off Comparison	6
2.2.4 Calculated Reference Method	5
Chapter 3: M&V Planning and Processes	7
3.1 Overview of M&V Options	8
Chapter 4: M&V Methods for Renewable Energy Systems	9
4.1 Introduction	9
4.2 Option A: Partially Measured Retrofit Isolation	9
4.3 Option B: Retrofit Isolation	9
4.4 Option C: Whole Building Analysis	12
4.5 Option D: Calibrated Simulation	15
Chapter 5: Quality and Cost of M&V for Renewable Energy	18
Appendix A: Definitions	19
Appendix B: Resources	20
Appendix C: References	25

[그림 9] 국제표준 성능확인 규약 IPMVP



는 것으로 재생에너지 프로젝트의 특징별로 선택하여 적용시킬 수 있다.

재생에너지 시스템의 성능 측정에 관한 규약은 재생에너지의 잠재량을 객관적 사실화하는데 있어 중요한 역할을 한다. 표준화 되고 널리 인정된 측정 및 검증(M&V: Measurement verification) 방법을 사용하여 프로젝트 자금조달, 온실가스 배출 등급 및 배출무역 모두에 이익을 줄 수 있으며, 이러한 M&V방법은 재생에너지 시스템의 파트너로 충분한 역할을 한다. 재생에너지는 에너지 효율성 평가와 대별되는 M&V 기술들을 필요로 하는 독특한 특성은 지니고 있으며 여기에서는 특성에 따른 국제적인 성능 측정 및 검증 규약(IPMVP)에 포함된 M&V 옵션 4개 방안에 대해 설명한다.

옵션 A는 공급자와 소비자의 동의하에 초기 성능 시험이나 재생에너지 시스템의 공학적 성능 계산에 근거해 에너지와 비용 절감이 규정된다. 시스템이 시방서에 명시된 대로 설치되었는지, 예상한 대로 작동하고 에너지 절감량의 지속성이 정기적으로 검증될 수 있는지에 대해 확실한 조사가 이루어져야 한다. 이것은 최소한의 M&V 옵션이 될 수 있으며, 종종 비용 절감액이 계측 및 분석을 위한 비용보다 적은 소용량의 시스템에 적합하다. 의견 충돌과 대립을 피하기 위해서 에너지서비스회사(ESCO)와 소비자는 검사를 수행하기 위한 제 3자를 고용해야 한다.

옵션 B는 재생에너지 시스템은 에너지를 절약하는 시스템이 아닌 에너지를 이송하는 시스템이기 때문에 측정기를 통해 직접 성능(에너지 이송량)을 측정할 수 있는 것이 효율 측정과 구별되는 특징이다. 직접적인 성능 측정은 M&V 프로그램을 단순화 할 수 있지만 성능 분쟁의 종류에 따라 M&V 계획에 맞도록 측정방법을 달리해야 한다. 이 M&V 프로그램은 시스템 생산량을 직접 측정하거나(열량계나 전력량계 사용), 가스나 전기 사용량을 간접적으로 측정함으로써 계획될 수 있다. 또한 베이스라인(baseline)으로부터 에너지 절감량을 유추하여 계획될 수 있다. 센서 채널의 수와 측정 종류에 따라 측정방법이 달라진다. 열에너지 측정기는 유량계, 온도센서 2개, 계측 장비로 구성되어 있다. 열 재생에너지 시스템의 에너지 이송량은 질량 유량과 물의 비열, 들어오고 나가는 물의 온도차를 서로 곱해 산출할 수 있다. 대부분의 열에너지 측정기는 시스템 진단에 유용하도록 유량과 온도 데이터를 저장, 보고할 수 있도록 되어있다.

미국 국립 재생에너지 연구소(National Renewable Energy Laboratory)에서 개발된 방법은 오직 하나의 온도 채널에 대한 단기 모니터링과 관련 있다. 데이터는 2-3주 기간에 걸쳐 수집된 후 맑은 날씨를 가정하여 일간 효율성에 대해 도표화 된다. 그러한 후 예상되어진 일간 효율성과 비교된다. 이 방법은 시스템이 예상되어진 대로 잘 동작

<표 1> IPMVP 옵션 비교

Option	성능측정방법	절감도	비용도	단순도
Option A	요소 성능측정 및 검증	4	4	1
Option B	시스템 성능측정 및 검증	3	3	2
Option C	모니터링에 의한 성능측정 및 검증	2	2	3
Option D	시뮬레이션에 의한 성능측정 및 검증	1	1	4

Option	적용내용
Option A	에너지절감량을 규정하는 시스템 시방서(사양)를 기준으로 주요 요소변수 측정을 통해 검증(조영대체)
Option B	에너지절감량을 규정하는 시스템 시방서(사양)를 기준으로 전체시스템 단기 측정을 통해 검증(VAV대체)
Option C	전체설비의 에너지소비량에 대해 연간모니터링측정(연간성능기준)을 통해 검증
Option D	측정데이터를 기초로 IPMVP가 인정하는 컴퓨터 시뮬레이션모델을 통해 검증법

하는지 여부를 결정하기 위한 진단에서 매우 유용하다. 이 방법은 모니터링 시기 동안 맑은 날씨는 가정에서는 신뢰성 있는 에너지 절감량 예측(±30%)이 가능하다. 또한 이 방법은 매우 값싼 두 개의 온도센서(100달러 미만)를 사용하며, 이는 저 비용의 계측방법을 의미한다. 설치에 대한 비디오 테이프와 로거를 소유주에 우편으로 보냄으로써 현장방문 비용을 없앨 수 있다. 베이스라인 부하와 측정된 보조에너지(전기 또는 가스) 사용량의 차이를 계산하여 에너지 절감량을 간접적으로 예측할 수 있다. 보조에너지 사용량 측정기는 전력량 측정기, 가스 사용량 측정기 또는 가스나 전기제품에 대한 실시간 사용량 측정기로 구성된다. 오직 보조 에너지만이 측정될 수 있는 경우 베이스라인과 관련된 에너지 절감량을 산출하기 위한 네 가지 방법이다.

특히, 옵션 C는 요금 청구서 또는 전체 설비 측정으로부터 얻을 수 있는 정보 분석과 관련이 있다. 에너지 절감량을 계산하기 위해 베이스라인에서 공공요금 청구서를 뺀다. 베이스라인은 앞부분 옵션 B("Control Group", "Before and After", "On and Off", "Calculated Reference")의 설명한 측정기술들 중 하나를 이용해 결정할 수 있다. 이러한 경우에 계산을 통한 방법(Calculated Reference)은 원동력(독립변수)을 확인하고 그들을 전체 설비 에너지 사용량과 관련짓는 것이다. 다음으로 절감량을 예측하기 위해 모델로부터 계산된 에너지 소비량을 개보수 후 에너지 소비량으로 뺀다. 이 방법의 정확도는 ±20% 이하이기 때문에 신재생에너지가 건물부하의 큰 부분을 담당하는 곳에 적합하다. 일반적으로 에너지 사용을 컴퓨터 모델화하기 위해 필요한 모든 독립변수(예를 들어 온도, 습도, 태양 복사량, 거주율 등)는 재생 에너지 시스템의 에너지 생산량을 직접 측정하는데 필요한 요소보다 많다. 이러한 결점에도 불구하고 이 옵션은 에너지 효율 측정의 매우 큰 부분으로써 재생에너지 시스템에 대한 M&V방법에 매우 적합할 것이다.

옵션 D의 확인기법은 단기테스트로부터 방대한 양의 정보를 제공한다. 이 모델은 측정된 독립변수와 시스템성능간의 관계형식을 제공한다. 독립

변수(일사량, 온도 및 부하와 같은 주위조건)는 단기간의 시스템 성능과 함께 동시에 측정되고 기록된다. 이 모델의 상관계수는 모델과 측정된 성능을 일치시키기 위해 조정된다. 이렇게 보정된 모델은 정보원으로서 매우 중요한 가치를 가지게 된다. 모델의 상관계수와 기대치의 편차는 시스템의 문제를 진단하는데 있어 정보를 제공한다. 연간 기상, 부하 데이터를 이용하여 이 모델을 시뮬레이션함으로써 연간시스템의 성능을 예측한다. 예를 들어 사용되는 IPMVP 4.4.2에는 성능확인에 사용되는 전산도구를 제시하고 있다(HVACSIM+, DOE-2, TRNSYS, ESS등).

이와 같은 국제표준 성능평가 규약 IPMVP를 활용하여 설계 초기시 약속되는 성능을 연 1회 정도 사업 규모와 재정에 따라 사전에 약속된 option 즉 성능 확인 방안에 그 성능을 검증 확인이 가능하다. 이러한 성능 예측과 성능 검증을 체계화 하게 되면 현재 국내 그린빌리지 신뢰도 향상에 크게 기여할 수 있는 제도이고 이에 따른 에너지 절감량에 대해서 인센티브도 부과하는 제도는 현재 미국 등 선진국에서 사용 중이며 국내에도 적용 가능한 제도이다. 이러한 체계가 구축되면 최소한 국가 보급 사업의 경우 설계시 부터 사후 성능검증 방안에 대한 약속을 받고 이를 시공 후 실제 운전 상태에서 확인하는 방안을 적용해서 국내의 신재생에너지 녹색 건축 지열 설비 시스템의 신뢰성 향상에 기여할 수 있을 것으로 생각된다.

### 맺음말

본 원고에서는 녹색 건축 지열 설비 시스템의 건축 및 기계 설비 통합 설계 평가 및 성능 확인 기술이 소개되었다. 이는 시스템의 초기 경제성 및 지속적인 신뢰성 확보에의 중요한 기술임을 기술해 보았다. 특히, 이러한 통합 시스템의 사전 에너지 성능 및 사후 성능확인 기술은 최근의 국제표준에 근거하여 소개하였다. 국제 성능 확인 표준 규약 IPMVP 4.4.2에서는 전 세계적인 에너지 사업의 에너지 절감량을 계산하기 위해 국제화환적인 방안을 소개하였다, 성능 예측이 가능한 최소한의 도구(HVACSIM+, DOE-2, TRNSYS, ESS



등)를 명시하였으며, 이러한 도구와 아울러 전 세계적으로 CDM 사업등 온실 가스 거래 사업에서 사용중인 RETScreen 도구가 소개되었다. 이러한 규약은 기존 대비 개선 기술에 반영에 따른 상대적 에너지 저감량 산출 예측 및 확인으로 그 방법의 단순성에 따라 옵션 A, B, C, D로 구분하였다. 이를 베이스라인 기법이라고 하는데 베이스라인은 앞부분 옵션 B(“Control Group”, “Before and After”, “On and Off”, “Calculated Reference”)의 설명한 측정기술들 중 하나를 이용해 결정할 수 있다. 이러한 경우에 계산을 통한 방법(Calculated Reference)은 원동력(독립변수)을 확인하고 그들을 전체 설비 에너지 사용량과 관련짓는 것이다. 다음으로 절감량을 예측하기 위해 모델로부터 계산된 에너지 소비량을 개보수 후 에너지 소비량으로 뺀다. 이 방법의 정확도는  $\pm 20\%$  이하이기 때문에 신재생에너지가 건물부하의 큰 부분을 담당하는 곳에 적합하다. 일반적으로 에너지 사용을 컴퓨터 모델화하기 위해 필요한 모든 독립변수(예를 들어 온도, 습도, 태양 복사량, 거주율 등)는 재생 에너지 시스템의 에너지 생산량을 직접 측정하는데 필요한 요소보다 많다. 이러한 결점에도 불구하고 이 옵션은 에너지 효율 측정의 매우 큰 부분으로써 재생에너지 시스템에 대한 M&V방법에 매우 적합할 것이다.

옵션 D의 확인기법은 검증된 전산 모델을 활용하는 방안으로 선진 ESCO 사업에서 많이 사용되는 기법이다. 이 검증 전산 모델 확인 방안은 측정된 독립변수와 시스템성능간의 관계형식을 제공한다. 독립변수(일사량, 온도 및 부하와 같은 주위 조건)는 단기간의 시스템 성능과 함께 동시에 측정되고 기록된다. 이 모델의 상관계수는 모델과 측정된 성능을 일치시키기 위해 조정된다. 이렇게 보정된 모델은 정보원으로서 매우 중요한 가치를 가지게 된다. 모델의 상관계수와 기대치의 편차는 시스템의 문제를 진단하는데 있어 정보를 제공한다. 연간 기상, 부하 데이터를 이용하여 이 모델을 시뮬레이션 함으로써 연간시스템의 성능을 예측

한다. 예를 들어 사용되는 IPMVP 4.4.2에는 성능 확인에 사용되는 전산도구를 제시하고 있다. 이와 같은 국제표준 성능평가 규약 IPMVP를 활용하여 설계 초기시 약속되는 성능을 연 1회 정도 사업 규모와 재정에 따라 사전에 약속된 옵션 즉 성능 확인 방안에 그 성능을 검증 확인이 가능하다. 이러한 성능 예측과 성능 검증을 체계화 하게 되면 현재 국내 녹색 건축 설비 통합 시스템 신뢰도 향상에 크게 기여 할 수 있는 제도이고 이에 따른 에너지 절감량에 대해에서 인센티브도 부과하는 제도는 현재 미국 등 선진국에서 사용 중이며 국내에도 적용 가능한 제도이다. 이러한 체계가 구축되면 최소한 국가 보급 사업의 경우 설계시 부터 사후 성능검증 방안에 대한 약속을 받고 이를 시공 후 실제 운전 상태에서 확인하는 방안을 적용해서 국내의 기타 신재생에너지 녹색 건축 지열 설비 시스템의 신뢰성 향상에 크게 기여 할 수 있을 것으로 사료된다.

### 참고문헌

1. 이의준, “지열원 열펌프 시스템 개발 및 보급 활성화 개선방안”, 2006, 한국신재생에너지학회 추계학술대회.
2. 윤종호, “그린빌리지 조성방법 및 보급활성화 방안”, 2004, 제6회 태양열이용기술 세미나.
3. International Performance Measurement & Verification Protocol, Concept and Practices for Determining Energy Saving in Renewable Energy Technology Applications Volume III, Prepared by IPMVP Renewable subcommittee.
4. 지식경제부고시 제2008-232호 신·재생에너지 시설비의 지원·설치·관리에 관한 기준.
5. “에너지절약설계기준 해설서”, 2008, 에너지관리공단.
6. <http://www.evo-world.org/>