

SAULĖS ELEKTRINIŲ PARKO IR MAŽOSIOS HIDROELEKTRINĖS ELEKTROS ENERGIJOS GAMYBOS DERINIMO ANALIZĖ

Valdas KAZLAUSKIS, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas, el. paštas: valdas.kazlauskis@vdu.lt

Santrauka

Šioje publikacijoje analizuojamas saulės elektrinių parko ir mažosios hidroelektrinės elektros energijos gamybos derinimas, siekiant įvertinti jų tarpusavio papildomumą ir galimybes mažinti gamybos sezoniskumo poveikį. Tyrimas atliktas remiantis Dvariukų mažosios hidroelektrinės ir Vilniuje, Lentvario g. 33, esančio saulės elektrinių parko 2024–2025 m. mėnesiniais elektros energijos gamybos duomenimis. Hidroelektrinės veikla vertinta atsižvelgiant į Mūšos upės vandens debito svyravimus, o saulės elektrinių parko gamyba nagrinėta kartu su meteorologiniais rodikliais – debesuotumu ir krituliais. Siekiant įvertinti saulės elektrinių indėlį, buvo apskaičiuota saulės elektrinių pagamintos elektros energijos dalis bendroje mėnesinėje elektros energijos gamyboje. Atliktas tyrimas parodė, kad abu energijos šaltiniai itin pasižymi sezoniskumu ir papildo vienas kitą: vasaros metu, kai sumažėja vandens debitas ir hidroelektrinės gamyba, didžiąją elektros energijos dalį pagamina saulės elektrinių parkas, o žiemos metu, kai saulės spinduliuotė yra silpnesnė, pagrindinė elektros gamyba atlieka hidroelektrinė. Tai rodo, kad derinant saulės ir hidroenergią galima pasiekti stabilesnę elektros energijos gamybą.

Reikšminiai žodžiai: atsinaujinantys energijos šaltiniai, saulės elektrinės, mažoji hidroelektrinė, sezoniskumas, elektros energijos gamyba, tarpusavio papildomumas.

Išvadas

Atsinaujinančių energijos išteklių integravimas į energetikos sistemas tampa vis svarbesnis, siekiant mažinti elektros energijos gamybos nepastovumą ir efektyviau panaudoti vietinius energijos išteklius. Literatūroje pabrėžiama, kad hidroenergetika išlieka vienu svarbiausių atsinaujinančios energijos šaltinių ir gali prisidėti prie stabilesnio elektros energijos tiekimo užtikrinimo (Čerpinska et al., 2025). Tuo pačiu metu vis daugiau dėmesio skiriama skirtingų atsinaujinančių energijos šaltinių derinimui, nes tai leidžia sumažinti elektros energijos gamybos svyravimus ir padidinti bendrą sistemos efektyvumą (Peters et al., 2024). Atsinaujinančių energijos išteklių tarpusavio papildomumas yra svarbu, kai siekiama mažinti energijos gamybos svyravimus ir didinti visos energetinės sistemos efektyvumą bei patikimumą (Jurasz et al., 2020). Be to, tyrimai rodo, kad saulės energijos integravimas į hidroenergetikos sistemas gali lemti tolygesnę elektros energijos gamybą bei efektyvesnį vandens ir energijos išteklių valdymą (Caldeira et al., 2023). Moksliniuose tyrimuose pažymima, kad hidroenergetikos ir saulės energijos derinimas yra perspektyvus dėl skirtingo šių energijos šaltinių sezoniskumo: hidroelektrinių gamyba dažniausiai didesnė žiemos ir pavasario laikotarpiu, kai vandens debitas upėse yra didesnis, o saulės elektrinių – pavasario pabaigoje ir vasarą, kai didžiausia saulės spinduliuotė (Trapani & Santafé, 2015). Atsižvelgiant į tai, šiame tyrime analizuojami Dvariukų mažosios hidroelektrinės ir Vilniuje, Lentvario g. 33, esančio saulės elektrinių parko elektros energijos gamybos duomenys, siekiant įvertinti jų tarpusavio papildomumą ir galimą naudą bendram elektros energijos gamybos balansui.

Tyrimo tikslas – išanalizuoti Dvariukų mažosios hidroelektrinės ir Lentvario g. 33 esančio saulės elektrinių parko elektros energijos gamybos rezultatus ir įvertinti jų derinimo poveikį elektros energijos gamybos balansui.

Iškeltam tikslui pasiekti sprendžiami šie **uždaviniai**:

1. Įvertinti, kaip Dvariukų mažoji hidroelektrinė ir Lentvario g. 33 esantis saulės elektrinių parkas vienas kitą papildo metų eigoje ir kokią naudą toks derinimas gali turėti elektros energijos gamybos efektyvumui.
2. Išanalizuoti, kaip sezoniskumas veikia hidroelektrinių ir saulės elektrinių gamybos apimtis.

Tyrimų objektas ir metodai

Atlikant tyrimą pasirinkti du atsinaujinančios energijos gamybos įrenginiai – Dvariukų mažoji hidroelektrinė ir saulės elektrinių parkas, įsikūręs Lentvario g. 33, Vilniuje. Šie objektai pasirinkti todėl, nes naudoja skirtingus energijos šaltinius – vandens srautą ir saulės spinduliuotę, o jų elektros energijos gamyba kinta, priklausomai nuo metų laiko. Tai leidžia įvertinti, kaip šie energijos šaltiniai papildo vienas kitą skirtingais metų laikotarpiais. Tyrimo analizuojami 2024 ir 2025 m. mėnesių elektros energijos gamybos duomenys, siekiant nustatyti abiejų šaltinių gamybos kaitą ir jų tarpusavio papildomumą. Hidroelektrinės veiklai įvertinti naudoti 2024 m. Mūšos upės vidutiniai mėnesiniai vandens debito duomenys iš Ustukių VMS stoties, o saulės elektrinių parko gamyba vertinta atsižvelgiant į Vilniaus AMS pateiktus meteorologinius rodiklius – debesuotumą ir kritulių kiekį. Duomenų analizė atlikta taikant aprašomosios statistikos metodus, apskaičiuojant saulės elektrinių pagamintos elektros energijos dalį bendroje mėnesinėje elektros energijos

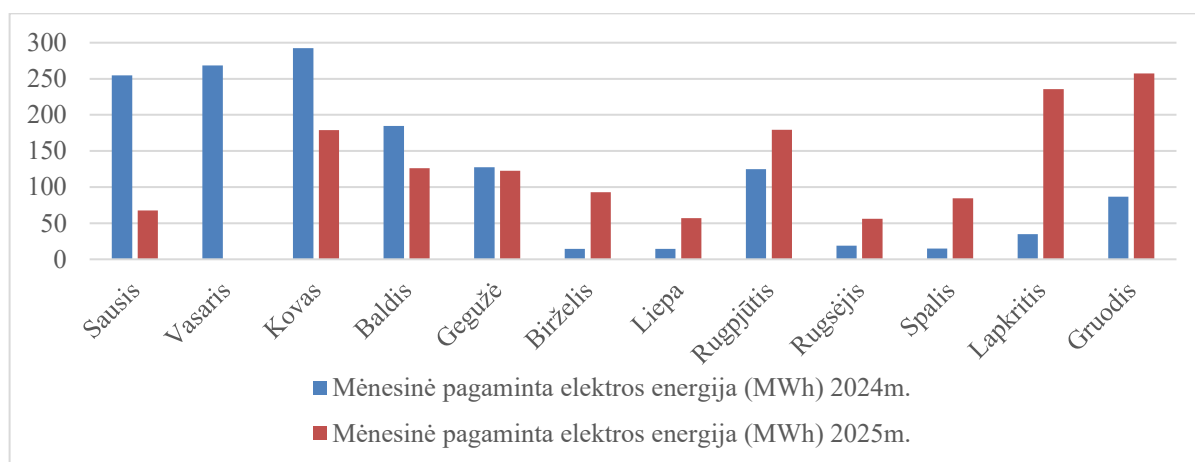
gamyboje. Saulės elektrinių dalis bendroje mėnesinėje elektros energijos gamyboje apskaičiuota kaip saulės elektrinių pagamintos elektros energijos santykis su bendra hidroelektrinės ir saulės elektrinių pagamintos elektros energijos suma.:

$$\frac{\text{Saulės elektrinių gamybos mėnesinis metų vidurkis}}{(\text{Hidroelektrinės gamyba pasirinktu mėnesiu} + \text{Saulės elektrinių gamyba Pasirinktu mėnesiu})} * 100\%$$

Remiantis pateikta formule, kiekvienam analizuojamam mėnesiui buvo apskaičiuota saulės elektrinių pagamintos elektros energijos dalis bendroje mėnesinėje gamyboje. Skaičiavimų rezultatai apibendrinti ir pateikiami 1 ir 2 lentelėje.

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

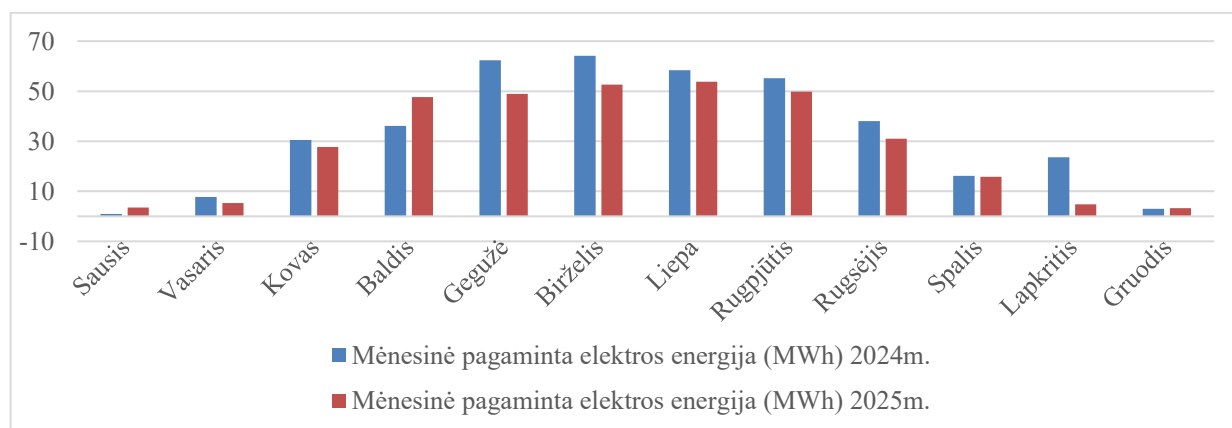
Atlikus Dvariukų mažosios hidroelektrinės ir Lentvario g. 33 esančio saulės elektrinių parko elektros energijos gamybos analizę 2024 ir 2025 m., nustatyta, kad abu atsinaujinančios energijos šaltiniai pasižymi ryškiu sezoniskumu, tačiau didžiausios jų gamybos apimtys pasireiškia skirtingais metų laikotarpiais. Hidroelektrinės elektros energijos gamyba didžiausia žiemos ir pavasario mėnesiais, kai vandens debitas upėje yra didesnis, o vasaros laikotarpiu reikšmingai sumažėja. Priešinga tendencija būdinga saulės elektrinių parkui, kurio gamyba mažiausia žiemą ir didžiausia pavasario pabaigoje bei vasarą (žr. 1 pav.).



1 pav. Dvariukų hidroelektrinės mėnesinė elektros energijos gamyba 2024–2025 metų laikotarpiais.

Fig. 1. Monthly electricity generation of the Dvariukai hydropower plant in 2024–2025.

Analizuojant hidroelektrinės duomenis galima matyti, kad 2024 m. gamybos svyravimai buvo ryškesni – vasaros mėnesiais fiksuotos itin mažos gamybos reikšmės, o metų pradžioje – didžiausi elektros energijos kiekiai. 2025 m. gamybos pasiskirstymas per metus buvo tolygesnis, nors bendras sezoniskumo pobūdis išliko panašus. Tai rodo, kad hidroelektrinės veiklos rezultatus lemia ne tik sezoniskumas, bet ir konkrečių metų hidrologinės sąlygos (žr. 1 pav.).



2 pav. Vilniaus Lentvario g. 33 saulės elektrinių parko mėnesinė elektros energijos gamyba 2024–2025 metų laikotarpiais.

Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal analizuotus duomenis

Fig. 2. Monthly electricity generation of the solar power plant park located at Lentvario St. 33, Vilnius, in 2024–2025.

Source: prepared by the author based on analyzed data

Atlikta saulės elektrinių parko gamybos analizė parodė, kad 2024 m. didžiausi elektros energijos kiekiai pagaminti birželio ir liepos mėn., o žiemos metu gamyba buvo ženkliai mažesnė. 2025 m. saulės elektrinių parko gamyba kito, tačiau pavasario ir vasaros mėnesiais buvo stabilesnė, lyginant su 2024 m. Tai rodo, kad saulės elektrinių gamyba priklauso nuo meteorologinių sąlygų.

Siekiant kiekybiškai įvertinti saulės elektrinių parko ir hidroelektrinės tarpusavio papildomumą, buvo taikytas santykinio skaičiavimo metodas, leidžiantis nustatyti saulės elektrinių indėlį bendroje mėnesinėje elektros energijos gamyboje. Žemiau pateiktose lentelėse parodyta saulės elektrinių dalis, apskaičiuota kaip saulės elektrinių pagamintos energijos santykis su bendra mėnesine gamyba.

1 lentelė. Hidroelektrinės ir saulės elektrinių mėnesinės elektros energijos gamybos ir saulės dalies skaičiavimo rezultatai 2024 m.

Table 1. Monthly electricity generation of hydropower and solar power plants and calculated solar share in 2024

Mėnuo	Hidroelektrinė (MWh)	Saulės elektrinės (MWh)	Bendra gamyba (MWh)	Saulės dalis (proc.)
Sausis	254,58	0,92	255,50	0,4
Vasaris	268,65	7,76	276,41	2,8
Kovas	292,65	30,55	323,20	9,5
Balandis	184,59	36,16	220,75	16,4
Gegužė	127,70	62,42	190,12	32,8
Birželis	14,51	64,15	78,66	81,5
Liepa	14,26	58,44	72,70	80,4
Rugpjūtis	124,91	55,18	180,09	30,6
Rugsėjis	18,92	38,03	56,95	66,8
Spalis	15,04	16,13	31,18	51,7
Lapkritis	34,95	23,57	58,52	40,3
Gruodis	86,90	2,96	89,86	3,3
Iš viso	1437,66	396,27	1833,94	-

Analogiškas santykinio skaičiavimo metodas taikytas ir 2025 m. duomenims, siekiant įvertinti saulės elektrinių parko ir hidroelektrinės tarpusavio papildomumą kitu analizuojamu laikotarpiu. Rezultatus galima matyti žemiau esančioje 2 lentelėje.

2 lentelė. Hidroelektrinės ir saulės elektrinių mėnesinės elektros energijos gamybos ir saulės dalies skaičiavimo rezultatai 2025 m.

Table 2. Monthly electricity generation of hydropower and solar power plants and calculated solar share in 2025

Mėnuo	Hidroelektrinė (MWh)	Saulės elektrinės (MWh)	Bendra gamyba (MWh)	Saulės dalis (proc.)
Sausis	67,83	3,49	71,32	4,9
Vasaris	0,43	5,28	5,71	92,5
Kovas	179,12	27,70	206,82	13,4
Balandis	126,02	47,64	173,66	27,4
Gegužė	122,52	48,89	171,41	28,5
Birželis	93,02	52,64	145,66	36,2
Liepa	57,18	53,81	110,99	48,5
Rugpjūtis	179,16	49,87	229,03	21,8
Rugsėjis	56,27	31,02	87,29	35,5
Spalis	84,31	15,79	100,10	15,8
Lapkritis	235,81	4,85	240,66	2,0
Gruodis	257,27	3,32	260,61	1,3
Iš viso	1458,94	343,30	1803,26	-

Skaičiavimų rezultatai parodė, kad 2024 m. vasaros mėnesiais, kai hidroelektrinės gamyba dėl sumažėjusio vandens debito buvo minimali, saulės elektrinių parkas tapo pagrindiniu elektros energijos šaltiniu. Birželio mėnesį saulės elektrinių dalis bendroje elektros energijos gamyboje sudarė 81,5 proc., o liepos mėnesį – 80,4 proc. Rugsėjo mėnesį ši dalis siekė 66,8 proc. bendros mėnesinės elektros energijos gamybos. Tai rodo, kad šiuo laikotarpiu saulės elektrinių parkas efektyviai kompensavo sumažėjusią hidroelektrinės gamybą. 2025 m. rezultatai parodė, kad elektrinių papildomumas išliko, tačiau saulės elektrinių gamyba buvo tolygesnė ir rečiau viršijo pusę visos mėnesinės gamybos. Didžiausia saulės elektrinių dalis 2025 m. buvo liepos mėnesį (48,5 proc.), o birželio mėnesį ji sudarė 36,2 proc. bendros mėnesinės gamybos. Galima daryti išvadą, kad 2025 m. hidroelektrinės gamyba buvo stabilesnė, o bendri elektros energijos gamybos svyravimai buvo mažesni.

Remiantis analizuotais duomenimis, galima matyti, kad saulės elektrinių parkas ir mažoji hidroelektrinė gali būti derinami ir papildyti vienas kitą. Laikotarpiais, kai vieno energijos šaltinio gamyba sumažėja, kitas šaltinis perima didesnę bendros gamybos dalį. Tai ypač matyti nuo birželio iki rugsėjo mėnesių, kai sumažėjus hidroelektrinės gamybai didesnę elektros energijos dalį pagamina saulės elektrinės. Atlikti skaičiavimai patvirtina, kad toks atsinaujinančių energijos šaltinių derinimas leidžia sumažinti bendros elektros energijos gamybos sezoniskumo svyravimus ir prisideda prie stabilesnės vietinės elektros energijos gamybos struktūros.

Išvados

1. Įvertinus Dvariukų mažosios hidroelektrinės ir Lentvario g. 33 esančio saulės elektrinių parko elektros energijos gamybos duomenis, nustatyta, kad šie energijos šaltiniai vienas kitą papildė skirtingais metų laikotarpiais. Hidroelektrinė daugiau elektros energijos pagamina žiemos ir pavasario mėnesiais, o saulės elektrinių parkas didžiausią indėlį turi pavasario pabaigoje ir vasarą. Skaičiavimai parodė, kad vasaros mėnesiais saulės elektrinės sudaro didžiąją dalį bendros

elektros energijos gamybos, todėl toks derinimas padeda sumažinti bendrus gamybos svyravimus ir pagerina elektros energijos gamybos efektyvumą.

2. Nustatyta, kad hidroelektrinių ir saulės elektrinių gamybos apimtys kinta priešingomis kryptimis. Dėl sumažėjusio vandens kiekio upėje hidroelektrinės gamyba mažėja vasaros metu, o tuo tarpu saulės elektrinių gamyba auga. Todėl galima teigti, kad šių energijos šaltinių derinimas yra naudingas, nes leidžia tolygiau paskirstyti elektros energijos gamybą ištisus metus.

Literatūra

1. Caldeira, M. J. V., Ferraz, G. M. F., Santos, I. F. S., Filho, G. L. T., & Barros, R. M. (2023). Using solar energy for complementary energy generation and water level recovery in Brazilian hybrid hydroelectricity: An energy and economic study. *Renewable Energy*, 218, Article 119287. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.119287>
2. Čerpinska, M., Nurković, R., & Doujak, E. (2025). The role of hydropower on energy market: A comparative study in four EU countries. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1442(1), Article 012001. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1442/1/012001>
3. Jurasz, J., Canales, F. A., Kies, A., Guezgouz, M., & Beluco, A. (2020). A review on the complementarity of renewable energy sources: Concept, metrics, application and future research directions. *Solar Energy*, 195, 703–724. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.11.087>
4. Peters, R., Berlekamp, J., Tockner, K., & Zarfl, C. (2024). Electricity mix from renewable energies can avoid further fragmentation of African rivers. *Sustainable Energy Research*, 11(1), Article 10. <https://doi.org/10.1186/s40807-024-00110-6>
5. Trapani, K., & Redón Santafé, M. (2015). A review of floating photovoltaic installations: 2007–2013. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 23(4), 524–532. <https://doi.org/10.1002/ppp.2466>

ANALYSIS OF THE COMPLEMENTARITY BETWEEN SOLAR PV INSTALLATIONS AND SMALL HYDROPOWER PLANT FOR ELECTRICITY GENERATION

Abstract

This study analyses the combination of electricity generation from a solar power plant and a small hydropower plant in order to evaluate their mutual complementarity and the potential to reduce the impact of seasonal variability in electricity production. The research is based on monthly electricity generation data for 2024–2025 from the Dvariukai Small Hydropower Plant and a solar power plant located at Lentvario St. 33 in Vilnius. The operation of the hydropower plant was assessed considering fluctuations in the discharge of the Mūša River, while the performance of the solar power plant was analysed together with meteorological indicators such as cloud cover and precipitation. To evaluate the contribution of solar energy, the share of electricity generated by the solar power plant in total monthly electricity production was calculated. The results revealed that both energy sources exhibit clear seasonal variability and demonstrate mutual complementarity: during the summer months, when river discharge and hydropower generation decrease, the majority of electricity is produced by the solar power plant, whereas during the winter period, when solar irradiation is limited, hydropower becomes the main source of electricity generation. These findings indicate that combining solar and hydropower can contribute to a more stable electricity generation structure.

Keywords: renewable energy sources; solar power plant; small hydropower plant; seasonality; electricity generation; complementarity.