

<https://doi.org/10.36719/2663-4619/112/139-145>

Sevinc Babayeva

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

Fərid Əliyev

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
magistrant
<https://orcid.org/0009-0001-0326-4250>
ferid.38006@gmail.com

Laçın şəhərində “Ağıllı kənd” layihələrində günəş enerjisindən istifadənin tətbiqi

Xülasə

Bu məqalədə Laçın şəhərində həyata keçirilən ağıllı kənd layihələrində günəş enerjisindən istifadənin imkanları və səmərəliliyi tədqiq olunur. Ağıllı kənd konsepsiyası müasir texnologiyaların və bərpa olunan enerji mənbələrinin kənd təsərrüfatında və məişətdə tətbiqi ilə dayanıqlı inkişafı hədəfləyir. Laçın şəhərinin coğrafi və iqlim şəraiti günəş enerjisinin istifadəsi üçün əlverişli imkanlar yaradır ki, bu da alternativ enerji mənbələrinin inkişafını zəruri edir.

Tədqiqatın əsas məqsədi Laçında günəş enerjisinin tətbiq sahələrini, potensialını və səmərəliliyini araşdırmaqdır. Bunun üçün elmi mənbələrdən, hesabatlardan və layihə sənədlərindən istifadə olunmuş, həmçinin günəş enerjisi potensialı GeoTSol proqramı vasitəsilə qiymətləndirilmişdir. Bundan əlavə, Laçın şəhərinin enerji tələbatı, mövcud infrastruktur və alternativ enerji sistemlərinin tətbiq imkanları təhlil edilmişdir.

Məqalədə günəş kollektorları və istilik nasoslarının inteqrasiyası ilə enerji səmərəliliyinin artırılması yolları göstərilmişdir. Günəş enerjisinin yetərsiz olduğu hallarda digər alternativ enerji mənbələri ilə dəstək mexanizmləri təhlil edilmişdir. Həmçinin, məkan isitmə və isti su təchizatı üçün günəş enerjisindən istifadənin ekoloji və iqtisadi üstünlükləri vurğulanmışdır.

Açar sözlər: *Ağıllı kənd, günəş enerjisi, Laçın, bərpa olunan enerji, enerji səmərəliliyi, günəş kollektorları, istilik nasosu, alternativ enerji, ekoloji həllər, dayanıqlı inkişaf*

Sevinj Babayeva

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

Fərid Aliyev

Azerbaijan State Oil and Industry University
Master student
<https://orcid.org/0009-0001-0326-4250>
ferid.38006@gmail.com

Investigation of Solar Energy Utilization in "Smart Village" Projects in the City of Lachin

Abstract

This article examines the possibilities and efficiency of using solar energy in smart village projects implemented in the city of Lachin.

The smart village concept aims to ensure sustainable development by integrating modern technologies and renewable energy sources into agriculture and household applications. The geographical and climatic conditions of Lachin provide favorable opportunities for the use of solar energy, making the development of alternative energy sources essential.

The main objective of the research is to analyze the application areas, potential, and efficiency of solar energy in Lachin. To achieve this, data were collected from scientific sources, reports, and project documents, and the solar energy potential was assessed using the GeoTSol software. Additionally, the city's energy demand, existing infrastructure, and the feasibility of implementing alternative energy systems were evaluated.

The article explores methods for increasing energy efficiency through the integration of solar collectors and heat pumps. It also analyzes backup mechanisms involving alternative energy sources when solar energy is insufficient. Furthermore, the environmental and economic advantages of using solar energy for space heating and hot water supply are highlighted.

Keywords: Smart village, solar energy, Lachin, renewable energy, energy efficiency, solar collectors, heat pump, alternative energy, ecological solutions, sustainable development

Giriş

Qlobal miqyasda kənd icmalarının inkişafı üçün müasir bir yanaşma olan "ağıllı kəndlər" konsepsiyası, xüsusilə inkişaf etməkdə olan ölkələrdə kəndlərin elektrifikasişdırılması və bərpa olunan enerjiyə keçidi məsələlərinə diqqət yetirir. Şəbəkədən kənar sistemlər, müstəqil enerji təminatı imkanı ilə kəndlərin inkişafında mühüm rol oynayır. Kənd təsərrüfatının inkişafı üçün fasiləsiz və aşağı qiymətli elektrik enerjisinə çıxış vacibdir. Elektrik enerjisinə çıxışın olmaması kənd əhalisinin şəhərlərə miqrasiyasına səbəb olur. "Ağıllı kəndlər" layihəsi inkişaf etmiş və inkişaf etməkdə olan ölkələr arasında əməkdaşlığı təşviq edərək mədəni mübadiləni gücləndirir. Asiyanın müxtəlif ölkələrində ağıllı kəndlər və elektrifikasişdırma layihələri həyata keçirilir. Azərbaycanın işğaldan azad edilmiş ərazilərində "ağıllı kənd" layihəsinin həyata keçirilməsi və Dağlıq Qarabağ və ətraf bölgələrdə "yaşıl enerji" potensialının iqtisadi cəlbədiciliyi bu istiqamətdə atılan mühüm addımlardır.

Tədqiqat

Şərqi Asiyada: Yaponiya, Cənubi Koreya, Çin, Malayziya, İndoneziya, Qərbi Asiya və Orta Şərqdə: Türkiyə, İraq, Yəmən, Nigeriya, Avrasiyada: Rusiya, Cənubi Asiyada: Afqanıstan, Banqladeş, Hindistan, Maldivlər, Şri-Lanka, Pakistan kimi ölkələrdə ağıllı kənd layihələri inkişaf etməkdədir. Son dövrlərdə Qarabağda "Ağıllı şəhər" və "Ağıllı kənd" layihələri geniş müzakirə olunan mövzulardan birinə çevrilmişdir. Artıq bu, yalnız bir konsepsiya və ya gələcək üçün nəzərdə tutulmuş bir ideya deyil. Günümüzdə bir çox "ağıllı" şəhər layihələri fəaliyyətdədir və sürətlə inkişaf edərək genişlənməkdədir (Azernews).

Ağıllı kənd layihələrində infrastruktur, texniki, iqtisadi və sosial kimi problemlər yarana bilər. Bu problemləri aradan qaldırmaq üçün müxtəlif metodlar mövcuddur. Onlardan geniş yayılanı simulyasiya metodudur.

Məişət istilik nasos sistemlərində təchizat temperaturunun optimallaşdırılması ilə bağlı simulyasiya araşdırması aparılmışdır. Bu araşdırmada bir ailəlik evin qızdırılması məqsədilə hava-su tipli istilik nasos sistemi rəqəmsal olaraq təhlil edilmişdir (Babayeva, Mammadova, 2024)

İstixana kompleksinin geotermal istilik təchizatı sisteminin avtomatlaşdırılması üçün miqyas faktoru ilə istilik təchizatı sisteminin simulyasiyasında, istixana kompleksi üçün geotermal mənbədən istifadə edilən istilik təchizatı sisteminin avtomatik idarəetmə sisteminin simulyasiya nəticələri təqdim olunur. Simulyasiya, istilik təchizatı sisteminin miqyas faktoru nəzərə alınmaqla, avtomatlaşdırma imkanlarını araşdırmaq məqsədi daşıyır (Babayeva, Nasirov, 2024).

İstilik paylayıcı sistemlərin simulyasiya metodları ilə araşdırması şəhər aqlo-merasiyalarında istilik istehlakına dair məsələləri və istilik təchizatını təmin edən sistemlərin modelləşdirilməsi və simulyasiyası ilə əlaqəli problemləri nəzərdən keçirir (Babayeva, 2024).

Mövsümi istilik enerjisinin qorunması vasitəsilə mərkəzləşdirilmiş istilik sistemində saatlıq enerji axınının təhlili üçün simulyasiya metodu binalarda isti su və məkanın qızdırılması ümumi

enerji ehtiyacının əhəmiyyətli bir hissəsini təşkil edir. Bu ehtiyac adətən qalıq yanacaqlar hesabına ödənilir ki, bu da böyük həcmdə istixana qazlarının atmosfərə buraxılmasına gətirib çıxarır (Bozena, Kut, 2018).

Günəş enerjisi ilə integrasiya olunmuş hava mənbəli istilik nasoslarının dizaynı üçün isti su təchizatı sisteminin əməliyyat enerji xüsusiyyətlərinin TRNSYS simulyasiya analizində, günəş su isitmə sistemlərinin böyük sahə tələb etməsi, qeyri-sabit isti su təminatı, qış aylarında donmaya meyilli hava mənbəli istilik nasosları və aşağı enerji səmərəliliyi kimi problemlərin həllinə yönəlmək üçün TRNSYS proqramından istifadə olunmuşdur (Feng, Xu, Feng, Gao, 2024).

Orta və dərin yeraltı mənbəli istilik nasosları, qış mövsümündə digər istilik nasoslarına nisbətən istilik təminatında daha üstün olsa da, soyuq və quraq bölgələrdə bu sistemlərə dair araşdırmalar hələ də məhdud şəkildə aparılmışdır (Huchtemann, Müller, 2013).

Ultra aşağı temperaturda rayon istilik sistemində iki mərhələli gücləndirilmiş istilik nasosları ilə bağlı simulyasiya tədqiqatı aparılmışdır (Jiang, Ma, Gong, Wang, 2023). Bu tədqiqat işində ULTDH (ultra-aşağı temperaturda rayon istilik) sistemi, ənənəvi rayon istilik sistemlərində istilik şəbəkəsinin böyük itkilərini aradan qaldırmağa yönəlmiş bir həll təqdim edilmişdir.

İntegrasiya olunmuş istilik və elektrik sistemlərində deqradasiya xüsusiyyətləri nəzərə alınaraq, kaskad nasazlıqlarının simulyasiyası və analizi ilə son dövrlərdə kaskad nasazlıqları, çoxsaylı enerji kəsilmələrinin əsas amili kimi müəyyən edilmişdir (Wang, Zhou, Zhao, 2016).

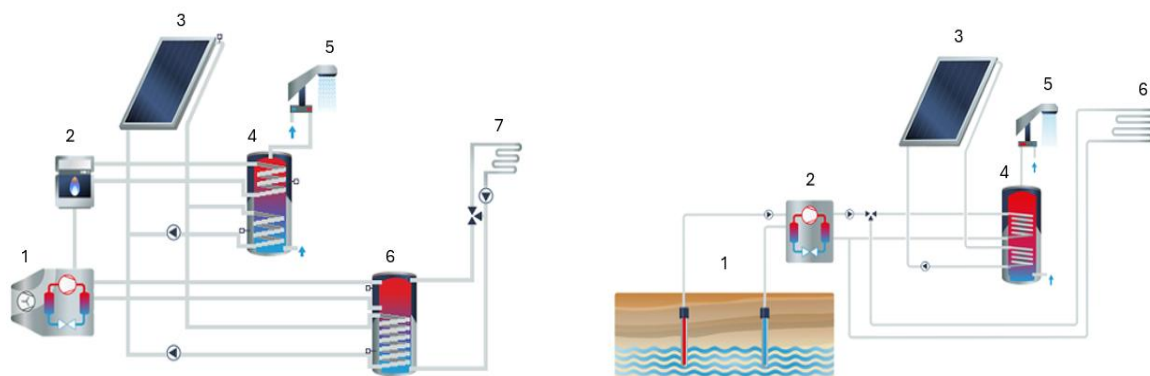
İstilik təchizatı sistemləri, dövlətin təhlükəsizlik baxımından strateji əhəmiyyətə malik obyektlər kimi, istifadəçilərinə istilik təminatının etibarlılığını və təhlükəsizliyini təmin etməlidir (Korzhakov, Oskin, Korzhakov, Korzhakova, 2021).

Şəhərlər və digər yaşayış ərazilərinin istilik təchizatı sistemlərində boru kəmərlərinin diametrlərinin böyüdülməsi ilə bağlı parametrlər üzrə rezervin inkişafı prosesi araşdırılmışdır (Li, Lu, Qiao, Wang, 2018).

Rayon istilik sistemlərinin sabit vəziyyətində istilik simulyasiyası və model parametrlərinin kalibrənməsi metodu istilik təchizatı sistemlərində sabit temperatur şəraiti, istehsal müəssisələrindən istehlakçılara qədər olan temperatur bölgüsünü ifadə edir (Ma, Xi, Cai, Gu, 2023).

Mövsümi istilik təchizatı məhdudiyyətləri nəzərə alınaraq, külək enerjisinin qeyri-ardıcıl ehtimalı istehsal simulyasiyası metodunun qiymətləndirilməsi (Narula, K., de Oliveira Filho, Villasmil, Patel, 2019)-də tədqiq olunmuşdur. Bu tədqiqatda, istilik təchizatı dövründə külək enerjisinin kəsilməsini qiymətləndirmək məqsədilə ardıcıl olmayan istehsal simulyasiya modeli təklif edilmişdir. Bu model, yalnız istilik tələbi, elektrik tələbi və külək enerjisi üçün kümülativ ehtimal funksiyası və ya ehtimal sıxlığı funksiyası kimi girişi tələb edir.

“Ağıllı kənd” layihələrində fərdi yaşayış evlərinin istilik təchizatını təmin edəcək bir çox simulyasiya proqramları mövcuddur. Onlardan biri də GeoTSol proqramıdır. Bu proqramdan Qarabağ iqtisadi zonasında tətbiq edilə biləcək bir çox layihələrdə istifadə oluna bilər (Sazonova, Nikolenko, Osipov, 2020; Vasek, & Dolinay, 2012; Cui, Ren, Wu, Lv, Li, Zhou, 2024). Proqram vasitəsilə iki müxtəlif mənbəli sxem seçilmişdir (Şək. 1 - hava mənbəli, Şək.2 - geotermal mənbəli)



a) Şəkil 1. H

b) Şəkil 2 GS

Şəkil 1 Günəş dövrəli və fərqli ehtiyat çənləri ilə isti su təminatı və məkanın (evin) isidilməsi üçün istifadə edilən bivalent istilik nasosu sistemidir. Bu sistemdə əsas istilik enerji mənbəyi istilik nasosudur. (1). Burada qaz yanacağı ilə işləyən boyler (2) ehtiyat istilik mənbəyi kimi işləyir. Boyler, xüsusilə, sistemdə günəş kollektorundan (3) kifayət qədər istilik alınmadığı hallarda isti su təminatına dəstək olur. Günəş kollektoru (3) günəş enerjisini qəbul edib suyu qızdırır. Əsas su çəni (4), həm günəş kollektorlarından, həm də qazandan gələn suyu saxlayır və istifadə üçün hazır vəziyyətə gətirir. İsti su, borular vasitəsilə isti su təchizatına və digər məişət istifadəsi nöqtələrinə (5) yönəldilir. Əlavə su çəni (6) istilik sisteminin stabil işini təmin etmək məqsədilə ehtiyat çən kimi istifadə olunur. Burada istilik mənbələrindən gələn su toplanır və lazımi hallarda dövrriyyəyə buraxılır. İstilik dövrriyyəsi (7) vasitəsilə su, radiatorlar və ya döşəmə istilik sistemlərinə paylanır və beləliklə, bina daxilində istilik təmin edilir.

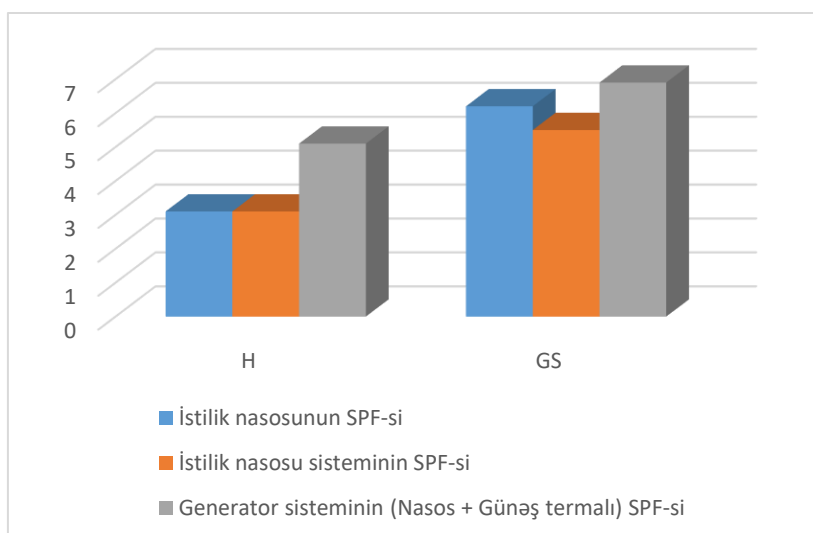
Şəkil 2 İstilik nasosu sistemi: Məkanın isidilməsi və isti su təminatı üçün günəş istilik dəstəyi ilə işləyən sistemdir. Bu sistemdə yeraltı su mənbəyindən (1) su alınır və bu suyun təbii istiliyindən istifadə edilərək istilik təmin edilir. Geotermal istilik nasosu (2) bu suyun temperaturunu artıraraq həm istilik, həm də isti su tələblərinə uyğun hala gətirir. Günəş kollektorları (3) isə əlavə olaraq günəş enerjisini toplayaraq suyun daha da qızdırılmasına kömək edir. İsti su çəni (4) bu mənbələrdən gələn suyu toplayır və isti su ehtiyaclarını təmin edir. İsti su, borular vasitəsilə məişət istifadəsi nöqtələrinə (5), yönəldilir. Həmçinin, istilik sistemi (6) vasitəsilə su radiatorlar və ya döşəmə istilik sistemlərinə paylanır, nəticədə bina daxilində istilik təmin olunur.

Simulyasiya nəticəsində hər bir sistem üçün məkan istiliyi və isti su təchizatı üçün tələb olunan illik enerji hesablanmışdır (Cədvəl 1).

Cədvəl 1 - İstifadə olunan enerji / İl

Göstəricilər/Tip	H	GS
Məkan istiliyi (kVt)	5869	5858
Isti su təchizatı (kVt)	2570	2570

Cədvəl 1-də müxtəlif illər üzrə istifadə olunan enerjinin paylanmasını göstərir. Burada məkan istiliyi və isti su təchizatı üçün sərf olunan enerji dəyərləri H və GS göstəriciləri üzrə müqayisə edilir. Nəticələrə əsasən, məkan istiliyi üçün enerji istehlakında cüzi dəyişikliklərin, isti su təchizatında isə qiymətlərin sabit olduğu görünür.



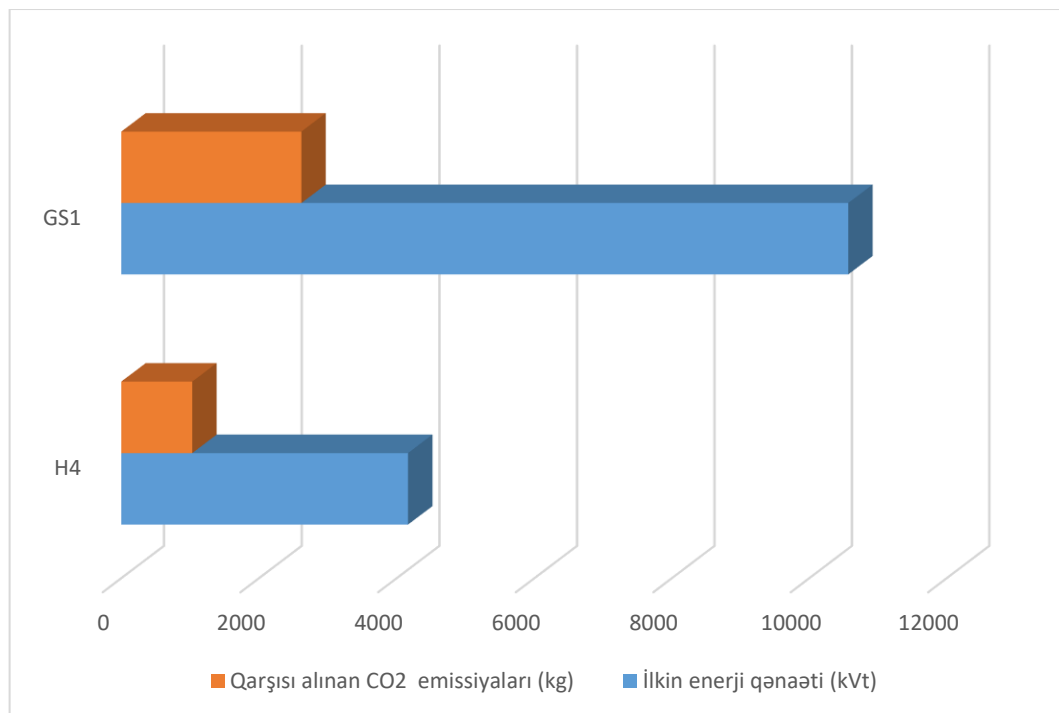
Şəkil 3. Mövsümi istilik məhsuldarlıq əmsalı

Şəkil. 3-də mövsümi istilik məhsuldarlıq əmsalının (SPF) müxtəlif sistemlər üçün müqayisəsini təqdim edir. İstilik nasosunun SPF-si, istilik nasosu sisteminin SPF-si və generator sisteminin (nasos + günəş termal) SPF-si H və GS göstəriciləri üzrə təsvir edilmişdir. Nəticələr göstərir ki, ən yüksək məhsuldarlıq əmsalı geotermal su mənbəli istilik nasosu sistemində müşahidə olunur, GS göstəricisi üçün bu dəyər maksimum həddə çatır.

Cədvəl 2- İllik itkilər

Göstəricilər/Tip	H	GS
Çən itkiləri (kVt)	692	396
Günəş çəninin itkilər payı (kVt)	180	170
Daxili günəş boru kəmərləri (kVt)	371	441
Xarici günəş boru kəmərləri (kVt)	72	73

Cədvəl 2-də müxtəlif sistemlər üzrə illik enerji itkilərini əks etdirir. Burada H və GS göstəriciləri üçün çən itkiləri, günəş çəninin itkilər payı, eləcə də daxili və xarici günəş boru kəmərlərində baş verən enerji itkiləri müqayisə edilir. Məlumatlar göstərir ki, H sistemində çən itkiləri daha yüksək olsa da, daxili günəş boru kəmərlərində GS göstəricisinin enerji itkisi daha çoxdur.



Şəkil 4. İlkin enerjiyə qənaət və qarşısı alınan CO₂-nin miqdarı

Şək. 4-də ilkin enerji qənaəti (kVt) və qarşısı alınan CO₂ emissiyaları (kg) arasındakı əlaqəni iki fərqli sistem (GS və H) üçün müqayisə edilmişdir. Məlumatlar göstərir ki, GS sistemi həm enerji qənaətində, həm də CO₂ emissiyalarının azalmasında H sistemindən əhəmiyyətli dərəcədə üstün

nəticələr göstərmişdir. Bu, GS-in daha səmərəli enerji istifadəsinə və ekoloji cəhətdən daha əlverişli olmasına işarə edir.

Nəticə

✓ Aparılan tədqiqatlar göstərir ki, Laçın şəhərində həyata keçirilən "ağıllı kənd" layihələrində günəş enerjisindən istifadə həm ekoloji, həm də iqtisadi baxımdan səmərəli bir həll yoludur. Günəş enerjisinin tətbiqi nəticəsində enerji istehlakının azaldılması, karbon emissiyalarının minimuma endirilməsi və dayanıqlı enerji mənbələrinin təşviq edilməsi mümkündür.

✓ Tədqiqat nəticələrinə əsasən, günəş enerjisi ilə işləyən istilik nasos sistemlərinin enerji effektivliyi daha yüksək olmuş və ekoloji təsirləri daha az müşahidə edilmişdir. Xüsusilə GS sistemi, H sisteminə nisbətən daha az enerji itkisi ilə daha yüksək məhsuldarlıq nümayiş etdirmişdir. Bu da onu göstərir ki, günəş enerjisi ilə integrasiya olunmuş istilik sistemləri daha üstün nəticələr əldə etməyə imkan yaradır.

✓ Eyni zamanda, mövcud infrastrukturun təkmilləşdirilməsi və ağıllı enerji idarəetmə sistemlərinin tətbiqi ilə günəş enerjisindən istifadənin səmərəliliyini daha da artırmaq mümkündür. Laçın şəhərində günəş enerjisindən istifadənin genişləndirilməsi üçün texnoloji innovasiyalar və dövlət dəstəyi vacib rol oynayır.

✓ Gələcək araşdırmalar bu sistemlərin daha geniş miqyasda tətbiqini, onların iqtisadi və texniki optimallaşdırılmasını hədəfləyə bilər. Bununla yanaşı, digər bərpa olunan enerji mənbələrinin, xüsusilə külək və hidroenerjinin günəş enerjisi ilə birləşdirilməsi də ətraflı tədqiq edilməlidir.

Ədəbiyyat

1. Azernews. (n.d.). Karabakh's grand renaissance: Smart village project nearing completion.
2. 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.
3. 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.
4. Babayeva, S. E. (2024, December). *The investigation of the efficient operating modes of various source heat pumps in the heating systems of individual residential houses in Khankendi*. Reliability: Theory and Applications, Special Issue № 6 (80), Part-2, Volume 19. <https://gnedenko.net/Journal/>
5. Bozena, B., Kut, P. (2018, July 30). "District heating simulation in the aspect of heat supply safety". Volume 45, Article Number 00005. Number of page(s) 8. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184500005>
6. Feng, H., Xu, H., Feng, H., Gao, Y. (2024, December). "Numerical simulation and experimental study of medium and deep ground source heat pump system in a cold and arid region". Volume 64, <https://doi.org/10.1016/j.csite.2024.105473>
7. Huchtemann, K., Müller, D. (2013, January). *Simulation study on supply temperature optimization in domestic heat pump systems*. Building and Environment. Volume 59, 327-335 <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.08.030>
8. Jiang, Y., Ma, G., Gong, Y., Wang, L. (2023, June 25). *Simulation research of a dual-loop booster heat pump system on district heating under ultra-low temperature*. Volume 228, 120475, <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2023.120475>
9. Wang, J., Zhou, Z., Zhao, J. (2016, July 15). *A method for the steady-state thermal simulation of district heating systems and model parameters calibration*. Volume 120, 294-305. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.04.074>
10. Korzhakov, A., Oskin, S., Korzhakov, V., Korzhakova, S. (2021). *The Simulation of Heat Supply System with a Scale Formation Factor to Enable Automation of Greenhouse Geothermal Heat Supply System*. Machines, Volume 9, article number 64. <https://doi.org/10.3390/machines9030064>

11. Li, H., Lu, Z., Qiao, Y., Wang, N. (2018, January). *A Non-Sequential Probabilistic Production Simulation Method for Wind Energy Curtailment Evaluation Considering the Seasonal Heat Supply Constraints*. Volume: 9, Issue: 1. 462-473 <https://doi.org/10.1109/TSTE.2017.2740322>.
12. Ma, Y., Xi, J., Cai, J., Gu, Z. (2023, October). *TRNSYS simulation study of the operational energy characteristics of a hot water supply system for the integrated design of solar coupled air source heat pumps*. Volume 338. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.139453>
13. Narula, K., de Oliveira Filho, F., Villasmil, W., Patel, M. (2019). *Simulation method for assessing hourly energy flows in district heating system with seasonal thermal energy storage*. In: Renewable Energy, 1-19. doi 10.1016/j.renene.2019.11.121
14. Sazonova, S. A., Nikolenko, S. D., Osipov, A. A. (2020). *Simulation of a Transport Standby for Ensuring Safe Heat Supply Systems Operation*. International science and technology conference "FarEastCon-2019" IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 753, 052004 IOP Publishing <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/753/5/052004/meta>
15. Vasek, L. & Dolinay, V. (2012). *Simulation methods for the heat distribution systems*. Volume 6, 439-446. https://www.researchgate.net/publication/290274765_Simulation_methods_for_the_heat_distribution_systems
16. Cui, H., Ren, H., Wu, Q., Lv, H., Li, Q., Zhou, W. (2024, February). *Simulation and Analysis of Cascading Faults in Integrated Heat and Electricity Systems Considering Degradation Characteristics*. Volume 121, Issue 3, 27, 581-601. <https://doi.org/10.32604/ee.2023.047470>

Daxil oldu: 01.12.2024

Qəbul edildi: 09.02.2025