

서울시 지열에너지 보급 활성화 위한 제도 개선방안

정수경 문현석 백종락



서울시 지열에너지 보급 활성화 위한 제도 개선방안



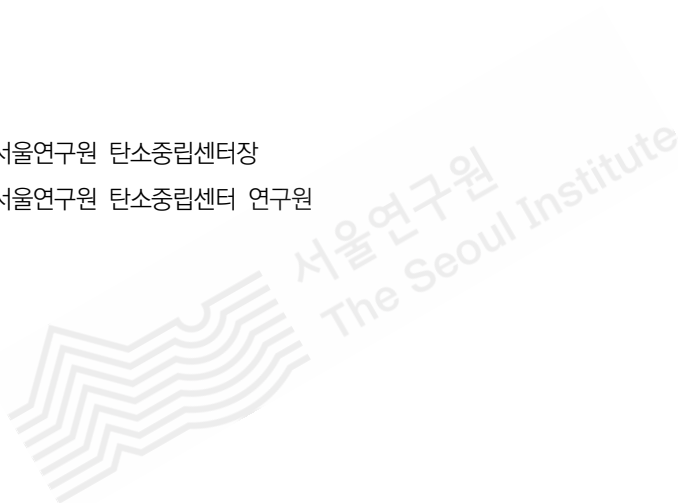
연구책임

정수경 서울연구원 탄소중립센터 연구위원

연구진

문현석 서울연구원 탄소중립센터장

백종락 서울연구원 탄소중립센터 연구원



이 보고서의 내용은 연구진의 견해로서
서울특별시의 정책과는 다를 수도 있습니다.

서울시, 지열 중심의 신재생에너지 보급을 위한 제도 개선방안 마련

서울시, 지열에너지 중심 대전환 ‘지열 보급 활성화 종합계획’ 수립

서울시는 온실가스 감축 및 기후 위기로부터 안전한 도시를 조성하기 위해 신재생에너지 보급 정책을 지열에너지 중심으로 대전환하는 「지열 보급 활성화 종합계획」을 수립하였다(2023. 11.). 이 계획(안)에는 공공부문에서의 지열 보급을 확대하기 위한 랜드마크 건설과 의무화 도입, 민간 부문에서의 활성화를 위한 설치비 및 운영비 인센티브 제공, 기술개발 지원, 전문 컨설팅 지원 등의 내용이 포함되어 있다. 이 연구는 종합계획 이행을 위한 세부적인 방안을 마련하고자 정책적인 제언을 하고자 한다.

유럽, 재생열 지원 정책 강화로 지열난방시스템 보급 확대 기대

해외의 대표적인 지열에너지 보급 정책에는 독일의 재생열 에너지 의무화 제도(RHO, Renewable Heat Obligation), 영국의 재생열 인센티브 제도(RHI, Renewable Heat Incentive), 그리고 프랑스의 열 기금(Heat Fund)이 있다. 영국은 2022년 3월에 RHI 제도를 종료하고, 보일러 업그레이드 지원제도(BUS, Boiler Upgrade Scheme)를 통해 저탄소 난방 시스템 설치를 위한 보조금을 지원 중이며, 기존 운영비 지원보다 더 직접적인 지원방안이다. 이는 국제에너지기구(IEA)가 2025년까지 가스와 석유 보일러 퇴출을 권고함에 따라, 독일, 영국, 프랑스 등 유럽 주요국이 가스보일러 신규 설치를 금지하는 법안을 통과시킨 데 따른 것으로 해석된다. 이러한 변화로 인해 히트펌프를 사용하는 지열난방시스템의 보급이 빠르게 확대될 것으로 기대된다.

한국, 열에너지 재생 지원에 한계...재생열에너지 확대 위한 지원 시급

한국은 전력 중심의 신재생에너지 정책을 통해 태양광과 같은 전력 기반 재생에너지

를 활성화하는 데 집중해 왔으며, 열에너지를 활용한 지원은 상대적으로 부족한 상황이다. 정부는 2013년부터 2016년까지 신재생에너지 공급의무화 제도 도입을 논의했으나 시행 시기 확정을 논의하는 과정에서 무산된 바 있고, 이후에도 재생에너지의 도입이 충분히 확대되지 못하고, 관련 기술 연구와 보급을 위한 인프라 지원 또한 미흡한 실정이다.

지열냉난방시스템, 공항·대학교·건물 등 다양한 활용과 투자회수 가능

지열냉난방시스템은 에너지자립률을 높이고 온실가스 배출을 줄이기 위한 중요한 대안으로서, 국제공항, 대학교, 공공건물, 쇼핑센터, 주거단지 등 다양한 시설에 적용되고 있다. 특히 미국은 지열을 이용한 지역난방 프로젝트에 초기 설치 비용의 약 60%를 보조금으로 지원해 민간 참여를 촉진하는 사례를 제공하고 있다.

IEA의 경제성 평가에 따르면, 정부 지원이 있는 경우 운영 후 10~12년 이내에 경제성이 확보되며, 국내 연구에서도 10년 이내 투자비 회수가 가능하다는 일부 연구 결과가 있다.

지열냉난방시스템, 민간 보급 저해요인 분석 및 개선방안 도출

지열냉난방시스템의 민간 보급을 저해하는 요인을 분석하고 개선방안의 우선순위를 도출하기 위해 지열 산업계 종사자를 대상으로 설문조사를 실시하였다. 저해요인을 기술적, 사회적, 제도적 요인으로 분류하여 리커트척도 조사를 실시한 결과, 기술적 요인으로는 건축공사기간 증가로 인한 시공 비용, 시스템 설치 비용, 유지보수 비용, 사회적 요인으로는 설계/시공사 부정적 인식, 건축주 부정적 인식, 건축주와 사용자의 입장 차이, 제도적 요인으로는 에너지자립률 계산 시 환산계수 불리, 인센티브지원 제도 미비, 의무화제도 미비의 순으로 분석되었다.

이를 개선하기 위한 제도개선방안 도출을 위해 AHP방법론을 통해 쌍대비교하였고, 그 결과는 1) 에너지자립률 환산계수 수정, 2) 설치비 지원제도, 3) 효율개선 진단 등 기축건물 지원, 4) 기획~운영 단계별 컨설팅 지원, 5) 실증/시범사업 지원, 6) 재생에너지 설치 의무화, 7) 운영비 지원제도의 순으로 우선적으로 지원이 필요하며, 지원 시 추가로 검토할 사항을 아래와 같이 정리하였다.

제도 개선방안	제도 개선 시 검토 사항 등
에너지자립률 계산식의 환산계수 수정	• ZEB의 에너지자립률 계산식이 지열에 불리하게 작용하여 사업자는 재생에너지 중 지열보다 유리한 태양광 등을 선택하여 설계 및 적용함 • 에너지자립률 산정 시 지열은 “연료” 환산계수 1.1 적용하여 생산량 계산하고, 히트펌프 사용에 “전력” 환산계수 2.75 적용하여 소비량 계산하므로 타 신재생에너지 대비하여 불리하게 계산됨
인센티브 지원 제도 도입	• (설치비) 기축건물에 지열설치비를 지원하는 것이 건축주에게 가장 직접적인 영향을 미치며, 기축건물의 시스템 효율 향상을 위한 주요 장비 교체(히트펌프, 순환펌프 등) 지원을 통해 기존 설비의 효율 증대를 통해 생산량 증대에 직접 기여 가능하며 신속한 효과를 볼 수 있음 • (운영비) REMS 실적을 통한 운영비 지원을 통해 지열 시스템의 운영 효율을 증대할 수 있도록 독려하고, 운영 기술 교육 및 컨설팅 지원 필요
효율개선 진단 등 기축건물 지원	• 서울시는 2024년 7월부터 서울시 민간 지열설비 효율개선 지원사업을 시행 중임 • 본 사업의 효과 증대를 위해 서울시 자체적으로 구성한 전문적인 에너지진단팀이 기축건물에 설치된 지열냉난방시스템의 현재 성능을 평가하고, 에너지사용 패턴을 분석하여 비효율적인 부분을 개선하도록 지원하는 방안을 제안함
기획~운영까지 단계별 컨설팅 지원	• 초기 기획, 설계/시공, 운영/유지보수까지 모든 단계에서 컨설팅을 제공하여 성공적인 설치와 운영을 돕는 전문 컨설팅팀 운영을 제안함 • 서울시는 검증된 에너지진단기업, 지열 시스템 설계, 시공, 유지보수 전문가 풀을 마련하여, 민간 건축물 소유주가 이들 전문가와 연계될 수 있는 체계를 구축하여야 함
기술검증을 위한 실증/시범사업 지원	• 지열냉난방시스템의 최신 기술 및 혁신적인 운영방식을 실증할 수 있는 실증 및 시범사업 지원하여 신기술의 성능과 안정성을 검증하여 도입 장벽을 낮추고 사업화를 독려함 • 주거/비주거 시설에서 다양한 규모와 용도로 적용할 수 있도록 상업빌딩, 공공시설, 주택단지 등에서 다양하게 시범사업을 추진하는 것이 필요하며, 성공사례를 기반으로 향후 민간 투자 유도를 촉진할 수 있음
재생열에너지 설치 의무화제도 보완	• 2024년 10월에 행정예고된 서울시 녹색건축물 설계기준 일부개정고시안의 내용은 연면적 3만㎡ 이상 비주거 건축물의 경우 지하개발 면적의 50% 이상의 지열 등 재생열 설치를 의무화하는 내용을 담고 있음 • 이를 통해 지열 보급에 긍정적인 효과가 기대되나, 지열 설치 의무 예외 기준의 세분화가 필요함(지하기반시설 인접 건축물 등) • 현행 서울시 녹색건축물 설계기준의 제2조 제2항에 따르면, ZEB 인증 취득 시에는 제1항의 에너지성능, 에너지관리, 신재생에너지 평가를 제외한다”고 명시되어 있으므로, ZEB인증제도가 강화될 경우 서울시 재생열 설치 의무 기준은 유명무실해질 수 있으므로 보완이 필요할 수 있음

목차

01 연구 개요	1
1_연구 배경 및 목적	2
2_연구 범위 및 방법	3
02 국내외 열에너지 정책·제도 분석	7
1_국외 열에너지 정책·제도 분석	8
2_국내 열에너지 정책·제도 분석	13
3_서울시 열에너지 정책·제도 분석	25
4_시사점	29
03 국내외 지열 이용 현황 및 사례	31
1_국내외 지열 이용 현황	32
2_국내외 지열 설치 사례	43
3_시사점	57
04 지열에너지 보급 활성화 방안 검토	59
1_지열 보급 저해요인 분석 및 개선방안 도출	60
2_지열 보급을 위한 인센티브 제도 도입 검토	72
3_지열 보급을 위한 의무화 제도 도입 검토	81
05 결론	85
1_서울시 지열 보급을 위한 제도 개선방안 제언	86
2_향후 연구방향	92

참고문헌	93
Abstract	96
Contents	98



표 목차

[표 2-1] 국외 지열에너지 정책 동향	10
[표 2-2] 유럽, 미국의 히트펌프 보급 정책	11
[표 2-3] 국가 에너지 관련 기본계획	13
[표 2-4] 친환경에너지 의무화 및 인증 관련 제도 및 기준	14
[표 2-5] 설치의무화 제도 신재생에너지 설치의무비율(신재생에너지법 시행령 별표 2)	15
[표 2-6] 신재생에너지원의 단위 에너지 생산량 및 원별 보정계수	15
[표 2-7] 공급의무화 제도 연도별 의무공급량의 비율	16
[표 2-8] 공급의무화 제도 신재생에너지의 종류 및 의무공급량	17
[표 2-9] 신재생에너지 공급인증서(REC) 가중치	17
[표 2-10] 산업부 RHO 도입방안(안)(미도입)	18
[표 2-11] 에너지자립률 계산식의 1차에너지 환산계수	20
[표 2-12] 제로에너지건축물, 에너지 효율등급, 녹색건축 인증 비교	21
[표 2-13] 건축물 에너지 효율등급 인증기준	22
[표 2-14] 보일러 및 냉난방설비 분야의 인증 대상 품목 및 적용범위	24
[표 2-15] 서울시 에너지 관련 법정 기본계획	25
[표 2-16] 서울시 에너지 관련 제도 및 기준	26
[표 2-17] 녹색건축물 설계기준(안)의 적용기준	27
[표 2-18] 녹색건축물 인허가 신청 시 심의 서류	28
[표 3-1] 2019년 유럽 냉난방부문의 재생에너지 비중	33
[표 3-2] 국내 최종에너지 소비량 및 에너지원별 비중	35
[표 3-3] 한국 신재생에너지 생산량 및 비율	36
[표 3-4] 국내 지자체별 지열에너지 보급량	37
[표 3-5] 서울시 에너지원별·부문별 최종에너지 소비량	40

[표 3-6] 서울시 에너지 소비부문별 온실가스 배출량 현황	42
[표 3-7] 미국 내 주요 지열 지역난방시스템 리스트 및 가동개시 시점	48
[표 3-8] 미국 내 주요 지열 지역난방시스템 초기자본비용 중 보조금 지원 비율	49
[표 3-9] 국내 지열부문 연구개발 과제 이력 요약	55
[표 3-10] 지열시스템의 경제성 분석 선행연구 방법론 및 주요 결과 요약	56
[표 4-1] 설문조사 대상 전문가 구성	61
[표 4-2] 설문조사 주요 내용	61
[표 4-3] 저해요인 분석을 위한 리커트 척도 조사 질문지	62
[표 4-4] 대분류별 중요도 리커트 척도 분석 결과	63
[표 4-5] 저해요인 분석을 위한 리커트 척도 기술통계	65
[표 4-6] 개선방안 우선순위 AHP 분석 결과(가중치 적용 전)	68
[표 4-7] 개선방안 우선순위 AHP 분석 결과(가중치 적용 후)	69
[표 4-8] 지열 보급을 저해하는 요인분석 및 개선방안 도출 결과	70
[표 4-9] 서울시 지열 인센티브 지원방식(안)	73
[표 4-10] 지열금융지원사업(안)과 태양광금융지원사업 비교	76
[표 4-11] 서울 재생열에너지 설치비 지원(안) 비교	76
[표 4-12] 서울 RHI제도(안) 비교	77
[표 4-13] 신재생에너지 건물 지원사업 및 주택 지원사업	78
[표 4-14] 에너지공단 신재생에너지 보급지원사업 중 서울시 지열 설치 용량 및 지원금	79
[표 4-15] 신재생에너지 보급지원사업(지자체 참여)	80
[표 4-16] 서울 RHO제도(안) 비교	82
[표 4-17] 신재생에너지 설치의무화 제도의 지열, 태양광 보정계수 비교(2019~2022)	83

그림 목차

[그림 1-1] 히트펌프를 이용한 냉난방 원리 개념도	3
[그림 1-2] 연구의 흐름	5
[그림 3-1] 세계 에너지원별 최종에너지 소비량 비교(2012년 - 2022년)	32
[그림 3-2] 주요 국가별 발전량 중 재생에너지 점유율(2021년 기준, IEA)	33
[그림 3-3] 주요국의 건물용 히트펌프와 전통보일러 기반 난방시스템 판매 비율	34
[그림 3-4] 국내 에너지원별 최종에너지 소비 변화	35
[그림 3-5] 신재생에너지 생산량	36
[그림 3-6] 전국 지열에너지 보급 변화 추이	37
[그림 3-7] 국내 지열원 히트펌프 설비 보급 추이	38
[그림 3-8] 서울시 최종에너지 소비량	40
[그림 3-9] 서울시 지열 생산량 및 신규 설치 용량 변화	41
[그림 3-10] 프랑스 노인복지시설(EHPAD) 전경 및 지열냉난방 설비	44
[그림 3-11] 영국 Lanchester Wines 음료 창고 지열난방시스템	45
[그림 3-12] 프랑스 Westhoffen의 단독주택 전경 및 시추작업 현장	46
[그림 3-13] 서울시청 (a) 지열이용 개념도, (b) 천공홀 배치도	51
[그림 3-14] 세종시 정부종합청사 에너지 시설 배치도	52
[그림 3-15] 신재생에너지 기술 지열부문 국내 연구개발비 변화	54
[그림 4-1] 설문 설계 및 방법	60
[그림 4-2] 응답자 산업분야별 대분류별 리커트 척도 분석 결과 비교	63
[그림 4-3] 개선방안 우선순위 분석을 위한 AHP 설문 구조도	66
[그림 4-4] AHP 조사 분석틀 구성(예: 분야별 상대적 중요도)	66
[그림 4-5] 대분류별(기술적 요인, 사회적 요인, 제도적 요인) 상대적 중요도	67

01

연구 개요



1_연구 배경 및 목적

2_연구 범위 및 방법

01. 연구 개요

1_연구 배경 및 목적

1) 연구 배경

- 서울시 탄소중립 정책 실현을 위해 지열 등 신재생에너지 보급·확산 시급
 - 서울의 온실가스 배출량 중 73.5%¹⁾를 차지하는 건물부문의 온실가스 감축을 위해 “서울시 지열 보급 활성화 종합계획” 수립(2023. 11.)
 - 건물 냉난방을 전통냉난방(에어컨, 보일러)에서 지열시스템으로 전환하여 온실가스 감축에 직접적으로 기여하고자 함
- 비전력 에너지인 신재생열 활용 확대²⁾로 에너지의 효율적 이용 및 전환 손실 최소화, 전력 열 간 균형 있는 신재생에너지 보급 추진 필요
 - 최종에너지소비에서 열에너지의 비중은 51%이지만, 대부분 화석연료를 열에너지로 변환하여 사용하고 있으며, 재생에너지 비중은 10.2%에 불과함(REN21, 2020)
 - 따라서 친환경 열에너지 생산 및 공급기술이 필요하며, 지열을 활성화하기 위한 제도 지원 등에 대한 연구가 필요함

2) 연구 목적

- 서울시 “지열 보급 활성화 종합계획”의 추진을 위한 상세 제도 개선방안 마련

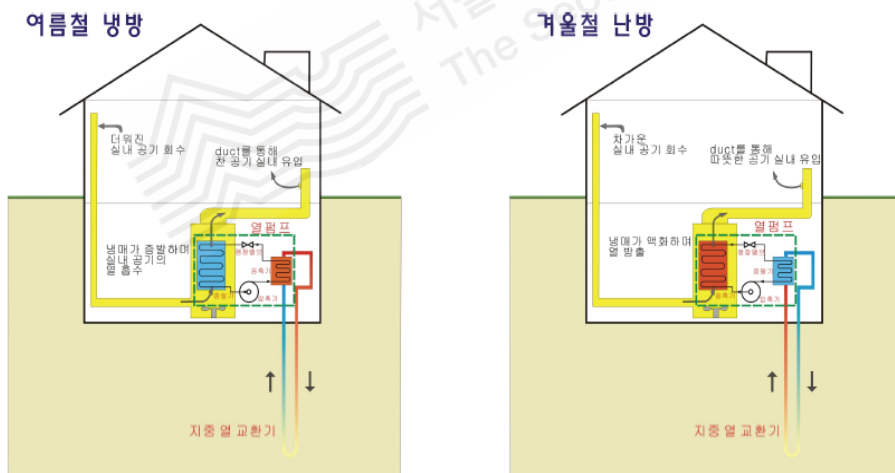
1) 서울시 온실가스 인벤토리 보고서(2020년도분), 2020

2) 제5차 신·재생에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획(2020. 12.)의 추진전략에 非전력 에너지 확산 기반 마련 명시

2_연구 범위 및 방법

1) 연구 범위

- 연구의 분석 대상은 지열시스템의 보급을 위한 정책 및 사례를 대상으로 하며, 지열발전은 포함하지 않음
- 지열시스템은 토양, 암반, 지하수 등이 보유한 지하의 열원을 이용한 열펌프로 냉수와 온수를 발생시켜 냉방과 난방에 이용하는 설비 시스템으로 정의함(국가건설기준 표준시방서 KCS 31 50 15 05: 2021)
 - 지열시스템은 지하와 대기의 온도차를 이용해 지중으로부터 열을 얻거나(난방), 지중으로 열을 방출하는(냉방) 시스템임
 - 시스템 구성은 지중열교환기와 지열히트펌프, 배관, 제어시스템이며, 보어홀³⁾의 개방 여부에 따라 밀폐형(수직형, 수평형 등)과 개방형(지하수 이용)으로 분류함



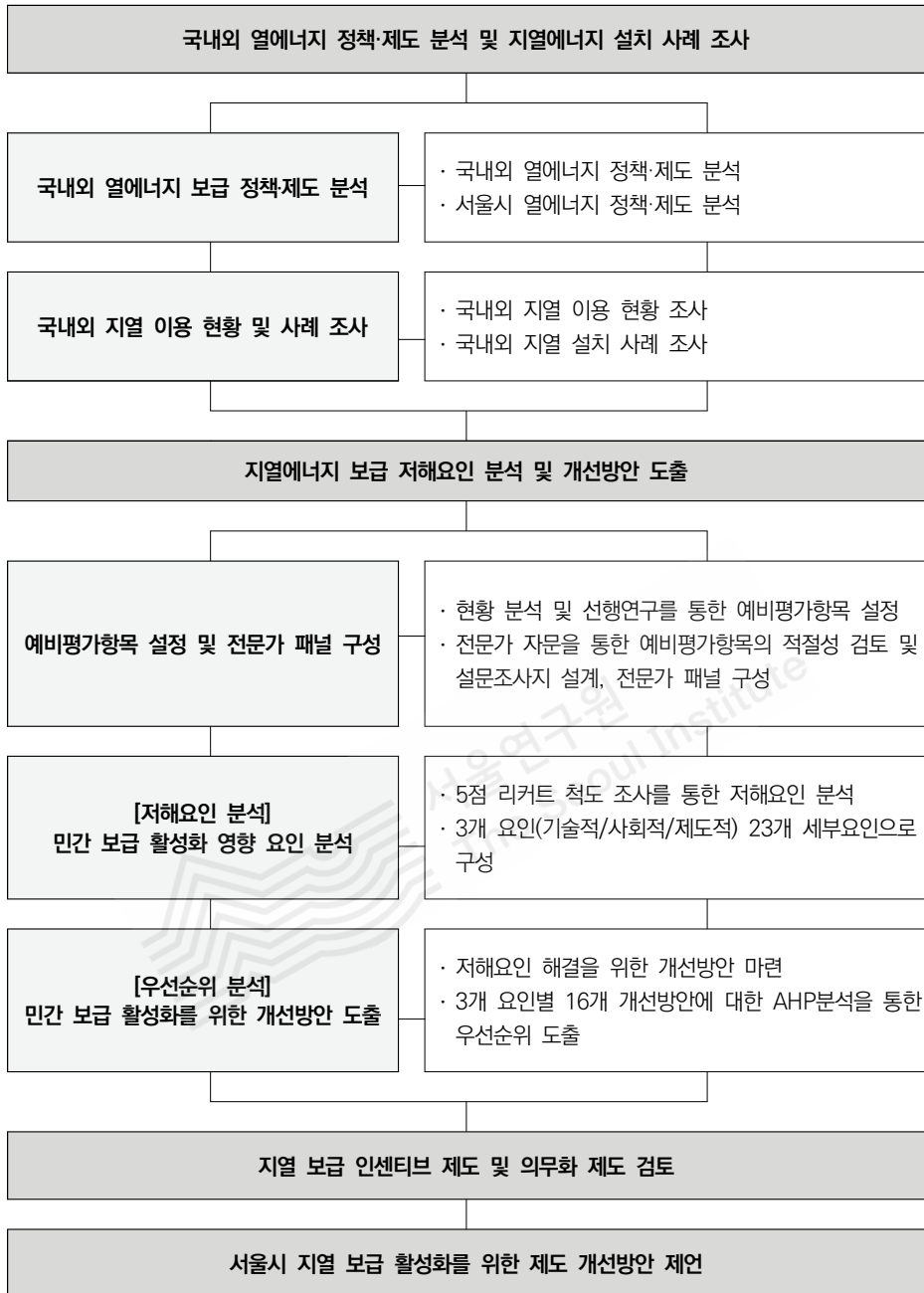
자료: 2020 신·재생에너지백서, 한국에너지공단

[그림 1-1] 히트펌프를 이용한 냉난방 원리 개념도

3) 지중열교환기를 매설하기 위하여 지중에 천공하는 구멍

2) 연구방법

- 이 연구는 국내외 열에너지 보급 정책 및 지열에너지 활용 현황을 종합적으로 분석하고, 서울시 지열 보급 활성화를 위한 제도 개선방안을 도출하기 위해 [그림 1-2]와 같은 연구 절차와 방법을 활용함
- 먼저 국내외 열에너지 정책·제도 분석 및 지열에너지 설치 사례 조사를 진행하여, 서울시 지열 보급 활성화를 위한 제도 개선 방향 설정의 기초 자료로 활용함
 - 국내외 열에너지 관련 정책 및 제도 현황을 조사하고, 특히 서울시의 열에너지 정책 체계를 중점 분석함
 - 지열에너지 보급 관련한 국가별 설치 사례와 운영 시스템을 조사하여 벤치마킹 가능성을 검토함
- 지열 보급 활성화에 미치는 저해요인과 개선방안의 우선순위를 도출하기 위해 두 가지 유형의 설문조사(리커트 척도조사 및 AHP 분석조사)를 지열 산업계 종사자를 대상으로 실시함
 - (설문조사 설계) 전문가 자문 회의를 통한 예비평가항목의 적절성 검토 및 설문조사지 설계, 전문가 패널 구성
 - (리커트 척도조사) 기술적·사회적·제도적 측면에서의 지열 보급 저해요인을 5점 척도로 평가
 - (AHP 분석) 도출된 개선방안을 대상으로 상대적 중요도를 분석하여 정책 우선순위를 도출
- 또한 서울시 지열 보급을 위해 인센티브 제도와 의무화 제도를 도입할 경우의 운영 방안과 실현 가능성을 검토함
- 최종적으로 서울시 지열 보급을 위한 정책적인 우선순위와 고려해야 할 사항을 종합적으로 제언함



[그림 1-2] 연구의 흐름

[참고] 지열시스템 기술 개요

□ 기술 특징

- 물, 지하수 및 지하의 열 등의 온도차를 이용하여 냉난방에 활용하는 기술이며, 지열열냉난방시스템은 지하수의 연평균 온도가 약 15℃로 일정하다는 특성을 이용하여 냉난방과 온수공급을 동시에 구현할 수 있다는 점에서 높은 효율성을 가짐

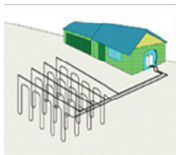
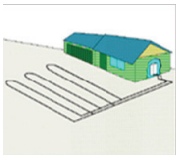
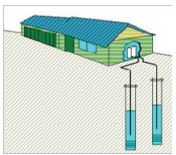
□ 기술 원리

- 지열시스템은 땅속에 설치한 지중열교환기를 통해 열에너지를 지상으로 올려 보내고 땅 위에 설치된 히트펌프가 올라온 열에너지를 냉난방에너지로 전환하여 공급하는 방식

□ 기술 종류

- 지열을 회수하는 파이프(열교환기)의 회로구성에 따라 밀폐형(Closed Loop)과 개방회로(Open Loop)로 구성됨
- 밀폐형은 루프의 형태에 따라 수직, 수평루프시스템으로 구분되며, 수직으로는 100~150m, 수평으로는 1.2~1.8m정도 깊이로 열교환기를 매설함
- 개방형은 온천수, 지하수에서 공급받은 물을 운반할 수 있으며, 에너지원이 파이프를 통해 직접 채취되므로 효율이 좋음

□ 밀폐형과 개방형 시스템의 비교

구분	밀폐형(Closed Loop) 시스템	개방형(Open Loop) 시스템	
특징	· 지열공: 관경150mm, 깊이 200mm 이내 (개소당 최대 3RT 열에너지 생산) · 열교환방식: 부동액 등을 순환시켜 간접 열교환	· 지열공: 관경200mm, 깊이500mm 이내 (개소당 최대 30RT 열에너지 생산), · 열교환방식: 지하수를 순환시켜 직접 열교환	
장점	· 보편화된 기술로 설치 사례 다수 · 지하수나 지질 상태에 영향을 덜 받으며 안정성이 높음	· 천공면적이 적어서 초기투자비용이 적음 · 밀폐형 대비 유지보수 대처가 용이함	
단점	· 다량 천공으로 인한 초기투자비용 및 공사기간 증대 · 하자 발생 시 유지보수가 어려움	· 지중 함몰 위험 및 수중펌프의 유지보수비와 운전비 많이 소요됨 · 지하수 부존 여부 검토 및 행정절차 추가	
개략도	 밀폐형(수직형)	 밀폐형(수평형)	 개방형

02

국내외 열에너지 정책·제도 분석



- 1_국외 열에너지 정책·제도 분석
- 2_국내 열에너지 정책·제도 분석
- 3_서울시 열에너지 정책·제도 분석
- 4_시사점

02. 국내외 열에너지 정책·제도 분석

- 서울시는 2023년 11월 「지열 보급 활성화 종합계획」을 발표하면서, 신재생에너지 보급 정책을 지열에너지 중심으로 대전환하고자 함
 - 2030년까지 지열설비 1GW 보급 달성을 목표로 함
 - 공공부문에서의 지열 보급 선도하기 위해 가락시장 등에 지열설비를 도입하여 지열 랜드마크를 조성, 공공부문 지열 의무화 도입 등
 - 민간부문의 지열 설치 확산을 유도하기 위해 서울형 지열 인센티브(설치비, 운영비), 제도 개선 통한 보급 확산 기반 구축 등
 - 보급 활성화 기반 확충을 위한 기술개발 지원, 전문 컨설팅 운영 등
- 본 장에서는 종합계획 이행을 위한 세부적인 방안 마련을 위해, 국내외와 서울시의 열에너지 관련 정책·제도 현황에 대해 상세하게 분석하고 제도 개선방안에 대해 검토함

1_국외 열에너지 정책·제도 분석

1) 지열 공급 비중 확대 정책

- 재생에너지 중 열 공급 비중을 확대하기 위한 정책은 독일 RHO(Renewable Heat Obligation)⁴⁾제도, 영국의 RHI(Renewable Heat Incentive)⁵⁾제도, 프랑스 Heat Fund가 대표적인

⁴⁾ RHO(Renewable Heat Obligation): 재생에너지공급의무화 제도로 규제 대상에게 전체 열생산 또는 공급량의 일정 비율을 신재생열로 감당토록 의무화

⁵⁾ RHI(Renewable Heat Incentive): 신재생 열차액 지원제도로써 FIT와 같이 기존 열생산방식에 비해 경제성이 부족한 신재생열생산금액을 재정지원

- 독일의 RHO제도(2009~)는 50m² 이상 신축 주거용 및 비주거용 건물에서 재생열에너지를 일정 비율 이상 사용하도록 의무화한 제도
 - 2009년에 제정된 재생에너지 난방 의무화법을 통해, RHO제도는 신축 건물에 재생열에너지 사용을 법적으로 규정하고 있음
 - 기존 건물의 경우, 재생에너지 난방시스템을 설치할 때 보조금과 저리 융자를 제공하여 설치 비용 부담을 줄이고 재생에너지 난방 비율 확대 지원 중
 - RHO제도와는 별개로, 2024년 1월 개정된 건물에너지법(GEG, Gebäudeenergiegesetz)에 따라 새로 설치되는 모든 난방시스템은 최소 65%의 재생에너지로 운영되어야 하는 기준 추가 도입됨
- 영국의 RHI제도(2011~2022)는 경제성이 낮은 재생열에너지 생산 방식에 대한 인센티브(운영비)를 제공하여 재생에너지 보급을 촉진함
 - 바이오가스, 바이오매스, 태양열, 지열 등의 다양한 재생에너지원이 지원대상이며, 실측기반으로 생산량을 검증한 후 분기별 보조금 지급
 - 이 제도는 2011년 비주거용 건물에 먼저 도입되었고, 2014년에는 주거용 건물에 확대됨. 상업용과 가정용 건물에 따라 요율표가 상이하며 보조금 신청일 기준으로 요율표 적용하여 7년 동안 지원금 지급
 - 2022년 3월부터는 신규 신청이 종료되었으며, 마지막 지원금은 2029년에 지급될 예정
 - RHI를 대체하는 제도로 2022년 4월부터 시행된 BUS(Boiler Upgrade Scheme)는 저탄소 난방시스템 설치를 위한 보조금을 지원 중
- 프랑스의 Heat Fund(2009~)는 태양열, 지열 등의 재생열에너지를 통해 열 공급 비율을 확대하기 위한 재정지원 프로그램으로, 특히 재생에너지를 활용한 난방 설비 설치를 촉진함
 - 주거용, 상업용, 산업용 건물에 재생에너지 기반 난방시스템을 설치할 때 보조금을 제공
 - 재생에너지를 통해 열을 생산하는 프로젝트를 지원하며 특히 기축 건물의 에너지 전환을 장려함

- Heat Fund와는 별개로, 2022년부터 시행된 RE2020⁶⁾은 신축 건물의 에너지 성능 기준을 강화하고 재생열에너지 사용을 의무화함
- 미국은 연방 정부의 세액 공제 혜택과 주별 금융 프로그램을 통해 재생열에너지 및 열·전기 병합 발전(CHP) 시스템 적극 지원
 - 워싱턴 D.C., 캘리포니아, 뉴욕 등의 여러 주에서 재생열에너지 및 CHP 시스템 설치를 위한 금융 프로그램과 세제 혜택이 도입되어, 기업과 가정이 에너지 효율적인 난방 및 전력 생산을 도입할 수 있도록 지원
 - IRA법⁷⁾에 근거한 재생에너지 투자 세액 공제(ITC, Investment Tax Credit)는 태양광, 지열, 풍력, 열·전기 병합발전(CHP) 시스템 등의 재생에너지 설비 설치 시 투자 비용의 최대 30%를 세액 공제 지원

[표 2-1] 국외 지열에너지 정책 동향

구분	정책
독일	• 2009년부터 RHO제도(재생열에너지 의무화 제도) 도입 및 시행 중
영국	• 2011년 RHI 제도(재생열에너지 인센티브 제도) 도입, 2022년 3월 신규 신청 종료 • 2022년 BUS 제도(보일러 업그레이드 지원제도) 도입, 히트펌프 설치비 지원 제공
프랑스	• 2009년 Heat Fund 사업 도입 및 지속 운영 중 • 2020년 RE2020을 통해 신축 건물에 재생열에너지 사용 의무화
미국	• 2010년대 초반부터 워싱턴, 뉴욕 등에서 재생열에너지 투자를 위한 금융 프로그램 도입 및 지속 운영 중 • 2022년부터 IRA법(Inflation Reduction Act)에 근거한 투자 세액 공제(ITC) 제도 시행

⁶⁾ RE2020(Réglementation Environnementale 2020)은 프랑스의 건물 에너지 및 환경 규제로 프랑스의 에너지 전환법 및 기후에너지법을 기반으로 함

⁷⁾ IRA법(Inflation Reduction Act, 2022)은 미국 정부가 기후 변화 대응, 에너지 전환, 그리고 경제성장을 촉진하기 위해 마련한 대규모 법안으로, 기후 정책, 에너지 정책, 의료비 절감, 그리고 세제 혜택 등을 포함함

2) 히트펌프 보급 정책

- 국제에너지기구(IEA)가 탄소중립을 위해 2025년 가스·석유보일러 퇴출을 권고함. 이에 따라 독일, 영국, 프랑스 등 유럽 주요 국가에서 가스보일러의 신규 설치를 금지하는 법안이 통과되면서 히트펌프 사용 확대 기대
 - 히트펌프는 공기열, 지열, 수열과 같은 자연에너지원에서 열을 추출하여 건물 난방 및 냉방, 온수공급, 산업용 공정에 활용 가능하며, 지속 가능한 에너지 전환의 핵심기술로 평가함
 - 전 세계의 30개 이상의 국가에서 히트펌프 설치를 위한 초기 비용 절감을 위해 보조금, 소득세 또는 부가세 환급, 저리 대출 등 재정적 인센티브를 활발히 제공 중
 - 유럽은 “REPower EU Plan”을 통해 2026년까지 히트펌프 약 2,000만 대, 2030년까지 6,000만 대 설치 목표로 히트펌프 전환 가속화 중
 - 유럽은 러시아산 가스 수급 불안정성으로 인해 에너지 안보 차원에서 히트펌프를 선호하고 있으며, 가스 가격 변동으로 인해 히트펌프가 가격 경쟁력 확보함

[표 2-2] 유럽, 미국의 히트펌프 보급 정책

구분	정책
독일	• 2024년부터 신규 건물에 재생에너지 65% 이상 사용하는 보일러 설치 의무화 • 2045년부터 화석연료 보일러 전면 금지
영국	• 2028년까지 연간 60만 대 히트펌프 설치 목표 • 2035년부터 가스보일러 신규 설치 금지
덴마크	• 2030년까지 모든 건물에 재생에너지 기반 난방시스템(히트펌프 및 지역난방) 의무화 목표
프랑스	• 2027년까지 히트펌프 생산을 세 배로 늘리고, 2023년부터 신규 석유보일러 설치 금지
미국	• 연방과 주정부가 함께 히트펌프 보급을 지원하며, IRA법을 통해 최대 2,000달러 세금 공제 제공 • 뉴욕은 2024년부터 7층 이하 신축건물에 가스보일러 사용 금지, 2027년부터 고층건물에도 적용 예정 • 캘리포니아는 2030년부터 가스난방기와 온수기 판매를 금지하며 히트펌프로 대체할 계획 추진 중

자료: IEA(2021), 에너지경제연구원(2022)

- 독일은 2022년 화석연료(석탄, 석유, 천연가스) 보일러 설치 금지 법안 채택⁸⁾했으며, 2024년부터 신규 설치 보일러는 최소 65% 신재생에너지를 사용하여야 하고, 2045년까지 화석연료 보일러 전면금지 목표로 단계적으로 확대할 예정임
- 영국은 히트펌프 설치를 촉진하기 위해 BUS(Boiler Upgrade Scheme) 제도를 도입, 가정용 히트펌프 설치 시 최대 £7,500의 보조금 제공
- 프랑스는 RE2020을 통해 신축 건물에서 재생에너지 사용을 의무화하고 있으며, Heat Fund를 통해 히트펌프와 같은 재생에너지 기반 난방시스템 설치 지원 중
- 덴마크는 화석연료 난방시스템의 단계적 철폐 계획으로, 히트펌프 보조금 및 세금 혜택을 제공 중이며, 2030년까지 모든 신규 건물에 재생에너지 기반 난방시스템을 의무화할 예정
- 미국은 연방정부와 주정부가 동시에 히트펌프의 보급을 지원하는 정책을 운영 중으로, 연방정부는 IRA법을 통해 주택 소유자에게 히트펌프 설치 시 최대 2,000달러의 세금 공제를 지원하고, 청정에너지 시스템 설치 시 최대 30%의 세금 공제를 제공
 - 뉴욕주에서는 NYS Clean Heat 프로그램을 통해, 공기열 히트펌프 설치 시 최대 3,000달러, 지열 히트펌프 설치 시 최대 9,000달러까지 인센티브 제공
 - 뉴욕은 가스 사용 금지 정책을 통해 2024년부터 신축 건물 중 7층 이하 건물에 대해 천연가스 사용이 전면 금지되었으며, 2027년부터는 7층 이상의 고층건물에도 이 규제 적용 예정
 - 캘리포니아주는 Tech Clean California 프로그램을 통해 계약업체를 통해 히트펌프 설치 시 최대 1,000달러의 보조금을 제공 중
 - 메인주는 Efficiency Maine Trust를 통해 주거용 히트펌프 설치 시 최대 8,000달러의 인센티브 제공

⁸⁾ 단계적 2024년부터 신규 건물에는 신재생에너지를 최소 65% 사용하는 보일러만 설치하고, 기존 건물에는 2026년부터, 소도시에는 2028년부터 적용

2_국내 열에너지 정책·제도 분석

1) 국가 법정 기본계획

- 제3차 에너지기본계획에 “열, 가스 등 비전력 에너지 활용을 확대하여 전 환손실을 최소화함으로써 에너지의 효율적 활용 도모” 명시
 - 최종에너지 소비 기준 2020년 전기는 20.6%에 불과하나, 그 간의 우리나라 에너지 산업구조는 전력시장 중심으로 운영됨
- 집단에너지⁹⁾ 공급 기본계획에 ‘재생열 공급 확대’의 일환으로 4세대 지역 난방시스템¹⁰⁾ 활용 기반 구축 등 열분야 에너지 전환 추진 시 재생열에너지(지열, 태양열, 수열) 활용 확대 방안의 검토 명시함
 - 탄소중립 녹색성장 기본계획, 기후변화대응 기본계획, 에너지기본계획 등에서 열에너지 활용 확대, 제로에너지건축물 확대 등을 명시하였으나 지열시스템 관련 정책 부재함

[표 2-3] 국가 에너지 관련 기본계획

기본계획	근거법	발표 주기	계획 기간	내용	비고
제1차 탄소중립 녹색성장 기본계획 (2023~2042)	탄소중립 기본법	5년	20년	(공급) 청정에너지 추가 확대 (수요) 제로에너지건축물 확대, 건물 냉난방시 수열에너지 활용 활성화 추진	수열 명시
제2차 기후변화대응기본계획 (2020~2040)	녹색성장법 (2022년 폐지)	5년	20년	(전환) 재생에너지 발전 비중 확대, (2030)20%, (2040)30~35%, (수요) 공공건물 녹색건축물 전환 의무화 등	-
제3차 에너지기본계획 (2019~2040)	녹색성장법 (2022년 폐지) ¹¹⁾	5년	20년	(공급) 비전력 에너지의 활용 확대 등 (수요) 건물 에너지 효율 평가체계 도입, 건물 설비기준 강화 등	-
제5차 집단에너지 공급 기본계획 (2019~2023)	집단에너지 사업법	5년	5년	(공급) 열분야 에너지 전환 추진 - 재생열 공급 확대(지열, 태양열, 수열)	지열 명시
제5차 신재생에너지 기본계획 (2020~2034)	신재생 에너지법	5년	10년 이상	(공급) 신재생열에너지 활용 및 공급 확대, 전력·열 간 균형 있는 신재생에너지 보급 추진	-
제6차 에너지이용 합리화기본계획 (2020~2024)	에너지이용 합리화법	5년	5년	(수요) 제로에너지인증 의무화 로드맵 조기 추진	-
제2차 녹색건축물 기본계획(2020~2024)	녹색건축법	5년	20년	(수요) 에너지설계기준 단계적 강화, 공공부문 제로에너지건축물 조기 의무화	-

9) 집단에너지란 열병합발전, 신재생에너지 시설 등에서 생산된 에너지(열, 전기)를 다수의 사용자에게 공급하는 시스템

10) 4세대 지역난방은 저온열을 활용하는 방식으로 신재생에너지 등 다양한 열원 활용 가능

2) 친환경에너지 의무화 및 인증제도

- 국내 친환경에너지의 의무화 및 인증제도의 타 신재생에너지 의무화 제도 등을 재생열에너지 관점에서 검토함

[표 2-4] 친환경에너지 의무화 및 인증 관련 제도 및 기준

구분	제도	관련 규정 및 지침	근거법	관련 부처
의무화 제도	신·재생에너지 설치의무화 제도	신·재생에너지 설비의 지원 등에 관한 규정	신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급촉진법	산업부
	신·재생에너지 공급의무화 제도	신·재생에너지 공급의무화 제도 및 연료 혼합의무화 제도 관리·운영지침		
	열에너지공급의무화 제도	(미도입)	(미도입)	산업부
인증 제도	제로에너지건축물인증제도	건축물 에너지 효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증에 관한 규칙	녹색건축물 조성 지원법	국토부 산업부
	에너지 효율등급인증제도			국토부 환경부
	녹색건축인증제도	녹색건축 인증기준		국토부 환경부
	고효율에너지기자재 인증제도	고효율에너지기자재 보급촉진에 관한 규정	에너지이용 합리화법	산업부

(1) 신·재생에너지 설치 의무화 제도

- ※ 신재생에너지법 제12조(신·재생에너지 이용의무화 등) 2항, 시행령 제15조(신·재생에너지 공급의무비율 등), 시행령 [별표 2] 신·재생에너지 공급의무비율
- 공공기관에서 에너지 사용량의 일정 비율 이상을 신·재생에너지 설비의 설치를 의무화한 제도
 - 의무대상: 공공기관에서 연면적 1,000m² 이상의 건축물을 신축, 증축, 개축하는 경우
 - 설치의무비율: 2020년 30%의 의무비율을 시작으로 2년간 2%씩 증가하여 2030년 이후 40%의 비율 목표

$$\text{신·재생에너지 설치의무비율} = \frac{\text{신·재생에너지 생산량}}{\text{예상 에너지 사용량}} \times 100$$

$$\text{예상 에너지 사용량} = \text{건축 연면적} \times \text{단위 에너지 사용량} \times \text{지역계수}$$

11) 2022. 5. 녹색성장법의 폐지에 따른 에너지기본계획의 근거 조항을 에너지법으로 이관하는 개정(안) 논의 중

[표 2-5] 설치의무화 제도 신재생에너지 설치의무비율(신재생에너지법 시행령 별표 2)

해당 연도	2020 ~2021	2022 ~2023	2024 ~2025	2026 ~2027	2028 ~2029	2030 이후
공급의무 비율(%)	30	32	34	36	38	40

- 신재생에너지 생산량의 수식은 아래와 같고, 단위 에너지 생산량 및 원별 보정계수는 센터의 장이 정함
 - 신·재생에너지 생산량 = 원별 설치규모×단위 에너지 생산량×원별 보정계수¹²⁾
- ※ 신·재생에너지 설비의 지원 등에 관한 규정(산업통상자원부고시)(제2022-175호)
- 보정계수: 지열에너지는 수직밀폐형과 개방형으로 구분되며, 수직밀폐형의 보정계수는 기존 대비 15.6% 높게 설정됨
 - 지열뿐만 아니라 열 관련 신재생에너지인 태양열, 연료전지, 수열의 보정계수가 기존 대비 상승
- 관리기관: 한국에너지공단 신재생에너지센터

[표 2-6] 신재생에너지원의 단위 에너지 생산량 및 원별 보정계수

신재생에너지원 (단위: kWh/kW·yr)		단위	2022		2019		2016	
			생산량	보정 계수	생산량	보정 계수	생산량	보정 계수
태양광	고정식	kWh/kW·yr	1,358	0.95	1,358	1.56	1,358	4.14
	추적식		1,765	1.47	1,765	1.68	1,765	3.59
	BIPV		923	6.12	923	5.48	923	11.70
태양열	평판형	kWh/m ² ·yr	596	596	596	1.42	596	1.92
	단일진공관형		745	745	745	1.14	745	1.76
	이중진공관형		745	745	745	1.14	745	1.56
	공기식무창형		487	487	487	1.37	-	-
	공기식유창형		557	557	557	2.57	-	-
지열 에너지	수직밀폐형	kWh/kW·yr	864	1.26	864	1.09	2,045	0.70
	개방형		864	1.00	864	1.00	2,045	0.64
집광채광	프리즘	kWh/m ² ·yr	132	7.76	132	7.74	94.7	11.70
	광덕트		73	7.77	73	7.74	139.7	11.70
	실내루버형		184	2.77	184	2.77	-	-
연료전지	PEMFC	kWh/kW·yr	7,415	2.20	7,415	2.84	9,392	6.35
	SOFC	kWh/kW·yr	9,198	8.71	-	-	-	-
수열 에너지	해수	kWh/kW·yr	864	1.30	864	1.12	2,045	0.62
	하천수		864	1.30				
목재펠릿		kWh/kg·yr	322	0.32	322	0.52	-	-
소형풍력		kWh/kW·yr	2,375	4.50	-	-	-	-

12) 원별 보정계수란 신재생에너지원별 연간 에너지 생산량을 보정하기 위한 계수

※ 신재생에너지 설비의 지원 등에 관한 지침(한국에너지공단 신재생에너지센터 2022-19호) 별표 10

[신재생에너지 설비의 지원 등에 관한 지침] 제52조(단위에너지 생산량 및 원별 보정계수)

- ① 고시 [별표 2]에 따라 신·재생에너지공급비율 산정을 위한 단위에너지 생산량 및 원별 보정계수는 [별표 10]과 같다. <개정 2022. 8. 17.>
- ② 센터의 장은 [별표 10] 단위 에너지 생산량 및 원별 보정계수를 2022년 8월 1일을 기준으로 매 3년이 되는 시점마다 재검토하여야 한다. 다만, 신·재생에너지 기술, 단가, 그 밖의 여건 변화 등을 고려하여 재검토 기간을 단축할 수 있다. <신설 2022. 8. 17.>

(2) 신재생에너지 공급의무화 제도(RPS¹³⁾)

※ 신재생에너지법 제12조의 5(신·재생에너지 공급의무화 등) 2항, 시행령 제18조의 3(신재생에너지 공급의무자), 시행령 [별표 3], [별표 4]

- 일정 규모(500MW) 이상의 발전사업자(공급의무자)에게 총 발전량의 일정 비율(공급의무량) 이상을 신재생에너지를 이용하여 공급토록 의무화한 제도
- 의무대상: 한국수력원자력, 남동발전, 중부발전 등 총 25개 사(2023년 4월 기준)
- 의무공급량
 - 연도별 총 의무공급량=총발전량(전년도, 신재생 제외)×의무비율(%)
 - 2024년 기준 의무비율은 13.5%이며, 2012년 제도 도입 당시 2%였던 의무발전비율은 단계적으로 올라 2030년 25% 비율임
 - 태양광을 이용한 의무공급량은 2015년 이후 1,971GWh
 - 공급의무자는 신재생발전사업자를 통해 신재생에너지공급인증서(REC)를 구매하거나 발전소를 건설하여 의무를 이행
- 공급인증기관: 한국에너지공단 신재생에너지센터, 전력거래소

[표 2-7] 공급의무화 제도 연도별 의무공급량의 비율

해당 연도	-	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
공급의무비율(%)	-	2.0	2.5	3.0	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0	7.0
해당 연도	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
공급의무비율(%)	9.0	12.5	13.0	13.5	14.0	15.0	17.0	19.0	22.5	25.0

※ 신재생에너지법 시행령 [별표 3]

13) RPS(Renewable energy Portfolio Standard)

[표 2-8] 공급의무화 제도 신재생에너지의 종류 및 의무공급량

해당 연도	2012	2013	2014	2015
태양광 의무공급량(GWh)	276	723	1,353	1,971

※ 신재생에너지법 시행령 [별표 4]

[표 2-9] 신재생에너지 공급인증서(REC) 가중치

구분	공급인증서 가중치	대상에너지 및 기준	
		설치유형	세부기준
태양광 에너지	1.2	일반부지에 설치하는 경우	100kW 미만
	1.0		100kW부터
	0.8		3,000kW 초과부터
	0.5	임야에 설치하는 경우	-
	1.5	건축물 등 기존 시설물을 이용하는 경우	3,000kW 이하
	1.0		3,000kW 초과부터
	1.6	유지 등의 수면에 부유하여 설치하는 경우	100kW 미만
	1.4		100kW부터
	1.2		3,000kW 초과부터
기타 신·재생 에너지	1.0	자가용 발전설비를 통해 전력을 거래하는 경우	
	0.25	폐기물에너지(비재생폐기물로부터 생산된 것은 제외), Bio-SRF, 흑액	
	0.5	매립지가스, 목재펠릿, 목재칩	
	1.0	조력(방조제 有), 기타 바이오에너지(바이오중유, 바이오가스 등)	
	1.0~2.5	지열, 조력(방조제 無)	변동형
	1.2	육상풍력	
	1.5	수력, 미이용 산림바이오매스 혼소설비	
	1.75	조력(방조제 無, 고정형)	
	1.9	연료전지	
	2.0	조류, 미이용 산림바이오매스(바이오에너지 전소설비만 적용), 지열(고정형)	
	2.0	해상풍력	연안해상풍력 기본가중치
	2.5		기본가중치

※ 신·재생에너지 공급의무화 제도 및 연료 혼합의무화 제도 관리·운영지침(산업통상자원부 고시 제2023-210호, 2023. 11. 10.)

[신재생에너지 공급의무화 제도 및 연료 혼합의무화 제도 관리·운영지침 제7조(공급인증서 가중치)]

- ① 영 제18조의9에 따른 공급인증서의 가중치는 별표 2와 같다. 단, 장관은 3년마다 기술개발 수준, 신·재생에너지의 보급 목표, 운영 실적과 그 밖의 여건 변화 등을 고려하여 공급인증서 가중치를 재검토하여야 하며, 필요한 경우 재검토기간을 단축할 수 있다.

(3) 열에너지공급의무화 제도(미도입)

- 산업통상자원부는 2016년 신재생열에너지 공급의무화 제도를 도입하고자 하였으나, 신재생열에너지산업의 공급능력 등을 감안하여 시행시기 확정 등의 논의과정에서 무산되었음
- 연면적 1만²m 이상 신축 건축물(주거용 주택, 공공시설 제외)에 열에너지 사용량의 10% 내외를 신재생열에너지로 공급

[표 2-10] 산업부 RHO 도입방안(안)(미도입)

	1단계(2016~2019년)	2단계(2020~2024년)	3단계(2025~2030년)
대상	연면적 1만 ² m 이상 신축건축물 대상	연면적 5천 ² m 이상 신축건축물 대상	연면적 3천 ² m 이상 신·증축건축물 대상
의무비율	10% (수용성 제고를 위해 고정)	11% → 15% (매년 1%씩 증가)	16% → 20% (매년 1%씩 증가)

※ 신재생에너지 활성화 방안(2013, 산업부)

[신재생에너지법] 제12조(신재생에너지사업에의 투자권고 및 신재생에너지 이용의무화 등)

② 산업통상자원부장관은 신·재생에너지의 이용·보급을 촉진하고 신·재생에너지산업의 활성화를 위하여 필요하다고 인정하면 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자가 신축·증축 또는 개축하는 건축물에 대하여 대통령령으로 정하는 바에 따라 그 설계 시 산출된 예상 에너지 사용량의 일정 비율 이상을 신·재생에너지를 이용하여 공급되는 에너지를 사용하도록 신·재생에너지 설비를 의무적으로 설치하게 할 수 있다.
(개정 2013. 3. 23., 2015. 1. 28.)

1. 국가 및 지방자치단체
2. 공공기관
3. 정부가 대통령령으로 정하는 금액 이상을 출연한 정부출연기관
4. 「국유재산법」 제2조제6호에 따른 정부출자기업체
5. 지방자치단체 및 제2호부터 제4호까지의 규정에 따른 공공기관, 정부출연기관 또는 정부출자기업체가 대통령령으로 정하는 비율 또는 금액 이상을 출자한 법인
6. 특별법에 따라 설립된 법인

(4) 제로에너지건축물인증제도

※ 녹색건축물조성지원법 제17조, 건축물 에너지 효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증에 관한 규칙(국토부 제1274호, 산업부 제528호, 2023. 11. 21.), 건축물 에너지 효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증기준(국토부 제2020-574, 2020. 8. 13.)

- 건축물에 필요한 에너지 부하를 최소화하고 신재생에너지를 활용하여 에너지 소요량을 최소화하는 녹색건축물을 대상으로 에너지자립률에 따라 제로에너지건축물 인증하는 제도
- 의무대상: 제로에너지건축 인증 의무화를 단계적으로 시행, 2020년부터 공공 1천m² 이상 건물 의무화, 2025년 공공 5백m²/민간 1천m² 이상 건물 의무화
 - 제로에너지로드맵: (2020) 1천m² 이상 공공건물 → (2023) 5백m² 이상 공공건물 → (2025) 1천m² 이상 민간건물 → (2030) 5백m² 이상 민간 건물 → (2050) 전체 건물
- 인증기준: 건축물 에너지 효율등급 성능 수준, 에너지자립률, 건축물에너지관리시스템 또는 전자식 원격검침계량기 설치 여부에 따라 인증서 발급
 - 에너지 효율등급: 1++ 이상
 - 에너지자립률: 에너지자립률 등급(20~100%)에 따라 인증 등급 설정
 - 1등급 자립률 100% 이상, 2등급 80~100%, 3등급 60~80%, 4등급 40~60%, 5등급 20~40%

$$\text{에너지자립률(\%)} = \frac{\text{단위면적당 1차에너지 생산량}}{\text{단위면적당 1차에너지 소비량}} \times 100$$

$$\begin{aligned} \text{단위면적당} \\ \text{1차에너지 생산량} \\ (\text{kWh/m}^2 \cdot \text{년}) \end{aligned} = \frac{\text{대지 내 단위면적당 1차에너지 순 생산량} + \text{대지 외 단위면적당 1차에너지 순 생산량}^{14}) \times \text{보정계수}^{15}}{\text{평가면적}}$$

$$\begin{aligned} \text{단위면적당} \\ \text{1차에너지 소비량} \\ (\text{kWh/m}^2 \cdot \text{년}) \end{aligned} = \frac{\sum (\text{에너지 소비량} \times \text{해당 1차에너지 환산계수}^{16})}{\text{평가면적}}$$

14) 단위면적당 1차에너지 순 생산량 = $\sum [(\text{신재생에너지 생산량} - \text{신재생에너지 생산에 필요한 에너지 소비량}) \times \text{해당 1차에너지 환산계수}] / \text{평가면적}$

15) 보정계수: 대지 내 에너지자립률에 따라 0.7~1.0

16) 1차에너지 환산계수: 연료 1.1, 전력 2.75, 지역난방 0.728, 지역냉방 0.937

- BEMS 또는 원격검침전자식 계량기 설치 여부 확인

※ 건축물 에너지 효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증기준(국토부) [별표 1의 2]

- 운영기관: 한국에너지공단
- 인증기관: 총 9개 기관(국토안전관리원, 한국건설기술연구원 등)
- 인센티브: 용적률, 건축물의 높이 등 건축기준 각각 최대 15% 완화, 취득세 20% 감면 등
- 관련 이슈: 에너지자립률 산정 시 1차에너지 환산계수가 지열에 불리하게 적용되고 있다고 지열 업계에서 주장하고 있음
 - 에너지자립률 산정 시 지열은 “연료” 환산계수 1.1 적용하여 생산량 계산하고, 히트펌프 사용에 “전력” 환산계수 2.75 적용하여 소비량 계산
 - 전력을 생산하는 신재생에너지인 태양광, 연료전지는 생산량 계산 시 2.75를 적용하므로 제로에너지건축물 설계할 때 타 신재생에너지보다 선호함

[표 2-11] 에너지자립률 계산식의 1차에너지 환산계수

1차에너지	1차에너지 환산계수
연료	1.1
전력	2.75
지역난방	0.728
지역냉방	0.937

※ 건축물 에너지 효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증제도 운영규정(에너지공단) [별표 3]

[건축물 에너지 효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증기준](국토부)

제10조(운영세칙) 운영기관의 장은 인증제도 활성화를 위한 사업의 효율적 수행을 위하여 필요한 때에는 이 규정에 저촉되지 않는 범위 안에서 시행세칙을 제정하여 운영할 수 있다.

[건축물 에너지 효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증제도 운영규정(에너지공단)]

제7조(인증평가 세부기준) ① 건축물의 단위면적당 에너지 소요량 및 에너지 소비량 계산에 필요한 용도프로필과 기상데이터는 각각 [별표 2], [별표 6]과 같으며, 등급 및 에너지자립률 산정을 위한 단위면적당 1차에너지 소요량, 1차에너지 소비량 및 1차에너지 생산량은 단위면적당 에너지 소요량, 에너지 소비량 및 에너지 생산량에 [별표 3]의 1차에너지 환산계수와 [별표 2]의 용도별 보정계수, 제7조의2에 따른 신기술을 반영하여 산출한다.

[표 2-12] 제로에너지건축물, 에너지 효율등급, 녹색건축 인증 비교

구분	제로에너지건축물 인증	에너지 효율등급 인증	녹색건축 인증(G-SEED)
인증대상	에너지 효율등급 인증대상 중 건축주가 제로에너지건축물 인증을 신청하는 건물	모든 건물	공공주택, 일반주택, 업무용 건축물, 학교시설, 숙박시설, 판매시설, 일반건축물
의무대상	2020년부터 공공 1,000㎡ 이상 건물 의무화, 2025년 공공 500㎡, 민간 1,000㎡ 이상 건물 의무화	공공기관에서 건설하는 연면적 3,000㎡ 이상의 건설공사나 공동주택	공공기관에서 발주하는 연면적 3,000㎡ 이상 건축물, 500세대 이상 공동주택
인증기준/등급	5개 등급 (1등급~5등급)	10개 등급 (1+++~7등급)	4개 등급 (최우수(그린1등급) ~일반(그린4등급))
평가항목	1차에너지 생산량, 1차에너지 소비량을 통한 에너지자립률 산정	난방에너지, 냉방에너지, 급탕에너지, 조명에너지, 환기에너지	토지이용 및 교통, 에너지 및 환경오염, 재료 및 자원, 물순환관리, 유지관리, 생태환경, 실내환경 등 점수 산정
인센티브	용적률 높이 최대 15% 완화 취득세 최대 20% 감면 기부채납 최대 15% 경감	용적률 높이 최대 9% 완화 취득세 최대 10% 재산세 최대 10% 기부채납 최대 10% 경감	용적률 높이 최대 9% 완화 취득세 최대 10% 감면 기부채납 최대 10% 경감
운영/인증기관	(운영기관) 한국에너지공단 (인증기관) 한국에너지기술연구원, 한국건설생활환경시험연구원, 국토안전관리원 등 8개 기관	제로에너지건축물 운영/인증기관과 동일	(운영기관) 한국건설기술연구원 (인증기관) 한국에너지기술연구원, 한국환경산업기술원, 한국그린빌딩협회의 등 9개 기관

(5) 에너지 효율등급 인증제도

※ 녹색건축물조성지원법 제17조

- 건물의 설계도서를 통하여 난방, 냉방, 급탕 등 에너지 소요량과 이산화탄소 발생량을 평가하여 에너지 성능을 인증하는 제도
- 의무대상: 공공기관에서 건설하는 연면적 3,000㎡ 이상의 건설공사나 공동주택
- 인증기준: 10개 등급(1+++~7등급)

[표 2-13] 건축물 에너지 효율등급 인증기준

(단위면적당 1차에너지 소요량: kWh/m²)

등급	1++	1++	1+	1	2	3	4	5	6	7
주거용 건축물	60 미만	60 이상 90 미만	90 이상 120 미만	120 이상 150 미만	150 이상 190 미만	190 이상 230 미만	230 이상 270 미만	270 이상 320 미만	320 이상 370 미만	370 이상 420 미만
주거용 이외의 건축물	80 미만	80 이상 140 미만	140 이상 200 미만	200 이상 260 미만	260 미만 320 미만	320 이상 380 미만	380 이상 450 미만	450 이상 520 미만	520 이상 610 미만	610 이상 700 미만

○ 단위면적당 1차에너지 소요량 계산식

$$\begin{array}{l} \text{단위면적당} \\ \text{1차에너지} \\ \text{소요량} \end{array} = \text{단위면적당 에너지 소요량} \times \text{1차에너지 환산계수}^{17)}$$

$$\begin{array}{l} \text{단위면적당} \\ \text{에너지 소요량} \end{array} = \frac{\text{난방에너지 소요량}}{\text{난방에너지가 요구되는 공간의 바닥면적}} + \frac{\text{냉방에너지 소요량}}{\text{냉방에너지가 요구되는 공간의 바닥면적}} + \frac{\text{급탕에너지 소요량}}{\text{급탕에너지가 요구되는 공간의 바닥면적}} + \frac{\text{조명에너지 소요량}}{\text{조명에너지가 요구되는 공간의 바닥면적}} + \frac{\text{환기에너지 소요량}}{\text{환기에너지가 요구되는 공간의 바닥면적}}$$

- 운영기관: 한국에너지공단
- 인증기관: 총 9개 기관(국토안전관리원, 한국건설기술연구원 등)
- 건축물에너지 효율등급 인증제도를 제로에너지건축물 인증제도로 통합 운영하는 것을 행정예고(2024년 8월)하였으며, 2025년부터 시행 예정

(6) 녹색건축인증제도

※ 녹색건축물조성지원법 제16조

- 건축의 전 생애를 대상으로 환경에 영향을 미치는 요소에 대한 평가를 통해 건축물의 환경성능을 인증하는 제도

17) 1차에너지 환산계수: 연료 1.1, 전력 2.75, 지역난방 0.728, 지역냉방 0.937

- 의무대상
 - 공공기관에서 건축하는 연면적 3,000m² 이상인 공공건축물(녹색건축물 조성 지원법 시행령 제11조의3)
 - 500세대 이상의 공동주택(주택건설기준 등에 관한 규정 58조)
- 인증기준으로 설계해야 하는 건축물: 지자체 녹색건축설계기준에 따라 상이함(서울시는 서울시 녹색건축물 설계 기준 확인 필요)
- 인증등급: 최우수(그린1등급), 우수(그린2등급), 우량(그린3등급), 일반(그린4등급)으로, 신축/기축/그린리모델링, 주거용/비주거용 건축물에 따라 점수 기준 다름
 - ※ 녹색건축 인증기준(국토교통부 고시 제2021-278호, 2021. 3. 26. 일부 개정)
- 인센티브: 취득세 감면(최우수 10%, 우수 5%), 용적률·높이 기준 완화(최우수 6%, 우수 3% 이하)
- 녹색건축인증제는 건물의 지속가능성, 환경 오염 방지, 자원 관리 등 폭넓은 요소를 평가하며, 건축물 에너지 성능 외에도 생태환경과 물순환 등을 평가하므로, 제로에너지건축물인증제와 통합되지 않고 별도의 인증제도로 계속 운영 예정

(7) 고효율에너지기자재 인증제도

- ※ 고효율에너지기자재 보급촉진에 관한 규정(산업통상자원부고시 제2024-153호, 2024. 9. 30.)
- 에너지사용기자재 중 에너지 효율 및 품질시험 검사 결과가 정부가 고시한 일정 기준 이상 만족하는 제품을 고효율에너지기자재로 인증하는 자발적 제도
 - 제조업자 또는 수입업자의 자발적 신청에 따라 한국에너지공단에서 고효율에너지기자재 인증서를 발급
- 보일러 및 냉난방설비 분야에는 7개 품목을 대상으로 하며, 히트펌프는 가스히트펌프만 포함되어 있음([표 2-14])
- 고효율에너지기자재 인증을 받은 중소기업에는 다양한 세액감면 혜택 제공하고 있음

- 투자세액공제, 공공기관 우선 구매, 에너지이용합리화자금 융자지원, 에너지 절약시설 투자 세금 감면 등

[표 2-14] 보일러 및 냉난방설비 분야의 인증 대상 품목 및 적용범위

품목	적용범위
산업·건물용 가스보일러	발생열매구분에 따라 증기보일러는 정격용량 20T/h 이하, 최고사용압력 0.98MPa{10.0kg/cm ² } 이하의 것. 또한 온수보일러는 2,000,000kcal/h 이하 최고사용압력 0.98MPa{10.0kg/cm ² } 이하의 것으로 연료는 가스를 사용하는 것
스크류 냉동기	응축기, 부속냉매배관 및 제어장치 등으로 냉동 사이클을 구성하는 스크류 냉동기로서 KS B 6275에 따라 측정한 냉동능력이 1,512,000kcal/h{1,758.1kW, 500USRT} 이하인 것
직화흡수식 냉온수기	가스, 기름을 연소하여 냉수 및 온수를 발생시키는 직화흡수식 냉온수기로서 정격냉방능력 2,466kW(2,121,000kcal/h), 정격냉방능력 2,813kW(800 USRT) 이하의 것
항온흡습기	항온흡습기 중 정격냉방능력이 6kW{5160kcal/h} 이상 35kW{30100kcal/h} 이하인 것
가스히트펌프	도시가스 또는 액화석유가스를 연료로 사용하는 가스 엔진에 의해서 증기 압축 냉동 사이클의 압축기를 구동하는 히트펌프식 냉난방 기기이며, 실외기 기준 정격 냉방 능력이 23kW 이상인 것
가스진공 온수보일러	보일러 내부가 진공상태를 유지하며 온수를 발생시키는 보일러로서, 연료는 가스를 사용하며 정격냉방용량 200만kcal/Hr 이하, 급탕용량 200만kcal/Hr 이하인 것
중온수 흡수식 냉동기	중저온의 가열용 온수를 1중 효용형의 가열원으로 사용하는 정격 냉동능력이 2,813 kW(800 USRT) 이하인 중온수 흡수식냉동기로 중온수 1단 흡수식냉동기와 보조사이클을 추가한 중온수 2단 흡수식냉동기를 포함

- 제도의 활성화를 위하여 에너지절약계획서 제출대상 건축물의 건축주와 설계자가 인증제품을 설계 시부터 반영하도록 건축물의 에너지절약설계 기준 의무사항 및 권장사항에 적용하였으나, 열원설비의 제품은 권장사항으로만 적용¹⁸⁾
- 히트펌프는 공기열, 지열, 수열 등을 활용해 에너지 효율이 높은 난방 및 냉방 시스템을 제공하는 대표적인 고효율 기기이므로, 지열히트펌프 등의 설비도 포함될 수 있도록 권고 요청 필요

18) 「건축물의 에너지절약설계기준」(국토교통부 고시)

3_서울시 열에너지 정책·제도 분석

1) 서울시 법정 기본계획 검토

- 서울시 최상위 공간계획인 2040 서울도시기본계획에 제로에너지건물 의무화 및 제로에너지 리모델링과 함께 건물에 적용 재생에너지 확대 명시
- 서울시 탄소중립 녹색성장 기본계획에서는 신축건물의 제로에너지건축물 조기 시행을 위한 방안으로 지열시스템을 도입하는 것을 명시
- 서울시 기후변화대응 종합계획 및 지역에너지계획에 지열을 건물 냉난방 에너지로 활용하는 정책 및 보조금 적용 등에 대해 직접적으로 명시
 - 시 소유 건물(3개소) 노후 냉·난방기 지열에너지(1.4MW) 교체 시범사업(2022년), 반포지역 재건축사업 주민공동이용시설에 화석연료 사용 금지 시범 도입(2025년)
- 서울시 녹색건축물 조성계획에는 공공/민간의 제로에너지건축물 의무화를 조기 추진, 건축물 그린리모델링, 건축물 에너지 성능 강화

[표 2-15] 서울시 에너지 관련 법정 기본계획

기본계획	근거법	발표 주기	계획 기간	내용	비고
2040 서울도시기본계획 (2023)	국토계획법	5년	20년	·신규건물의 제로에너지건물 의무화 추진 ·공공건물 제로에너지 리모델링 확대 ·건물적용 재생에너지 확대	
서울시 탄소중립 녹색성장 기본계획 (2024~2033)	탄소중립 기본법	5년	10년	·공공부문 지열 의무화 도입 ·민간부문 지열 보급 확산 유도	지열 명시
서울시 기후변화대응 종합계획 (2022~2026)	녹색성장법	5년	5년	·지열을 건물 냉난방에너지로 활용 ·공공건물 그린리모델링 추진(ZEB 전환) ·민간건물 지열 설치를 위한 장기저리융자, 보조금 지원 ·신축건물에 화석연료 사용 금지 검토	지열 명시
제5차 서울시 지역에너지계획 (2020~2040)	녹색성장법 에너지법	20년	5년	·공공임대주택 신재생에너지 보급(태양광, 태양열, 지열, 연료전지, 소형풍력 등) 설비 설치비용에 대한 보조금 지급	지열 명시
제2차 서울시 녹색건축물 조성계획 (2022~2026)	녹색건축법	5년	5년	·공공/민간 ZEB 의무화 조기 추진 ·공공/민간 건축물 그린리모델링 ·건축물 에너지 성능 강화	

2) 서울시 관련 제도 및 기준 검토

- 서울시에는 지열 관련 제도 및 기준이 없으므로, 신재생에너지 설치 등의 관점으로 서울시 녹색건축물 설계기준과 서울시 환경영향평가 기준을 검토함

[표 2-16] 서울시 에너지 관련 제도 및 기준

제도 및 기준	관련 조례	근거 법령
서울시 녹색건축물 설계기준	서울특별시 녹색건축물 조성지원조례	녹색건축물조성지원법 에너지이용합리화법
서울시 환경영향평가 기준	서울특별시 환경영향평가 조례	환경영향평가법

(1) 서울특별시 녹색건축물 설계 기준

- ※ 서울특별시 녹색건축물 조성지원 조례(서울특별시 조례 제8749호, 2024. 1. 1.)
- 적용대상: 건축물의 에너지절약설계기준 적용대상인 다음에 해당하는 건축물 ① 녹색건축물 조성 지원법 제14조에 따른 에너지절약계획서 제출 대상건축물, ② 주택법 제15조에 따른 사업계획승인 대상 공동주택
 - 적용대상 구분
 - ① 신축, 별동 증축, 전부 개축, 전부 재축, 이전의 경우

등급	주거	비주거
[가]	1,000세대 이상	연면적의 합계 10만㎡ 이상
[나]	300세대 이상~1,000세대 미만	연면적의 합계 1만㎡ 이상~10만㎡ 미만
[다]	30세대 이상~300세대 미만	연면적의 합계 3천㎡ 이상~1만㎡ 미만
[라]	30세대 미만	연면적의 합계 3천㎡ 미만

- ② 상기에 해당하지 않는 경우

구 분	내 용
전면 대수선	건축물 용도와 규모에 따른 등급에서 한 등급씩 낮추어 제2조 기준 적용([가]→[나], [나]→[다], [다]→[라], [라]→[라])
수직 또는 수평 증축, 일부 개축, 일부 재축	건축물 규모와 관계없이 제2조제3항의 적용기준인 [라] 등급을 적용하며, 행위가 이루어지는 부위에 대해 적용
용도변경, 건축물대장의 기재내용 변경, 전면 대수선에 해당하지 않는 대수선	건축물 규모와 관계없이 제2조제3항의 적용기준인 [라] 등급을 적용하며, 열손실의 변동이 발생하는 경우에 대해 적용

- 적용기준: 환경성능(녹색건축인증), 에너지 성능(건축물에너지 효율등급인증, EPI), 에너지관리(에너지모니터링 및 데이터 분석), 신재생에너지(신재생에너지 의무설치)

[표 2-17] 녹색건축물 설계기준(안)의 적용기준

구분	평가내용	적용기준											
		대상	주거					비주거					
환경 성능	녹색건축인증	[가]	우수(그린2등급) 이상										
		[나]	우량(그린3등급) 이상										
		[다]	일반(그린4등급) 이상										
에너지 성능	건축물 에너지 효율등급 인증	[가]	1++등급 이상										
		[나]	1+등급 이상										
		[다]	1등급 이상										
에너지 관리	에너지 모니터링 및 데이터 분석 ① 세대별 에너지원별 모니터링 ¹⁹⁾ 기능 ② 공용부분 에너지원별 모니터링 기능 ③ 데이터 분석 기능 ④ 동별 에너지원별 모니터링 기능 ⑤ 동별 5층 이상 에너지 용도별 ²⁰⁾ 모니터링 기능 ⑥ BEMS 설치	[가]	①+②+③					③+④+⑤+⑥					
		[나]	①+②					③+④+⑤					
		[다]	①					③+④					
신재생 에너지	신재생에너지 의무설치 ²¹⁾²²⁾	년	2023	2024	2025	2026	2027	2023	2024	2025	2026	2027	
		공공	32%	34%	34%	36%	36%	32%	34%	34%	36%	36%	
		민 간	[가]	10%	10.5%	11%	11.5%	12%	14%	14.5%	15%	15.5%	16%
			[나]	9.5%	10%	10.5%	11%	11.5%	13%	13.5%	14%	14.5%	15%
		[다]	9%	9.5%	10%	10.5%	11%	12%	12.5%	13%	13.5%	14%	

- 2023년 개정된 녹색건축물 설계 기준은 적용기준을 간소화하고, 건축물 에너지 효율등급 인증을 한 등급씩 상향, 지방세법에서 정하는 취득세·재

19) 에너지원별 모니터링은 건물에 사용되는 모든 에너지(전기, 가스, 지역냉난방, 수도 등)를 대상으로 한다.

20) 5층 선택: [필수 3] 난방, 냉방, 급탕 / [선택 2] 공조용 팬, 펌프(열원용, 급탕용, 급수용), 전등, 전열, 엘리베이터

21) 산출방식은 「신·재생에너지 설비의 지원 등에 관한 규정」(산업통상자원부고시) 및 「신재생에너지 설비의 지원 등에 관한 지침」(한국에너지공단 신재생에너지센터고시)을 따르되 공동주택은 용도별 단위에너지 사용량을 230kWh/m²y로 반영한다. 또한 [별표 1]에 따른 대체 비율은 의무설치 비율의 최대 50% 미만까지 인정한다.

22) 태양광은 [별표 2] 설치기준을 따른다.

산세 등의 감면, 태양광 의무설치 용량²³⁾ 삭제함

- 서울시는 신축건물 및 일정 규모 이상의 리모델링 건물에 대해 특정 신재생에너지의 설치를 의무화할 수 있음. 공공건물의 선도적 적용 이후 민간에 의무화할 경우 설치 지원 및 세금 혜택을 제공하여 초기 설치 비용 부담을 줄이고 취득세 감면 및 용적률 완화 등의 혜택이 검토되어야 함

[표 2-18] 녹색건축물 인허가 신청 시 심의 서류

단 계	제출서류
① 심의	[별지 제1호 서식] 서울형 녹색건축물 설계 검토서 [별지 제2호 서식] 서울형 태양광설비 설치 기준 검토서(해당 시)
② 인허가	[별지 제3호 서식] 서울형 녹색건축물 적용 예정 확인서(해당 시)
③ 사용승인	[별지 제4호 서식] 서울형 녹색건축물 이행 확인서 ※ 사용승인 신청 시 해당되는 제로에너지건축물(ZEB)인증서, 녹색건축인증서, 건축물 에너지 효율등급인증서 제출

(2) 서울시 환경영향평가 심의 기준

※ 서울특별시 환경영향평가 조례(서울특별시 조례 제9368호, 2024. 9. 30.)

- 환경영향평가 개요
 - 대상사업: 11개 분야 26개 사업 - 도시개발분야 9개 사업, 산업입지 및 산업단지조성 분야 4개 사업, 에너지개발분야 3개 사업 등
 - 평가주체: 환경영향평가 대상사업의 사업계획을 수립하는 사업자
 - 평가항목: 6개 분야 20개 항목(대기환경, 수환경, 토지환경, 자연생태환경, 생활환경, 사회경제)
- 심의 절차: 1단계-작성계획서 작성 및 검토, 2단계-환경영향평가서 초안 작성 및 의견수렴, 3단계-환경영향평가서 심의 의결, 4단계-사후환경영향조사
- 협의 시기: 실시계획, 시행계획 등의 허가, 인가, 승인, 면허 또는 결정 전
- 환경영향평가 심의 기준을 개정하여 일부 신재생에너지의 의무화 도입은 가능하나, 시범적으로 대상 사업을 한정하여 운영해야 할 것이며 의무화

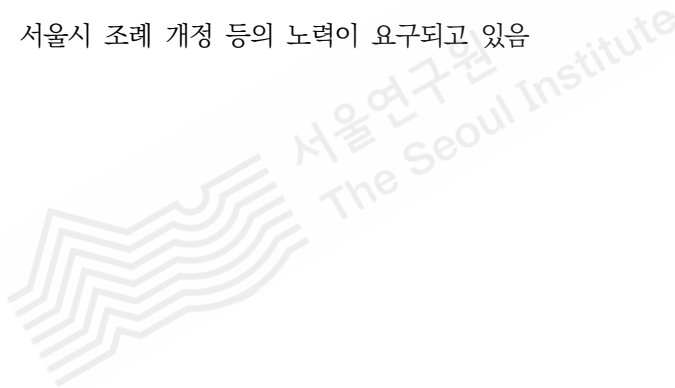
23) 대지면적(m^2) $\times 0.01(kWp/m^2)$

비율과 의무화 제외 요건에 대해 우선적으로 검토한 후 전문가 및 주민 의견수렴 절차가 필수적으로 이루어져야 함

4_시사점

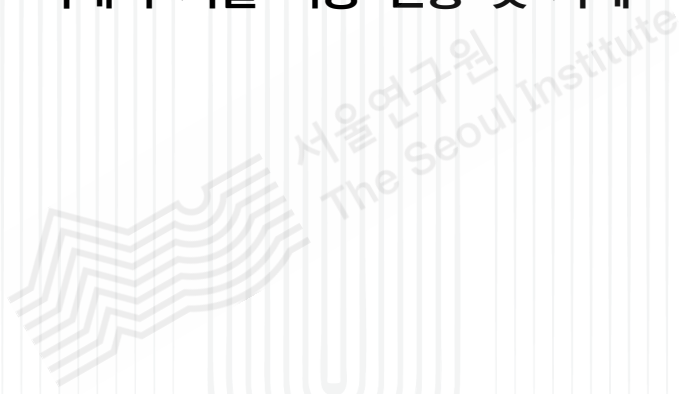
- 최근 유럽 주요국과 미국 등은 재생열 보급과 히트펌프 사용 확대를 위한 정책을 강화하였고, 재생열에너지 전환을 위한 의무화와 보조금 지원이 병행이 필요함. 특히 신축건물에서의 재생에너지 사용 의무화를 통한 정책적 강제력이 효과가 있음
 - 독일의 RHO제도(재생열에너지의무화 제도), 영국의 RHI제도(재생열 에너지인센티브 제도), 프랑스의 Heat Fund제도(열에너지 기금 지원 제도)는 대표적인 열에너지 지원 정책임
 - 독일은 2024년부터 건물에너지법 개정에 따라 새로 설치되는 모든 난방시스템은 최소 65%의 재생에너지로 운영되어야 하는 기준을 추가 도입하였고, 영국은 2022년부터 RHI제도를 대체하는 BUS제도(보일러 업그레이드지원제도)를 도입하였고, 프랑스는 Heat fund와는 별개로 RE2020을 통해 재생열에너지 사용을 의무화하고 있음
 - 국제에너지기구(IEA)가 2025년 가스·석유보일러 퇴출을 권고하면서, 독일, 영국, 프랑스, 미국 등의 국가에서 히트펌프 전환을 가속화하기 위해 초기 설치 비용을 줄이는 보조금과 세제 혜택을 지원 중임
- 제로에너지건축물 인증 의무화가 공공에서 민간으로 확대되면서 재생열 에너지의 보급 확산도 기대되고 있으나, 열에너지에 대한 정부의 제도적인 지원(보급사업, 인센티브 등)은 여전히 부족함
 - 국내의 현행 친환경에너지 의무화 제도와 건축물 인증제도는 열에너지 도입을 의무화하고 있지 않으며, 2016년 정부는 열에너지 의무화 도입을 검토하였으나 반영되지 못함
 - 제로에너지건축물(ZEB) 인증 및 녹색건축 인증을 통해 신재생에너지 도입을 장려하고 있으나, 현행 기준은 지열에너지 활용에 불리한 구조

- ZEB인증제도의 에너지자립률 산정 시 지열에너지의 환산계수 조정 및 세부 지원 기준 개선이 필요하며, 이를 통해 설계 단계부터 지열에너지가 고려될 수 있도록 유도 필요함
- 서울시가 지열에너지 중심의 전환을 성공적으로 이루기 위해서는 의무화 정책과 보조금 지원이 병행되어야 함. 국내외 사례를 바탕으로 초기 설치 비용 부담 완화와 세제 혜택을 제공하고, 공공건물을 중심으로 선도적인 정책을 시행해야 함
- 서울시 탄소중립 녹색성장 기본계획(2024~2033), 서울시 기후변화대응 종합계획(2022~2026), 지역에너지계획(2020~2040)에 지열을 건물 냉난방에너지로 활용하는 정책 및 보조금 적용 등에 대해 직접적으로 명시
- 서울시 공공 및 민간 부문에서 지열에너지 보급을 확대하기 위해, 해외 사례를 벤치마킹한 인센티브 제도의 도입과 열에너지 의무설치를 위한 서울시 조례 개정 등의 노력이 요구되고 있음



03

국내외 지열 이용 현황 및 사례



1_국내외 지열 이용 현황

2_국내외 지열 설치 사례

3_시사점

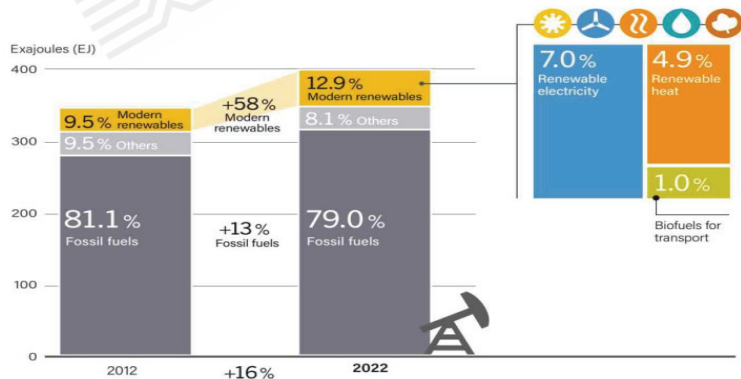
03. 국내외 지열 이용 현황 및 사례

1_국내외 지열 이용 현황

1) 국외 지열 이용 현황

(1) 세계 에너지 소비

- 2022년 전 세계 최종에너지 소비는 전년 대비 5% 증가한 399EJ로 나타남(에너지경제연구원, 2024)
 - 산업부문(34%) > 건물부문(30%) > 운송부문(26%) > 기타(6%) > 농업(3%) 순이며, 산업부문 최종에너지 소비의 약 17%가 재생에너지
- 2022년 재생에너지 소비량은 2012년과 비교하여 10년 사이 58% 증가하여 전체 에너지 소비량의 12.9% 차지
 - 재생열에너지는 전체 에너지 소비량의 4.9%로 약 20EJ에 해당

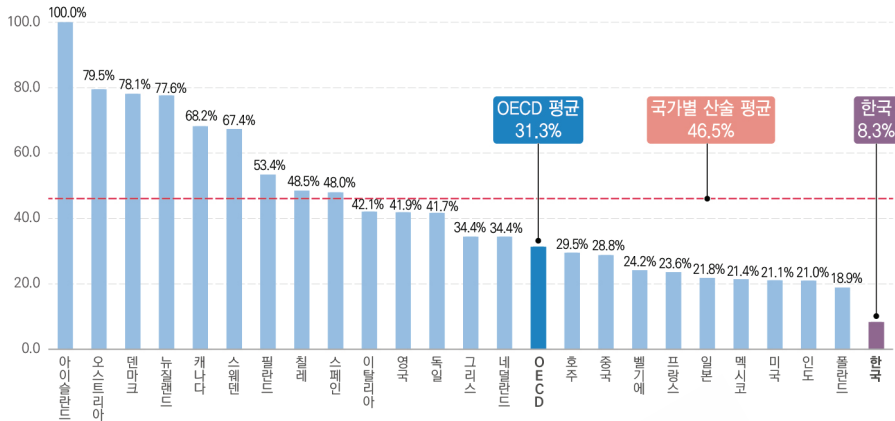


자료: REN21, Renewables 2024 Global Status Report – Global Overview, 2024

[그림 3-1] 세계 에너지원별 최종에너지 소비량 비교(2012년 - 2022년)

(2) 세계 에너지 생산

- 2022 주요 국가별 발전량 중 재생에너지 점유율은 OECD 평균 31.3%이고, 한국은 8.3%로 매우 낮음(IEA, 2022)



[그림 3-2] 주요 국가별 발전량 중 재생에너지 점유율(2021년 기준, IEA)

- 2020년 기준 EU의 냉난방부문 재생에너지 비중은 22%이며, EU 국가 중 최소 46개국은 냉난방부문에서 재생에너지 비중 확대 목표를 설정함
- 아이슬란드, 스웨덴, 라트비아, 핀란드, 에스토니아는 냉난방부문의 재생에너지 비중이 50% 이상을 차지하고 있음

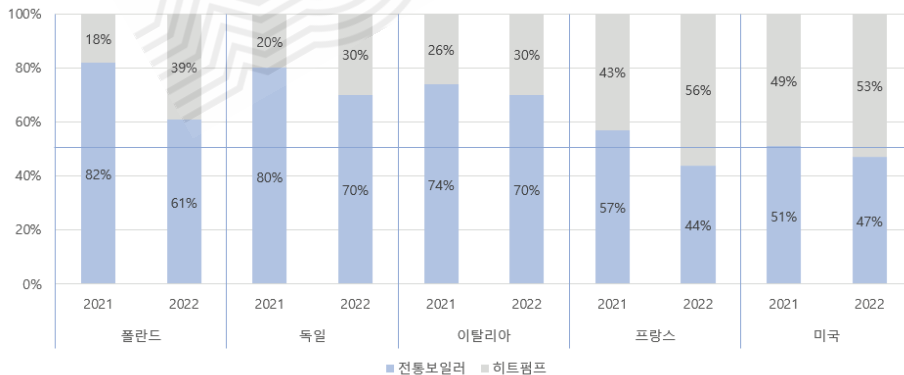
[표 3-1] 2019년 유럽 냉난방부문의 재생에너지 비중

국가	비중(%)	국가	비중(%)	국가	비중(%)
EU	22.1	오스트리아	33.8	폴란드	16.0
스웨덴	66.1	슬로베니아	31.2	독일	14.6
라트비아	57.8	그리스	30.2	룩셈부르크	8.7
핀란드	57.5	말타	25.7	벨기에	8.3
에스토니아	52.3	루마니아	25.7	네덜란드	7.1
덴마크	48.0	체코	22.6	아일랜드	6.3
리투아니아	47.4	프랑스	22.5	영국	7.8
포르투갈	41.6	이탈리아	19.8	아이슬란드	79.4
크로아티아	36.8	슬로바키아	19.7	노르웨이	35.8
불가리아	35.5	스페인	18.9		
사이프로스	35.1	헝가리	18.1		

자료: 에너지경제연구원, 재생에너지 보급장벽분석 및 보급정책 설계방안, 2021

(3) 세계 히트펌프 사용 현황

- 2022년 세계 히트펌프 시장은 11% 성장하였고, 높은 천연가스 가격과 온실가스 배출을 줄이기 위한 노력에서 기인함
- 유럽은 정책적인 지원에 힘입어 유럽 전역에서 약 300만 개의 히트펌프가 판매되어 전년도에 비해 40% 증가함
 - 이탈리아, 프랑스, 독일이 유럽 전체 매출의 거의 절반을 차지했지만, 폴란드, 체코 등 일부 초기 시장도 작년 대비 규모가 2배로 커짐
 - 프랑스에서는 신축건물의 가스보일러 사용이 금지된 첫해인 2022년에 처음으로 히트펌프가 전통보일러보다 많이 판매됨
 - 히트펌프 지원 정책뿐만 아니라 러시아-우크라이나 사태로 인한 천연가스 및 전기가격이 상승이 소비자의 에너지 전환을 유도함
- 미국은 건물 난방에 사용되는 히트펌프가 가장 많이 설치된 국가로, 2022년에 히트펌프가 가스 설치량을 추월
 - 대부분의 미국 열펌프는 단독주택에 설치되어 있지만, 열펌프를 주요 난방기술로 활용하는 아파트는 최근 5년간 2배로 증가함
- 2022년 초부터 미국, 폴란드, 아일랜드, 오스트리아에서 보조금 수준이 인상되어 히트펌프 설치량이 증가하고 있음



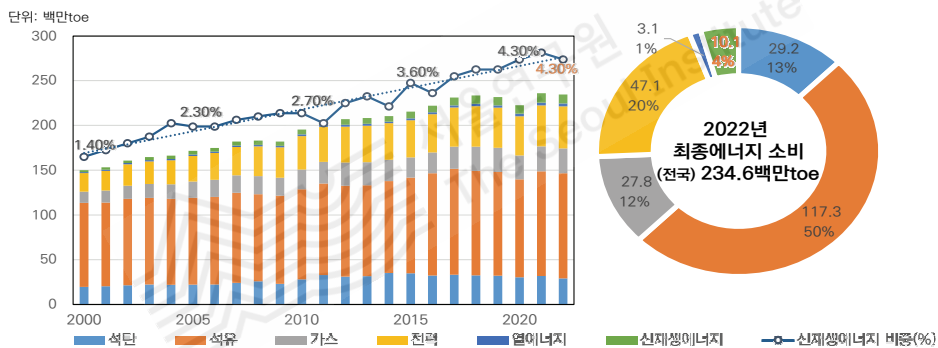
자료: IEA Homepage, 2024. 3. 31.

[그림 3-3] 주요국의 건물용 히트펌프와 전통보일러 기반 난방시스템 판매 비율(2021, 2022)

2) 국내 지열 이용 현황

(1) 국내 에너지 소비

- 국내 최종에너지 소비량은 가파르게 상승하여 2021년 236,030천toe로 역대 최고치를 갱신한 이후(2020년 코로나에 의한 영향 제외), 2022년 소폭 감소하여 234,667천toe를 기록
 - 전년 대비 2022년은 최종에너지 소비량이 0.6% 감소하였음
 - 에너지원별 최종에너지 소비량은 석탄에너지 소비가 8.1%, 신재생에너지가 5.0% 감소하였고, 전체 소비량의 50%를 차지하는 석유(0.3%)를 비롯한 전력(2.7%), 열에너지(5.8%)의 소비는 증가하였음
- 신재생에너지 소비 비중은 2000년 이후 꾸준히 증가 추세를 보이며 2021년까지 1.4%에서 4.5%까지 3.1%p 증가
 - 이후 2022년은 4.3%로 전년 대비 0.2%p 감소



자료: 2023 지역에너지통계연보, 2024, 에너지경제연구원

[그림 3-4] 국내 에너지원별 최종에너지 소비 변화

[표 3-2] 국내 최종에너지 소비량 및 에너지원별 비중

구분 (단위: 천toe)	2020		2021		2022	
	소비량	비중(%)	소비량	비중(%)	소비량	비중(%)
총 소비	222.563	100%	236.029	100%	234.665	100%
석탄	30.457	13.7%	31.81	13.5%	29.222	12.5%
석유	109.344	49.1%	116.936	49.5%	117.279	50.0%
가스	26.702	12.0%	27.836	11.8%	27.838	11.9%
전력	43.797	19.7%	45.875	19.4%	47.122	20.1%
열에너지	2.77	1.2%	2.9	1.2%	3.068	1.3%
신재생에너지	9.493	4.3%	10.672	4.5%	10.136	4.3%

자료: 2023 지역에너지통계연보, 2024, 한국에너지공단

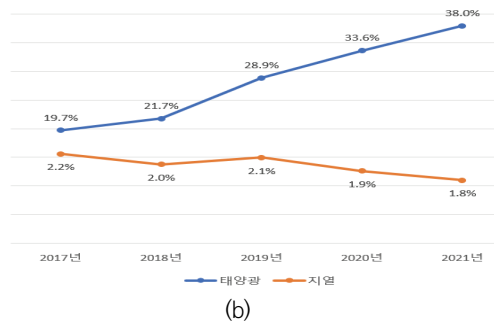
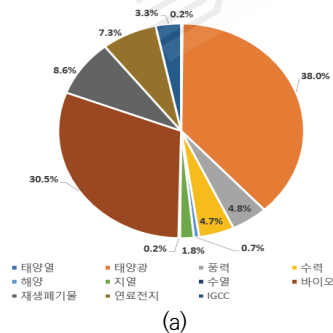
(2) 국내 에너지 생산

- 2022년 신재생에너지 생산량은 15,706천toe로 2021년 생산량 14,000천toe 대비 12.2% 증가하였고, 1차에너지 대비 신재생에너지 공급 비중은 5.2%로 2021년 대비 0.5%p 증가
- 태양광은 2022년 전체 신재생에너지 생산량의 42.1%의 비중을 차지하는 반면 지열은 1.8%의 비중을 차지
 - 태양광의 최근 5년 CAGR²⁴⁾ 24.6%, 지열의 최근 5년 CAGR 6.4%
 - 태양광의 전체 재생에너지 비중은 2018년부터 연평균 4.1%씩 늘어난 반면, 지열은 연평균 0.1%씩 비중이 줄어듦

[표 3-3] 한국 신재생에너지 생산량 및 비율

구분 (단위: toe)	2019		2020		2021	
	생산량	비중(%)	생산량	비중(%)	생산량	비중(%)
태양광	3,055,183	28.9	4,165,154	33.6	5,317,227	38.0
풍력	570,816	5.4	671,107	5.4	677,507	4.8
수력	594,539	5.6	826,344	6.7	651,227	4.7
해양	101,030	1.0	97,397	0.8	96,911	0.7
태양열	26,912	0.3	26,048	0.2	25,568	0.2
지열	224,722	2.1	240,933	1.9	255,590	1.8
수열	21,236	0.2	21,258	0.2	24,756	0.2
바이오	4,162,427	39.3	3,899,174	31.5	4,263,576	30.5
폐기물	1,119,816	10.6	1,165,993	9.4	1,198,193	8.6
연료전지	487,184	4.6	750,848	6.1	1,023,132	7.3
IGCC	219,661	2.1	506,381	4.1	466,631	3.3
전체	10,583,525	100	12,378,065	100	14,000,317	100

자료: '신재생에너지 보급통계, 2022, 한국에너지공단' 활용하여 저자 편집



자료: '신재생에너지 보급통계, 2022, 한국에너지공단' 활용하여 저자 편집

[그림 3-5] 신재생에너지 생산량 (a) 2022년 생산량 비중, (b) 태양광 및 지열발전량 비중 추이

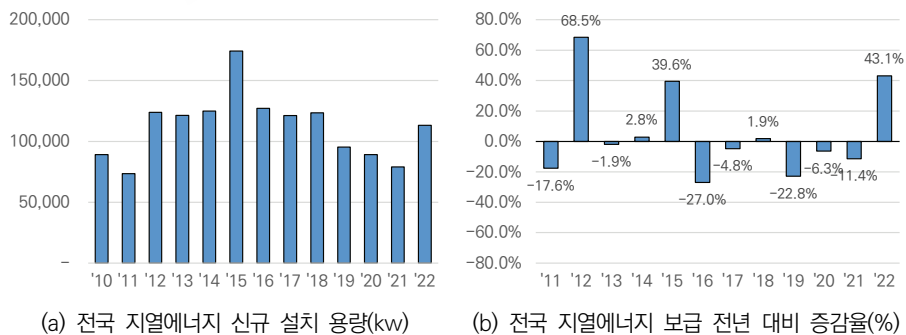
24) 연평균 성장률(Compound Annual Growth Rate)

- 지열에너지 누적 보급용량은 2022년 1,600천kW로 2010년 누적 보급용량인 234천kW의 약 7배 규모가 커짐
- 지열에너지 신규 설치량은 지속적으로 확대되고 있으나, 성장세가 고르지 못해 2022년 큰 폭으로 반등하였음에도 타 신재생에너지 대비 확대 저조

[표 3-4] 국내 지자체별 지열에너지 보급량

구분	신재생에너지 전체		지열에너지				
	합계(천toe)	공급 비중(%)	생산량(천toe)	누적 보급 용량(천kw)	최근 3년 신규 보급(kW)		
					2020	2021	2022
전국	15,706	100%	280	1,600	89.3	79.1	113.3
서울	317	2.0%	20	115	8.3	8.2	9.6
부산	236	1.5%	4	21	0.0	1.4	2.5
대구	180	1.1%	10	57	1.1	9.7	4.1
인천	587	3.7%	10	57	1.0	1.1	7.6
광주	128	0.8%	4	22	0.7	0.2	0.4
대전	115	0.7%	7	40	1.2	4.8	5.3
울산	480	3.1%	5	28	1.1	1.4	2.0
세종	90	0.6%	16	94	6.0	2.8	2.2
경기	1,783	11.4%	60	344	16.6	15.9	21.9
강원	1,730	11.0%	24	138	12.3	8.0	12.5
충북	852	5.4%	14	81	6.7	4.1	4.5
충남	2,163	13.8%	24	137	8.8	5.6	11.9
전북	2,540	16.2%	24	138	3.2	4.8	11.1
전남	1,755	11.2%	19	111	12.4	4.5	1.9
경북	1,289	8.2%	21	118	8.4	4.4	11.3
경남	782	5.0%	16	89	1.7	2.2	4.5
제주	679	4.3%	2	10	0.0	0.0	0.0

자료: 2022년 신재생에너지 보급통계, 2023, 한국에너지공단

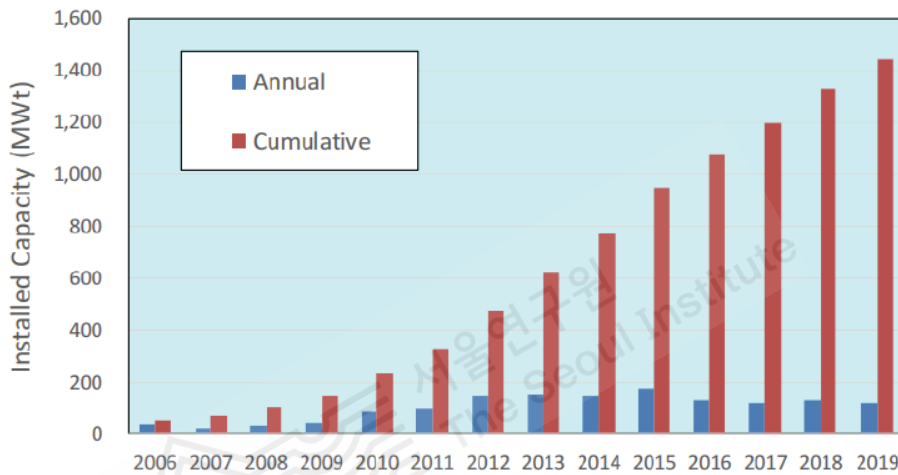


자료: 2022년 신재생에너지 보급통계, 2023, 한국에너지공단

[그림 3-6] 전국 지열에너지 보급 변화 추이

(3) 국내 히트펌프 사용 현황

- 국내 지열에너지원도 히트펌프를 중심으로 시장이 형성되었으며, 2006~2019년 기간 동안 국내 지열원 히트펌프 설비용량은 매년 100MW 이상의 추가 설치가 이루어지는 등의 증가하는 양상을 보임
- 2017년 포항 지진의 원인으로 지열발전 실증연구임이 발표되었고, 이로 인해 주민수용성이 크게 저하되면서 지열원을 활용하여 직접 열에너지를 생산하는 지열시스템의 보급에도 영향을 미친 것으로 추측됨



자료: 2022 신재생에너지 백서, 한국에너지공단

[그림 3-7] 국내 지열원 히트펌프 설비 보급 추이

3) 서울시 지열 보급 현황

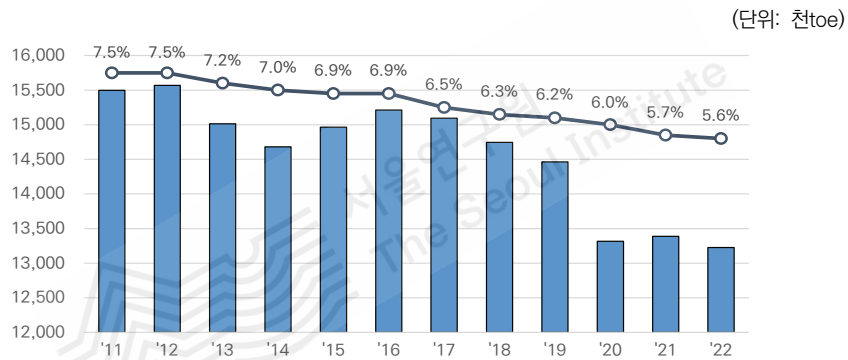
(1) 서울시 에너지 소비

- 2022년 서울시의 최종에너지 소비량은 13,227toe로 전국 최종에너지 소비량의 약 5.6%를 차지하고 있으며, 2000년대 이후 전반적으로 감소 추세를 보임
 - 서울시는 1차에너지 소비가 주를 이루는 발전 및 산업 부문 중심의 국내 에너지 소비 구조와는 달리 최종에너지(전력과 열 소비) 소비 중심의 건물(가정·상업 및 공공·기타) 및 수송 부문 중심의 에너지 소비 구조
 - 따라서 2000년대 이후에도 크게 증가하는 국내 에너지 소비 추세와는 다른 경향을 보임
 - 2022년 서울시의 용도별 최종에너지 사용량 비중은 가정·상업(61.6%) > 수송(28.0%) > 공공·기타(5.3%) > 산업(5.1%) 순이며,
 - 에너지원별 비중으로는 전력(31.7%) > 석유(31.1%) > 도시가스(31.0%) > 열에너지(3.9%) > 신재생(2.1%) > 석탄(0.2%) 순
- 2022년의 최종에너지 소비량은 2011년 대비 14.0% 증가하였으나, 2017년 이후 약 $\pm 0.5\%$ 이내로 소비량이 거의 변하지 않고 있음
 - 2011년 이후 에너지 소비량이 감소할 때 신재생에너지 발전량은 같은 기간 약 21.5% 증가하여 전체 에너지 소비량 대비 비중이 1.5%에서 2.1%로 0.6%p 증가
 - 2011년 이후 전력 및 가스 소비량에 큰 변화는 없으나, 가장 큰 비중을 차지하던 석유 소비량이 크게 줄어들며 상대적으로 에너지소비에 차지하는 비중이 높아짐
- 부문별 소비는 2011년 대비 2022년 산업과 수송 부문의 에너지 소비량 비중이 각각 2.7%p, 1.9%p 줄어들며, 건물부문의 에너지 소비량이 점차 높아지는 추세를 보임

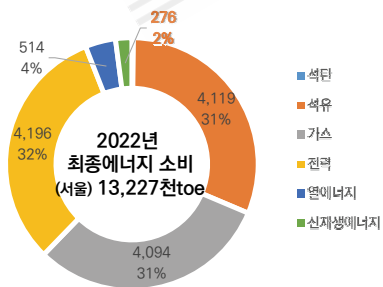
[표 3-5] 서울시 에너지원별·부문별 최종에너지 소비량

구분 (단위: 백만toe)		'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21	'22
총 계	전국	205.8	207.5	208.4	210.5	215.4	222.0	231.2	233.6	231.6	222.6	236.0	234.7
	서울	15.5	15.6	15.0	14.7	15.0	15.2	15.1	14.7	14.5	13.3	13.4	13.2
	(비율)	7.5%	7.5%	7.2%	7.0%	6.9%	6.9%	6.5%	6.3%	6.2%	6.0%	5.7%	5.6%
에너지원별	석탄	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	석유	6.1	5.9	6.0	6.3	6.5	6.5	6.3	5.6	5.4	4.6	4.5	4.1
	가스	4.5	4.7	4.5	4.0	4.0	4.1	4.2	4.4	4.1	4.0	4.0	4.0
	전력	4.0	4.1	4.0	3.9	3.9	4.0	4.0	4.1	4.1	3.9	4.1	4.2
	열	0.5	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.6	0.5	0.5	0.5
	신재생	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	합계	15.5	15.6	15.0	14.7	15.0	15.2	15.1	14.7	14.5	13.3	13.4	13.2
부문별	산업	1.2	1.2	1.4	1.7	1.7	1.6	1.6	1.2	1.2	1.1	0.7	0.7
	수송	4.6	4.6	4.5	4.3	4.3	4.5	4.2	4.1	4.0	3.3	3.7	3.7
	가정·상업	8.8	8.5	8.2	7.7	7.8	8.1	8.3	8.3	8.3	7.9	7.9	8.2
	공공·기타	0.9	1.0	0.9	0.9	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.0	0.7

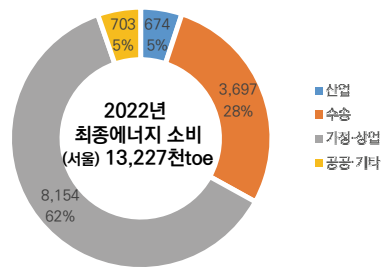
자료: 2023 지역에너지통계연보, 2024, 한국에너지공단



(a) 서울시 에너지 소비량 추이 및 전국 에너지 소비량 대비 비중



(b) 에너지원별 최종에너지 소비량 비중



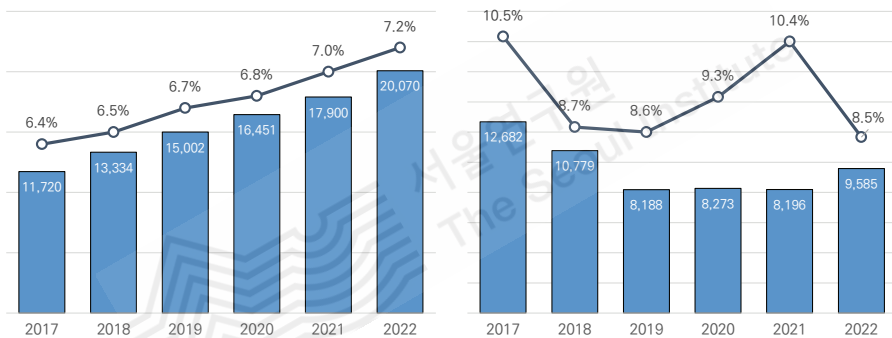
(c) 부문별 최종에너지 소비량 비중

자료: 2022년 신재생에너지 보급통계, 2023, 한국에너지공단

[그림 3-8] 서울시 최종에너지 소비량

(2) 서울시 에너지 생산

- 2022년 서울의 신재생에너지 생산량은 317천toe으로, 전체 신재생에너지 공급 비중의 2.0%로 매우 낮음
- 서울의 2022년 지열에너지 생산량은 20,070toe, 7.2% 비중임. 2015년부터 서울시 지열에너지 생산량 및 전국 지열에너지 생산량 대비 비중은 증가하고 있음
- 하지만 서울의 지열 신규 보급 용량은 2022년 9,585kW로 2017년 대비 25% 감소하였으며, 2019년부터 4년간 신규 보급량은 변동이 크지 않음
 - 전국 대비 신규 보급량 비중은 증가하고 있었으나, 2022년 전국의 지열 신규 보급량은 크게 증가한 데 반해, 서울의 지열 신규 보급량은 큰 변화가 없어 비중이 다시 1.9%p 감소



(a) 서울시 지열 생산량(toe) 및 전국 대비 비중 (b) 지열 신규 설치 용량(kW) 및 전국 대비 비중

자료: 2022년 신재생에너지 보급통계, 2023, 한국에너지공단

[그림 3-9] 서울시 지열 생산량 및 신규 설치 용량 변화

(3) 서울시 온실가스 배출량

- 서울시 온실가스 배출량은 2005년 이후 0.5%씩 지속적으로 감소해 왔으며, 2020년 기준 온실가스 배출량은 건물 부분이 73.5%²⁵⁾를 차지함
 - 서울시 온실가스 배출량은 2020년 건물 73.5%, 수송 18.8%이며, 건물 비율이 지속적으로 증가하고 있음

25) 2020년 기준 국가 온실가스 배출량 중 건물부문은 6.6%를 차지하고 있음

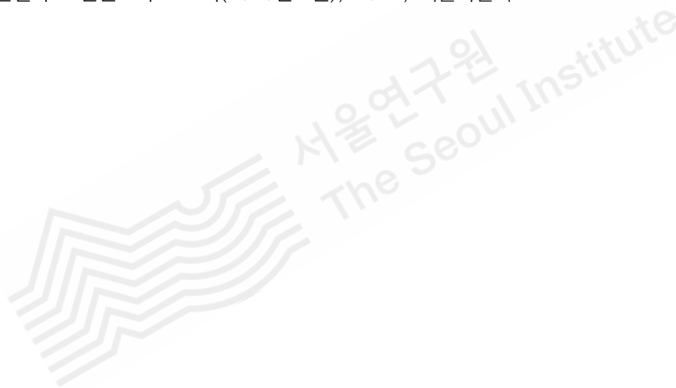
- 2020년 건물부문의 온실가스배출량은 30,314천 톤 CO₂eq.로, 전체 41,260천 톤 CO₂eq.의 73.5%를 차지함

- 건물부문의 세부 배출원은 가정, 상업, 공공, 농림어업으로 구분할 수 있으며, 가정부문이 42.6%, 상업부문이 51.9%를 차지하고 있음

[표 3-6] 서울시 에너지 소비부문별 온실가스 배출량 현황

구분 (단위: CO ₂ eq.)	2005년		2019년		2020년	
	배출량	비율	배출량	비율	배출량	비율
에너지산업(발전)	1,414	3.1%	535	1.3%	2,002	4.9%
제조업 및 건설업 (산업)	2,619	5.7%	1,160	2.8%	1,097	2.7%
건물 (가정/상업/공공/농림어업)	31,287	67.9%	31,591	74.9%	30,314	73.5%
수송	10,652	23.1%	8,840	20.9%	7,748	18.0%
탈루배출	118	0.3%	102	0.2%	99	0.2%

자료: 서울시 온실가스 인벤토리 보고서(2020년도분), 2022, 서울특별시



2_국내외 지열 설치 사례

1) 해외 지열 설치 사례

- 국외 지열시스템은 국가별로 다양한 주거, 비주거시설에서 활용되고 있으며, 에너지 효율을 높이고 온실가스 배출을 줄이기 위한 핵심 대안으로 자리 잡고 있음

(1) 비주거 건물

① 미국 인디애나주 볼 주립대학교

- 건물규모: 47개 동 냉방, 20개 동 난방 / 55개 동 중
- 천공 수: 3600공(120m×1800공, 150m×1800공)
- 시설용량: 10,000RT
- 운영개시: 2012년
- 특징
 - 기존 냉수 순환루프와 신규로 설치한 온수 순환루프를 통하여 캠퍼스에 공급, 캠퍼스 전체에 걸쳐서 2단계로 지열 열펌프가 시공
 - 1단계는 2009년도에 시작되어 2011년까지 1,800개의 보어홀, 열펌프 유닛은 2,500RT 냉방용량의 제품이 2대 설치, 이는 4대의 석탄 보일러 중에서 2대를 대체
 - 2단계 프로젝트에서 2,300개의 보어홀을 설치, 2대의 열펌프 유닛을 추가로 설치, 2014년도에 완공

② 프랑스 상파르니에 요양원(EHPAD Le Chanpagarnier)

- 프랑스 Meung Sur Loire 지역에 위치한 노인복지주택으로, 132개의 객실과 치료실로 구성된 건물이며 지열시스템이 적용됨
 - (연면적) 약 6,500m²
 - (초기 설비투자비) 388,000유로, 이 중 29%는 ADEME의 Heat Fund를 통해 조달하였음

- (설비 특징) 석회암 저류층(55m 깊이)에 지열정 2개를 설치, 약 13℃의 지열수를 냉난방에 이용하고 있으며, 여름철 냉방 시 외기 냉방(free cooling) 방식을 적용해 히트펌프를 우회함으로써 냉방 관련 운영비를 절감함
- 연간 지열에너지 이용량은 난방 399MWh, 냉방 22MWh, 급탕 235MWh 수준임
 - (COP) 온수 3.4, 시설 냉방 5.7 수준으로 추정됨
 - (온실가스) 전기 에어컨 및 가스난방 이용 대비 절감하는 CO₂ 배출량은 약 133tCO₂e/yr 수준임



[그림 3-10] 프랑스 노인복지시설(EHPAD) 전경 및 지열냉난방 설비

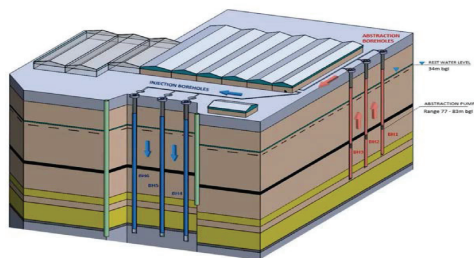
③ 프랑스 샤또 폰떼 까네 양조장(Château Pontet-Canet)

- IEA 유럽 지역냉난방 실증사업 모니터링 결과에 따르면 프랑스 내 40여 개 와인 시설에 대해 지열시스템이 적용된 것으로 파악됨
- 이 중 Pauillac 지역의 포도주 양조장(Château Pontet-Canet)에 429,000유로의 보조금을 지원받아 2017년부터 건물 냉난방 및 급탕에 지열 이용 중
 - (건물 규모) 약 5,850m² 규모
 - (지열시스템 E 생산량) 난방 841.7MWh/yr, 냉방 292.3MWh/yr, 온수(급탕) 94MWh/yr 수준
 - (초기 설비투자비) 약 1,144,000유로(약 4,000유로/kW)
 - 열기금(Heat Fund)을 통해 초기 설비투자비의 약 38% 규모의 자금 지원을 받았으며, 투자 회수기간은 약 12년 수준으로 추정²⁶⁾

- 프랑스 내 대부분의 포도주 양조장에 적용된 가스 난방 및 급탕 시스템과 비교할 때 연간 약 60,000유로의 에너지 비용을 절감하는 것으로 평가

④ 영국 Lanchester Wines 음료 창고 지열시스템

- 영국의 주류업체인 Lanchester Wines는 저탄소 경영방침에 따라 재생 에너지 프로젝트에 대해 꾸준한 투자를 이어오고 있으며, 그중 IEA에서 모니터링하고 있는 대표적인 프로젝트는 ‘광산수 기반 지역 프로젝트’임
- 영국에서 가장 오래된 석탄 지역(Gateshead Felling)에 약 33,000m² 규모의 음료 창고 두 개에 대해 광산수를 이용한 지열시스템을 도입
 - 설치 용량: 약 1,140RT(약 4MW 열용량)
 - 설치 연도: 2020년
 - 재원: 초기 설치투자비는 350만 파운드, 영국의 RHI 재정지원과 기업 자체 투자
- 재생열 생산 및 이용에 대한 영국 정부의 재정지원을 20년간 받는 것으로 알려졌으며, 이러한 정부 재정지원을 감안할 때 해당 지열시스템의 자본 회수 기간은 10년으로 평가됨
- 지열시스템에서 생산되는 연간 열에너지 총량은 약 4,3000MWh 수준, 연간 CO₂ 배출 저감량은 약 600tCO₂e 수준으로 평가됨



자료: 김재엽(2022), p. 95 그림 재인용

[그림 3-11] 영국 Lanchester Wines 음료 창고 지열난방시스템

26) 김재엽(2022), p. 93 내용 참조

(2) 주거 건물

① 미국 포트포크 육군기지 주거시설(루이지애나주)

- 미국 정부는 1990년대부터 군대 관련 주거시설을 중심으로 대규모 에너지 사업을 시작함. 그 대표적인 예는 세계 최대의 지열히트펌프 단지인 루이지애나의 포트포크 육군기지의 주거시설임
- 시설규모: 약 1만 2천 명이 거주하는 1,290개 건물의 4,003세대
- 설비용량: 6,593RT
- 운영개시: 1997년
- 특징: 43.5%의 피크 부하를 절감하였으며, 7.55MW에 해당. 연간 760만 kWh에 해당하는 천연가스를 절약한 것과 별도로 3100만 kWh의 전력을 절약하였으며, 이산화탄소를 22,400톤 절약

② 프랑스 Westhoffen 단독주택

- 프랑스 동부 Strasbourg 지역 Westhoffen 마을의 단독주택에 지열시스템 및 급탕 설비투자비 35,000유로를 투자한 에너지 효율 극대화 사례
 - (연면적) 약 180m²
 - (초기 설비투자비) 35,000유로
 - (설비 특징) 여름철 냉방비 절감을 위해 히트펌프를 우회하는 외기 냉방을 적용함. 연평균 지열수온은 약 13℃ 수준임. 연평균 지열에너지 이용량 또한 10MWh 수준에 불과해 축열조 대신 버퍼탱크를 적용함
- 연간 총 에너지소비 중 87%는 난방과 급탕에서 기인하며, 히트펌프의 COP는 4.4 수준. 연간 에너지소비 비용은 보조금을 제외하고 300유로에 불과한 것으로 알려짐



[그림 3-12] 프랑스 Westhoffen의 단독주택 전경 및 시추작업 현장

(3) 지역난방에 지열 적용

- 미국은 지열에너지를 지역난방에 활용하기 위한 연구와 파일럿 프로젝트를 통해 친환경 에너지 전환에 앞장서고 있음. 고온 지열시스템을 포함한 다양한 지열 기술이 적용되는 세인트폴과 FORGE 프로젝트는 향후 미국 전역에서 지열에너지를 활용할 수 있는 모델을 제공하며, 뉴욕과 보스턴과 같은 도시에서의 파일럿 프로젝트는 대규모 도시 난방 수요를 충족할 수 있는 새로운 가능성을 제시하고 있음
 - 미국 내에서 가동 중인 지열 지역난방시스템 23개 중 대부분은 1980 년대에 이미 가동을 개시하였으며, 연평균 75MWth의 지열이 이용되고 있음
- 지열원에 대한 탐색과 시추는 고난도 기술로 분류되고 그에 따른 초기자본 투입이 적지 않아 자본집약적 사업으로 분류되며, NREL과 미국 연방정부는 지열 사업자의 초기투자비에 대한 부담을 경감할 수 있는 재정지원의 필요성을 공감 중이나, 사회적, 정책적, 기술적 장벽이 여전히 존재함
 - 미국 내 가동 중인 23개의 지열 지역난방시스템 대부분이 연방정부가 프로젝트 비용을 분담하는 사업 형태였으며, 프로젝트 개시 당시 대출 보증프로그램 등 다양한 금융지원이 시행됨
 - 이에 따라 미국 주요 지열 지역난방시스템 중 초기투자비에 대한 보조금 지원 비율은 평균적으로 60% 수준인 것으로 집계됨
 - 지열원을 난방열로 이용할 때 저렴한 난방연료인 천연가스와의 가격경쟁은 필수적이고, 일반 대중들이 사회적 인지도가 낮은 것 역시 문제
 - 이미 냉난방시스템이 보급된 미국에서 지열시스템 도입을 위해 개조할 경우 개조비용이 크고, 아직까지 시추비용이 큰 것도 기술적 장벽임

[표 3-7] 미국 내 주요 지열 지역난방시스템 리스트 및 가동개시 시점

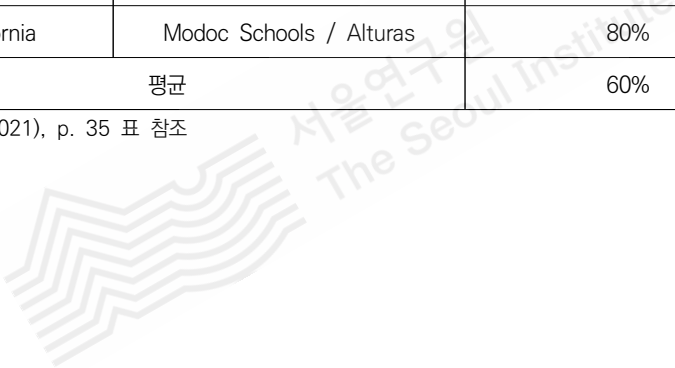
소재지역	지열 지역난방시스템명	가동개시 시점
Idaho	Warm Springs Water District	1892
Idaho	Ketchum District Heating	1929
Oregon	Oregon Institute of Technology	1964
S. Dakota	Midland	1969
Idaho	College of Southern Idaho	1980
S. Dakota	Philip	1980
California	Susanville	1982
Colorado	Pagosa Springs	1982
Idaho	Idaho Capitol Mall	1982
Nevada	Elko District Heat	1982
Idaho	Boise City District Heating	1983
Nevada	Warren Estates	1983
California	San Bernardino	1984
Oregon	City of Klamath Falls	1984
Nevada	Elko County School District	1986
Nevada	Manzanita Estates	1986
New Mexico	Gila Hot Springs Ranch	1987
Idaho	Fort Boise Veteran's Hospital	1988
Idaho	Kanaka Rapids Ranch	1989
California	Canby / I'SOT	2003
Oregon	Lakeview Prison	2005
Oregon	Lakeview District Hospitals + Schools	2014
California	Modoc Schools / Alturas	2017

자료: NREL(2021), p. 28 표 참조

[표 3-8] 미국 내 주요 지열 지역난방시스템 초기자본비용 중 보조금 지원 비율

소재지역	지열 지역난방시스템명	초기자본비 중 보조금 지원 비율
S. Dakota	Philip	77%
Colorado	Pagosa Springs	20%
Nevada	Elko District Heat	100%
California	Susanville	77%
Idaho	Boise City District Heating	68%
Oregon	City of Klamath Falls	82%
California	San Bernardino	34%
Nevada	Elko School District	17%
Idaho	Fort Boise Veteran's Hospital	100%
California	Canby / I'SOT	36%
Oregon	Lakeview Hospitals + Schools	29%
California	Modoc Schools / Alturas	80%
평균		60%

자료: NREL(2021), p. 35 표 참조



2) 국내 지열냉난방 설치 사례

- 국내에서도 지열시스템이 주거 및 비주거 시설에 점점 더 많이 도입되고 있으며, 에너지 절감과 온실가스 배출 감소를 목표로 하는 친환경 에너지 대안으로 자리 잡고 있음

(1) 비주거 건물

① 인천국제공항 제2여객터미널

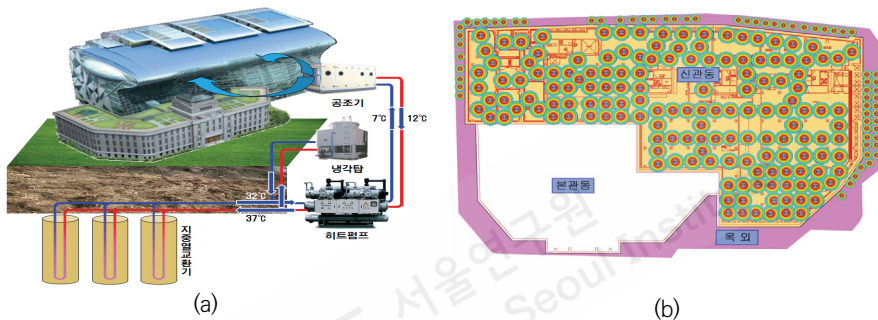
- 대규모 공항 시설의 냉난방 효율을 높이고 온실가스 배출을 줄이기 위해 지열시스템을 도입한 대표적인 사례
- 건물 하부와 옥외에 총 500개의 열교환기 설치, 고효율 히트펌프 시스템을 통해 공항 전체의 냉난방 수요를 충족하며, 여름철 냉방과 겨울철 난방을 안정적으로 제공
 - 설치 용량: 1,500RT
 - 설치 연도: 2017년
 - 재원: 정부 지원과 인천공항공사 자체 예산 투자

② 롯데월드타워

- 서울의 롯데월드타워는 지속 가능한 에너지 사용을 위해 지열시스템을 포함한 여러 친환경 기술을 도입하여 운영 중이며, 고층 빌딩의 냉난방 효율성을 높이고 온실가스 배출을 줄이는 대표 사례로 평가받음
- 부지 내 지하 200m 깊이에 지름 150mm 720공을 천공했으며, 이 중 696공을 건물 하부에 천공함. 이를 이용한 지중열로 저층부 냉난방을 담당함
 - 설치 용량: 약 3,000RT
 - 설치 연도: 2016년 12월
 - 재원: 롯데그룹 자체 예산으로 약 2.5억 달러의 투자

③ 서울시청

- 서울시청은 공공기관으로서 에너지 절감을 목표로 지열시스템을 도입하여 시청 건물의 환경적 지속 가능성을 높이고 있음
- 200m 깊이에 218공을 천공, 서울시청 냉난방 에너지 총 소요량의 45%를 지열에너지로 충당 가능
 - 설치 용량: 3,000RT
 - 설치 연도: 2012년 8월
 - 재원: 서울시 자체 예산과 정부 보조금



자료: 서울시청, 보도자료, 2011

[그림 3-13] 서울시청 (a) 지열이용 개념도, (b) 천공홀 배치도

④ 정부세종청사

- 세종시 정부종합 신청사는 친환경 공공 청사를 위해 지열시스템을 도입하여 지속 가능성을 강화한 사례
- 200m 깊이의 수직형 지열 열교환기 총 766개를 천공기법으로 설치하고, 중앙냉난방의 열에너지 100%를 지열시스템으로 공급하도록 설계
 - 설치 용량: 2,636RT
 - 설치 연도: 2022년 10월
 - 재원: 중앙정부와 지자체 보조금 지원
- 건물에너지 효율 1등급, 친환경 건축물인증 최우수 등급 건축물



자료: 행정안전부 보도자료, 2021

[그림 3-14] 세종시 정부종합청사 에너지 시설 배치도

⑤ 한국전력공사 본사

- 전라남도 나주에 위치한 한국전력 본사 신사옥 건물
- 200m 깊이의 수직형 지열 열교환기 290개를 천공기법으로 설치하고, 중앙냉난방의 열에너지 100%를 지열시스템으로 공급하도록 설계
 - 설치 용량: 1,350RT
 - 설치 연도: 2014년
 - 연면적: 약 100,000m²(지하 2층, 지상 31층)
 - 지열 히트펌프: 45 USRT×29대(예비 3대 포함, 2대 급탕용), 5USRT×4대(급탕용)
- 건축물 인증제도 LEED²⁷⁾ 플래티넘 등급

²⁷⁾ LEED(Leadership in Energy and Environmental Design)은 세계에서 가장 널리 사용되는 친환경 건물 등급 시스템

(2) 주거 건물

① 송도 코오롱 더프라우2

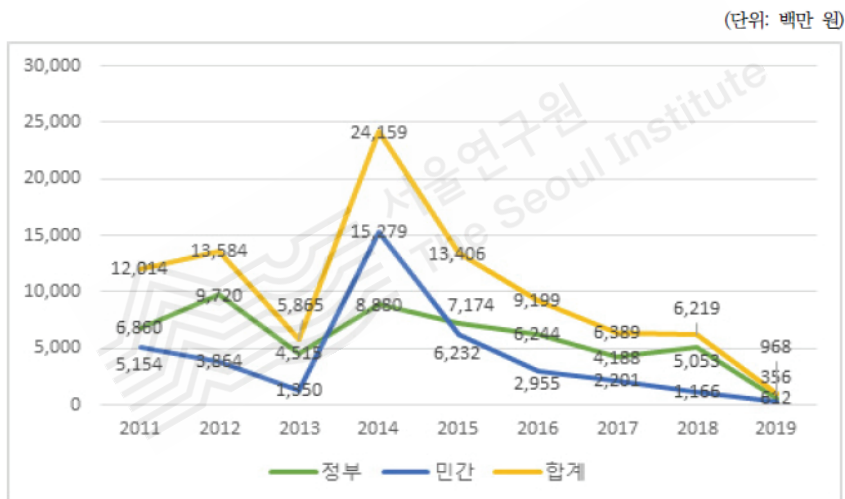
- 공동주택용 지열시스템을 적용한 첫 사례로, 주로 사무용 건물과 단독주택에 보급되던 기존의 시스템과 달리 기계실에 설치된 지열히트펌프로부터 중앙집중방식으로 생산되는 냉난방수가 각 세대로 분리 공급될 수 있도록 배관 구성
- 송도 더프라우2는 아파트 180세대, 오피스텔 170세대의 주상복합아파트로 지열시스템시스템은 아파트 180세대에 적용되어 냉난방을 공급 중이며, 300m 깊이에 76공의 지중열교환기 설치되어 있음
 - 설비 용량: 600RT(100RT급 6대 히트펌프 설치)
 - 설치 연도: 2012년
 - 재원: 중앙정부(산업통상자원부)의 연구용역

② 서울 노원구 에너지제로주택(EZ하우스)

- 노원구와 SH공사가 추진한 국내 최초의 지열을 주 열원으로 계획한 사계절 냉·난방, 급탕 열에너지를 생산하고 이용하는 공동주택단지임
 - 공동주택 3개 동(106세대), 연립주택형 1개 동(9세대), 단독주택형 2개 동(2세대), 합벽형주택 2개 동(4세대)으로 구성됨
 - 연면적 1만 7,652㎡으로 지하 2층에서 지상 7층까지 총 121세대
- 지열히트펌프는 총 3대 130RT 용량으로 설치돼 있어 냉방·난방·급탕을 담당하며, 총 48개의 열교환기가 지하주차장 아래에 설치되어 있음
 - 설치 용량: 130RT(50RT히트펌프 2대, 30RT 히트펌프 1대)
 - 설치 연도: 2017년
 - 재원: 중앙정부(산업통상자원부)와 지자체 보조금 지원
 - 운전방식: 열펌프에서 생산한 온수를 저장하는 저탕조에서 각 세대의 세대 열교환기로 55℃의 온수 급수 후 위생기구에서 사용하고 낮아진 온도 35℃를 바닥난방으로 사용함
- 독일 패시브하우스 인증²⁸⁾

3) 국내 지열에너지 R&D 현황

- 국내 지열부문 R&D는 2001년부터 한국에너지기술평가원의 신재생에너지 개발사업 연구비 지원을 중심으로 진행되어 왔으나 2015년부터 지열 관련 과제 수가 감소하기 시작해 2019년에 이르러서는 불과 2개의 R&D만 진행된 것으로 파악됨
- 국내 지열부문 연구는 지열원 기반 히트펌프 성능 개선 및 관련 실증연구 중심으로 이루어졌고, 기업들의 참여도 활발했던 것으로 파악됨
- 지열 히트펌프 및 지중열교환기의 가격 경쟁력 제고를 위한 연구에 집중적으로 투자됨
- 2017년 포항 지진의 영향으로 지열의 세부 이용 방법을 불문하고 지열원 관련 연구지원 자체가 급감하기 시작함



자료: 김재엽·김현제(2022), p. 49 그림 재인용

[그림 3-15] 신재생에너지 기술 지열부문 국내 연구개발비 변화

- 국내 지열시스템 R&D는 주로 효율성 개선, 설치 비용 절감, 장기적인 성능 유지와 관련된 기술개발에 집중하고 있으며, 정부 지원하에 진행된 R&D 현황을 하기와 같이 요약할 수 있음

28) 패시브하우스 건축물이 독일 패시브하우스협회(Passive House Institute, PHI)의 규격을 만족하여 인증을 받은 것을 의미하며, 국제적으로 인정받는 인증제도 중 하나임

[표 3-9] 국내 지열부문 연구개발 과제 이력 요약

과제개시	과제명
2010	- 직접순환식(DX) 수직밀폐형 지열원 열펌프 시스템 기술 구축(3년) - R410A 원심 압축기를 이용한 지열 히트펌프 시스템(3년) - 앵커(anchor)와 로우프를 이용한 고심도 고열량 지중 열교환기장치 개발(2년) - 소규모 분산형 지열시스템 개발(3년) - MW급 지열발전 상용화 기술개발(3년)
2011	- 저온 지열원 100kW급 ORC 발전 기술개발(5년) - 내식형 직접 순환식 지중열교환 시스템 기술개발(2년) - 대규모 현장타설 콘크리트 말뚝에 적합한 지열교환 시스템의 설계 및 시공법 개발(3년)
2012	- 개방형 지열시스템의 설계 시공기준 확립 및 신뢰성 확보를 위한 실증연구(3년) - 비주거용 지열 히트펌프 시스템의 보조 히트싱크 활용 기술개발(3년)
2013	- 2,000RT급 지열, 공기열 하이브리드 열원 냉·난방시스템 개발(1년) - EGS 인공저류층 생성 시뮬레이터 개발(3년) - ICT 융합 지열시스템의 지능형 통합유지·관리 기술개발(3년) - 지열 저류층 4차원 영상화 기술개발(3년)
2014	- 울릉도 지열발전을 위한 심부 지열자원 평가기술개발 - 지열에너지 활용 패널 구조물 지붕 융설시스템 개발 - 분산열원 이용 지열시스템 상용화 기술
2015	- 심부지열 직접 열활용을 위한 Co-axial(동축) 단일 대규모 지중열교환기 개발 - 300~450m 고심도 수직밀폐형 지중 열교환기장치 사업화 개발 - 기존 지하공간 시설에 지열에너지 성능 부여를 위한 에너지 구조체와 최적화 기법 기반 설계·시공 기술개발 - 용수활용이 가능하고 소구경에서 115.5kW, 대규모에서 525kW 이상 성능을 가진 지하수 정호 결합 밀폐-개방형 복합지열시스템(CWG 시스템) 개발
2016	- 지열원 냉난방시스템 에너지 생산량 산정 및 모니터링 기술개발 - 지열원 히트펌프식 열풍건조기 개발 - 집단 주거시설의 고밀도 대용량 지열시스템 실현을 위한 수주지열정(SCW) 기술개발 - 수직밀폐형 지중열교환기 및 지열원 히트펌프 시스템 성능 향상에 관한 실증연구
2018	- 포항 지진과 지열발전의 연관성 분석 연구
2019	- 포항 지열발전 실증부지 지진 활동 및 지하수 변화 모니터링 시스템 구축

자료: 김재엽·김현제(2022), p. 13 표 재인용

- 지열시스템의 경제성 분석에는 주로 생애주기비용분석법이 널리 적용되고 있으며, 생애주기비용분석법을 활용한 선행연구를 하기에 요약함
- 건물의 특성과 규모에 따라 투자비 회수 시기는 다르게 나타나지만, 일부 연구 결과에 따르면 10년 이내에 투자비 회수가 가능한 경우도 있는 것으로 분석됨

[표 3-10] 지열시스템의 경제성 분석 선행연구 방법론 및 주요 결과 요약

적용대상	논문	경제성 분석 방법	분석 결과
사무실용 건물	임호제, 송윤석, 공공지원, 박사규	생애주기비용 분석	지열시스템의 총 비용이 대안 시스템 대비 32% 수준인 것으로 분석
사회복지원	박성룡(2006)	기존 시스템과의 비용 비교 분석	난방 에너지 비용은 기존 대비 히트펌프를 사용하여 절감, 난방비의 30% 절감 효과
고등학교 신축 도서관	조성철, 손창훈(2009)	생애주기비용 분석 및 화석연료 대체 효과를 활용한 비교 분석	총 비용에서 설치비는 기존 난방시스템보다 낮음, 내구연수는 25년으로 평가
도서관	최창호(2012)	생애주기비용 분석에 의한 기존 난방시스템과의 비교 분석	에너지 절감 효과가 연간 18억 원에 달함, 5~7년 후 투자비 회수 가능
주거용 및 사무용 건물	나석역, 강은경, 이의준(2014)	연간 총 비용을 대안 설비와 비교	초기 설비 비용의 단순 투자 회수 기간은 10.7년
온실	김진성, 송상훈, 정교보, 김창호(2015)	생애주기비용 분석을 통한 비용 비교 분석	온실의 지열시스템 사용으로 총 비용 절감 및 화석연료 대비 효율성 상승
농촌의 표준주택	조정홍, 남용진(2015)	생애주기비용 분석법과 ROI(Return on Investment) 분석	경유 보일러 대비 13년 차에 초기투자비 회수 가능
복합기능 건물	강정모, 신진섭, 김현수, 조영홍(2017)	기존 시스템과의 경제성 분석	지열시스템으로 에너지 비용 절감, 회수기간은 약 7.5년
집단 주거시설(아파트)	조성철, 김현채(2019)	생애주기비용 및 회수기간 기반 분석	지열시스템으로 약 30%의 에너지 비용 절감 가능

자료: 김재엽·김현제(2022), p. 49 표 재인용

3_시사점

- 한국의 2022년 재생에너지 비중은 8.3%로 OECD 평균 31.3%보다 낮아, 지열 등 신재생에너지 보급 확대가 시급함
 - 유럽과 미국의 사례처럼 히트펌프 기반 지열시스템을 활성화해 건물 에너지 효율을 높이고 온실가스를 감축할 수 있음
 - 서울시 에너지 소비와 온실가스 배출의 중심인 건물부문에 지열시스템을 적극 도입 필요함
- 미국과 유럽의 지열 연구 및 지열시스템 실증 사업 사례에 따르면 초기투자비용의 약 60%를 정부 보조금으로 지원하는 경우가 흔히 나타나며, 이는 초기투자 부담을 줄여 민간 참여를 유도하기 위한 재정적 지원의 필요성을 강조하는 사례로 볼 수 있음
 - 프랑스 포도주 양조장과 영국 음료 저장창고에 대한 IEA의 지열시스템 경제성 평가에 따르면, 정부 지원이 있을 경우 운영 후 10년에서 12년 내 경제성이 확보되는 것으로 나타남
 - 미국과 유럽에서는 지열시스템 사업의 주요 추진 동력을 경제적 편익보다 환경과 사회적 편익에 두고 있어, 보조금 지원 비율이 상대적으로 높음
- 국내에서도 건물의 특성이나 사용 환경에 따라 지열시스템의 초기투자비용과 회수 기간에 차이를 보이지만, 여러 연구 결과에 따르면 대체로 운영 10년 이내에 투자비 회수가 가능한 것으로 평가되고 있음
- 국내의 지열에너지 R&D는 2017년 포항 지진 이후 위축되었지만, 에너지 효율개선과 경제성 증대를 위해 정부의 보조금 지원뿐만 아니라 지속적인 연구지원이 필요하며, 지열시스템의 안정성과 효율성을 높이기 위해 실증사업을 확대하고, 운영 데이터를 통한 경제성 분석 및 기술적 개선을 통해 장기적으로 안정적인 지열에너지 보급을 추구해야 함

04

지열에너지 보급 활성화 방안 검토



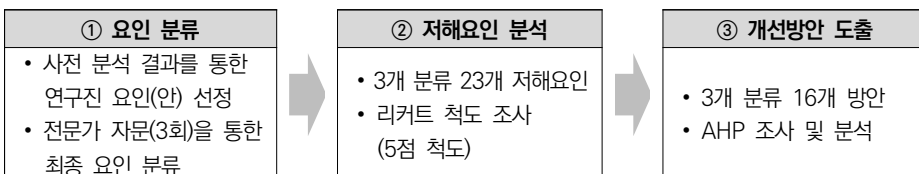
- 1_지열 보급 저해요인 분석과 개선방안 도출
- 2_지열 보급을 위한 인센티브 제도 도입 검토
- 3_지열 보급을 위한 의무화 제도 도입 검토

04. 지열에너지 보급 활성화 방안 검토

1_지열 보급 저해요인 분석 및 개선방안 도출

1) 분석 개요

- 민간 지열 보급 활성화에 영향을 미치는 저해요인(문제점)을 파악하고 개선방안의 우선순위를 도출하기 위해 전문가 설문조사를 실시
 - (저해요인 분석) 지열시스템의 민간 보급을 저해하는 요인을 분석하기 위한 5점 리커트 척도 조사
 - (개선방안 도출) 지열시스템의 민간 보급 활성화 방안 우선순위 선정을 위한 AHP 조사
- 본 과제를 통한 국내외 정책·제도 분석, 현황·사례 분석 결과와 전문가 자문의견 등을 토대로 영향요인을 분류
 - 설문을 위한 3개 대분류 요인(기술적 요인, 사회적 요인, 제도적 요인) 별 세부요인 및 해결방안 목록 도출
 - (저해요인 분석) 3개 분류, 23개 세부요인 선정
 - (개선방안 도출) 3개 분류, 16개 세부방안 선정



[그림 4-1] 설문 설계 및 방법

- 총 33인의 지열시스템 산·학·연 전문가를 대상으로 설문조사 및 전문가 면담을 실시함
 - (사전설문) 지열시스템 관련 정책·제도 전문가 5인을 대상으로 문제요인과 개선방안을 도출한 후 사전설문을 실시하여 설문지 설계 적절성 최종 검토하였고, 본 설문 결과에 대한 참고용으로 활용
 - (본 설문) 지열시스템 산업에 종사하고 있는 전문가 28인을 대상으로 본 설문 실시하여 최종 결과 도출에 활용

[표 4-1] 설문조사 대상 전문가 구성

구분	전문가 분류	산·학·연	인원	조사 시기
사전설문	정책·제도	학·연	5명	2024. 9. 11.~13.
본 설문	산업 종사자	산	28명	2024. 9. 17.~30.
		※ 지열시스템 관련 산업 종사자의 의견으로 우선순위 도출하고, 업무 분류별 응답에 차별점이 있는지 확인하기 위해 아래와 같이 분류함		
		업무 분류	업무설명	인원
		제조/기계설계	지열설비 및 시스템 설계 종사자	11명
		건축 설계	지열시스템을 포함한 건축 설계 경험이 있는 건축업계 종사자	9명
		건축 시공	지열시스템을 포함한 건축시공 경험이 있는 건설업계 종사자	8명

[표 4-2] 설문조사 주요 내용

구분	저해요인 분석: 리커트 척도 조사	개선방안 도출: AHP 조사
기술적 요인	· 시스템 설치 비용 · 시공 비용 증가 · 천공 속도 · 공사 소음 · 시스템 효율 · 냉난방공급 여부 · 운영 비용 · 유지보수비용 · 안정성	· 설치 표준매뉴얼 제작·배포 · 운영 표준매뉴얼 제작·배포 · 단계별 컨설팅 · 설치 전 자문단 · 설치 후 자문단 · 기술검증 시범사업 지원
사회적 요인	· 사용 소음 · 건축주 낮은 인식 · 건축주 부정 인식 · 시민 낮은 인식 · 시민 부정 인식 · 건축주 사용자 입장 차이 · 설계·시공사 부정 인식	· 우수사례 발굴·홍보 · 시민 인식 홍보·교육 · 실무자 역량강화 · 설계/시공 인식개선 · 기업 신재생에너지 활용 독려
제도적 요인	· 실태조사 미흡 · REMS 구축 미비 · 시설비 유지관리 지원 미비 · 인센티브 지원 미비 · 의무화 제도 미비 · 공사기간 제한 · 에너지 환산계수 불리	· 설치비 지원 · 운영비 지원 · 기축건물 지원 · 재생에너지 설치 의무화 · 에너지 환산계수 수정

2) 저해요인 분석 설문조사 결과

- 지열시스템의 민간 보급을 저해하는 요인을 분석하기 위해 리커트 척도 5로 구성된 설문조사 결과 분석
 - 실제 산업 종사자들이 생각하는 지열에너지 보급 활성화 문제 요인 조사와 함께 AHP 조사를 통한 개선방안 선정의 타당성 제고에 활용

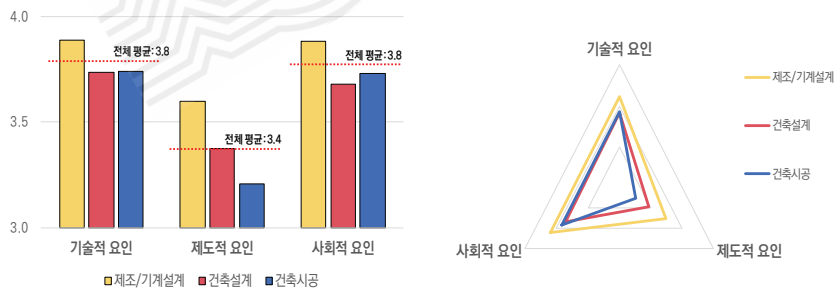
[표 4-3] 저해요인 분석을 위한 리커트 척도 조사 질문지

분류	영향요인	5점 척도				
		전혀 중요 하지 않다	중 요 하 지 않 다	보 통 이 다	중 요 하 다	매 우 중 요 하 다
기술적 요인 (9개 영향요인)	1. 시스템 설치 비용					
	2. 건축공사기간 증가로 인한 시공 비용 증가					
	3. 천공 속도					
	4. 공사 소음					
	5. 시스템 효율					
	6. 계절별 사용자의 쾌적한 냉난방온도 공급여부					
	7. 운영비용(전기세, 인건비)					
	8. 유지보수비용(고장 등)					
	9. 안정성(싱크홀 등)					
사회적 요인 (7개 영향요인)	1. 설치 후 사용시 소음(여래대의 히트펌프가 동시에 작동될 경우의 소음)					
	2. 건축주의 낮은 인식 ※ 지열시스템 인식 및 이해도 부족					
	3. 건축주의 부정적 인식 ※ 유지관리, A/S의 어려움 등					
	4. 시민의 낮은 인식 ※ 지열시스템 인식 및 이해도 부족					
	5. 시민의 부정적 인식 ※ 지열발전으로 인한 지진 사례 등					
	6. 건축주(초기설치비 부담)와 사용자(에너지비용 절감)의 입장차이					
	7. 설계 및 시공사의 부정적 인식 ※ 공정변수 증대, A/S 어려움 등					
제도적 요인 (7개 영향요인)	1. 민간 지열설비 설치 실태조사 미흡					
	2. 서울시 지열시스템 통합관리를 위한 REMS 구축 미비					
	3. 기설치된 설치의 유지관리 지원제도 미비					
	4. 인센티브지원제도 미비					
	5. 의무화 제도 미비					
	6. 정부 보급지원사업의 제한된 공사 기간					
	7. ZEB 에너지자립률 계산 시 태양광 대비 불리					

- 산업계 종사자들이 평가한 요인 순위 정렬 결과
 - 대분류별로는 기술적 요인(3.80점) > 사회적 요인(3.78점) > 제도적 요인(3.44점) 순으로 중요
 - 산업분야별로는 제조 및 기계설계 분야 전문가들이 모든 항목에 대해 중요하다고 인식하는 정도가 높으며, 제도적 요인에 대한 인식은 분야별 편차가 크게 나타남
 - 지열시스템의 적용은 제조사가 주도적으로 진행하며, 이후 계약을 통해 설계사, 시공사 순으로 설치·시공 진행
 - 최초 적용 단계에 밀접할수록 각 요인에 대한 중요성 인식도가 높게 나타나며 특히, 제도적 요인에 대한 시각차가 큼

[표 4-4] 대분류별 중요도 리커트 척도 분석 결과

분류	산업계 분야별 평균				(참고) 정책 및 제도 분야
	산업계 전체 (N=28)	제조 및 기계 설계 (N=11)	건축 설계 (N=9)	건축 시공 (N=8)	
기술적 요인	3.80	3.89	3.74	3.74	4.04
제도적 요인	3.44	3.60	3.38	3.21	3.86
사회적 요인	3.78	3.88	3.68	3.73	3.77



[그림 4-2] 응답자 산업분야별 대분류별 리커트 척도 분석 결과 비교

- 세부 영향요인별 평가 결과, ZEB 에너지자립률 계산 시 태양광 대비 불리 > 건축공사기간 증가로 인한 시공 비용 증가 > 시스템 설치 비용 순으로 중요한 것으로 분석
 - 기술적 요인은 1) 건축공사기간 증가로 인한 시공 비용 증가, 2) 시스템 설치 비용, 3) 유지보수비용 등 사용이나 시공상의 문제점보다는 비용에 대한 문제점 인식이 주로 높게 나타남
 - 사회적 요인은 1) 설계/시공사의 부정적 인식, 2) 건축주의 부정적 인식, 3) 건축주와 사용자의 입장 차이 순으로 지열시스템의 적용 여부에 직접적인 영향을 끼치는 이해당사자들의 인식을 중요하게 생각
 - 제도적 요인은 1) ZEB 에너지자립률 계산 시 태양광 대비 불리, 2) 인센티브지원제도 미비, 3) 의무화 제도 미비 순으로 직접적인 제도적 지원에 대한 우선순위가 높음
- 산업 분류별로는 각 분야 모두 ‘ZEB 에너지자립률 계산 시 태양광 대비 불리’를 가장 중요하다고 응답
 - 제조/기계설비 분야의 경우, 의무화 제도, 인센티브지원제도 등 설치 확대를 직접 지원제도 관련 요인과 기술적 요인 중 시스템 설치 비용에 대한 문제를 중요하게 생각
 - 반면 건축설계와 시공분야는 시공 비용에 대한 중요도를 높게 평가

기술적 요인

- 1) 건축공사기간 증가로 인한 시공 비용 > 2) 시스템 설치 비용 > 3) 유지보수비용

사회적 요인

- 1) 설계/시공사 부정적 인식 > 2) 건축주 부정적 인식 > 3) 건축주와 사용자의 입장 차이

제도적 요인

- 1) 에너지자립률 계산식의 환산계수 불리 > 2) 인센티브지원제도 미비 > 3) 의무화 제도 미비

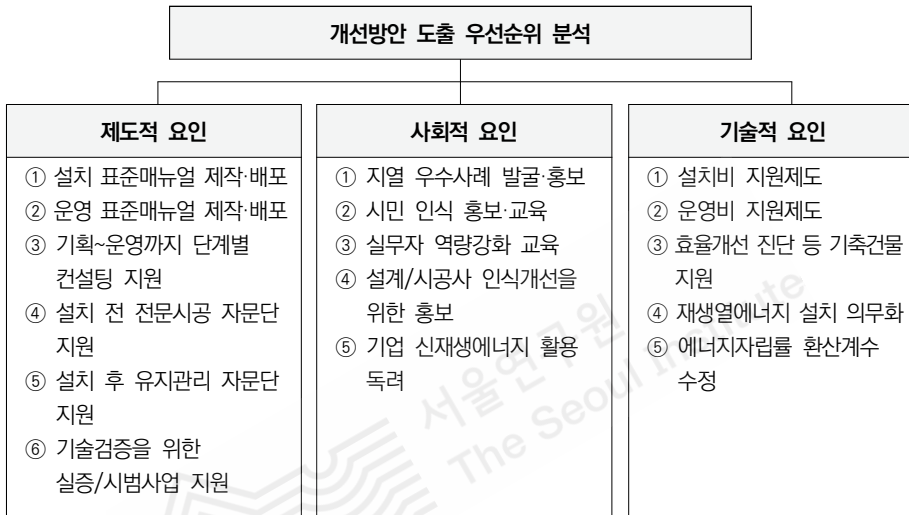
[표 4-5] 저해요인 분석을 위한 리커트 척도 기술통계

분류	영향요인	산업계 전체				표준편차 (전체)	(참고) 정책 및 제도 분야
		리커트 척도 점수		건축시공			
		전체	제조 및 기계설계		건축설계		
기술적 요인	건축공사기간 증가로 인한 시공 비용 증가	4.36	4.27	4.25	0.73	4.56	4.4
	시스템 설치 비용	4.21	4.45	3.88	0.96	4.22	4.6
	유지보수비용(고장 등)	3.96	3.91	4.13	0.74	3.78	4.0
	계절별 사용자의 쾌적한 냉난방온도 공급 여부	3.93	4.00	3.88	1.02	4.00	4.0
	시스템 효율	3.86	3.91	4.13	1.04	3.56	3.8
	운영비용(전기세, 인건비)	3.82	4.18	3.63	0.82	3.56	4.2
사회적 요인	천공 속도	3.46	3.45	3.38	0.88	3.56	4.0
	공사 소음	3.36	3.55	3.13	0.91	3.33	3.8
	안전성(싱크홀 등)	3.21	3.27	3.25	1.2	3.11	3.6
	설계/시공사의 부정적 인식	3.86	3.82	3.88	0.8	3.89	4.2
	건축주의 부정적 인식	3.75	3.91	3.75	0.93	3.56	4.2
	건축주와 사용자의 입장 차이	3.61	3.45	3.88	1.03	3.56	4.2
제도적 요인	건축주의 낮은 인식	3.36	3.55	3.38	0.95	3.11	3.2
	시민의 부정적 인식	3.36	4.09	3.25	0.87	2.56	3.8
	시민의 낮은 인식	3.14	3.91	2.75	1.08	2.56	3.6
	설치 후 사용 시 소음	2.79	2.45	2.75	0.96	3.22	3.8
	ZEB 에너지자립률 계산 시 태양광 대비 불리	4.46	4.45	4.38	0.74	4.56	4.0
	인센티브지원제도 미비	4.11	4.36	3.63	0.83	4.22	3.6
제도적 요인	의무화 제도 미비	4.00	4.45	3.75	0.94	3.67	3.8
	기설치된 설비의 유지관리 지원제도 미비	3.68	3.55	3.50	0.82	4.00	3.6
	정부 보급지원사업의 제한된 공사기간	3.61	3.55	3.63	0.74	3.67	3.8
	지원시스템 통합관리 REMS 구축 미비	3.32	3.36	3.50	0.77	3.11	3.4
	민간 지원설비 설치 실태조사 미흡	3.25	2.45	3.38	0.80	2.89	4.2

주: 각 분야 내 요인별 상위 3개 영향요인 묶은 글씨

3) 개선방안 우선순위 분석 결과

- 지열시스템 민간 보급 활성화를 위한 방안 모색을 위해 3개 분야별 우선순위 방안을 쌍대비교하도록 엑셀 기반 AHP 조사 진행
 - 평가 순서: 분야별(기술적 요인, 사회적 요인, 제도적 요인) 상대적 중요도 평가 → 세부요인별 상대적 중요도 평가
 - 항목 간 상대적 중요도를 양방향 5점 척도(총 9점 척도) 기준으로 평가



[그림 4-3] 개선방안 우선순위 분석을 위한 AHP 설문 구조도

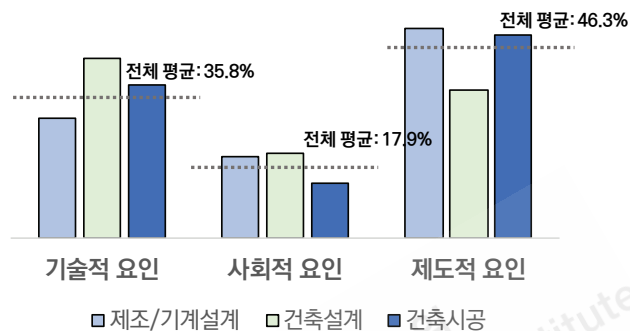
질문 1. 아래 항목은 지열냉난방 민간 보급 활성화 방안 모색을 위한 대분류(기술적 요인, 사회적 요인, 제도적 요인) 항목 간 비교에 대한 질문입니다. '세부 평가항목 1'과 '세부 평가항목 2' 중에서 더 중요하고 우선적으로 해결해야 한다고 생각하시는 요인에 대해 아래 척도에 따라 평가하여 주시기 바랍니다.

※ 노란색 셀에만 선택해주세요.

세부 평가항목 A	A가 중요					B가 중요					세부 평가항목 B
	극히 중요	매우 중요	중요	약간 중요	중립	약간 중요	중요	매우 중요	극히 중요		
	5	4	3	2	1	2	3	4	5		
① 기술적 요인	○	○	○	○	○	○	○	○	○	② 사회적 요인	
① 기술적 요인	○	○	○	○	○	○	○	○	○	③ 제도적 요인	
② 사회적 요인	○	○	○	○	○	○	○	○	○	③ 제도적 요인	

[그림 4-4] AHP 조사 분석틀 구성(예: 분야별 상대적 중요도)

- 분야별 상대적 중요도는 제도적 요인(0.441) > 기술적 요인(0.367) > 사회적 요인(0.191) 순으로 나타남
 - 정책 및 제도 분야(사전설문), 건축시공분야는 기술적 요인 > 제도적 요인 > 사회적 요인 순
 - 제조 및 기계설계, 건축설계 분야는 제도적 요인 > 기술적 요인 > 사회적 요인 순



응답자 분야		대분류		
		기술적 요인	사회적 요인	제도적 요인
산업계	전체	0.358	0.179	0.463
	제조/기계설계	0.291	0.199	0.510
	건축설계	0.436	0.204	0.361
	건축시공	0.371	0.133	0.496
(참고) 정책 및 제도		0.421	0.260	0.319

[그림 4-5] 대분류별(기술적 요인, 사회적 요인, 제도적 요인) 상대적 중요도

- 분야별 상위 3개 활성화 우선순위 방안으로는
 - (제도적 요인) 1) 에너지자립률 환산계수 수정, 2) 설치비 지원제도, 3) 효율개선 진단 등 기축건물 지원
 - (기술적 요인) 1) 기획~운영까지 단계별 컨설팅 지원, 2) 기술검증을 위한 실증·시범사업 지원, 3) 설치 표준매뉴얼 제작 및 배포
 - (사회적 요인) 1) 기업 신재생에너지 활용 독려, 설계·시공사 인식개선을 위한 홍보, 3) 실무자 역량강화 교육

- 산업분야별로는 세부요인별로 일부 견해 차이를 보임
 - 가장 높은 중요도로 분석된 에너지자립률 환산계수 수정에 대해서는 제조 및 기계설계, 건축시공 종사자는 타 재생에너지 대비 불리²⁹⁾하다고 생각하나, 건축설계 종사자 일부는 이에 부정적
 - 제조 및 기계설계, 건축설계 종사자는 기술적 요인에서 단계별 컨설팅을 가장 중요하게 생각하나, 건축시공 종사자는 실증 및 시범사업에 대한 중요도를 높게 평가

[표 4-6] 개선방안 우선순위 AHP 분석 결과(가중치 적용 전)

세부 평가항목	(산업계) 전체		제조 및 기계설계		건축설계		건축시공	
	순위	중요도	순위	중요도	순위	중요도	순위	중요도
제도적 요인	1	0.463	1	0.510	2	0.361	1	0.496
에너지자립률 환산계수 수정	1	0.281	1	0.323	3	0.223	1	0.283
설치비 지원제도	2	0.239	2	0.210	1	0.251	2	0.264
효율개선 진단 등 기축건물 지원	3	0.201	3	0.208	2	0.231	4	0.167
재생열에너지설치 의무화	4	0.141	5	0.152	5	0.137	3	0.174
운영비 지원제도	5	0.137	4	0.107	4	0.158	5	0.111
기술적 요인	2	0.358	2	0.291	1	0.436	2	0.371
기획~운영까지 단계별 컨설팅 지원	1	0.222	1	0.236	1	0.234	3	0.192
기술검증을 위한 실증/시범사업 지원	2	0.182	2	0.180	3	0.148	1	0.216
설치 표준매뉴얼 제작·배포	3	0.160	4	0.170	5	0.143	2	0.192
설치 후 유지관리 자문단 지원	4	0.159	3	0.143	6	0.142	4	0.163
설치 전 전문시공 자문단 지원	5	0.143	5	0.147	2	0.188	6	0.099
운영 표준매뉴얼 제작·배포	6	0.134	6	0.123	4	0.145	5	0.137
사회적 요인	3	0.179	3	0.199	3	0.204	3	0.133
기업 신재생에너지 활용 독려	1	0.252	2	0.250	3	0.241	1	0.263
설계/시공사 인식개선을 위한 홍보	2	0.236	1	0.269	1	0.263	4	0.173
실무자 역량강화 교육	3	0.225	3	0.199	2	0.251	2	0.233
지열 우수사례 발굴·홍보	4	0.120	5	0.142	4	0.159	3	0.207
시민 인식 홍보·교육	5	0.168	4	0.141	5	0.087	5	0.123

주: 각 분야 내 요인별 1순위 우선순위 요인 음영 표시

29) 지열에너지의 에너지자립률 산정 시 생산량에는 연료에 대한 환산계수 1.1을 적용하고, 소비량에는 히트펌프 가동에 따른 전력 환산계수 2.75를 적용하기 때문에 타 재생에너지 대비 불리

- 3개 분야별 상대적 중요도에 세부요인별 중요도에 관한 가중치를 적용하여 종합 순위를 분석한 결과, 상위 7개 우선순위에는 제도적 요인에 해당하는 세부요인이 모두 포함
 - 전체 16개 세부요인 중 ‘중앙정부 ZEB 에너지자립률 환산계수 수정 건의’가 가장 높게 분석되었고, 제조 및 기계설계, 건축시공분야에서도 가장 높은 우선순위를 보임
 - 기술적 요인 중 단계별 컨설팅 지원, 실증·시범사업 지원도 상위 우선 순위 세부요인으로 분석
 - 사회적 요인에 해당하는 세부요인들은 상대적으로 우선순위가 낮게 나타남

[표 4-7] 개선방안 우선순위 AHP 분석 결과(가중치 적용 후)

세부 평가항목	(산업계) 전체		제조 및 기계설계		건축설계		건축시공	
	순위	중요도	순위	중요도	순위	중요도	순위	중요도
제도적 요인								
에너지자립률 환산계수 수정	1	0.130	1	0.165	5	0.081	1	0.140
설치비 지원제도	2	0.111	2	0.107	2	0.091	2	0.131
효율개선 진단 등 기축건물 지원	3	0.093	3	0.106	3	0.083	4	0.083
재생에너지설치 의무화	5	0.065	4	0.078	13	0.049	3	0.086
운영비 지원제도	7	0.063	6	0.055	10	0.057	9	0.055
기술적 요인								
기획~운영까지 단계별 컨설팅 지원	4	0.079	5	0.069	1	0.102	6	0.071
기술검증을 위한 실증/시범사업 지원	6	0.065	8	0.052	6	0.065	5	0.080
설치 표준매뉴얼 제작·배포	8	0.057	10	0.049	8	0.062	6	0.071
설치 후 유지관리 자문단 지원	9	0.057	12	0.042	9	0.062	8	0.060
설치 전 전문시공 자문단 지원	10	0.051	11	0.043	4	0.082	11	0.037
운영 표준매뉴얼 제작·배포	11	0.048	14	0.036	7	0.063	10	0.051
사회적 요인								
기업 신재생에너지 활용 독려	12	0.045	9	0.050	14	0.049	12	0.035
설계/시공사 인식개선을 위한 홍보	13	0.042	7	0.054	11	0.054	15	0.023
실무자 역량강화 교육	14	0.040	13	0.040	12	0.051	13	0.031
지열 우수사례 발굴·홍보	16	0.021	15	0.028	15	0.032	14	0.028
시민 인식 홍보·교육	15	0.030	16	0.028	16	0.018	16	0.016

주: 각 분야 내 요인별 1순위 우선순위 요인 음영 표시

4) 종합 결과

- 전문가 조사 결과 민간의 지열 보급 활성화를 저해하는 요인별 주요 원인은 아래와 같으나, 사회적 요인에 대한 문제 정도는 상대적으로 낮은 편임
 - 제도적 요인: 인센티브 지원 미비, 의무화 제도 미비, ZEB 에너지자립률 계산 시 타 재생에너지 대비(태양광 등) 불리 등
 - 기술적 요인: 건축공사기간 증가로 인한 시공 비용 증가, 타 재생에너지 대비 비싼 시스템 설치 비용, 높은 유지보수비용 등
 - 사회적 요인: 설계/시공사의 부정적 인식, 건축주와 사용자의 입장 차이, 건축주의 부정적 인식 등

[표 4-8] 지열 보급을 저해하는 요인분석 및 개선방안 도출 결과

분류	저해요인 분석	리커트 척도	대분류	개선방안	가중치
기술적 요인	건축공사기간 증가로 인한 시공 비용 증가	4.36	제도적 요인	에너지자립률 환산계수 수정	13.0%
	시스템 설치 비용	4.21	제도적 요인	설치비 지원제도	11.1%
	유지보수비용(고장 등)	3.96	제도적 요인	효율개선 진단 등 건축건물 지원	9.3%
	계절별 사용자의 쾌적한 냉난방온도 공급 여부	3.93	기술적 요인	기획~운영까지 단계별 컨설팅 지원	7.9%
	시스템 효율	3.86	기술적 요인	기술검증을 위한 실증/시범사업 지원	6.5%
	운영비용(전기세, 인건비)	3.82	제도적 요인	재생에너지 설치 의무화	6.5%
	천공 속도	3.46	제도적 요인	운영비 지원제도	6.4%
	공사 소음	3.36	기술적 요인	설치 후 유지관리 자문단 지원	5.7%
	안전성(싱크홀 등)	3.21	기술적 요인	설치 표준매뉴얼 제작·배포	5.7%
			기술적 요인	설치 전 전문시공 자문단 지원	5.1%
사회적 요인	설계/시공사의 부정적 인식	3.86	기술적 요인	운영 표준매뉴얼 제작·배포	4.8%
	건축주의 부정적 인식	3.75	사회적 요인	기업 신재생에너지 활용 독려	4.5%
	건축주와 사용자 입장 차이	3.61	사회적 요인	설계/시공사 인식개선을 위한 홍보	4.2%
	건축주의 낮은 인식	3.36	사회적 요인	실무자 역량강화 교육	4.0%
	시민의 부정적 인식	3.36	사회적 요인	지열 우수사례 발굴·홍보	3.0%
	시민의 낮은 인식	3.14	사회적 요인	시민 인식 홍보·교육	2.1%
	설치 후 사용 시 소음	2.79			
제도적 요인	ZEB 에너지자립률 계산 시 태양광 대비 불리	4.46			
	인센티브지원제도 미비	4.11			
	의무화 제도 미비	4.00			
	기설치된 설비의 유지관리 지원제도 미비	3.68			
	정부 보급지원사업의 제한된 공사기간	3.61			
	지열시스템 통합관리 REMS 구축 미비	3.32			
	민간 지열설비 설치 실태조사 미흡	3.25			

- 활성화 방안 상위 7개 우선순위는 제도적 요인과 기술적 요인이 주를 이루며, 사회적 요인은 우선순위가 낮은 것으로 분석
 - (제도적 요인) 에너지자립률 환산계수 수정, 설치비 지원제도, 효율개선 진단 등 기축건물 지원, 재생열에너지 설치 의무화, 운영비 지원제도
 - (기술적 요인) 기획~운영 단계별 컨설팅 지원, 기술검증을 위한 실증·시범사업 지원
- 이를 종합하여 분류하면 크게 인센티브 제공, 기술 지원, 제도 개선으로 분류 가능
 - (인센티브 제공) 설치비 지원, 운영비 지원
 - (기술 지원) 기축건물 효율개선 진단, 기술검증을 위한 실증·시범사업 지원, 기획~운영 단계별 컨설팅 지원
 - (제도 개선) 에너지자립률 환산계수 수정, 재생열에너지 설치 의무화
 - 우선순위가 높은 방안들은 서울시가 민간 지열 활성화를 위해 우선 검토가 가능할 것으로 판단되며, 제도 개선 등에 대해서는 장기적 방향 제시가 필요
 - 에너지자립률 환산계수 수정은 우선순위는 가장 높았으나 서울시가 직접 수정할 수 없는 사항으로 중앙정부(산업통상자원부)에 제도 개선 건의 등의 간접적 지원으로 접근 가능
- 지열 보급을 저해하는 개선방안 도출 결과의 지원방안에 대해 5장에서 정책적인 제언을 하였으며, 인센티브 지원제도와 의무화 제도의 도입 검토를 위해 4장 2절과 3절에서 상세하게 검토함

2_지열 보급을 위한 인센티브 제도 도입 검토

1) 인센티브 제도 개요

- 높은 초기 설치비용과 운영비용은 지열시스템 보급 확대에 가장 큰 장애물로 작용하고 있으므로, 시스템 보급을 위한 설치비 지원, 운영비 지원 등을 지원하는 인센티브 제도 도입이 필요함
- 신재생에너지 보급을 위한 인센티브 제도는 설치비 지원, 운영비 지원, 금융 지원 등이 있으며, 산업부의 보급지원사업을 통해 지열설비의 설치비 지원을 하고 있으나 운영비를 지원하는 사업은 없음
 - 산업부의 신재생에너지 보급지원사업으로 건물 지원사업, 주택 지원사업, 융복합지원사업 등이 있으며 태양광(고정식), 태양열, 지열(수직밀폐형), 연료전지에 대해 설치비를 지원함
- 영국은 재생열에너지 인센티브 제도(RHI)를 통해 지열 운영비를 보조하고 있으며, 서울시는 태양광 금융지원사업을 통해 태양광 발전시설의 설치자금을 융자지원하고 이자차액을 보전하였음(2022년 신규 신청 종료)

(1) 지열 인센티브 시범사업 검토

- 민간부문의 지열 설치 확산 유도를 위해, 설치비 및 운영비 등의 인센티브를 지원하여 지열의 높은 초기투자비, 공사기간 지연 등을 극복하고자 함
- 녹색건축물 조성을 위한 서울시 지열 인센티브 시범사업 실시 가능
 - 에너지자립을 위한 지열 설치, 에너지융합리화법에 의한 고효율기자재³⁰⁾의 설치에 근거하여 지열시스템설비인 가스히트펌프의 설치 지원 가능
- 녹색건축물 조성을 위한 서울시 지열 인센티브 시범사업 실시 가능
- 지열뿐만 아니라 열에너지(지열, 태양열, 수열, 연료전지 등)를 대상으로 열에너지 설치비 및 운영비를 지원하는 사업도 검토 필요함

30) 고효율에너지기자재 보급촉진에 관한 규정(고시 제2021-166호, 시행 2021. 10. 25.) [별표 1]의 기자재 20개에 가스히트펌프 포함

[서울특별시 녹색건축물 조성 지원 조례(서울특별시 조례 제8749호) 제9조(녹색건축물 조성 시범사업 실시)]
 시장은 「녹색건축물 조성 지원법」 제24조에 따라 다음 각 호의 사업을 시범사업으로 지정할 수 있다
 1. 공공기관이 시행하는 사업, 2. 기존 주택을 녹색건축물로 전환하는 사업, 3. 기존 주택 외의 건축물을
 녹색건축물로 전환하는 사업으로서 「녹색건축물 조성 지원법 시행령」 제17조에서 정하는 사업, 4. 공
 공간건축물로서 신축 또는 사용승인을 받은 후 10년 이상 된 건축물에 대한 다음 각 목의 행위
 자: 「에너지이용 합리화법」에 의한 고효율기기의 설치
 차: 건축물의 에너지 사용량 절약 및 자립을 위한 신재생에너지(태양광, 태양열, 지열) 설치

[표 4-9] 서울시 지열 인센티브 지원방식(안)

사업명	설치비	운영비	금융
사업목적	초기투자비 경감 지원	열 생산량 보조금 지원	설비 설치 및 운영 보조금 지원
지원대상	서울시 소재 지열설비 설치한 민간 건축물 * 건물 유형 및 규모별 이원화하여 지원 필요 * 신축 지원 후 기축건물 지원 고려 필요	서울시 소재 민간 지열설비 소유자	서울 소재 지열시스템 설비 소유자(신규 및 기존 설비 포함)
지원방식	설치비 00% 지원 (지원 비율 미정)	00원/1kWh (미정)	융자지원(설치비 80% 이내, 최대 300백만 원/개소)
사업예산	5억 원(2024년)	5억 원(2025년)	-
시행시기	2024년 시범사업 (2025년으로 연기)	2025년	미정

① 서울시 지열 설치비 지원사업(안)

- 사업목적: 민간 건축물의 지열설비 설치를 위한 초기투자비 경감 지원
- 지원대상: 서울시 소재 지열설비 설치한 민간 건축물, 건물 유형 및 규모 별 이원화하여 지원할 것을 권고하며, 신규 설치뿐만 아니라 기존 설비의 유지보수 등 지원도 검토 필요
 - 주거보다 비주거 건물의 지열설비 경제성이 더 좋으므로 비주거 건물을 우선적으로 지원하는 것을 권고함
 - 신축설비를 우선적으로 지원하되, 기축건물의 유지보수를 통해 생산량이 극대화될 경우도 지원 검토 필요
 - 2025년부터 1MW 이상의 민간 건축물에 제로에너지건축물 인증 의무화가 시행되므로, 1MW를 기준으로 이원화하여 지원할 것을 권고함. 또한 정부 신재생에너지 보급지원사업은 1MW 이하 건축물을 지원하고 있음

- 지원방식: 설치비의 00% 지원(지원 비율 미정)
 - 정부 신재생에너지 보급지원사업은 설치비의 50%를 지원하고 있음
 - 정부 신재생에너지 보급지원사업과 연계 보조금을 지원하는 것은 중복 지원 우려가 있고, 서울시 소재의 정부 보급지원사업 참여율이 저조하여 효과가 미미할 것으로 예측됨
- 지원단가: 2024년 100% 설치비 지원 기준, 주거 1,649천 원/kW, 비주거 1,413천 원/kW
 - 지열 보조금 지원단가는 신재생에너지 설비의 지원 등에 관한 지침 제6조(보조금 지원단가), 신재생에너지건물 지원사업, 주택 지원사업 적용 단가 참고하여 당해 연도에 재설정 필요
- 지원한도: 1개 개소당 지원한도는 지원 예산 고려하여 설정 권고
- 사업예산: 총 5억 원/년(2024년³¹⁾), 시범사업 후 확대 필요

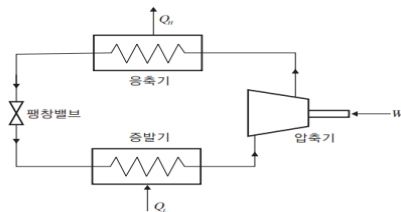
② 서울시 지열 운영비 지원사업(안)

- 사업목적: 민간 건축물의 지열설비 열 생산량에 대한 보조금 지원
- 지원대상: 서울시 소재 민간 지열설비 소유자
- 지원방식: 지열시스템의 성능계수(COP) 기준치 초과 운영하는 설비를 대상으로 생산량에 비례하여 지원
 - 시스템 성능계수(COP) 기준치(냉방 3.75, 난방 3.15*)를 초과하는 기업에만 지원하여 설비의 효율적인 운영에 직접적으로 기여 가능

※ 지열이용검토서 평가기준(신재생에너지 설비 지원 등에 관한 지침)

[시스템 성능계수(COP, Coefficient Of Performance)]

- 투입된 동력 대비 획득한 냉난방능력을 나타낸 지표
- COPH=3인 경우, 압축기에서 소요동력 1kW를 공급하면, 증발기에서 주위(공기나 땅 등)로부터 2kW의 열을 흡수하여 응축기에서 3kW의 열을 방출함
- 난방 시즌인 겨울철의 발전효율이 36.4%이므로, COPH가 $1/0.364=2.75$ 이상이면 보일러를 사용하는 것보다 히트펌프를 사용하는 것이 이득임



31) 2025년으로 사업 이월

- 검증방법: REMS로 시스템 COP 및 실제 사용량 측정
- 지원금 계산식: 전력소비량(kWh)×(측정된 COP - 기준 COP)×지원단가(원/kWh)
 - 영국의 보조금 지원 계산식인 “전력소비량(kwh)×지원단가(원/kWh)”이며, 비주거용 건물은 등급 용량에 따라 1.56~11.35펜스/kWh(25원~180원/kWh), 주거용 건물은 24.80펜스/kWh(397원/kWh) 보조금 지원
 - 영국의 보조금 계산식을 그대로 차용하여 계산할 경우, 1MW 설비 용량에 대해 COP 3.7일 경우와 COP 3.3일 경우 70원/kWh³²⁾ 단가 지원으로 계산 시 효율이 더 낮은 COP 3.3이 더 높은 보조금을 받음
 - 지열냉난방설비의 일반적인 운영시간 8시간, 냉방(7~9월), 난방(11~3월) 가동으로 가정하여 계산
 - 1MW기준(COP3.7), $270\text{kw} \times 70\text{원/kwh} \times 8\text{hr(운영시간)} \times 25\text{일} \times 8\text{개월/년} \times \text{부하율}50\% = 0.21\text{억 원/년}$
 - 1MW기준(COP3.3), $300\text{kw} \times 70\text{원/kwh} \times 8\text{hr(운영시간)} \times 25\text{일} \times 8\text{개월/년} \times \text{부하율}50\% = 0.17\text{억 원/년}$
 - 따라서 효율적인 예산 지원을 위해 지열의 시스템 성능계수(COP)를 초과하는 부분에 대해서만 예산 지원하는 것이 적절함
- 지원단가(원/kwh) 및 연간 운영비 지원한도 설정 필요

③ 서울시 지열 금융 지원사업(안)

- 사업목적: 민간 건축물의 지열설비 설치 및 운영 시 금융 지원
- 지원대상: 서울 소재 지열시스템 설비 소유자(신규 및 기존 설비 포함)
- 자금용도: 시설자금 및 운전자금
 - (시설자금) 설치비, 유지보수비, 설계·감리비(시험천공비 등)
 - (운전자금) 전기세, 인건비 등
- 지원방식: 용자 지원(총 사업비 대비 지원 비율 80% 이내), 최대 3억 원/개소

32) 서울시와 협의되지 않은 지원단가이며, 계산 결과를 이해하기 쉽게 설명하기 위해 연구자가 임의로 지원단가를 책정하여 계산함

- 금리/상환기간: 연 0.9% 금리, 8년 균등분할상환 또는 3년 거치 5년 균등분할상환(2022년 폐지된 태양광 금융지원사업 참고함)
- 태양광금융지원사업을 벤치마킹하였으나, 지열설비 특징상 운전자금도 같이 지원하는 것으로 기획함

[표 4-10] 지열금융지원사업(안)과 태양광금융지원사업 비교

구분	지열 금융지원사업(안)	(폐지) 태양광 금융지원사업	
		용자지원	이자차액 보전
지원대상	시설자금/ 운전자금 (전체 지열시스템시스템을 신규설비 설치 및 기존 설비를 운영중인 자)	설치자금 (설비용량 200kW 이하 태양광 발전시설을 설치하는 자)	
지원방식	용자지원(설치비 80% 이내, 최대 300백만원/개소)	용자지원(설치비 80% 이내, 최대 300백만원) 및 이자차액 보전(타 금융기관과 기후변화기금 용자금리와 차액 지원)	
금리 및 상환기간	연 0.9% 금리, 8년 균등분할상환 또는 3년 거치 5년 균등분할상환	연 0.9% 금리, 8년 균등분할상환 또는 3년 거치 5년 균등분할상환	최대 연 3%, 대출일로부터 최대 5년
예산(2021)	-	3억원	2억원

④ 서울시 열에너지 대상 지원제도 추가 검토

- (열에너지 설치비 지원) 재생에너지 이용 열 공급기반이 취약하여 시장기반을 조성하기 위한 열에너지 대상 설치비 지원
 - 재생에너지 전체 중 지열 보급만을 위한 제도가 아닌 열에너지 전체에 대한 설치비 지원사업을 고려해 볼 수 있음
 - 정부의 신재생에너지 보급사업은 열에너지뿐만 아니라 태양광 및 풍력 등을 포함하며, 전체 설치비의 50%(BIPV는 최대 70%)를 지원하고 있음

[표 4-11] 서울 재생열에너지 설치비 지원(안) 비교

구분	서울형 지열냉난방 설치비 지원(안)	서울 재생열에너지 설치비 지원(안)	정부 신재생에너지 보급사업 (건물 지원, 주택 지원)
대상 에너지원	지열	태양열, 지열, 연료전지, 수열 등	태양광, 태양열, 지열, 연료전지, 소형풍력, 수열 등
지원기준	설치비의 00% 지원 (미정)	설치비의 00% 지원 (미정)	설치비의 50% 지원 (BIPV만 최대 70% 지원)

- (열에너지 운영비 지원) 재생에너지 이용 열 공급기반이 취약하여 시장기반을 조성하기 위한 열에너지 대상 운영비 지원
 - 태양열, 지열, 수열, 연료전지 등을 대상으로 열에너지 운영비 지원(안)을 제안하며, 효율 기반으로 운영비를 지원하는 것이 영국의 제도와 상이함
 - 지열과 수열은 COP 기준 이상에 대해서 보조금을 지급하여 제품의 기술개발 및 설비의 효율적 운용에 기여 가능
 - 태양열, 연료전지는 생산된 열에너지의 실제 사용량을 기준으로 보조금 지급
 - “서울시 지열냉난방 인센티브 제도(운영비)”는 난방과 냉방을 모두 지원하는 것으로 기획하였으나, 서울 재생열에너지 인센티브 제도(RHI)는 형평성을 위해 지열의 경우 난방만 지원하는 것으로 기획함

[표 4-12] 서울 RHI제도(안) 비교

구분	서울형 지열냉난방 인센티브 제도(안)	서울 재생열에너지 인센티브 제도(RHI)(안)	영국 재생열에너지 인센티브 제도(RHI)
특징	신재생에너지 균형 보급을 위해 기존 지원이 미비했던 지열설비에 대해서만 운영비 지원	재생에너지 이용 열 공급기반이 취약하여 시장기반 조성 도모하기 위해 운영비 지원	재생에너지 이용 열 공급기반이 취약하여 시장기반 조성 우선 도모하기 위해 운영비 지원
규제 대상 에너지원	전체 지열설비 * 지열 활용한 냉난방에 대해 지원	지열, 수열, 태양열, 연료전지 * 지열의 경우 난방만 지원	태양열, 바이오가스, 바이오매스, 지열 * 지열의 경우 난방에 대해 지원
검증방법	REMS 실측기반 지원 (COP 기준치 초과분의 열 생산량에 대해 지원)	REMS 실측기반 지원 (지열·수열은 COP 기준치 초과분의 열 생산량에 대해 지원, 태양열 등은 열 사용량에 대한 지원)	실측기반으로 미터링을 설치하여 측정 (열 생산량 기반 지원)
검증시기/지원시기	분기별 보조금 지급/ 5년간	분기별 보조금 지급/ 5년간	분기별 보조금 지급 / 7년간
보조금	00원/kWh (미정)	00원/kWh (미정)	(주거용) 24.80펜스/kWh (397원/kWh) (비주거용) 1.56~11.35/kWh (25~180원/kWh)
특징	열 관련 제도가 아닌 지열을 활용한 냉난방시스템 지원임	생산량 기반 지원이 아닌 효율기반 지원으로 이상적인 제도임	2011년 비주거용 건물에 먼저 도입 2014년 주거용 건물에 도입 (2023년 3월 신규 신청 종료)

(2) 지열 설치비 지원을 위한 신재생에너지 보급지원사업(산업부) 검토

- 2023년 신재생에너지 건물 지원사업 지열 예산은 273억 원, 주택 지원사업 예산은 650억 원
 - (건물 지원사업) 주택과 공공건물을 제외한 일반 건물, 시설물에 신재생에너지 설치 지원, 2023년 지열은 사업당 1,000kW 이하 지원하고, kW당 697천 원 지원
 - ※ 태양광은 사업당 200kW 이하로 지원하고 일반모듈은 kW당 972천 원, 저탄소모듈은 kW당 1,167천 원 지원
 - (주택 지원사업) 단독공공주택에 신재생에너지 설치비의 50% 지원, 2023년 지열은 사업당 10.5kW 이하인 경우 825~948천 원/kW 지원, 10.5~17.5kW는 707~812천 원/kW 지원
 - ※ 태양광은 2.0kW 이하인 경우 1.181~1448천 원/kW, 2.0~3.0kW인 경우 936~1,166천 원/kW, 공동주택(~30kW/동)인 경우는 882~1,057/kW 지원
- 사업비는 당해 사업선정 이후 설치가 완료된 설비에 한하여 지원하며, 설치 완료기한 내에 완료하지 못할 경우 사업이 취소될 수 있음
 - (건물 지원사업) 지열은 사업승인일로부터 150일 이내(2024년 사업 기준이며, 태양광은 90일 이내, BIPV 275일 이내, 태양열 등은 120일 이내)
 - (주택 지원사업) 지열은 사업승인일로부터 120일 이내(2024년 사업 기준이며, 태양광은 60일 이내, 태양열 등은 90일 이내)
 - 토요일 및 공휴일을 포함하여 산정하고 사업 기간의 연장은 1회(90일)로 한정함

[표 4-13] 신재생에너지 건물 지원사업 및 주택 지원사업

단위: 백만 원

사업명	내용	지열 예산	전체 예산
신·재생에너지 건물 지원사업 (2023년)	- 지원대상: 주택과 공공건물을 제외한 일반 건물, 시설물에 신재생에너지 설비 설치비 지원 - 신재생에너지원: 태양광(고정식), 태양열, 지열(수직밀폐형), 연료전지, 기타(태양광(추적식), 풍력, 수열 등) 지원 - 지원기준: 지열은 1,000kW 이하 지원하고, kW당 697천 원 지원 - 통합 모니터링 시스템 연계비용은 설비 보조금 외	2,723 (4%)	61,174

단위: 백만 원

사업명	내용	지열 예산	전체 예산		
	추가지원(지열은 REMS연계비용 개소당 1,300천 원 중 650천 원 보조금 지원)				
신·재생에너지 주택 지원사업 (2023년)	- 지원대상: 단독·공동(공공)주택에 신재생에너지설비 설치비 지원	6,500 (13%)	47,483		
	- 신재생에너지원: 태양광(고정식), 태양열, 지열, 연료전지				
	- 지원기준: 설치비의 50%를 지원				
	지열(수직밀폐형)			일반지역	도시지역
	10.5kW 이하			825천 원/kW	948천 원/kW
	10.5~17.5kW	707천 원/kW	812천 원/kW		
	* 공공주택 지원 분야는 태양광, 연료전지로 한정				

- 최근 5년간 서울시 소재의 지열설비에 대한 에너지공단 보조금 지원액은 총 23.7억 원, 설치 용량은 5.7MW
- 2019년부터 2021년까지 3년간 평균 7.8억 원/년의 보조금 지원, 최근 2년(2022~2023)은 보조금 지원 없음

[표 4-14] 에너지공단 신재생에너지 보급지원사업 중 서울시 지열 설치 용량 및 지원금(2019~2023)

구분	2019		2020		2021		2022, 2023	
	용량 (KW)	보조금 (천 원)	용량 (KW)	보조금 (천 원)	용량 (KW)	보조금 (천 원)	용량 (KW)	보조금 (천 원)
건물 지원사업	1,937	598,250	2,420	948,359	1,381	813,095	-	-
주택 지원사업	17.5	8,220	-	-	-	-	-	-
계	1,954	606,470	2,420	948,359	1,381	813,095	-	-

- 정부의 신재생에너지 보급지원사업과 서울시 인센티브 지원사업 매칭으로 설치비를 보조금으로 지원하는 것은 중복 지원에 대한 민원 우려되며, 최근 2년간 보급지원사업을 지원받은 기업이 없으므로 민간 보급 효과가 없을 수 있음

(3) 정부의 지자체 매칭사업에 자치구 참여 권고 및 예산 지원

- 에너지공단의 융복합지원사업, 확대기반조성사업은 지자체 및 자치구가 주도적으로 참여하여 지열 설치비의 50% 보조금을 산업부로부터 지원받는 사업임
 - (융복합지원사업) 2024년 사업예산 1,400억 원이며, 지자체당 최대 40억 원까지 신청(2023년 8월 예산축소 검토 결과에 대해 확인 필요)
 - (확대기반조성사업) 지자체 건물, 시설물, 사회복지시설에 신재생에너지 설비 설치 시 설치비의 50% 지원
 - 23년도에 서울시는 태양광 60kW/지열 191.51kW 설치 1건, 관악구가 태양광 20kW 설치 1건으로 총 2건으로, 타 지자체인 부산 13개소, 인천 15개소인 것 대비 서울시 설치 건수 적음
- 따라서 서울시는 신재생에너지 융복합지원사업에 참여할 수 있는 지자체 매칭 예산 40억 원 확보가 필요하고, 신재생에너지 확대기반조성사업에 서울시 및 자치구가 직접 참여할 수 있도록 매칭 예산 확보 및 참여 독려 필요

[표 4-15] 신재생에너지 보급지원사업(지자체 참여)

사업명	내용				국비 예산																		
신·재생에너지 융복합 지원사업 (2024년)	- 지원대상: 동일한 장소에 2종 이상 신재생에너지원 설비 설치 - 신청자격: 지방자치단체 또는 공공기관이 주관기관으로, 신·재생에너지설비 설치기업, 모니터링, 감리, 민간 등과 컨소시엄 구성 - 지원기준: 설치비의 50%를 지원				1,400억 원 내외																		
	<table><tr><th colspan="2">지열(수직밀폐형)</th><th>일반지역</th><th>도서지역</th></tr><tr><td rowspan="2">주택</td><td>10.5kW 이하</td><td>825kW</td><td>948kW</td></tr><tr><td>10.5~17.5kW</td><td>707kW</td><td>812kW</td></tr><tr><td rowspan="2">건물</td><td>17.5kW 이하</td><td>707kW</td><td>812kW</td></tr><tr><td>1,000kW 이하</td><td>697kW</td><td>802kW</td></tr></table>					지열(수직밀폐형)		일반지역	도서지역	주택	10.5kW 이하	825kW	948kW	10.5~17.5kW	707kW	812kW	건물	17.5kW 이하	707kW	812kW	1,000kW 이하	697kW	802kW
	지열(수직밀폐형)		일반지역	도서지역																			
	주택	10.5kW 이하	825kW	948kW																			
		10.5~17.5kW	707kW	812kW																			
	건물	17.5kW 이하	707kW	812kW																			
		1,000kW 이하	697kW	802kW																			
- 2종 이상의 에너지원 융합 모델 구성하여 지역 특성을 고려한 구역복합(주택·상업·공공) 사업 - 인증제품 확인: 신재생에너지센터에 등록된 인증제품, 인증제품이 없는 경우 KOLAS 시험성적서 제출(지열은 지열열펌프 유니트)																							
신·재생에너지 확대기반조성 사업(2023년)	- 시행주체: 지자체 - 지자체가 소유 또는 관리하는 건물, 시설물, 사회복지시설에 신·재생에너지설비 설치비 50% 이내 지원(지자체 매칭 펀드)				100억 원																		

3_지열 보급을 위한 의무화 제도 도입 검토

- 제로에너지건축물 인증제도, 신재생에너지 설치의무화 제도 등이 운영 중이며, 열에너지 공급의무화 제도(RHO) 도입 검토 필요
 - 제로에너지건축물 인증제도는 건물의 설계도를 통해 에너지자립률에 따른 ZEB 인증을 의무화하고 있음(서울시 녹색건축설계기준 적용)
 - 신재생에너지 설치의무화 제도는 2024년 32%의 의무비율을 가지며, 신재생에너지 생산량은 원별 설치규모, 단위 에너지 생산량, 원별 보정 계수³³⁾의 곱으로 계산함
 - 전력분야(특히 태양광)에 지원이 집중되면서 전력에너지와 열에너지 간 산업 성장의 불균형 초래하고 있으며, 신재생에너지공급의무화 제도(RPS)는 운영 중이나, 열에너지 공급의무화 제도(RHO)는 미운영 중

(1) 서울시 녹색건축설계기준 관련 지열 의무화 검토

- 서울시 녹색건축설계기준에 따라 인증기준으로 설계해야 하는 건축물을 지정할 수 있으며, 주거/비주거에 따른 신재생에너지 의무설치 비율도 제시하고 있음
 - 공공기관 의무설치비율은 정부기준(신재생에너지법 시행령)과 동일하게 2024년~2025년 34%, 2026년~2027년 36%임
 - 민간은 30세대 이상의 주거 건축물, 연면적 합계 3천m² 이상의 비주거 건축물에 대해 세대수/건축물면적에 따라 신재생에너지 의무설치비율을 다르게 적용
 - 2024년 거주 건축물 기준 세대수에 따라 10.5~11.5%, 비거주 건축물 면적에 따라 12.5~14.5%
 - 개정 전(2023. 12.)에는 30세대 이상의 주거, 연면적 합계 3천m² 이상의 비주거에 대해 태양광 의무설치 용량이 있었으나, 개정 후 삭제됨

33) 원별 보정계수란 신재생에너지원별 연간 에너지 생산량을 보정하기 위한 계수로, 지열 수직밀폐형 1.26, 지열 개방형 1.00, 태양광 고정식 0.95, 태양광 추적식 1.47, BIPV 6.12임

- 녹색건축설계기준에 지열에너지 의무설치 비율을 둬으로써, “서울형 지열 의무화 제도(RHO)”의 도입 가능 → 공공/민간 의무설치 용량 검토 필요
- 2024년 7월 서울시는 연면적 3만² 이상의 비주거 신축 건축물에 지하 개발면적의 50% 이상 지열을 의무설치하도록 녹색건축설계기준 개정을 계획하였음(2025년부터 시행)
 - 연면적 3만² 이상 비주거 건축물에 우선 적용하여 2025년 재생열 의무화 시행 후 1만² 이상 건축물까지 확대하는 것을 검토할 예정
 - 지하개발면적의 50% 이상 의무설치 또는 신재생에너지 의무량의 50% 설치 등 선택
 - 일괄적인 의무비율 적용은 건축사업의 타당성과 설비의 합리성에 부적합하므로, 여러 가지 여건을 고려한 보완방안이 필요함

[표 4-16] 서울 RHO제도(안) 비교

구분	서울형 지열냉난방의무화 제도(안)	산업부 RHO제도 (미도입)	독일 RHO제도
특징	신재생에너지 균형 보급을 위해 기존 자원이 미비했던 지열설비에 대해서만 지원	재생에너지 이용 열 공급기반이 취약하여 시장기반 조성 우선 도모	신축 건물 소유주에게 전체 열에너지 소비량 대비 일정 비율 이상 재생에너지 열원을 통해 생산한 열에너지를 사용하도록 의무화함
규제 및 지원대상	(주거) 1,000세대 이상 (비주거) 연면적 10만 ² 이상	연면적 1만 ² 이상 신축 건축물	50 ² 이상 신축 건물
대상 에너지원	전체 지열설비 * 지열 활용한 냉난방에 대해 지원	태양열, 지열, 연료전지, 바이오연료 등 * 기술 간 가중치 부여	태양열, 바이오가스, 바이오매스, 수열·지열 등 자연 온도차히트펌프 설비
검증방법	녹색건축설계기준 및 환경영향평가기준 적용	열에너지 생산량을 전력량으로 환산하여 인증서 발급	1차 자체 서류 제출, 2차 샘플링 심사 후 인증서 발급
도입 여부	검토 중	미도입	2009년부터 재생열에너지난방법에 근거해 RHO제도 도입
예외 건축물	검토 중	-	동물 양육용 건물, 옥외 건물, 교회 혹은 종교적 목적의 건물 등 제외

(2) 산업부 설치의무화 제도 관련 지열 의무화 검토

- 신재생에너지법 제12조에 따라 산업통상자원부장관은 국가 및 지방자치단체, 공공기관, 정부출연기관 등이 신축·증축·개축하는 건축물의 설계 시 에너지 사용량의 일정 비율 이상을 신재생에너지 설비의 설치를 의무화할 수 있음
 - 2024년 설치의무비율은 34%이고 2년에 2%씩 증가하여 2030년 이후 40%
 - 신재생에너지원별 보정계수에 따라 생산량 계산하며, 보정계수는 한국에너지공단 신재생에너지센터장이 3년 단위로 재검토하여야 하며, 2022년 8월 1일 발표한 보정계수가 가장 최근임
 - 2022년 일반PV 0.95, 추적식PV 1.47, BIPV 6.12, 지열에너지는 수직밀폐형 1.26, 개방형 1.00
 - 지열 수직밀폐형 보정계수는 1.00에서 1.26으로 15.6% 상향되었음. 태양광 보정계수는 고정식, 추적식은 각각 0.95, 1.47로 기존 대비 39.1%, 12.5% 하락하였음

[표 4-17] 신재생에너지 설치의무화 제도의 지열, 태양광 보정계수 비교(2019~2022)

보정계수	태양광			지열	
	고정식	추적식	BIPV	수직밀폐형	개방형
2022년 보정계수	0.95	1.47	6.12	1.26	1.00
2019년 보정계수	1.56	1.68	5.48	1.09	1.00

- 지열에너지 수직밀폐형의 보정계수의 추가적인 상승이 필요한지에 대한 검토가 필요하며, 필요시 산업부에 상승 권고 요청

(3) 산업부 재생에너지 공급의무화 제도 검토

- 신재생에너지법 제12조(신재생에너지 이용의무화 등)에 따라 신축, 증축 또는 개축하는 건축물에 대해 설계 시 산출된 예상 에너지 사용량의 일정 비율 이상을 신재생에너지를 이용하여 공급되는 에너지를 사용하도록 신재생에너지 설비를 의무적으로 설치하게 할 수 있음

- 신재생에너지 공급의무화 제도(제12조의 5)를 통해 발전사업자는 총 전력 생산량의 25% 이내의 범위에서 신재생에너지를 이용하여 공급하는 것으로 명시되어 있으나, 열에너지 공급의무화 범위는 명시되어 있지 않음
- 산업통상자원부는 2013년과 2016년 신재생열에너지 공급의무화 제도의 도입을 검토하였으나, 신재생열에너지산업의 공급능력 등을 감안하여 시행시기 확정 등의 논의과정에서 무산되었음
 - 연면적 1만 m^2 이상 신축 건축물(주거용 주택, 공공시설 제외)에 열에너지 사용량의 10% 내외를 신재생열에너지로 공급하는 것을 검토하였으나 무산됨
- 최근 산업부는 분산에너지특별법 하위법에 분산에너지설치의무화 제도를 도입하고자 하는 움직임은 있으나, 여전히 열 보급을 의무화하는 제도의 검토는 없음



05

결론



1_서울시 지열 보급을 위한 제도 개선방안 제언

2_향후 연구방향

05. 결론

1_서울시 지열 보급을 위한 제도 개선방안 제언

- 지열 보급을 저해하는 요인은 기술적, 사회적, 제도적 요인으로 나눌 수 있으며 상세 요인은 하기와 같음
 - (제도적 요인) 인센티브지원 미비, 의무화 제도 미비, ZEB 에너지자립률 계산 시 타 재생에너지 대비 불리 등
 - (기술적 요인) 건축공사기간 증가로 인한 시공 비용 증가, 타 재생에너지 대비 비싼 시스템 설치 비용, 높은 유지보수비용 등
 - (사회적 요인) 설계/시공사의 부정적 인식, 건축주와 사용자의 입장 차이, 건축주의 부정적 인식 등
- 저해요인을 개선하기 위한 방안 중 우선순위 6가지를 하기와 같이 정리함

1) 에너지자립률 환산계수 수정

- 서울시 환경영향평가 대상 사업장에 대한 최근 3년간 지열시스템 설치 비율은 ZEB(Zero Energy Building) 도입 후 급격히 감소하였으며, 그 원인이 ZEB의 에너지자립률 계산식이 지열에 불리하게 작용하여 사업자의 기피현상이 지열시스템 설치의 감소 원인으로 지적됨
- 에너지자립률 계산식의 1차에너지 환산계수가 지열에 불리하게 적용 중이라는 의견이 본 과제의 우선순위 평가 결과 가장 높은 점수를 보이고 있음
- ZEB의 에너지자립률 계산식은 아래와 같음

$$\text{에너지자립률(\%)} = \frac{\text{단위면적당 1차에너지 생산량}}{\text{단위면적당 1차에너지 소비량}} \times 100$$

$$\begin{aligned} \text{단위면적당 1차에너지 생산량} &= \text{대지 내 단위면적당 1차에너지 순 생산량} + \text{대지 외 단위면적당} \\ &\quad (\text{kWh/m}^2 \cdot \text{년}) \quad \text{1차에너지 순 생산량}^{34}) \times \text{보정계수}^{35}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{단위면적당 1차에너지 소비량} &= \Sigma(\text{에너지 소비량} \times \text{해당 1차에너지 환산계수}^{36})) / \text{평가면적} \\ &\quad (\text{kWh/m}^2 \cdot \text{년}) \end{aligned}$$

- 에너지자립률 산정 시 지열은 “연료” 환산계수 1.1 적용하여 생산량 계산하고, 히트펌프 사용에 “전력” 환산계수 2.75 적용하여 소비량 계산
- 전력 환산계수인 2.75는 효율이 낮고 화석연료를 사용하는 발전소의 효율(종합효율 36.36%)에 근거한 것이므로 온실가스 발생량이 낮은 원자력과 신재생에너지 이용 발전 비율을 적용하여 현실적인 값으로 재산출 필요함
- 또한 지열 설치 시, 효율적인 운전을 위하여 수축열조 또는 빙축열조 등 장치와 함께 계획하는 경우가 많은데 이런 시스템이 에너지평가에 반영되지 못하는 문제점도 있음
- 따라서 현재 시점에 적합한 1차에너지 환산계수와 이를 평가하는 방안을 고도화하는 연구가 필요하며, 필요에 따라서는 지역별 환산계수를 다르게 적용할 수도 있음
- 환산계수와 에너지평가 방안 결정은 산업통상자원부 산하의 한국에너지공단에서 관리하고 있으므로 서울시의 변경 요청을 통한 간접적인 방법으로 지원 가능함

2) 인센티브 지원제도 도입

- 인센티브(설치비, 운영비) 지원은 다른 재생에너지 대비 경제성이 다소 부족한 지열설비 보급에 직접적으로 영향을 미칠 수 있는 제도임
- (설치비 지원) 신축건물에 지열설치비를 지원하는 것이 건축주에게 가장 직접적인 영향을 미침. 또한 기축건물의 시스템 효율 향상을 위한 주요

34) 단위면적당 1차에너지 순 생산량=Σ[(신재생에너지 생산량-신재생에너지 생산에 필요한 에너지 소비량)×해당 1차에너지 환산계수/평가면적

35) 보정계수: 대지 내 에너지자립률에 따라 0.7~1.0

36) 1차에너지 환산계수: 연료 1.1, 전력 2.75, 지역난방 0.728, 지역냉방 0.937

장비 교체(히트펌프, 순환펌프 등) 지원을 통해 기존 설비의 효율 증대를 통해 생산량 증대에 직접 기여 가능하며 신속한 효과를 볼 수 있음

- 지원대상: 신규 설치뿐만 아니라 기존 설비의 시스템 업그레이드
- 지원방안: 설치비 일부 보조(30~50%), 주요 장비 교체 등
- 신축건물을 대상으로 설치비 지원사업을 시행하게 될 경우 실질적인 지열 설치 기간을 고려하여 사업 기간을 설정해야 함³⁷⁾
- 기축건물을 대상으로 하는 유지보수 지원사업 설비 교체 시 생산량 증대 조건으로 지원되어야 함. 이를 위해 사업 대상 건축물 선정 시 컨설팅 및 평가가 함께 실시되어야 하며, 지원금 지급 시기도 설치 이후 효율 증대된 것까지 확인된 후 지급되어야 함
- (운영비 지원) REMS 실측을 통한 운영비 지원을 통해 지열시스템의 운영 효율을 증대할 수 있도록 독려함. 지열시스템의 성능계수(COP) 기준치(냉방 3.75, 난방 3.15³⁸⁾)를 초과 운영하는 설비를 대상으로 생산량에 비례하여 지원하는 것을 제안함
 - 시스템 성능계수(COP) 기준치 초과 설비에 운영비 지급
 - 운영 단계에서의 COP 향상을 위한 가이드라인 마련이 선행되어야 하고, 건축물 소유주/설비 담당자 대상으로 운영 기술 교육 및 컨설팅 지원을 통해 효율적인 운영을 할 수 있도록 지원 필요함
 - 시스템 성능에 비례하는 운영비 지원은 각 기업의 독자적인 기술개발을 독려할 것으로 기대됨
 - 또한 단순 운영비 지원이 아닌 세금 감면 등의 건축주가 직접적으로 혜택을 볼 수 있는 제도가 필요함

3) 효율개선 진단 등 기축건물 지원

- 지열시스템시스템이 설치된 기축건물의 경우 시간이 지나면서 설비효율이 저하되고 에너지 절감 효과가 감소하는 문제가 발생할 수 있음
- 지열시스템의 성능 저하는 미생물이나 슬러지에 의한 열교환기 오염, 배관 노후로 인한 유체 누출, 히트펌프 등 설비의 노후화, 유체(물 또는 냉각제)

37) 에너지공단은 설치비 50% 지원 중이나, 당해 연도 내에 설치를 완료하여야 하므로 기업 참여율 저조함

38) 지열이용검토서 평가기준(신재생에너지 설비 지원 등에 관한 지침)

부족, 그리고 운전자의 운전 미숙 등 다양한 요인에서 발생함

- 특히 설치된 지 오래된 시스템의 경우, 초기 설치 기업이 폐업했거나 영세하여 사후 관리가 원활하지 않은 경우가 많아 지열시스템 유지보수가 어려운 원인 중 하나로 지적됨
 - 고객이 유지보수 요청을 하더라도 기술 지원을 받기 어렵고, 다른 유지보수 업체를 찾더라도 기존 설치업체의 설계와 기술을 충분히 이해하여 유지보수를 수행할 수 있는 업체를 찾기 어려움
- 따라서 기축건물을 지원하기 위한 효율개선 진단 사업 등이 필요하며, 서울시는 2024년 7월부터 “서울시 민간 지열설비 효율개선 지원사업”을 시행 중에 있음
 - 금번 사업의 지원대상은 서울시 소재 민간 건축물에 설치된 노후 지열설비(히트펌프 및 순환펌프)를 대상으로 교체비의 70%를 지원함
- 본 사업의 효과 증대를 위해 서울시 자체적으로 구성한 전문적인 에너지 진단팀이 기축건물에 설치된 지열시스템의 현재 성능을 평가하고, 에너지 사용 패턴을 분석하여 비효율적인 부분을 개선하도록 지원하는 방안을 제안함
 - 시스템 효율성 진단, 시스템 개선 계획 수립, 개선 작업 비용 지원
 - 모니터링 시스템 도입하여 최적화된 운영 제공
- 추가적으로 일정 수준 이상의 에너지 절감 효과를 달성할 경우, 추가 인센티브를 제공하여 건물 소유주가 지속적으로 효율을 개선할 수 있도록 유도 가능함

4) 기획부터 운영/유지보수까지 단계별 컨설팅 지원

- 민간 건축물 소유주의 지열시스템의 도입을 검토하는 과정 중, 초기 기획, 설계/시공, 운영/유지보수까지 모든 단계에서 컨설팅을 제공하여 성공적인 설치와 운영을 돕는 전문 컨설팅팀 운영을 제안함
- (기획단계 컨설팅) 에너지수요, 입지 특성, 초기투자비용 및 예상 절감 효과 등을 포함한 포괄적인 컨설팅을 지원
 - 지열에너지 적용을 결정하는 시점은 기획 및 기본설계 단계(건축인가 및 ZEB 예비인증 전)에 있음. 따라서 건축주와 설계사무소의 재생

열 선택을 지원하기 위한 컨설팅 및 매뉴얼 개발이 필요함

- (설계/시공단계 컨설팅) 최적화된 설계를 위해 기존 건물 구조와의 적합성 검토, 에너지 절감 효과 시뮬레이션, 설치 공정에 대한 가이드라인을 포함한 컨설팅 필요, 사후 유지보수 계획도 설계 단계에서 마련되어야 함
- (운영/유지보수 컨설팅) 설치 후 장기적인 성능 유지를 위해 발생할 수 있는 문제 진단, 정기적인 유지보수, 성능평가 및 개선을 위한 컨설팅 및 운전자 교육이 필요함
- 서울시는 검증된 에너지진단기업, 지열시스템 설계, 시공, 유지보수 전문가 풀을 마련하여, 민간 건축물 소유주가 이들 전문가와 연계될 수 있는 체계를 구축하여야 함

5) 기술검증을 위한 실증/시범사업 지원

- 지열시스템의 최신 기술 및 혁신적인 운영방식을 실증할 수 있는 실증 및 시범사업 지원하여 신기술의 성능과 안정성을 검증하여 도입 장벽을 낮추고 사업화를 독려함
- 지열시스템 실증을 위해 다양한 환경에서 기술검증이 이루어질 수 있도록 대상 실증 사이트를 선정하고, 공모를 통해 적합한 기술을 도입할 수 있도록 사업비를 지원
 - 실증기술 선정 시 기술의 성공 가능성 및 테스트 기간, 주민 민원 고려 등에 대해 심층적인 평가가 필요함
 - 공모를 통해 선정된 실증기술이 성공적으로 검증될 수 있도록 실증사업 단계에서 지속적인 컨설팅을 지원하여, 기술적 문제나 현장에서 발생하는 어려움에 대해 실시간으로 대응하고, 원활한 실증 테스트를 진행할 수 있도록 독려 필요
- 주거/비주거 시설에서 다양한 규모와 용도로 적용할 수 있도록 상업빌딩, 공공시설, 주택단지 등에서 다양하게 시범사업을 추진해 볼 수 있으며, 성공사례를 기반으로 향후 민간 투자 유도를 촉진할 수 있음
- 실증 및 시범사업을 지원하기에 앞서, 안전성 점검과 주민 수용성과 관련된 기술에 대한 심층적인 분석이 필수

6) 재생열에너지 설치 의무화 제도 보완

- 서울시는 「서울형 건물에너지 정책 추진계획」(2024. 7.)에 신축건물 재생열 의무기준을 도입하기 위해, 녹색건축물 설계기준 개정(안)을 제시함
 - 연면적 3만 m^2 이상 비주거 건축물은 지하개발 면적의 50% 이상의 지열 등 재생열 설치 의무화
- 이후 「서울특별시 녹색건축물 설계기준 일부개정고시안 행정예고」(서울특별시공고 제2024-2773호, 2024. 10. 10.)에서 신재생에너지 의무설치 항목에 지열·수열 기준을 신설하였으며, 주요 내용은 다음과 같음
 - 연면적의 합계 3만 m^2 이상 비주거 건물은 지하개발면적의 50% 이상을 지열로 설치하거나, 신재생에너지 의무설치 비율의 50% 이상을 지열·수열로 설치할 것을 명시
 - 시장이 설치 부지가 부족하거나 지하에 지장물이 있는 등 현장 여건상 의무기준 준수가 불가하다고 인정하는 경우, 설치 비율을 완화받거나 면제받을 수 있도록 함
- 재생열에너지 중 지열에너지가 건축물에 보급하기에 가장 유리하므로 지열 보급에 긍정적인 효과가 기대되나³⁹⁾, 일괄적인 의무비율 적용은 건축사업의 타당성과 설비의 합리성에 부적합하므로 부지 여건을 고려한 보완 방안이 필요함
 - 지하 기반 시설(지하철, 지하도로 등) 인접 대지에 대한 면적 조정 등, 지열 설치 의무 예외 기준 세분화 필요
- 또한 현행 「서울특별시 녹색건축물 설계기준」(서울특별시고시 제2023-555호) 제2조제2항에 따르면 “제로에너지건축물(ZEB) 인증 취득 시에는 제1항의 에너지 성능, 에너지 관리, 신재생에너지 평가를 제외한다”라고 명시하고 있으므로 재생열 의무기준 도입의 효과가 제한적일 수 있음
 - 재생열 의무기준 대상인 연면적 3만 m^2 신축 비주거 건축물은 제로에너지건축물 로드맵에 따라 1,000 m^2 이상의 민간 건축물에 포함되므로 ZEB 수준을 충족해야 함
 - 제로에너지건축물 로드맵에 따르면, 2025년부터 1,000 m^2 이상의 민

39) 수열은 지역 위치와 에너지용량에 한계가 있어 모든 건축물에 적용이 어렵고, 공기열은 아직 국내에서 신재생에너지로 인정되지 않고 있어 법적 지원이나 혜택을 받지 못하고 있음

간 건축물, 2030년부터 500m² 이상 민간 건축물은 ZEB 수준을 충족해야 하며, 단계적으로 의무화가 이루어지는 과정에 있음

- 향후 제로에너지건축물 로드맵의 강화에 따라 민간 건축물의 ZEB 인증이 의무화될 경우 서울시 재생열 설치 의무 기준은 유명무실해질 수 있음

2_향후 연구방향

- 서울시는 민간 건축물에 대한 지열설비와 운영 현황에 대해서는 체계적인 조사가 이루어지지 않은 상황임. 따라서 서울시 민간 건축물의 지열시스템의 설치 위치, 규모, 용도, 설치 유형을 종합적으로 조사하고 실시간 모니터링할 수 있는 REMS 시스템 구축 필요
- 신축 건축물의 규모와 유형에 따라 최적화된 지열시스템 설치 기준을 수립하고, 아파트, 공공건물, 상업시설 등 건축물 특성에 맞는 지열시스템 모델 개발이 필요함. 이를 통해 다양한 건물 유형에 적합한 지열시스템 설계와 설치가 가능할 것으로 기대됨
- 또한 기축 건축물의 성능 개선을 위해 유지보수를 표준화하고 전문인력을 양성하는 체계가 마련되어야 하고, 관리자 대상 교육 프로그램 발굴 내용을 포함한 연구가 이루어져야 함
- 지열에너지는 지열시스템의 개념과 기술적 특성으로 인해 직관적인 태양광, 풍력보다 이해하기 어렵고, 시민들뿐만 아니라 설계사, 시공사도 지열시스템에 대한 오해⁴⁰⁾가 있음. 지열시스템에 대한 시민과 업계의 인식을 높이기 위해 개념과 설치 방식, 장단점을 쉽게 설명하는 교육 자료를 개발하고, 이를 인포그래픽, 애니메이션, 온라인 강의 등으로 제공해야 함
- 마지막으로, 다양한 규모의 주거/비주거 건축물에 대해 경제성 분석 연구를 수행하여 지열시스템의 비용 효율성에 대해 추가적인 연구가 필요함

40) 지열시스템에 대해 시민들이 흔히 갖는 오해는 지열발전과 혼동하는 경우가 많음. 또한 초기 설치 비용이 매우 높아 투자 회수가 어렵고, 시스템이 복잡하다는 부정적인 인식이 퍼져 있음. 일부 시민들은 지열시스템의 개념 자체를 알지 못해, 시스템의 장점과 경제성을 잘 이해하지 못하는 경우도 있음

- 김재엽, 2022, “해외 주요국 냉난방부문 지열이용 동향과 국내 시사점”, 『에너지포커스』, 19권 4호, 에너지경제연구원.
- 김재엽·김현제, 2022, “지열시스템 보급을 통한 환경편익 개선효과 분석”, 에너지경제연구원.
- 조성한·김현제, 2019, “집단거주지에 적용한 지열시스템의 경제성 분석”, 『한국자원공학회지』, 56권 3호, pp. 251~259, 한국자원공학회.
- 조일한·박정순, 2021, “재생열에너지 보급장벽분석 및 보급정책 설계방안”, 에너지경제연구원.
- 김진상, 2016, “지열히트펌프의 대규모 이용 사례”, 『지열에너지저널』, 제12권 제2호, 12~17.
- 조정식·백성권, 2013, “지열 열펌프를 이용한 아파트의 난방성능 및 경제성 검토”, 『지열에너지저널』, 제9권 2호, 28~36.
- 최홍식, 2016, “한국전력 본사 신사옥 지열시스템 적용사례”, 『지열에너지저널』, 제12권 제1호, 14~19.
- 관계부처합동, 2019, 제2차 기후변화대응기본계획(2020~2040).
- 관계부처합동, 2023, 제1차 탄소중립 녹색성장 기본계획(2023~2042).
- 국토교통부, 2020, 제2차 녹색건축물 기본계획(2020~2024).
- 국토교통부, 건축물 에너지 효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증기준(국토부 제2020-574, 2020. 8. 13.).
- 국토교통부, 건축물 에너지 효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증에 관한 규칙(국토부 제1274호, 산업부 제528호, 2023. 11. 21.).
- 국토교통부, 녹색건축 인증기준(국토교통부고시 제2021-278호, 2021. 3. 26., 일부 개정).
- 국토교통부, 녹색건축물 조성 지원법(법률 제19971호, 2024. 1. 9., 일부 개정).
- 기획재정부, 2024, 법인세법 시행규칙(시행 2024. 7. 1.).
- 산업통상자원부, 2013, 신재생에너지 활성화 방안.
- 산업통상자원부, 2019, 제3차 에너지기본계획(2019~2040).

- 산업통상자원부, 2020, 「2020 신·재생에너지 백서」, 한국에너지공단.
- 산업통상자원부, 2020, 제5차 신재생에너지 기본계획(2020~2034).
- 산업통상자원부, 2020, 제5차 집단에너지 공급 기본계획(2019~2023).
- 산업통상자원부, 2020, 제6차 에너지이용 합리화기본계획(2020~2024).
- 산업통상자원부, 2022, 「2022 신·재생에너지 백서」, 한국에너지공단.
- 산업통상자원부, 2023, 「지역에너지통계연보」, 2024, 에너지경제연구원.
- 산업통상자원부, 고효율에너지기자재 보급촉진에 관한 규정(산업통상자원부고시 제2024-153호, 2024. 9. 30.)
- 산업통상자원부, 신·재생에너지 공급의무화 제도 및 연료 혼합의무화 제도 관리·운영지침(산업통상자원부 고시 제2024-152호, 2024. 9. 27., 일부 개정).
- 산업통상자원부, 신·재생에너지 공급의무화 제도 및 연료 혼합의무화 제도 관리·운영지침(산업통상자원부 고시 제2023-210호, 2023. 11. 10.).
- 산업통상자원부, 신·재생에너지 설비의 지원 등에 관한 규정(산업통상자원부고시 제2024-034호, 2024. 2. 21.).
- 산업통상자원부, 신·재생에너지 설비의 지원 등에 관한 규정(산업통상자원부고시)(제2022-175호).
- 산업통상자원부, 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급촉진법(법률 제19040호, 2022. 11. 15, 일부 개정).
- 산업통상자원부, 에너지이용합리화법(법률 제20443호, 2024. 9. 20, 일부 개정).
- 서울특별시, 2022, 「서울시 온실가스 인벤토리 보고서(2020년도분)」.
- 서울특별시, 2020, 제5차 서울시 지역에너지계획(2020~2040).
- 서울특별시, 2022, 서울시 기후변화대응 종합계획(2022~2026).
- 서울특별시, 2022, 제2차 서울시 녹색건축물 조성계획(2022~2026).
- 서울특별시, 2023, 2040서울도시기본계획.
- 서울특별시, 2024, 서울시 탄소중립 녹색성장 기본계획(2024~2033).
- 서울특별시, 서울특별시 녹색건축물 조성지원조례(서울특별시 조례 제8749호, 2024. 1. 1.).
- 서울특별시, 서울특별시 환경영향평가 조례(서울특별시 조례 제9368호, 2024. 9. 30.).
- ‘신재생에너지 보급통계, 2022, 한국에너지공단’ 활용하여 저자 편집.
- 통계청, 2020, 「소비자물가조사」.
- 한국에너지공단, 건축물 에너지 효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증제도 운영규정(에너지공단).

한국에너지공단, 신재생에너지 설비의 지원 등에 관한 지침(한국에너지공단 신재생에너지센터 2022-19호).

한국은행, 2024, 「예금은행 수신금리」(신규취급액 기준).

Cho, I. H., and Park, J. S., 2021, "Analysis of Barriers to Renewable Heat Energy Deployment and Policy Design Solutions," IEEE, pp. 2021-09.

IEA, 2021, "Case Study: Chateau Pontet Canet Winery, France." IEA Geothermal.

NREL, 2021, "2021 U.S. Geothermal Power Production and District Heating Market Report," NREL Market Report.

<https://ofgem.gov.uk> (영국 전기·가스 규제기관)

<https://www.iea.org> (국제 에너지 기구 홈페이지)

<https://www.nrel.gov> (미국 국립재생에너지연구소 홈페이지)



Abstract

Policy Improvement Measures for the Promotion of Geothermal Energy in Seoul

Sookyung Jeong · Hyunseok Moon · Jongrak Baek

In November 2023, Seoul announced the "Comprehensive Plan to Boost Geothermal Energy Deployment," which aims to shift its renewable energy policy to focus on geothermal energy. This transition is intended to reduce greenhouse gas emissions and enhance resilience against climate change. The plan outlines mandates and milestones for expanding geothermal energy in public projects, as well as incentives for private sector involvement, technical support, and professional consulting. This study offers detailed policy recommendations to ensure the effective implementation of the plan.

Notable geothermal policies in Europe include Germany's Renewable Heat Obligation (RHO), the UK's Renewable Heat Incentive (RHI), and France's Heat Fund. In March 2022, the UK transitioned from the RHI to the Boiler Upgrade Scheme(BUS) to directly support low-carbon heating systems. This change aligns with the International Energy Agency(IEA)'s recommendation to phase out gas and oil boilers by 2025, as major European countries ban new gas boiler installations. These developments are expected to accelerate the adoption of geothermal systems, particularly those using heat pumps.

In South Korea, the focus has primarily been on electricity-based renewables, such as solar power, resulting in limited support for thermal renewables. Efforts to establish a Renewable Heat Obligation from 2013 to 2016 were unsuccessful,

which hindered geothermal deployment and technical research. Moreover, funding for geothermal research and development has declined since the 2017 Pohang earthquake.

Geothermal heating and cooling systems are utilized in various facilities, including airports, universities, public buildings, and residential complexes, contributing to energy independence and lower greenhouse gas emissions. In the U.S., subsidies can cover up to 60% of project costs, fostering private sector participation. According to the IEA, economic viability can be achieved within 10 to 12 years with government support.

To examine the factors hindering private sector adoption of geothermal heating and cooling systems and to develop a prioritized improvement plan, we conducted an Analytic Hierarchy Process (AHP) analysis among professionals in the geothermal industry. The results indicate that the following measures should be prioritized for support: (1) revising energy independence conversion coefficients, (2) implementing installation cost support programs, (3) supporting retrofit projects to improve efficiency in existing buildings, (4) providing consulting support at all stages from planning to operation, (5) promoting pilot and demonstration projects, (6) mandating renewable heat installations, and (7) introducing operational cost support systems.

Contents

01 Introduction

- 1_Background and Purpose
- 2_Main Contents and Research Methods

02 Analysis of Domestic and International Thermal Energy Policies and Systems

- 1_Analysis of International Thermal Energy Policies and Systems
- 2_Analysis of Domestic Thermal Energy Policies and Systems
- 3_Analysis of Seoul's Thermal Energy Policies and Systems

03 Current Status and Case Studies of Geothermal Utilization

- 1_Domestic and International Geothermal Utilization Status
- 2_Domestic and International Geothermal Installation Cases
- 3_Implications

04 Review of Geothermal Energy Promotion Measures

- 1_Analysis of Barriers to Geothermal Promotion and Improvement Measures
- 2_Review of Incentive Systems for Geothermal Promotion
- 3_Review of Mandatory Systems for Geothermal Promotion

05 Conclusion

- 1_Recommendations for Supporting Geothermal Promotion in Seoul
 - 2_Future Research Directions
-

서울시 지열에너지 보급 활성화 위한 제도 개선방안

서울연 2024-PR-30

발행인 오 균

발행일 2025년 5월 30일

발행처 서울연구원

ISBN 979-11-5700-901-5 95320 비매품

06756 서울특별시 서초구 남부순환로 340길 57

이 출판물의 판권은 서울연구원에 속합니다.