

RETScreen을 활용한 건물에서의 지열 히트펌프 시스템 적용 사전 분석연구

김유진* · 이광섭* · 이의준** · 강은철***

*과학기술연합대학원대학교 재생에너지공학과, 박사과정

**한국에너지기술연구원 에너지효율연구본부 열변환시스템연구실, 책임연구원

Pre-Analysis Study on Ground Source Heat Pump System in Building with RETScreen

Kim Yu Jin* · Lee Kwang-Seob* · Lee Euy-Joon** · Kang Eun-Chul***

*Ph.D Candidate, Dept. of Renewable Energy Engineering, University of Science and Technology

**Principal Researcher, Energy Efficiency Research Division, Korea Institute of Energy Research

†Corresponding author: kec8008@kier.re.kr

Abstract

Korea government published renewable energy obligation policy that public building must be supplied some part of total consumption energy (2019: 27%, 2020: 30%). RETScreen is freely available global energy tool that developed by Canadian National Energy Laboratory to quantify energy saving to compare conventional system. This program can be performed energy modeling, cost analysis, greenhouse gas emission analysis and financial analysis. In this study, GSHP (Ground source heat pump) heating and cooling system were studied for the energy delivery and ROI (Return On Investment) in an office building. Three cases were studied according to the number of HP (Heat pump) units for the 1,000m² office building located in Daejeon. Results indicated that the energy delivery of the case 1 (1 HP unit) covered 57% of the office building heating and cooling energy consumption. The case 2 (2 HP units) covered 87.8% and the case 3 (3 HP units) covered 96.8% of the office building energy consumption. The ROI of the case 1 indicated 7.9 years. While 8.2 years for the case 2 and 9.7 years for the case 3.

Keywords: 신재생에너지(Renewable energy), 공급 에너지(Energy delivered), 투자수익률(Return on investment), 지열 히트펌프(Ground source heat pump), 에너지 소비(Energy consumption), 성능계수(COP)

1. 서론

신에너지 및 재생에너지개발·이용·보급촉진법에 따르면 2012년 이후 공공기관이 신축 증축 또는 개축하는 연면적 1,000 m² 이상의 건축물에 대하여 예상 에너지 사용량의 일정 비율을 신재생에너지로 공급토록 의무화 하고 있다. 최초 신재생에너지 공급비율이 최소 10%로 의무화 시행되었던 제도는 해를 거듭할수록 점증적으로 증가하여 2019년에는 27%, 2020년 이후에는 최소 30% 의무화를 목표로 하고 있다¹⁾. 한편, RETScreen은 신재

 OPEN ACCESS



Journal of the Korean Solar Energy Society
Vol.40, No.2, pp.1-10, April 2020
<https://doi.org/10.7836/kjes.2020.40.2.001>

pISSN : 1598-6411

eISSN : 2508-3562

Received: 23 September 2019

Revised: 17 April 2020

Accepted: 20 April 2020

Copyright © Korean Solar Energy Society

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution NonCommercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

생에너지 설비 적용 프로젝트를 수행하기 위한 기초단계의 분석 프로그램이다. 이 프로그램은 전 세계 200여 개국에서 공통으로 사용되고 있으며, 20여 개국의 언어로 지원하고 있다²⁾. 기본적으로 RETScreen은 건축물의 예상 에너지 사용량에 대하여 기존 설비 대비 신재생에너지 설비의 에너지 공급 비율을 정량적으로 분석하고, 기존 설비 대비 신재생에너지 설비 적용에 따른 경제성 분석을 수행하는데 활용된다.

J.J. Wook et al은 주거용 건물의 전력사용량 3가지 Case 351, 400, 500 kW에 대해 RETScreen을 활용하여 태양광 발전시스템 적용시 ROI 및 민감도 분석을 수행하여 Payback은 각각 15.6년, 14.4년, 11.2년을 나타내었다³⁾. S.M. Kang et al은 RETScreen을 활용하여 부산광역시 유희공간 태양광발전 설비에 대해 유지관리비용 민감도, 서울시 햇빛지원제도와 일본의 FIT (Feed In Tariff)제도 민감도 분석을 수행하였다. 그 결과 시스템 단순 ROI 11년을 나타내었고, 유지관리비용을 설치비용의 1%, 3%, 5%로 가정했을 때 ROI은 각각 11년, 14년, 19년으로 나타내었다. 또한 유지관리비용을 설치비용의 1% 조건에서 서울시 햇빛지원제도와 일본의 FIT 제도의 ROI은 각각 8년, 4년을 나타내어 유지관리비용과 정부의 보조금 정책이 태양광 발전설비의 중요성을 나타내었다⁴⁾. J.C. Jang et al은 지열 히트펌프 시스템을 원예시설과 축사시설에 각각 적용하였을 때 정부보조금 지원시 각각 6.9년과 9.5년을 나타내었고 축사시설의 LCC (Life Cost Cycle)가 원예시설보다 높은걸 확인하였다⁵⁾.

RETScreen 프로그램을 활용한 연구는 태양에너지 중심으로 활발히 진행되어 있다. 지열 히트펌프 시스템의 연구는 비교적 활발하지 못하고 있어 지열 히트펌프 시스템에 대한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 1,000 m²의 사무 건물을 대상으로 신재생에너지 설비인 지열 히트펌프 시스템 적용 방법을 제시하고, 건축물의 예상 에너지 사용량 대비 지열 히트펌프 시스템을 적용할 경우 히트펌프의 설치 용량에 따른 에너지 공급 비율과 투자 회수기간을 정량적으로 평가하여 분석하고자 한다.

2. RETScreen 프로그램 개요

RETScreen 프로그램은 건물을 대상으로 기존에 적용된 설비를 대신하여 신재생에너지 설비로 대체함으로써 발생될 수 있는 에너지자원에 대한 분석, 비용에 대한 분석, 온실가스 저감량 분석 및 이를 통합한 시스템 대체에 따른 경제성 분석 등을 수행한다.

에너지자원 분석에서는 적용지역에 해당되는 신재생에너지 자원을 활용한 설비로부터 에너지 생산량을 분석하여 기존 설비 대비 신재생에너지 설비의 에너지 생산성을 비교 분석한다. 비용 분석에서는 기존 설비 대비 신재생에너지 설비에 투입되는 설치비, 운전비, 유지관리비 등을 비교 분석한다. 온실가스 분석에서는 기존 설비 대비 신재생에너지 설비에서 저감되는 온실가스를 정량적으로 비교 분석한다. 이러한 분석들을 통하여 Fig. 1에서 보이는 바와 같이 최종적으로는 기존 설비 대비 신재생에너지 설비 적용에 따른 경제성 분석을 수행한다.

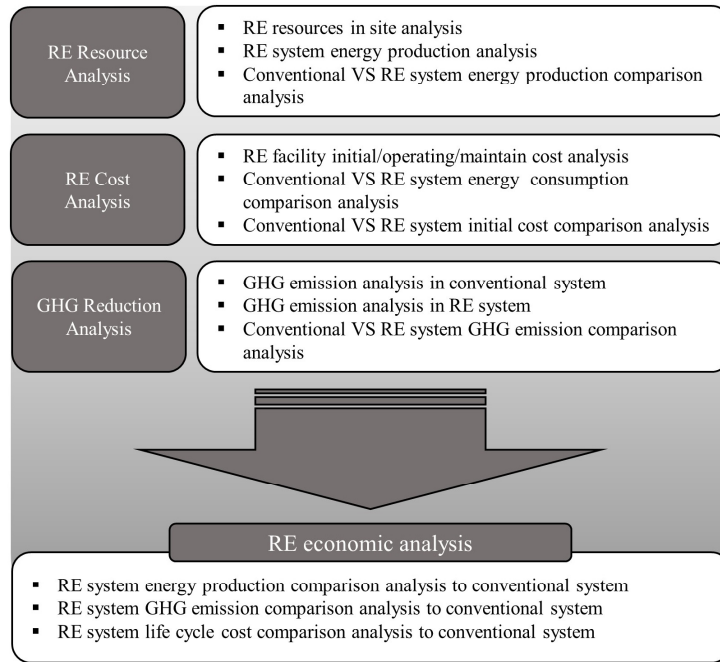


Fig. 1 RETScreen program modeling concept

3. RETScreen 분석방법

건물에서의 지열 히트펌프 시스템 적용성을 위한 RETScreen 분석 방법은 시작(Start)→부하 및 네트워크 (Load & Network)→에너지 모델(Energy Model)→비용 분석(Cost Analysis)→온실가스 분석(Emission Analysis)→재정 분석(Financial Analysis) 순으로 진행된다⁶⁾. 각각의 시트(Sheet)별 입력 내용은 다음과 같다.

시작 시트에서는 에너지 분석 방법과 적용 설비 유형에 대한 프로젝트 정보, 그리고 적용 지역에 대한 기상 정보를 입력한다. 기상정보는 기본적으로 NASA 기상데이터를 활용할 수 있으며, 우리나라의 경우 국내 주요 도시를 포함하여 약 50여 곳의 기상데이터를 제공하고 있다. 기상데이터는 외기온도, 상대습도, 수평면 전일사량, 대기압, 풍속, 지표면온도, 난방도일(Heating degree-days), 냉방도일(Cooling degree-days) 자료를 월별로 입력한다. 부하 및 네트워크 시트에서는 적용 건물의 유형과 건물 단위면적당 냉난방부하 정보를 입력한다. 또한 기존 냉난방 설비에 대한 정보와 사용 연료의 비용 정보 등을 입력한다. 에너지 모델 시트에서는 기존 설비 대비 제안하고자 하는 신재생에너지 설비에 대한 정보를 입력한다. 신재생에너지 설비의 유형과 성능정보, 운전비용 정보 등을 입력한다. 아울러 제안 설비의 용량 부족을 충당하기 위한 보조 설비에 대한 정보도 함께 입력한다.

비용 분석 시트에서는 기존 설비와 신재생에너지 설비에 대한 각각의 투자비용을 입력한다. 이 시트에서는 기존 설비와 신재생에너지 설비의 초기 투자비용을 비교 분석해주고, 각 설비의 운전 및 유지관리 비용을 정량적으로 분석하여 비교해 준다. 온실가스 분석 시트에서는 국가 전력 생산을 위해 투입되는 연료 분포의 총 비율을 입력한다. 이 시트에서는 기존 및 제안 설비에 사용되는 연간 연료 사용량에 대하여 온실가스 발생량을 정량

적으로 산출하여 비교 해준다. 재정 분석 시트에서는 사용되는 연료의 비용 인상률, 인플레이션, 인센티브, 부채 비율 등의 정보를 입력한다. 이 시트에서는 앞에서 입력한 모든 정보들을 분석하여 기존 설비 대비 신재생에너지 설비를 적용할 경우의 ROI를 분석해준다.

4. RETScreen 분석을 위한 입력 정보

RETScreen 프로그램을 활용한 건물에서의 지열 히트펌프 시스템 적용성 평가를 위한 입력 정보로는 기상 정보, 건물 정보, 시스템 정보, 비용정보, 온실가스 분석 정보 등이 필요하다. 기상 정보는 NASA에서 제공하는 대한민국의 대전지역의 기상데이터를 활용하였다⁶⁾. 대전지역의 위치는 위도 36.4° N, 경도 127.4° E이며, 난방 설계온도는 -9.1°C, 냉방설계온도는 31.3°C 이다.

건물에 대한 정보는 다음과 같다. 건물의 용도는 사무용 건물이며, 바닥면적은 1,000 m²로 설계하였다. 적용되는 건물은 일반적인 단열성능을 갖는다는 가정 하에 RETScreen 프로그램 상에서 제안하는 건물의 단열성능 기준으로 난방부하는 60 W/m², 냉방부하는 40 W/m²로 설계하였다²⁾.

건물의 기존 냉난방 설비로는 가스보일러와 에어컨으로 가정하였다. 대체 냉난방 설비로써는 지열 히트펌프 시스템을 도입하였다. 기존 가스보일러의 효율은 88%이며, 에어컨의 COP는 3.0으로 가정하였다. 적용하고자 하는 지열 히트펌프 시스템은 M사의 D054VLH 모델이며, 난방용량은 12.16 kW, 난방 COP는 3.3, 냉방용량은 15.2 kW, 냉방 COP는 4.1이다. 지열 히트펌프 시스템으로 충족 못하는 냉난방부하는 보조히터와 보조에어컨을 구비하여 부족한 만큼의 에너지를 공급하는 것으로 가정하였다. 보조히터로는 열효율이 88%인 가스보일러로 가정하였고, 보조에어컨의 냉방 COP는 3.0으로 가정하였고, Table 1은 RETScreen 모델링을 위한 적용 지역의 기상 정보, 건물 정보, 시스템 정보를 나타내었다.

Table 1 Site, building and system information

Parameters	Value	Unit	Remarks
Site/Location	Daejon	-	-
Heating/Cooling	-9.1/31.3	°C	RETScreen
Design temperature	-	-	DB
Building type	Office	-	-
Floor area	1000	m ²	-
Heating/Cooling load	60/40	W/m ²	-
Base case	Boiler/Chiller	-	-
Boiler efficiency	88	%	-
Chiller COP	3.0	-	-
Proposed case	GHSP	-	D054VLH
Heat pump capacity	12.2 (H)/15.2 (C)	kW/Unit	-
Heat pump COP	3.3 (H)/4.1 (C)	-	-

Table 2는 RETScreen에서 제안된 히트펌프 유닛 1개에 대한 지중 열교환기 설계 기준이며, 본 연구에서는 위 기준을 만족한다는 가정을 하여 경제성 분석을 수행하였고, RETScreen에서 제공하는 기상데이터 기반으로 히트펌프 1개의 유닛에 대한 열교환기 형태와 종류에 따른 열교환기 깊이 및 면적이 산출되어 경제성 분석에 활용하였다.

Table 2 Ground heat exchanger information

Ground heat exchanger		
Type		Vertical closed loop
Design criteria		Cooling
Land area	m ²	146
Layout		Standard
Borehole length	m	592

RETScreen 지열 히트펌프 경제성 분석을 수행할 때 필요한 설치비용에 관하여 K.H. Lee et all은 시스템 설치 용량 kW에 따라 설치비용을 선형적으로 증가하는 방식을 제안하였다⁷⁾. 본 연구에서 지열 히트펌프 시스템 설치비용은 kW당 1,500 천원으로 책정하였고, 보일러와 에어컨은 시장가격은 고려하여 보일러 kW당 30 천원, 에어컨 kW당 200 천원으로 책정하였다. 그 밖에 기타 부대비용으로 4,000 천원을 책정하였다. 연료비용은 천연가스의 경우 충남도시가스에서 제공하는 정보를 활용하여 GJ당 약 17 천원으로 산정하였고⁸⁾, 전기요금은 kWh당 약 105 원으로 한국전력공사 홈페이지에서 자료를 확보하였다⁹⁾.

온실가스 분석은 우리나라에서 전기 생산시 발생하는 온실가스 발생량을 기반으로 산출하였다. 국내 전기 생

Table 3 Cost and emission information

Information	Parameter	Value	Unit	Remarks
Cost	GSHP	1,500,000	KRW/kW	-
	Boiler	30,000	KRW/kW	-
	Chiller	200,000	KRW/kW	-
	Other	4,000,000	KRW	-
	Natural gas	1758.23	KRW/GJ	City gas
	Electricity	105.7	KRW/kWh	KEPCO
	Fuel	3	%/year	-
	Escalation rate	-		-
	Inflation rate	2	%/year	-
	Project life	25	year	-
Fuel mix in Korea	Coal and oil	44.7	-	-
	Nuclear	26.8	-	-
	Natural gas	22.2	-	-
	Other	6.3	-	-

산에 사용되는 연료 비율은 대략 화석연료 44.7% (석탄43.1%, 석유 1.6%) 원자력 26.8%, 천연가스 22.2%, 기 타 6.3%¹⁰⁾이다. 재정분석에 필요한 정보로는 연료비 증가분 3%, 인플레이션 2%, 인센티브와 부채는 없다고 가 정하였고, Table 3은 RETScreen 모델링을 위한 비용 및 온실가스 분석을 위한 상세 정보를 나타내었다.

5. RETScreen 분석 결과

건물에서 예상되는 냉난방 에너지사용량을 지열 히트펌프 시스템으로 충당할 경우 설비 용량에 따라 에너지 공급 비율이 어떻게 달라지는지를 앞에서 정리한 입력 정보들을 바탕으로 분석해 보았다. 지열 히트펌프 시스템 의 초기 설치비용이 고가임을 감안하여 히트펌프 설비 용량은 유닛의 설치 대수를 달리하여 비교 분석하였다.

5.1 히트펌프 설비 용량별 에너지 공급을 분석

Table 4은 본 연구에서 가정한 지열 히트펌프 시스템 적용 대수에 따른 Case별 설비 용량을 보여주고 있다. Case 1은 지열 히트펌프 유닛 1대를 적용한 설비로써 난방 용량 12.2 kW, 냉방 용량 15.2 kW로 설계하였다. Case 2는 지열 히트펌프 유닛 2대를 적용하여 난방 용량 24.4 kW, 냉방 용량 30.4 kW로 설계하였다. Case 3은 지열 히트펌프 유닛 3대를 적용하여 난방 용량 36.6 kW, 냉방 용량 45.6 kW로 설계하였다.

Table 4 GSHP system heating/cooling capacity

Case	Case 1	Case 2	Case 3
Heating Capacity [kW]	12.2	24.4	36.6
Cooling Capacity [kW]	15.2	30.4	45.6

Table 5는 Case별로 연간 난방 에너지 공급량을 분석한 결과이다. 건물에서 예상되는 연간 난방 에너지 사용 량은 124 MWh이었다. Case 1은 연간 61 MWh의 난방 에너지를 생산하였으며, 전체 난방 에너지 사용량의 49.2%를 공급하는 것으로 나타났다. Case 2는 연간 98 MWh의 난방 에너지를 생산하였고, 전체 난방 에너지 소비량의 79.0%를 공급하였다. Case 3은 연간 117 MWh의 난방 에너지를 생산하였고, 전체 난방 에너지 소비 량의 94.4%를 공급하였다.

Table 5 GSHP system heating energy delivered

Case	Net heating	Case 1	Case 2	Case 3
Heating delivered [MWh]	124	61	98	117
Heating energy supply rete [%]	100.0	49.2	79.0	94.4

Table 6는 연간 냉방 에너지 공급율을 Case별로 분석한 결과이다. 건물에서의 예상되는 냉방 에너지 사용량은 97 MWh이었으며, 분석 결과 Case 1은 전체 연간 냉방 에너지 사용량의 67.0%를 공급할 수 있는 65 MWh의 냉방 에너지를 생산하는 것으로 나타났다. Case 2는 전체 냉방 에너지 사용량의 99.0%를 공급하였고, Case 3은 전체 냉방 에너지 사용량을 모두 공급할 수 있는 것으로 분석되었다. Fig. 2는 연간 건물에서의 냉난방 에너지 사용량 대비 지열 히트펌프 시스템의 Case별 냉난방 에너지 공급비율을 비교하여 보여주고 있다.

Table 6 GSHP system heating/cooling capacity

Case	Net heating	Case 1	Case 2	Case 3
Cooling delivered [MWh]	97	65	96	97
Cooling energy supply rete [%]	100.0	67.0	99.0	100

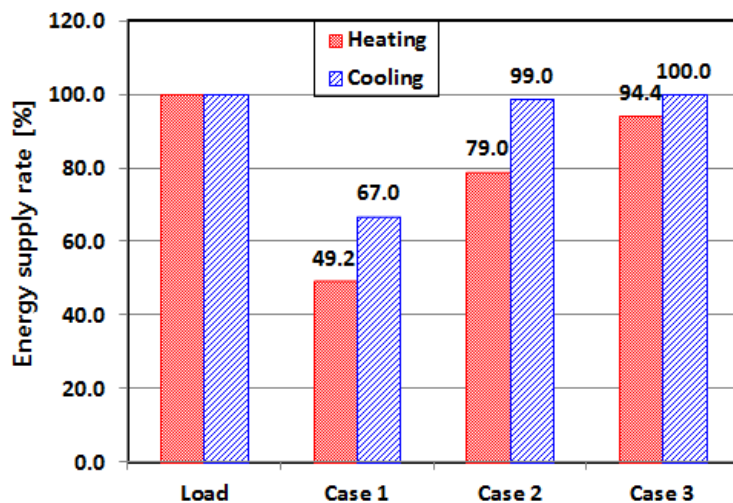


Fig. 2 GSHP system energy supply rate

Table 7은 지열 히트펌프 시스템 적용 대수에 따른 연간 냉난방 에너지 생산량과 기존 설비 대비 연간 에너지 공급 비율을 정량적으로 보여주고 있다. 지열 히트펌프 적용 대수가 1대인 Case 1의 경우 연간 생산되는 전체 냉난방 에너지는 126 MWh이며, 전체 건물 냉난방 에너지 사용량의 57%를 공급하는 것으로 나타났다. Case 2에서의 냉난방 에너지 생산량은 194 MWh로 전체 건물 냉난방 에너지 사용량의 87.8%를 공급할 수 있는 양이다. 지열 히트펌프 유닛 3대가 적용된 Case 3에서는 연간 214 MWh의 냉난방 에너지를 생산하였으며, 이는 건물의 냉난방 에너지 사용량의 96.8%로 거의 모든 냉난방 에너지를 충당하는 것으로 분석되었다. Fig. 3에서는 전체 건물 냉난방 에너지 사용량 대비 Case별 전체 냉난방 에너지 공급비율 분석 결과를 비교하여 보여주고 있다.

Table 7 GSHP system total energy delivered

Case	Total net energy [MWh]		GSHP energy delivered [MWh]		Total net energy [MWh]	Energy supply rate [%]
	Heating	Cooling	Heating	Cooling		
Case 1			61	65	126	57.0
Case 2	124	97	98	96	194	87.8
Case 3			117	97	214	96.8

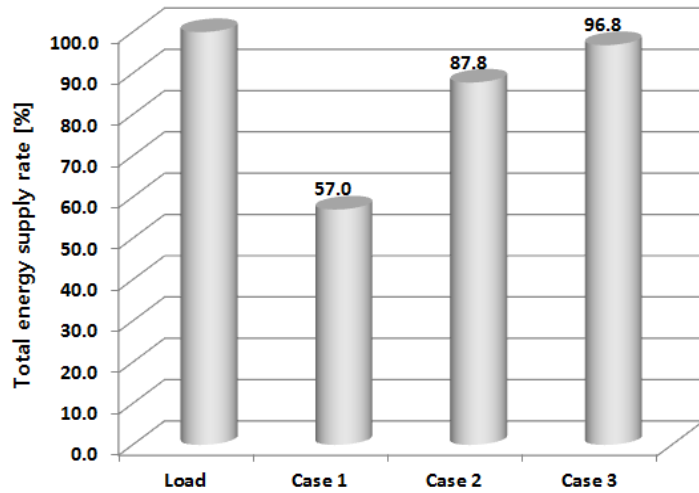


Fig. 3 GSHP system total energy supply rate

5.2 히트펌프 설비 용량별 에너지 공급율 분석

건물의 냉난방 설비로써 기존 설비 대비 지열 히트펌프 냉난방 시스템을 적용한 경우에 대하여 Table 8과 같이 투자회수기간인 ROI (Return on investment)를 분석하였다. Case별로 ROI를 살펴보면 Case 1은 7.9년, Case 2는 8.2년, Case 3은 9.7년으로 나타났다. 지열 히트펌프 시스템 적용 대수가 많을수록 연간 비용 절감액은 증가하였지만, 초기 투자 대비 ROI도 함께 증가함을 알 수 있었다. Case 3의 경우 건물부하 대비 지열 히트펌프 시스템의 난방 용량은 적절하였으나, 냉방 용량은 과설계 되었기 때문에 초기 투자비용 대비 연간 비용 절감액이 낮아서 Fig. 4에서 보이는 바와 같이 상대적으로 ROI가 크게 증가함을 알 수 있었다. 아울러, 기존 냉난방 설비에서 발생하는 온실가스 대비 Case별 온실가스 발생 저감량을 산출해 보았다. Case 1에서는 기존 설비 대비 9.1 tCO₂의 온실가스가 감소하였고, Case 2에서는 13.2 tCO₂로 감소하였다. Case 3에서는 14.1 tCO₂로 가장 큰 온실가스 감소 효과를 볼 수 있음을 알 수 있었다.

Table 8 GSHP system cost & ROI results

Case	Initial cost [KRW]	Annual cost [KRW]	Annual life cycle savings [KRW]	ROI [Year]	GHG emission reduction [tCO ₂]
Case 1	33,200,000	8,928,181	4,229,664	7.9	9.1
Case 2	53,090,000	7,023,161	6,295,637	8.2	13.2
Case 3	73,255,000	6,233,032	6,675,907	9.7	14.1

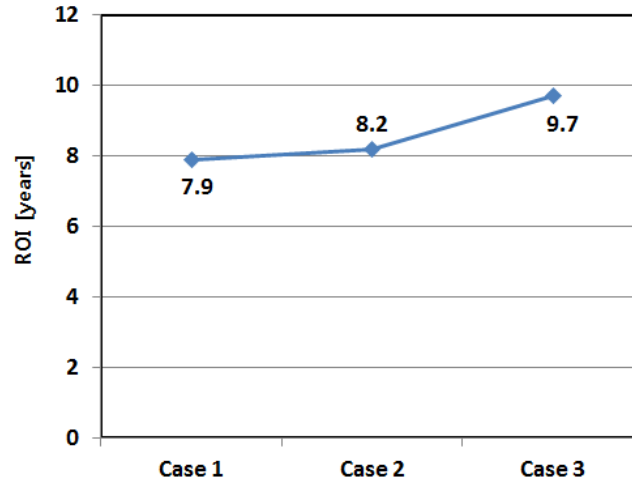


Fig. 4 GSHP system ROI results

6. 결론

본 연구에서는 RETScreen 프로그램을 활용하여 건물에서의 지열 히트펌프 시스템 적용성을 평가하기 위한 방법을 제시하였다. 또한 건물에서 예상되는 연간 냉난방 에너지 사용량 대비 신재생에너지 설비인 지열 히트펌프 시스템의 설비 용량에 따른 연간 냉난방 에너지 생산량과 공급비율을 분석하였다. 마지막으로 지열 히트펌프 시스템 설비 용량에 따라 투자회수기간이 어떻게 변화하는지를 정량적으로 평가하였다. 연구수행을 통하여 도출한 결론을 요약하면 다음과 같다.

- (1) RETScreen 프로그램을 활용하여 대전지역의 1,000 m²의 건물을 대상으로 기존 냉난방 설비 대비 지열 히트펌프 시스템 적용성을 평가하기 위한 방법을 제시하였다.
- (2) 지열 히트펌프 시스템 용량에 따라 Case 1, Case 2, Case 3으로 구분하였고, 각각의 설비 용량에 따른 냉난방에너지 생산량과 공급비율, 투자회수기간의 변화를 분석하였다.
- (3) Case 1에서 생산되는 연간 총 냉난방에너지는 126 MWh이었으며, 건물 냉난방 에너지 사용량의 57%를 공급하였다. Case 2에서의 냉난방에너지 총 생산량은 194 MWh로 건물의 냉난방에너지 사용량의 87.8%를 공급하였다. Case 3에서는 연간 214 MWh의 총 냉난방에너지를 생산하였고, 해당 건물의 냉난방 에너지 사용량의 96.8%를 공급하는 것으로 분석되었다.
- (4) Case별로 ROI를 살펴보면 Case 1은 7.9년, Case 2는 8.2년, Case 3은 9.7년으로 나타났다. Case 3에서 ROI가 크게 증가한 이유는 건물의 에너지부하 대비 지열 히트펌프 시스템의 난방 용량은 적절하였으나, 냉방 용량은 초과 설계 되었기 때문으로 사료된다.
- (5) 추가적으로, 기존 설비 대비 지열 히트펌프 설비에서의 온실가스 발생 저감량은 Case 1일 경우 9.1 tCO₂, Case 2일 경우 13.2 tCO₂, Case 3일 경우 14.1 tCO₂로 분석되었다.

결론적으로 RETScreen을 활용함으로써 건물에서의 지열 히트펌프 시스템 설계를 Case 별로 수행할 수 있었다. 특히 신재생에너지 공급 의무화에 대응하여 적용 건물에서의 지열 히트펌프 시스템 설비 용량에 따른 에너지 공급 비율 분석이 가능하였다. 또한 기존 냉난방 설비 대비 지열 히트펌프 냉난방 설비로 대체하였을 경우에 대한 경제성 분석 및 온실가스 발생 저감량 등을 정량적으로 분석할 수 있었다. 추후 본 연구를 바탕으로 대전시 사무용 건물에 적정 용량의 지열 히트펌프 냉난방 시스템을 적용하여 실험을 통해 검증해보고자 한다.

후기

본 연구는 2018년 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(No. 20188550000430).

REFERENCES

1. Ministry of Trade, Industry and Energy, Notification 2019-66, Regulations on Support Renewable Energy Facility.
2. <http://www.etscreen.net/>
3. Ju, J. W., Kim, H. S., Oh, S. J., Ha, S. Y., Choi, J. M., A Study on the Economic Evaluation of Photovoltaic System in the Residential Building by the Amount of Electricity Used, Korea Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems, Vol. 2, No. 2, pp. 28-34, 2008.
4. Kang, S. M., Jeon, Y. J., Cho, S. H., Lee, E. K., Jeon, E. C., Economic Evaluation of Unused Space PV System Using the RETScreen Model - A Case Study of Busan, Gangseo-gu -, The Korean Society of Climate Change Research, Vol. 8, No. 1, pp. 21-30, 2017.
5. Jang, J. C., Kang, E. C., Song, J. I., Kim, J. Y., Lee, E. J., A Study on Applying the Ground Source Heat Pump System in Greenhouse and Livestock Facility, Korea Society of Geothermal Energy Engineers, Vol. 5, No. 2, pp. 1-6, 2008.
6. National Resource Canada, 2005, RETScreen International – Ground Source Heat Pump Project Analysis
7. Lee, K. H., Lee, D. W., Nam, N. C., Kwon, H. M., Lee, C. J., Preliminary determination of optimal size for renewable energy resources in building using RETScreen, Energy, Vol. 47, No. 1, pp. 83-96, 2012.
8. <http://www.choongnamcitygas.co.kr/>
9. <http://www.kepco.co.kr/>
10. Korea Energy Economic Institute, 2018 Yearbook of energy statistics.