

<https://doi.org/10.36719/2663-4619/112/133-138>

Sevinc Babayeva

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
texnika üzrə fəlsəfə doktoru
<https://orcid.org/0000-0002-9334-5483>
babayeva_sevinc64@mail.ru

Kənan Nağıyev

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
magistrant
<https://orcid.org/0009-0004-5677-5929>
mr.naghiyevkanan@gmail.com

Qarabağ iqtisadi zonasında geotermal enerjidən istifadənin tədqiqi

Xülasə

Bu məqalə Qarabağ iqtisadi zonasında geotermal enerjinin potensial istifadəsini araşdırır. Geotermal enerji, xüsusilə ətraf mühitin qorunması və iqtisadi müxtəliflik baxımından əhəmiyyətli bir alternativ enerji mənbəyidir. Tədqiqatın məqsədi, bu bölgədə geotermal enerjidən istifadənin cari vəziyyətini təhlil etmək, potensial imkanları müəyyənləşdirmək və gələcək inkişaf perspektivlərini araşdırmaqdır.

Araşdırmada GeoT*SOL simulyasiya proqramından istifadə edilərək Laçın şəhərində fərdi yaşayış binalarının istilik təminatı üçün yeraltı mənbəli istilik nasosları sistemlərinin tətbiqi qiymətləndirilmişdir. Bu sistemlərlə əlaqəli avadanlıqlar seçilmiş, onların texniki parametrləri hesablanmış və müqayisə edilmişdir. Əldə olunan nəticələr əsasında ən optimal istilik təminatı sxemi müəyyən edilmişdir.

Geotermal enerjinin Qarabağ iqtisadi rayonunun enerji təminatındakı əhəmiyyəti təkcə enerji istehsalı ilə məhdudlaşmır, eyni zamanda ekoloji və iqtisadi üstünlükləri ilə də seçilir. Bu enerjidən səmərəli istifadə bölgənin inkişafına töhfə verə, enerji təhlükəsizliyini gücləndirə və bərpa olunan enerji sektorunun inkişafını sürətləndirə bilər. Geotermal enerji resurslarının tətbiqi, ekoloji təmizliyi artırmaqla yanaşı, bölgənin enerji idxalına olan asılılığını da azalda bilər. Xüsusilə Qarabağın müharibədən sonrakı bərpa dövründə alternativ enerji mənbələrinin istifadəsi həm infrastrukturun inkişafına, həm də iqtisadi dirçəlişə mühüm töhfə verə bilər.

Açar sözlər: *geotermal enerji, Qarabağ iqtisadi zonası, bərpa olunan enerji, enerji sektoru, ekoloji faydalar, simulyasiya*

Sevinj Babayeva

Azerbaijan State Oil and Industry University
PhD in Technical Sciences
<https://orcid.org/0000-0002-9334-5483>
babayeva_sevinc64@mail.ru

Kanan Naghiyev

Azerbaijan State Oil and Industry University
Master student
<https://orcid.org/0009-0004-5677-5929>
mr.naghiyevkanan@gmail.com

The Investigation of the Utilization of Geothermal Energy in the Garabagh Economic Zone

Abstract

This study explores the potential of geothermal energy in the Garabagh economic region as a sustainable alternative to conventional power sources. Emphasizing environmental protection and economic diversification, the research examines current geothermal applications and future prospects within the renewable energy sector. Utilizing GeoT*SOL simulation software, the study designs heating schemes for residential buildings in Lachin by employing ground-source heat pumps combined with borehole-type collectors. Detailed selection of system equipment and computation of key performance parameters lead to the identification of an optimal configuration for the area. The findings indicate that geothermal energy can play a crucial role in accelerating regional economic development by diversifying energy supplies and reducing dependency on imports, while also advancing eco-friendly technological solutions. Moreover, during the post-war reconstruction phase, adopting geothermal systems is expected to enhance energy security, improve quality of life, and support sustainable growth. Overall, the research demonstrates that implementing ground-source heat pumps not only improves energy efficiency but also yields lasting environmental and economic benefits for the Karabakh region, with significant positive impact.

Keywords: *geothermal energy, Garabagh economic zone, renewable energy, energy sector, ecological benefits, simulation.*

Giriş

Qarabağ iqtisadi zonasının bərpa olunan enerji mənbələri üzrə böyük potensiala sahib olduğu artıq təsdiqlənmişdir. Bu region, təbii resursların zənginliyi və ətraf mühitin qorunması baxımından böyük imkanlar təqdim edir (Məmmədov, Həsənov, 2020, s. 112). Xüsusilə, geotermal enerji kimi davamlı enerji mənbələri, Qarabağ bölgəsinin enerji təhlükəsizliyini təmin etmək və iqtisadi inkişafını dəstəkləmək üçün mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Geotermal enerji, yer üzündəki daxili istilikdən istifadə edərək enerji istehsalını mümkün edən bir prosesdir (Aliyev, Quliyev, 2022, s. 65). Bu qazların və digər zərərli tullantıların azaldılmasına kömək edir, həmçinin təbii ekosistemə az təsir göstərir. Geotermal enerjinin istifadəsi ətraf mühitə minimal təsir göstərir və iqlim dəyişikliyi ilə mübarizədə əhəmiyyətli bir vasitədir (Brown, Taylor, 2019, s. 45).

Bu tədqiqat, Qarabağ iqtisadi zonasının geotermal enerji potensialını araşdıraraq, həm ekoloji, həm də iqtisadi baxımdan bu enerji növünün əhəmiyyətini vurğulamağı hədəfləyir. Geotermal enerji, təbiətə az təsir edən və davamlı olan bir enerji növüdür (Müller, Richter, 2018, s. 520). Bu da Qarabağ bölgəsindəki enerji təhlükəsizliyi və iqtisadi inkişaf üçün mühüm rol oynaya bilər (Zhang, Liu, 2021, s. 234). Bununla yanaşı, geotermal enerjinin istifadəsi, yalnız enerji ehtiyaclarını qarşılamır, həm də regional iqtisadiyyatın şaxələndirilməsinə və dayanıqlı inkişafına mühüm töhfələr verə bilər. Bu potensialın iqtisadi inkişafda rolunu genişləndirilməsi üçün dövlət dəstəyi və müvafiq qanunvericilik bazası vacibdir (Ahmedov, 2018, s. 89).

Tədqiqat

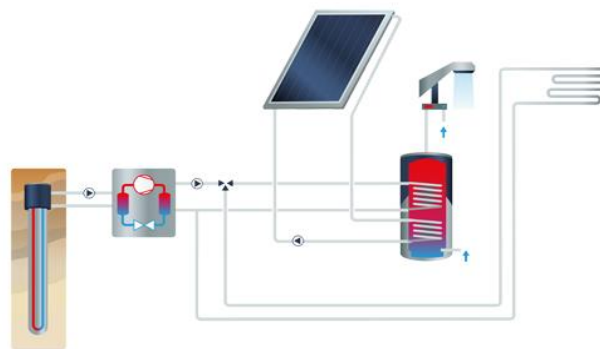
GeoTSOL proqramı ilə geotermal enerji ehtiyatları qiymətləndirilərək, Qarabağ iqtisadi zonasının geotermal enerji potensialı təhlil olunmuşdur. Proqramın istifadə etdiyi modellər və məlumatlar əsasında regionun müxtəlif sahələrində geotermal enerjinin tətbiqi üçün müvafiq analizlər aparılmışdır (GeoTSOL User Manual, 2021, s. 23).

GeoT*SOL proqramı, geotermal enerji ehtiyatlarının təhlili və optimallaşdırılması üçün mükəmməl bir alət təqdim edir (Zhang, Liu, 2021, s. 234). Bu proqram, geotermal sahələrdə mövcud olan müxtəlif istilik və enerji çıxışı xüsusiyyətlərini qiymətləndirərək, hər bir potensial tətbiq sahəsinin iqtisadi və ekoloji faydalarını müəyyənləşdirir (Aliyev, Quliyev, 2022, s. 65). Tədqiqatda bu proqramın istifadə etdiyi geotermal model və parametrlər əsasında Qarabağ iqtisadi zonasında fərdi yaşayış evinin istilik təchizatı sistemi tərtib olunaraq, təhlil edilmişdir (Müller, Richter, 2018, s. 512).

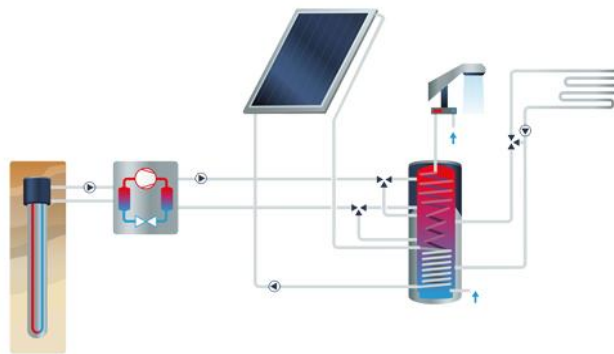
Ədəbiyyatların analizindən (Müller, Richter, 2018; Aliyev, Quliyev, 2022; Ahmedov, 2018) və digər ədəbiyyatlardan əldə edilən məlumatlar, regionda geotermal enerji ehtiyatlarının vəziyyətini müəyyən etməkdə əsas rol oynamışdır (Məmmədov, Həsənov, 2020, s. 112).

Tədqiqatın son mərhələsində, Qarabağ iqtisadi zonasının geotermal enerji sektoru üçün gələcək inkişaf perspektivləri müəyyən edilmişdir. Bu mərhələdə, geotermal enerjinin istifadəsi üçün lazım olan infrastruktur, texnoloji inkişaf və qanunvericilik dəstəyi ilə bağlı təkliflər verilmişdir (Babayeva, Mammadova, 2024, s. 178; Babayeva, Nasirov, 2024, s. 235).

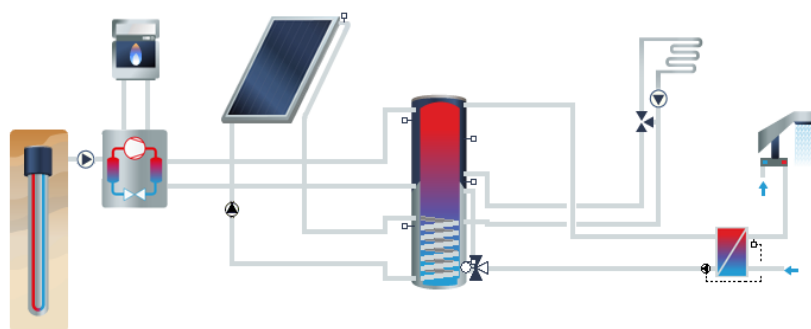
Simulyasiya proqramı vasitəsilə tədqiq olunan məkan üçün 4 sxem seçilmiş və müqayisə olunmuşdur (şək.1, şək.2, şək.3, şək.4) Uyğun olaraq, Geotermal zond tipli günəş istilik dəstəyi ilə yer istiliyi və isti su təminatı olan istilik nasosu sistemi - (GZT-1), kombinə edilmiş çən və günəş istilik dəstəyi olan istilik nasosu sistemi – (GZT-2), çənli, günəş dövrəsi və təmiz su stansiyası olan iki valentli istilik nasosu sistemi – (GZT-3), iki valentli istilik nasosu sistemi: Günəş dövrəsi və isti su təminatı və məkanın qızdırılması üçün ayrı yastıq çənləri ilə - (GZT-4) (United Nations Development Programme (UNDP), 2022).



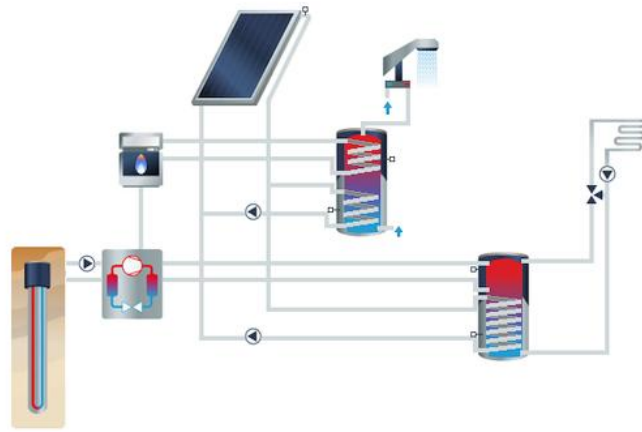
Şəkil 1. GZT-1



Şəkil 2. GZT-2

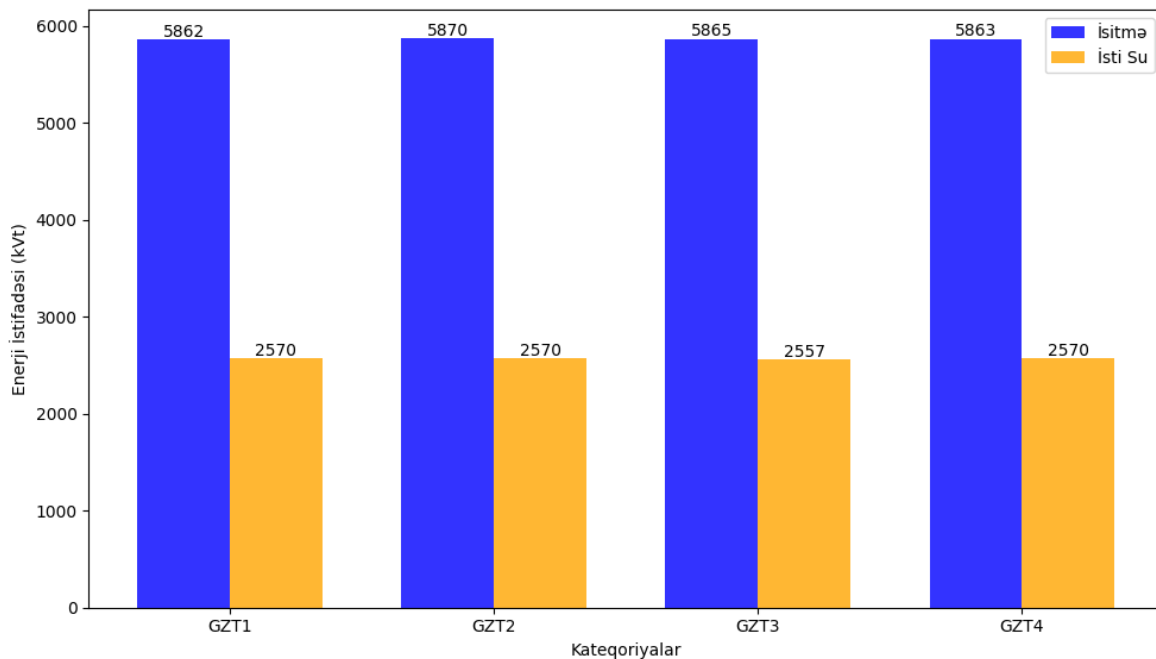


Şəkil 3. GZT-3



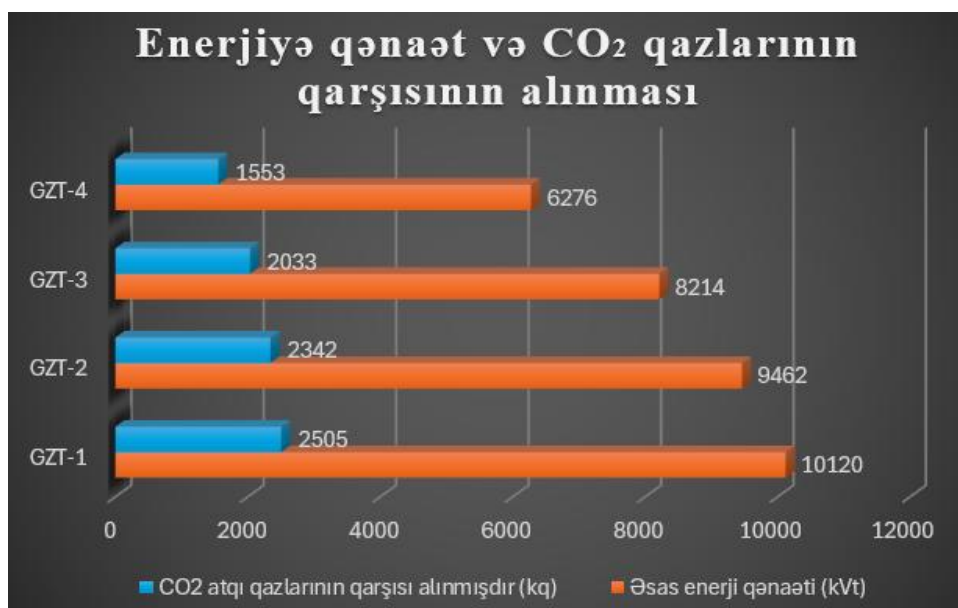
Şəkil 4. GZT-4

Şəkil 5 də GZT-lar üzrə illik enerji istehlakına dair "İsitmə" göstəriciləri təqdim olunur. GZT-1, GZT-2, GZT-3 və GZT-4 üçün müvafiq olaraq 5862 kVt, 5870 kVt, 5865 kVt və 5863 kVt enerji sərf edilib. Dəyərlər arasında kiçik fərqlər olsa da, ümumi enerji istehlakının stabil olduğu müşahidə edilir. Bu nəticələr göstərir ki, isitmə yükü GZT-lar arasında nisbətən bərabər bölüşdürülmüşdür (Quliyev, Əliyev, 2021; Valentin Software GmbH, 2024).



Şəkil 5. GZT-lar üzrə istiləşdirilməsinə və isti su təchizatına istifadə olunan enerji.

Şəkil 6 da enerji qənaəti ilə yanaşı, CO₂ qazlarının azalması ilə bağlı nəticələri təqdim edir. Ən çox enerji qənaəti 10.120 kVt ilə GZT-1-də, ən az isə 6.276 kVt ilə GZT-4-də qeydə alınıb. CO₂ qazlarının azaldılması baxımından GZT-1-də 2.505 kq, GZT-4-də isə 1.553 kq azalma müşahidə olunub. Bu nəticələr ekoloji dayanıqlığın təmin edilməsi baxımından əhəmiyyətli rol oynayır (Hu, Bai, Chen, Meng, Li, Xu, 2022).



Şəkil 6. Enerjiyə qənaət və CO₂ qazlarının qarşısının alınması.

Cədvəl 1də müxtəlif tip günəş su təchizatı sistemləri üçün kollektorun səthinə düşən radiasiya, isti su təchizatının günəş hissəsi və günəş sisteminin səmərəliliyini göstərir. Bütün sistemlər üçün aktiv günəş kollektorunun səthinə düşən radiasiya eyni səviyyədədir (10620 kVt). GZT-1 sistemində isti su təchizatının günəş hissəsi ən yüksək (88,1%) olur, GZT-3-də isə ən aşağı (47,7%) səviyyədədir (Smith, 2020, p. 112).

Cədvəl 1. Kollektorun səthinə düşən radiasiya, isti su təchizatının günəş hissəsi, günəş sisteminin səmərəliliyi.

Göstəricilər/Tip	GZT-1	GZT-2	GZT-3	GZT-4
İsti su təchizatı üçün günəş hissəsi	88,1 %	56,4 %	47,7 %	83,0 %
Günəş sisteminin səmərəliliyi	23,0 %	28,4 %	26,3 %	28,5 %
Aktiv günəş kollektorunun səthinə düşən radiasiya	10620 kVt	10620 kVt	10620 kVt	10620 kVt

Cədvəl 2, müxtəlif tip günəş su təchizatı sistemlərinin illik enerji itkilərini göstərir. Burada çən itkiləri, günəş çən itkiləri, daxili və xarici günəş boruları üzrə itkilər fərqli sistemlər üçün təqdim olunub. GZT-4 sistemində çən itkiləri ən yüksək (693 kVt) olaraq ölçülür, GZT-3 sistemində isə günəş çən itkiləri ən aşağı (113 kVt) səviyyədədir.

Cədvəl 2. İllik enerji itkiləri.

Göstəricilər/Tip	GZT-1	GZT-2	GZT-3	GZT-4
Çən itkiləri	396 kVt	574 kVt	469 kVt	693 kVt
Günəş çən itkiləri	170 kVt	172 kVt	113 kVt	180 kVt
Daxili günəş boruları	411 kVt	370 kVt	400 kVt	371 kVt
Xarici günəş boruları	73 kVt	66 kVt	85 kVt	72 kVt

Nəticə

1. Qarabağ iqtisadi zonasının geotermal enerji potensialı həm enerji ehtiyaclarını qarşılamaq, həm də ətraf mühiti qorumaq baxımından böyük əhəmiyyətə malikdir. Bu enerji növü ənənəvi mənbələrlə müqayisədə daha iqtisadi və ekoloji sərfəli həll təklif edir, iqlim dəyişikliyi ilə mübarizədə mühüm rol oynayır.

2. Geotermal enerji istifadəsi, Qarabağda yeni iş yerlərinin yaradılmasına, infrastrukturun təkmilləşdirilməsinə və əhalinin sosial-iqtisadi rifahının artırılmasına töhfə verə bilər. Eyni zamanda, bu enerji növü regionun enerji müstəqilliyini və rəqabət qabiliyyətini artırmağa imkan yaradacaqdır.

3. Regionda geotermal enerjiden tam istifadə edilməsi üçün dövlət tərəfindən qanunvericilik bazasının gücləndirilməsi və maliyyə dəstəyinin təmin edilməsi vacibdir. Geotermal resursların səmərəli istifadəsi müasir texnologiyaların tətbiqi və dəqiq qiymətləndirmə ilə mümkündür.

4. Beynəlxalq əməkdaşlıq, elmi-tədqiqatların dəstəklənməsi və bu sahədə təhsilin inkişafı Qarabağın geotermal enerji potensialını reallaşdırmaqda əsas rol oynayır. Bu proses həm regional, həm də milli və beynəlxalq səviyyədə böyük əhəmiyyətə malikdir.

Ədəbiyyat

1. Ahmedov, R. (2018). *Energy Potential of the Karabakh Economic Zone: Geothermal Energy Perspectives*. Bakı: Science and Education Publishing.
2. Aliyev, M., & Quliyev, E. (2022). *Perspectives on the Development of Geothermal Energy in Azerbaijan*. Bakı: Ecology and Energy Publishing.
3. Babayeva, S., & Mammadova, J. (2024). *Investigation of the efficiency of monovalent regime, land source collector-type infiltration pumps in the Karabakh economic zone. Przegląd Elektrotechniczny*, 2024(9), 178-180.
4. Babayeva, S., & Nasirov, Ş. (2024). Analysis of the efficiency of the bivalent parallel mode of operation of heat pumps in an individual residential building: A study of the operating modes of the heat supply system. *Przegląd Elektrotechniczny*, 2024(9), 235–238.
5. Brown, M., & Taylor, L. (2019). *Renewable Energy Sources and Environmental Impact*. Environmental Studies Press.
6. GeoT*SOL User Manual (2021). *Geothermal Energy Assessment and Resource Optimization*. GeoTSOL Ltd.*
7. Hu, A., Bai, Q., Chen, L., Meng, S., Li, Q., & Xu, Z. (2022). A review on empirical methods of pavement performance modeling. *Construction and Building Materials*, 342, p.127968.
8. Məmmədov, A., & Həsənov, B. (2020). *Geotermal Enerjinin Azərbaycan Enerji Sektorunda Tətbiqi*. Bakı: Enerji Nəşriyyatı.
9. Müller, P., & Richter, W. (2018). Geothermal Energy Utilization in Post-Conflict Areas. *Renewable Energy*, 123, 512-523.
10. Quliyev, R., & Əliyev, M. (2021). Qarabağda Geotermal Enerjinin Potensialı və İstifadə Sahələri. *Azərbaycan Elmi Jurnalı*, 35(2), 45-60.
11. Smith, J. (2020). Geothermal Energy: Opportunities and Challenges. *Energy Journal*, 45(2), 112-130.
12. United Nations Development Programme (UNDP). (2022). *Renewable Energy Solutions for Regional Development in Azerbaijan*. New York: UNDP Publications.
13. Valentin Software GmbH. (2024). *GeoTSOL 2024: Dynamic simulation program for heat pump system design*. Retrieved from Valentin Software.

Daxil oldu: 19.11.2024

Qəbul edildi: 28.02.2025