



Universitatea Tehnică a Moldovei

**MODALITĂȚI DE INTEGRARE A POMPELOR
DE CĂLDURĂ GEOTERMALE ÎN SISTEMELE
MODERNE DE ÎNCĂLZIRE**

Student: Severin-Bicec Veronica, ACGV-241M

Conducător: Begleț Natalia, conf. univ., dr.

Chișinău, 2026

REZUMAT

Severin-Bicec Veronica: „Modalități de integrare a pompelor de căldură geotermale în sistemele moderne de încălzire și răcire ale clădirilor eficiente energetic”, teză de master în inginerie, domeniul ACGV, Chișinău, 2026.

Lucrarea este structurată în introducere, cinci capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografie, figuri și anexe.

Cuvinte-cheie: pompă de căldură geotermală, eficiență energetică, sisteme de încălzire și răcire, energie regenerabilă, COP, SCOP, clădiri eficiente energetic.

Lucrarea este dedicată analizei posibilităților de integrare a pompelor de căldură geotermale în sistemele moderne de încălzire și răcire utilizate în clădirile eficiente energetic. Actualitatea temei este determinată de necesitatea reducerii consumului de energie și a emisiilor de gaze cu efect de seră în sectorul construcțiilor, precum și de extinderea utilizării surselor regenerabile de energie.

Scopul lucrării constă în evaluarea soluțiilor de integrare a pompelor de căldură geotermale în instalațiile moderne de climatizare și în analiza performanței energetice și economice a acestora prin aplicarea unui studiu de caz.

Metodologia de cercetare include analiza literaturii de specialitate și a cadrului normativ, studiul principiului de funcționare al pompelor de căldură geotermale, determinarea necesarului de energie termică și de răcire al clădirii analizate, precum și dimensionarea sistemului geotermal propus. Totodată, au fost evaluați indicatorii de performanță energetică, precum COP și SCOP, și a fost realizată o analiză tehnico-economică și de mediu.

Rezultatele obținute demonstrează că integrarea pompelor de căldură geotermale în clădirile eficiente energetic poate conduce la reducerea consumului de energie primară, la diminuarea costurilor de exploatare și la scăderea emisiilor de CO₂ comparativ cu sistemele convenționale de încălzire și răcire. Analiza efectuată confirmă fezabilitatea tehnică și economică a soluției propuse și evidențiază avantajele utilizării energiei geotermale în clădirile moderne.

ABSTRACT

Severin-Bicec Veronica: “Integration Methods of Geothermal Heat Pumps in Modern Heating and Cooling Systems of Energy-Efficient Buildings”, Master thesis in Engineering, ACGV field, Chişinău, 2026.

The thesis is structured into an introduction, five chapters, general conclusions and recommendations, references, figures, and annexes.

Keywords: geothermal heat pump, energy efficiency, renewable energy, COP, SCOP, heating and cooling, energy-efficient buildings.

The paper is focused on the analysis of integration methods of geothermal heat pumps into modern heating and cooling systems used in energy-efficient buildings. The relevance of the topic is determined by the need to reduce energy consumption and greenhouse gas emissions in the building sector, as well as by the increasing use of renewable energy sources.

The main objective of the research is to evaluate the integration solutions of geothermal heat pumps into modern climate control systems and to analyze their energetic and economic performance through a case study.

The research methodology includes literature review and analysis of the regulatory framework, study of the operating principles of geothermal heat pumps, calculation of the heating and cooling demand of the analyzed building, and sizing of the proposed geothermal system. In addition, energy performance indicators such as COP and SCOP were evaluated, and a techno-economic and environmental analysis was carried out.

The obtained results demonstrate that the integration of geothermal heat pumps into energy-efficient buildings can reduce primary energy consumption, operational costs, and CO₂ emissions compared to conventional heating and cooling systems. The performed analysis confirms the technical and economic feasibility of the proposed solution and highlights the advantages of using geothermal energy in modern buildings.

CUPRINS

REZUMAT	7
ABSTRACT	8
INTRODUCERE	11
1. FUNDAMENTE TEORETICE PRIVIND POMPELE DE CĂLDURĂ GEOTERMALE..	13
1.1. Conceptul de eficiență energetică a clădirilor.....	13
1.2. Surse regenerabile de energie utilizate în clădiri	13
1.3. Principiul de funcționare al pompelor de căldură geotermale	15
1.4. Tipuri de sisteme geotermale.....	17
1.5. Avantaje și dezavantaje ale pompelor de căldură geotermale	18
1.6. Indicatori de performanță energetică ai pompelor de căldură geotermale	19
1.7. Concluzii	20
2. MODALITĂȚI DE INTEGRARE A POMPELOR DE CĂLDURĂ GEOTERMALE ÎN SISTEMELE MODERNE DE ÎNCĂLZIRE ȘI RĂCIRE	21
2.1. Integrarea pompelor de căldură geotermale în sisteme de încălzire prin pardoseală	21
2.2. Integrarea pompelor de căldură geotermale în sisteme cu ventiloconvectoare (fan-coiluri)	24
2.3. Integrarea pompelor de căldură geotermale în sisteme de răcire activă și pasivă	26
2.4. Integrarea pompelor de căldură geotermale cu sisteme de ventilare cu recuperare de căldură	28
2.5. Automatizarea și controlul sistemelor geotermale.....	31
2.6. Integrarea pompelor de căldură geotermale cu alte surse regenerabile de energie	33
2.7. Concluzii	36
3. CADRUL NORMATIV ȘI TENDINȚE ACTUALE ÎN UTILIZAREA SISTEMELOR GEOTERMALE.....	37
3.1. Politici europene privind eficiența energetică a clădirilor	37
3.2. Cerințe de proiectare și exploatare a sistemelor geotermale.....	39
3.3. Standarde și normative aplicabile	42
3.4. Tendințe actuale și soluții inovatoare în domeniu	44
3.5. Concluzii	47
4. STUDIU DE CAZ PRIVIND INTEGRAREA UNEI POMPE DE CĂLDURĂ GEOTERMALE ÎNTR-O CLĂDIRE EFICIENTĂ ENERGETIC.....	48
4.1. Descrierea clădirii analizate.....	48
4.2. Determinarea necesarului de căldură și răcire	51
4.3. Alegerea tipului de pompă de căldură geotermală.....	52
4.4. Schema funcțională a sistemului propus.....	54
4.5. Dimensionarea sistemului geotermal	57
4.6. Caracteristicile tehnice ale pompei de căldură geotermale utilizate.....	59

4.7. Analiza performanței energetice a sistemului	61
4.8. Analiza economică a sistemului propus	62
4.9. Concluzii	67
5. IMPACTUL ENERGETIC, ECONOMIC ȘI DE MEDIU AL SISTEMULUI PROPUȘ	68
5.1. Reducerea consumului de energie primară	68
5.2. Reducerea emisiilor de CO ₂	68
5.3. Compararea cu sisteme clasice de încălzire și răcire	70
5.4. Evaluarea sustenabilității soluției propuse	71
5.5. Concluzii	72
CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI	73
BIBLIOGRAFIE	75

INTRODUCERE

Creșterea consumului de energie la nivel global și intensificarea problemelor asociate schimbărilor climatice au determinat orientarea sectorului construcțiilor către soluții tehnologice cu eficiență energetică ridicată și impact redus asupra mediului [5], [10], [30]. În prezent, clădirile reprezintă unul dintre cei mai mari consumatori de energie, o mare parte a acesteia fiind utilizată pentru încălzire, răcire, ventilare și prepararea apei calde menajere.

În aceste condiții, utilizarea surselor regenerabile de energie și implementarea unor sisteme moderne de climatizare devin elemente importante în proiectarea clădirilor eficiente energetic. Dintre tehnologiile disponibile, pompele de căldură geotermale se evidențiază prin stabilitatea funcționării și prin capacitatea de a valorifica energia termică acumulată în sol sau în apele subterane.

Comparativ cu sistemele convenționale bazate pe combustibili fosili, pompele de căldură geotermale permit reducerea consumului de energie primară și diminuarea emisiilor de gaze cu efect de seră. Totodată, aceste sisteme pot funcționa atât pentru încălzirea spațiilor în sezonul rece, cât și pentru răcirea clădirilor în perioada de vară.

Dezvoltarea sistemelor de încălzire prin pardoseală, a ventiloconvectoarelor și a instalațiilor de ventilare cu recuperare de căldură a creat condiții favorabile pentru integrarea eficientă a pompelor de căldură geotermale în clădirile modern [10], [5], [30]. Utilizarea temperaturilor joase ale agentului termic permite creșterea randamentului instalației și optimizarea consumului energetic.

Actualitatea temei este determinată de necesitatea reducerii consumului energetic în sectorul construcțiilor și de obiectivele actuale privind decarbonizarea și utilizarea surselor regenerabile de energie. În acest context, sistemele geotermale reprezintă o soluție tehnică cu perspective importante de dezvoltare [5], [7], [19].

Obiectul cercetării îl constituie sistemele de încălzire și răcire bazate pe pompe de căldură geotermale și modalitățile de integrare ale acestora în clădiri eficiente energetic.

Scopul lucrării constă în analiza soluțiilor de integrare a pompelor de căldură geotermale în sistemele moderne de încălzire și răcire [1], [4], [32] și evaluarea performanței energetice și economice a acestora prin aplicarea unui studiu de caz.

Pentru realizarea scopului propus au fost stabilite următoarele **obiective**:

- analiza principiului de funcționare al pompelor de căldură geotermale;
- studierea soluțiilor moderne de integrare în instalațiile de încălzire și răcire;
- evaluarea cadrului normativ și a cerințelor tehnice aplicabile;
- dimensionarea unui sistem geotermal pentru o clădire eficientă energetic;
- analiza performanței energetice, economice și de mediu a sistemului propus.

Metodologia de cercetare include analiza literaturii de specialitate și a actelor normative relevante, determinarea necesarului de energie termică și de răcire, dimensionarea instalației geotermale și evaluarea

indicatorilor energetici specifici sistemului. În plus, a fost efectuată o analiză tehnico-economică pentru aprecierea eficienței soluției propuse.

Importanța practică a lucrării constă în posibilitatea utilizării rezultatelor obținute la proiectarea și implementarea sistemelor geotermale în clădiri moderne cu consum redus de energie. Soluțiile analizate pot contribui la optimizarea consumului energetic și la reducerea impactului asupra mediului.

Lucrarea este structurată în cinci capitole. Primul capitol prezintă aspectele teoretice privind pompele de căldură geotermale și utilizarea surselor regenerabile de energie în clădiri. Capitolul al doilea analizează modalitățile de integrare ale acestor sisteme în instalațiile moderne de încălzire și răcire. Capitolul al treilea este dedicat cadrului normativ și tendințelor actuale în domeniul sistemelor geotermale. Capitolul al patrulea include studiul de caz privind integrarea unei pompe de căldură geotermale într-o clădire eficientă energetic, iar ultimul capitol prezintă analiza impactului energetic, economic și de mediu al soluției propuse.

BIBLIOGRAFIE

1. ASHRAE. *ASHRAE Handbook – Fundamentals*. Atlanta, 2021.
2. Çengel Y.A., Boles M.A. *Thermodynamics: An Engineering Approach*. McGraw-Hill, 2015.
3. European Commission. *Directive (EU) 2018/844 on the energy performance of buildings (EPBD)*. Bruxelles, 2018.
4. Danfoss. *Hydronic Systems Design Guide*. Danemarca, 2020.
5. International Energy Agency (IEA). *Heat Pumps – Technology and Market Report*. Paris, 2022.
6. EN 12831. *Heating systems in buildings – Method for calculation of the design heat load*. European Committee for Standardization.
7. Reay D., MacMichael D. *Heat Pumps: Design and Applications*. Elsevier, 2014.
8. Bosch Thermotechnology. *Planning Manual for Heat Pump Systems*. Germania, 2022.
9. ISO 52016-1. *Energy performance of buildings – Energy needs for heating and cooling*. ISO, 2017.
10. Guțu-Chetrușca C., Braga D. Energy Crises—Energy Transition Driving Force. *Proceedings of SIELMEN*, 2023. DOI: 10.1109/SIELMEN59038.2023.10290742
11. ASHRAE. *ASHRAE Handbook – HVAC Systems and Equipment*. Atlanta, 2020.
12. EN 14511. *Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps*. European Standard.
13. Guțul V.G., Zaițev O., Colomieț T. *Calitatea aerului interior și eficiența energetică a clădirilor*. Chișinău, 2020.
14. European Commission. *Energy Efficiency Directive (EED) 2012/27/EU*. Bruxelles, 2012.
15. IEA Heat Pump Programme. *Ground Source Heat Pump Systems*. Technical Report, 2021.
16. Begleț N., Nicolaev E. Analiza confortului termic în clădirile publice. Studiu de caz. *Romanian Journal of Civil Engineering*, 2025. DOI: 10.37789/rjce.2025.16.4.2
17. EN 14825. *Seasonal space heating and cooling efficiency of heat pumps*. European Standard.
18. Guțu-Chetrușca C., Braga D. Integration of variable energy sources in energy systems. *Journal of Engineering Science*, 2022. DOI: 10.52326/jes.utm.2022.29(2).05
19. Omer A.M. Ground-source heat pumps systems and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2008.
20. Begleț N., Nicolaev E., Leanca L. Evaluarea eficienței energetice în instituțiile de învățământ din Republica Moldova. Conferințe AIIR, 2025.
21. Guțul V.G., Guțul V.I. *Bazele aerodinamicii ventilării*. Chișinău, 2025.

22. Braga D., Guțu-Chetrușca C., Hlusuov V. Biomass Potential and Suitable Technologies for Valorifying Biomass in District Heating Systems in the Republic of Moldova. *SIELMEN*, 2025. DOI: 10.1109/SIELMEN67352.2025.11260674
23. Begleț N., Nicolaev E., Haiducova M., Leanca L. Evoluția cerințelor de performanță energetică a clădirilor în Republica Moldova. Conferințe AIIR, 2025.
24. Guțu-Chetrușca C., Guțu A. Republic of Moldova Power Energy in the Pandemic. *Journal of Engineering Science*, 2021. DOI: 10.52326/jes.utm.2021.28(4).02
25. Guțul V.G., Leu V., Grigore V. Analysis of the possibility of reducing energy consumption through the bivalent heating scheme with heat pump intercalation. *Revista Ingineria Instalațiilor*, 2026.
26. Danici-Guțul V., Grebinicenco V. Analysis of engineering solutions implemented for a hotel. *Romanian Journal of Civil Engineering*, 2024. DOI: 10.37789/rjce.2024.15.3.15
27. Begleț N., Colomieț T. *Termotehnica construcțiilor: Îndrumar aplicativ*. Chișinău: UTM, 2024.
28. Hepbasli A., Kalinci Y. A review of heat pump water heating systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2009.
29. U.S. Department of Energy. *Geothermal Heat Pumps Guide*. 2020.
30. REN21. *Renewables Global Status Report*. Paris, 2023.
31. European Geothermal Energy Council (EGEC). *Geothermal Heating and Cooling Market Report*. Bruxelles, 2022.
32. Viessmann Group. *Heat Pump Systems – Planning Guide*. Germania, 2021.
33. Begleț N., Haiducova M., Harea O., Leanca L., Nicolaev E. Evaluarea indicatorilor energetici după implementarea măsurilor de eficiență energetică. Conferință internațională, 2024.
34. Begleț N., Ciutac-Nicolaev E. Promovarea și implementarea conceptelor de reciclare a deșeurilor din construcții și demolări. Conferință internațională, 2024.
35. Mathieu-Mann A., Guțu-Chetrușca C. Comparative Energy Approaches in France and Republic of Moldova. *SIELMEN*, 2025.