



Kauno technologijos universitetas

Elektros ir elektronikos fakultetas

Gaminančio vartotojo verslo modelių tyrimas

Baigiamasis magistro projektas

Monika Giniotytė

Projekto autorė

Doc. Inga Konstantinavičiūtė

Vadovė

Kaunas, 2022



Kauno technologijos universitetas

Elektros ir elektronikos fakultetas

Gaminančio vartotojo verslo modelių tyrimas

Baigiamasis magistro projektas

Energijos technologijos ir ekonomika (6211EX073)

Monika Giniotytė

Projekto autorė

Doc. Inga Konstantinavičiūtė

Vadovė

Lekt. Aistija Vaišnorienė

Recenzentė

Kaunas, 2022



Kauno technologijos universitetas

Elektros ir elektronikos fakultetas

Monika Giniotyė

Gaminančio vartotojo verslo modelių tyrimas

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad:

1. baigiamąjį projektą parengiau savarankiškai ir sąžiningai, nepažeisdama(s) kitų asmenų autoriaus ar kitų teisių, laikydamasi(s) Lietuvos Respublikos autorių teisių ir gretutinių teisių įstatymo nuostatų, Kauno technologijos universiteto (toliau – Universitetas) intelektinės nuosavybės valdymo ir perdavimo nuostatų bei Universiteto akademinės etikos kodekse nustatytų etikos reikalavimų;
2. baigiamajame projekte visi pateikti duomenys ir tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti teisėtai, nei viena šio projekto dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar elektroninių šaltinių, visos baigiamojo projekto tekste pateiktos citatos ir nuorodos yra nurodytos literatūros sąrašė;
3. įstatymų nenumatytų piniginių sumų už baigiamąjį projektą ar jo dalis niekam nesu mokėjęs (-usi);
4. suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo ar kitų asmenų teisių pažeidimo faktui, man bus taikomos akademinės nuobaudos pagal Universitete galiojančią tvarką ir būsiu pašalinta(s) iš Universiteto, o baigiamasis projektas gali būti pateiktas Akademinės etikos ir procedūrų kontrolieriaus tarnybai nagrinėjant galimą akademinės etikos pažeidimą.

Monika Giniotyė

Patvirtinta elektroniniu būdu

Giniotytė Monika. Gaminančio vartotojo verslo modelių tyrimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovė doc. dr. Inga Konstantinavičiūtė; Kauno technologijos universitetas, Elektros ir elektronikos fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): studijų kryptis – energijos inžinerija, krypčių grupė – inžinerijos mokslai.

Reikšminiai žodžiai: atsinaujinanti energija, saulės elektrinės, gaminantis vartotojas, ekonominė analizė.

Kaunas, 2022. 86 p.

Santrauka

Baigiamojo magistro darbo tikslas – išanalizuoti gaminančių vartotojų (GV) verslo modelius ir atlikti palyginamąją ekonominę bei jautrumo analizę. Lietuvoje buvo numatyta, kad GV skaičius iki 2020 m. bus 2 proc. palyginus su visų elektros energijos vartotojų skaičiumi. Šio tikslo įgyvendinti nepavyko. Viena iš priežasčių, kuri galėjo įtakoti neįgyvendintą tikslą yra GV integravimas į skirstomąjį tinklą (ST). Dalis gyvenamųjų namų neturi galimybės prijungti saulės elektrinės prie elektros tinklo be tinklo modernizacijos. Tokiu atveju, – jie turi padengti 50 proc. skirstomojo tinklo modernizavimo patiriamų išlaidų. Šis aspektas ženkliai didina investicijas ir prailgina saulės elektrinių atsipirkimo trukmę. 2019 m. Lietuvoje buvo įteisintas naujas GV modelis, norintiems naudotis elektros energiją pagamintą naudojant atsinaujinančius energijos išteklius (AEI), leidžiantis dalį SE įsigyti iš saulės parkų ir tapti nutolusiu gaminančiu vartotoju (NGV).

Teorinėje darbo dalyje išanalizuoti galimi GV verslo modeliai tame tarpe ir GV verslo modelis – „peer to peer“ (P2P). Šis modelis leidžia, dviem gyvenamiesiems namams dalintis pagamintą elektros energiją be trečiųjų šalių įsikišimo. Vienas objektas turi įsirengęs SE, kitas – VE.

Tiriamąjį darbo dalyje išanalizuotas GV verslo modelių ekonominis efektyvumas keturių buitinių elektros energijos vartotojų atvejais. Palyginamoji ekonominė analizė atlikta dviem skirtingos galios SE. Kiekvienam tiriamajam objektui analizuojama tapti GV įvertinus tinklo plėtros dedamąją bei NGV įsigijus dalį iš SE iš saulės parko. Ketvirtajam objektui analizuojama galimybė realizuoti P2P verslo modelio schemą.

Kiekvieno tiriamojo objekto atveju atlikta palyginamoji ekonominių rodiklių ir jautrumo analizė. Darbo pabaigoje pateikiamos apibendrinančios darbo išvados.

Giniotytė, Monika. Business Models Research of the Producing Consumer. Master's Final Degree Project / supervisor assoc. prof. dr. Inga Konstantinavičiūtė; Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): study field – power engineering, study field group – engineering science.

Keywords: renewable energy, solar power plant, producing consumer, economic analysis.

Kaunas, 2022. 86 p.

Summary

The aim of this Master's thesis is to analyse the business models of producing consumers and to perform a comparative economic and sensitivity analysis. In Lithuania, the number of producing consumers was foreseen to be 2% of the total number of electricity consumers by 2020. This target was not met. One of the reasons that may have contributed to the missed target is the integration of producing consumers into the distribution grid. Some residential buildings do not have the possibility to connect the solar power plant to the electricity grid without grid modernisation. In this case, they have to cover 50% of the costs of upgrading the distribution network. This aspect significantly increases the investment and prolongs the payback period of solar power plants. In 2019, a new producing consumer model was introduced in Lithuania for those wishing to use electricity generated from renewable energy sources, allowing them to purchase part of a solar power plant from solar parks and become a remote producing consumer.

The theoretical part of the thesis analyses the possible producing consumer business models, including the peer to peer (P2P) business model. This model allows two residential buildings to share the electricity produced without the intervention of third parties. One property has a solar power plant and the other a wind turbine.

The cost-effectiveness of the producing consumer business models in the case of four residential electricity consumers is analysed in the research part of the study. A comparative economic analysis was carried out for two solar power plants of different capacities. For each case, the feasibility of becoming a producing consumer is analysed by taking into account the grid expansion component and the remote producing consumer's purchase of a part of the solar power plant from a solar park. For the fourth site, the feasibility of a P2P business model scheme is analysed.

For each of the case studies, a comparative analysis of economic indicators and sensitivity was carried out. The paper concludes with summarising conclusions.

Turinys

Lentelių sąrašas	8
Paveikslų sąrašas	10
Santrumpų sąrašas	12
Įvadas.....	13
1. Teorinė dalis.....	15
1.1. Atsinaujinančių energijos išteklių plėtra sąlygojančių veiksnių analizė	15
1.2. Atsinaujinančių energijos išteklių technologinių ir ekonominių rodiklių raida	17
1.3. Atsinaujinančių energijos išteklių skatinimo priemonės ir politiniai siekiai Lietuvoje	20
1.3.1. ES investiciniai fondai.....	21
1.3.2. Ekonomikos gaivinimo ir atsparumo didinimo priemonė	22
1.3.3. Klimato kaitos programa	23
1.4. Gaminančių vartotojų plėtra ir egzistuojantys verslo modeliai.....	24
1.4.1. Gaminančių vartotojų ir nutolusių gaminančių vartotojų plėtra Lietuvoje	27
1.4.2. Gaminančių vartotojų skatinimo priemonės Lietuvoje	29
1.4.3. Gaminančių vartotojų prijungimo prie skirstomojo tinklo techninės galimybės	30
2. Metodologinė dalis.....	32
2.1. Skirstomojo tinklo modernizacija dėl gaminančių vartotojų plėtros Lietuvoje	32
2.2. Tyrimo objektų aprašymas	34
2.3. Gaminančių vartotojų ir nutolusių gaminančių vartotojų atsiskaitymo būdai.....	35
2.3.1. Tiriamųjų objektų mėnesinis elektros energijos poreikis.....	37
2.3.2. Tinklo plėtros dedamosios nustatymas.....	37
2.4. Investicinių projektų įvertinimo būdai	38
2.4.1. Investicinio projekto balansas	41
2.4.2. Jautrumo analizė	42
2.4.3. Jautrumo analizės rodiklių pokyčiai.....	43
3. Tyrimo dalis	46
3.1. Investicijos.....	46
3.1.1. Gaminančio vartotojo investicijų įvertinimas	46
3.1.2. Nutolusio gaminančio vartotojo investicijų įvertinimas.....	46
3.1.3. P2P modelio investicijų įvertinimas	47
3.2. Saulės elektrinių prognozuojamo pagaminti elektros energijos kiekio įvertinimas	48
3.3. P2P verslo modelio atveju generuojama elektros energija.....	50
3.4. Metinių eksploatacijos ir priežiūros išlaidų įvertinimas.....	51
3.4.1. NGV metinių eksploatacijos ir priežiūros išlaidų įvertinimas	51
3.4.2. GV metinių eksploatacijos ir priežiūros išlaidų įvertinimas	51
3.4.3. P2P modelio metinių eksploatacijos ir priežiūros išlaidų įvertinimas.....	52
3.5. Mokesčio už elektros energijos „pasaugojimą“ ST įvertinimas.....	52
3.5.1. Įprastų išlaidų už elektros energiją įvertinimas	52
3.5.2. GV ir NGV mokesčio už elektros energijos „pasaugojimą“ įvertinimas.....	53
3.6. Pajamų įvertinimas	55
3.6.1. GV ir NGV pajamų įvertinimas	55
3.6.2. P2P pajamų įvertinimas	57
3.7. Palyginamoji ekonominių rodiklių analizė.....	57
3.7.1. Palyginamoji ekonominių rodiklių analizė – objekto A atvejis	57

3.7.2.	Palyginamoji ekonominių rodiklių analizė – objekto B atvejis.....	60
3.7.3.	Palyginamoji ekonominių rodiklių analizė – objekto C atvejis.....	62
3.7.4.	Palyginamoji ekonominių rodiklių analizė – objekto D atvejis	65
3.8.	Projekto balanso rezultatų įvertinimas	66
3.9.	Jautrumo analizė	67
3.9.1.	Jautrumo analizės įvertinimas investicijų pokyčiams	67
3.9.2.	Jautrumo analizės įvertinimas diskonto normos pokyčiams	70
3.9.3.	Jautrumo analizės įvertinimas elektros energijos kainos pokyčiams	72
	Išvados	75
	Literatūros sąrašas	76
	Priedai.....	81
1	priedas. GV projekto balansas įsirengus 7,5 kW SE (objekto A atvejis).....	81
2	priedas. NGV projekto balansas įsigijus 7,5 kW SE (objekto A atvejis).....	81
3	priedas. GV projekto balansas įsirengus 5 kW SE (objekto B atvejis)	82
4	priedas. GV projekto balansas įsirengus 7,5 kW SE (objekto B atvejis)	82
5	priedas. NGV projekto balansas įsigijus 5 kW SE (objekto B atvejis)	83
6	priedas. NGV projekto balansas įsigijus 7,5 kW SE (objekto B atvejis)	83
7	priedas. GV projekto balansas įsirengus 5 kW SE (objekto C atvejis)	84
8	priedas. GV projekto balansas įsirengus 7,5 kW SE (objekto C atvejis)	84
9	priedas. NGV projekto balansas įsigijus 5 kW SE (objekto C atvejis)	85
10	priedas. NGV projekto balansas įsigijus 7,5 kW SE (objekto C atvejis)	85
11	priedas. P2P projekto balansas (objekto D atvejis)	86

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Lietuvoje AEI dalis suvartojime [15]	21
2 lentelė. Planuojamos RRF investicijos AEI plėtrai elektros gamybos sektoriuje [19].	23
3 lentelė. Verslo modelio elementai [23].	25
4 lentelė. GV modelių tipai JK [24].	26
5 lentelė. Gaminančių vartotojų atsiskaitymo būdai (kainos galiojančios nuo 2022-01-01) [41]. ...	36
6 lentelė. Tiriamųjų objektų mėnesinis elektros energijos sunaudojimas [39].	37
7 lentelė. Tyrimo objektams reikalingos tinklo plėtros/rekonstrukcijos dedamosios	38
8 lentelė. Jautrumo analizės atlikimui priimti rodiklių pasikeitimai	45
9 lentelė. Investuotino kapitalo apimtis skirtingo dydžio saulės elektrinių parkams Vokietijoje, Eur/kW [50].	46
10 lentelė. GV investicijos SE įsirengimui [50].	46
11 lentelė. SE įsigijimo iš parko investicijos [51].	47
12 lentelė. NGV investicijos SE įsirengimui įvertinus paramą	47
13 lentelė. Vokietijos rinkos VE investuotino kapitalo dydis, Eur/kW [50]	47
14 lentelė. Investicijos P2P verslo modelio atveju [50]	47
15 lentelė. Prognozuojamas teorinis metinis saulės elektrinių pagaminamas elektros energijos kiekis ir metinis elektros energijos kiekis įvertinus momentinį elektros energijos suvartojimą [54].	48
16 lentelė. „P2P“ verslo modelio atveju metinė elektros energijos gamyba	50
17 lentelė. NGV SE eksploatacijos ir priežiūros išlaidos [51]	51
18 lentelė. Tinklo plėtros/rekonstrukcijos mokestis.	51
19 lentelė. GV SE eksploatacijos ir priežiūros išlaidos [50]	52
20 lentelė. Veiklos sąnaudos P2P verslo modelio atveju [50].	52
21 lentelė. Metinis mokestis už elektros energiją	52
22 lentelė. GV metinis mokestis už ST pasinaudojimą	53
23 lentelė. NGV metinis mokestis už ST pasinaudojimą	54
24 lentelė. GV pajamų įvertinimas	55
25 lentelė. NGV pajamų įvertinimas	56
26 lentelė. GV palyginamosios ekonominės analizės rezultatai (objekto A atvejis)	57
27 lentelė. NGV palyginamosios ekonominės analizės rezultatai (objekto A atvejis)	59
28 lentelė. GV palyginamosios ekonominės analizės rezultatai (objekto B atvejis)	60
29 lentelė. NGV palyginamosios ekonominės analizės rezultatai (objekto B atvejis)	61
30 lentelė. GV palyginamosios ekonominės analizės rezultatai (objekto C atvejis)	63
31 lentelė. NGV palyginamosios ekonominės analizės rezultatai (objekto C atvejis)	64
32 lentelė. P2P palyginamosios ekonominės analizės rezultatai (objekto D atvejis)	65
33 lentelė. Projekto balanso rezultatų apibendrinimas	67
34 lentelė. Jautrumo analizė vertinant SE investicijų sumažėjimą (objekto A atvejis)	68
35 lentelė. Jautrumo analizė įvertinant SE investicijų sumažėjimą (objekto B atvejis)	68
36 lentelė. Jautrumo analizė įvertinant SE investicijų sumažėjimą (objekto C atvejis)	69
37 lentelė. Jautrumo analizė įvertinant diskonto normos pakeitimus (objekto A atvejis)	70
38 lentelė. Jautrumo analizė įvertinant diskonto normos pakeitimus (objekto B atvejis)	70
39 lentelė. Investicinio projekto NPV pokytis įvertinus diskonto normos pakeitimus (objekto C atvejis)	71
40 lentelė. Jautrumo analizė vertinant elektros energijos kainos pokyčius (objekto A atvejis)	72
41 lentelė. Jautrumo analizė vertinant elektros energijos kainos pokyčius (objekto B atvejis)	72

42 lentelė. Jautrumo analizė vertinant elektros energijos kainos pokyčius (objekto C atvejis)..... 73

Paveikslų sąrašas

1 pav.	Pasaulio elektros energijos suvartojimo kitimo tendencijos 1990-2020 m [3]	15
2 pav.	Pasaulio CO ₂ emisijų kitimo tendencijos 1990 - 2020 m. [4].	16
3 pav.	Prognozuojamas pirminės energijos paklausos pasikeitimas 2020 - 2021 m. [5].....	16
4 pav.	Pasaulio pirminės energijos gamybos tendencijos pagal energijos rūšį[6].	17
5 pav.	Atsinaujinančių energijos išteklių galimybės [7].	18
6 pav.	Saulės modulių lyginamosios investicijos, našumas ir LCOE [10]	18
7 pav.	Vėjo elektrinių įdiegimo sąnaudų vidurkis, našumas ir svertiniai elektros energijos gamybos kaštai [10]	19
8 pav.	Saulės modulių galios, investicijų ir darbo vietų skaičiaus prognozė pasaulyje [11]	19
9 pav.	Straipsniai apie gaminančius vartotojus [22].	25
10 pav.	Paprastojo gamintojo verslo modelis Vokietijos atvejis [22].....	26
11 pav.	P2P gaminančio verslo modelio pavyzdys [25]	27
12 pav.	Gaminančio vartotojo gaminama ir vartojama elektros energija [26].....	27
13 pav.	Lietuvos gaminančių vartotojų prijungimo skaičiaus augimas [27]	28
14 pav.	Prijungtų gaminančių vartotojų galia Lietuvoje [27]	28
15 pav.	Nutolusių gamintojų prijungimo statistika Lietuvoje [27]	29
16 pav.	Gaminančio vartotojo momentinės įtampos pakeitus 160 kVA transformatorių iš Yzn0 į Dyn11 apvijų jungimo grupę [39]	33
17 pav.	Gaminančio vartotojo įtampos pakeitus esamo transformatoriaus 40 kVA su apvijų jungimo grupe Yzn11 atšakos padėtį iš antros į pirmą [39]	33
18 pav.	Tiriamųjų projektų analizės algoritmas	39
19 pav.	SE įrengimo kainos, 2009-2025 m. [47].	43
20 pav.	Sausumos VE įrengimo kainų tendencijos 2015-2025 m. [47].....	44
21 pav.	Palyginamasis 5 kW saulės elektrinės teorinis metinis elektros energijos kiekis ir atiduodamas elektros energijos kiekis į skirstomąjį tinklą „pasaugojimui“ (objekto A atvejis).	49
22 pav.	Palyginamasis 7,5 kW saulės elektrinės teorinis metinis elektros energijos kiekis ir atiduodamas elektros energijos kiekis į skirstomąjį tinklą „pasaugojimui“ (objekto C atvejis).	49
23 pav.	10 kW „Aircon“ vėjo turbinos galios kreivė [56].	50
24 pav.	SE ir VE prognozuojama elektros energijos gamyba.....	50
25 pav.	Palyginamasis GV metinis mokestis už elektros energijos „pasaugojimą“	54
26 pav.	Palyginamasis NGV metinis mokestis už elektros energijos „pasaugojimą“	55
27 pav.	Palyginamasis GV pajamų įvertinimas	56
28 pav.	Palyginamasis NGV pajamų įvertinimas	56
29 pav.	NPV reikšmės GV atveju (objekto A atvejis)	58
30 pav.	IRR reikšmės GV atveju (objekto A atvejis).....	58
31 pav.	NPV reikšmės NGV atveju (objekto A atvejis)	59
32 pav.	IRR reikšmės NGV vartotoju atveju (objekto A atvejis)	59
33 pav.	NPV reikšmės GV atveju (objekto B atvejis)	60
34 pav.	IRR reikšmės GV vartotoju atveju (objekto B atvejis)	61
35 pav.	NPV reikšmės NGV atveju (objekto B atvejis).....	62
36 pav.	IRR reikšmės NGV atveju (objekto B atvejis).....	62
37 pav.	NPV reikšmės GV atveju (objekto C atvejis)	63
38 pav.	IRR reikšmės GV atveju (objekto C atvejis).....	63
39 pav.	NPV reikšmės NGV atveju (objekto C atvejis).....	64

40 pav. IRR reikšmės NGV atveju (objekto C atvejis).....	65
41 pav. GV projekto balansas įsirengus 5 kW galios SE (objekto A atvejis).....	66
42 pav. NGV projekto balansas įsigijus 5 kW galios SE (objekto A atvejis).....	66
43 pav. Jautrumo analizė investicijų pokyčiui NGV atveju pasirinkus atsiskaitymą už gautą energiją (objekto A atvejis, 5 kW SE).....	69
44 pav. Jautrumo analizė diskonto normos pokyčiui NGV atveju pasirinkus atsiskaitymą už gautą energiją (objekto B atvejis, 5 kW SE)	71
45 pav. Jautrumo analizė elektros energijos kainų pokyčiui NGV atveju pasirinkus atsiskaitymą už gautą energiją (objekto C atvejis, 5 kW SE)	73

Santrumpų sąrašas

Direktyva - Europos Parlamento ir Tarybos direktyva (ES) 2018/2001

AEI– atsinaujinantys energijos ištekliai

ES – Europos Sąjunga

ŠESD – šiltnamio efektą sukeliančios dujos

ESI - Europos struktūriniai ir investicijų fondai

RRF - Ekonomikos gaivinimo ir atsparumo didinimo priemonė

GV – gaminantis vartotojas

ST – skirstomasis tinklas

NGV – nutolęs gaminantis vartotojas

NENS – Nacionalinė energetinės nepriklausomybės strategija

NEKS – Nacionalinis Energetikos ir klimato srities veiksmų planas

SE – saulės elektrinė

VE – vėjo elektrinė

AB „ESO“ – AB „Energijos skirstymo operatorius“

VERT – Valstybinė energetikos reguliavimo taryba

LCOE – energijos gamybos svertiniai kaštai

NPV – grynoji dabartinė vertė

IRR – vidinė grąžos norma

Įvadas

Pastaraisiais metais klimato kaitos padariniai darosi vis akivaizdesni, o pasaulis pradeda aiškiau suvokti, kad klimato kaita kelia grėsmę. Europos Sąjunga (ES) išleido Europos Parlamento ir Tarybos direktyva (ES) 2018/2001, kuria skatinama atsinaujinančių energijos išteklių plėtra. Pagrindiniai atsinaujinančių energijos išteklių (AEI) privalumai yra tai, kad jie turi mažą neigiamą poveikį ekosistemai bei gali ženkliai prisidėti prie klimato kaitos mažinimo. Tačiau pagrindinė AEI savybė yra nepastovumas ir dideli energinių kitimo pokyčiai priklausomai nuo vietovės koordinatų ir paros meto. Daugelis pasaulio valstybių vieną iš perspektyvų, mažinant klimato kaitą, laiko 100 proc. energijos išgavimą iš AEI. Šis tikslas laikomas didžiausiu iššūkiu XXI a., tačiau kol kas tai yra tik siekis, kurio šiuo metu pasiekti neįmanoma dėl nepakankamo technologijų ir elektros tinklų išsivystymo.

Gaminančiais vartotojais (GV) yra vadinami namų ūkiai ar įmonės, kurie yra elektros energijos vartotojai ir gamintojai. Jie turi įsirengia saulės elektrinę, kuri yra prijungta prie elektros skirstomųjų tinklų (ST). Kai gaminamos energijos iš saulės elektrinės (SE) neužtenka poreikiams patenkinti yra naudojama elektros energija iš tinklo. Atvirkščiai, jei gamyba viršija suvartojimą, perteklinė energija tiekama į tinklą. Lietuvoje buvo numatoma, kad GV skaičius iki 2020 m. bus 2 proc., 2030 m. bus ne mažiau kaip 30 proc., palyginti su visų vartotojų skaičiumi, o iki 2050 m. – ne mažiau kaip 50 proc. Vis dėlto 2020 m. tikslo 2 proc. GV nuo visų elektros energijos vartotojų (apie 34 000) nepavyko pasiekti [13]. Viena iš aktualiausių priežasčių, kuri galėjo įtakoti 2020 m. nepasiektą tikslą - GV integravimas į ST. Elektros ST Lietuvoje nebuvo projektuojami taip, kad būtų pritaikyti abipusiam energijos srautui. Netgi nedideli SE gaminamos elektros energijos kiekiai gali paveikti ST parametrus ir pakenkti tiekimo grandinėms. Susiduriant su šia problematika, Lietuvos gyventojai, kurie nori tapti GV ir jų maitinimosi taške, saulės elektrinės prijungimas negalimas dėl ST parametrų, turi padengti 50 proc. skirstomojo tinklo operatoriaus patiriamų tinklo modernizavimo kaštų. Nuo 2019 m. Lietuvoje buvo įtvirtintas naujas AEI energetikos modelis leidžiantis gaminti elektros energiją iš AEI ir ją vartoti geografiškai skirtingose vietose. Kitaip tariant, norintiems naudotis iš atsinaujinančių išteklių gaminama elektra nebėra būtinybės įsirengti nuosavą saulės jėgainę – galima naudotis nutolusia saulės elektrine, kurią galima nusipirkti iš saulės elektrinių parko ir tapti nutolusiu gaminančiu vartotoju (NGV).

Darbo aktualumas. Šio baigiamojo projekto tema yra aktuali, nes brangstant elektros energijos kainai rinkoje, gyvenamųjų namų ūkiai ieško galimybės elektros energijos poreikius tenkinti pigesnėmis alternatyvomis. Vienas iš jų elektros energijos gamyba naudojant AEI. Pasitaiko atveju, kad gyvenamieji namų ūkiai, kurie nori tapti GV, susiduria su trikdžiais norėdami įsirengti SE. Išanalizavus ST parametrus pasitaiko atveju, kad be tinklo modernizacijos SE prijungimas negalimas. Tačiau gyvenamieji namų ūkiai turi ir kitą alternatyvą naudoti elektros energiją pagamintą naudojant AEI, t. y. – įsigyti dalį SE iš saulės parko ir tapti NGV.

Darbo tikslas – išanalizuoti gaminančio vartotojo verslo modelius ir atlikti jų palyginamąjį ekonominį vertinimą.

Darbo uždaviniai:

1. Išnagrinėti atsinaujinančių elektros energijos išteklių plėtrą sąlygojančius veiksnius bei taikomas skatinimo priemones.

2. Išanalizuoti egzistuojančius gaminančių vartotojų verslo modelius.
3. Išanalizuoti gaminančių vartotojų prijungimo prie skirstomojo tinklo technines galimybes.
4. Sudaryti gaminančių vartotojų verslo modelių palyginamojo ekonominio vertinimo metodiką.
5. Išnagrinėti gaminančių vartotojų verslo modelių ekonominį efektyvumą skirtingų buitinių vartotojų atvejais bei atlikti jų palyginamąjį ekonominį įvertinimą.
6. Atlikti jautrumo analizę.

Tyrimo metodai:

literatūros analizė; GV verslo modelių ekonominio vertinimo metodai (atsipirkimo trukmė, grynoji dabartinė vertė, vidinė gražos norma, svertiniai elektros energijos gamybos kaštai); jautrumo analizė; skirtingų GV atsiskaitymo būdų analizė.

Darbo struktūra:

Baigiamąjį magistro darbą sudaro trys pagrindinės dalys: teorinė, metodologinė ir tiriamoji. Teorinėje dalyje išanalizuoti AEI plėtrą sąlygojantys veiksniai bei skatinimo priemonės. Taip pat išanalizuojamos skirtingos GV verslo modelio schemas. Metodologinėje darbo dalyje parengta GV verslo modelių ekonominio efektyvumo vertinimo metodika. Trečiojoje darbo dalyje atlikta analizuotų verslo modelių ekonominio rentabilumo ir jautrumo analizė skirtingiems buitiniams vartotojams. Darbo pabaigoje pateiktos darbų rezultatus apibendrinančios išvados.

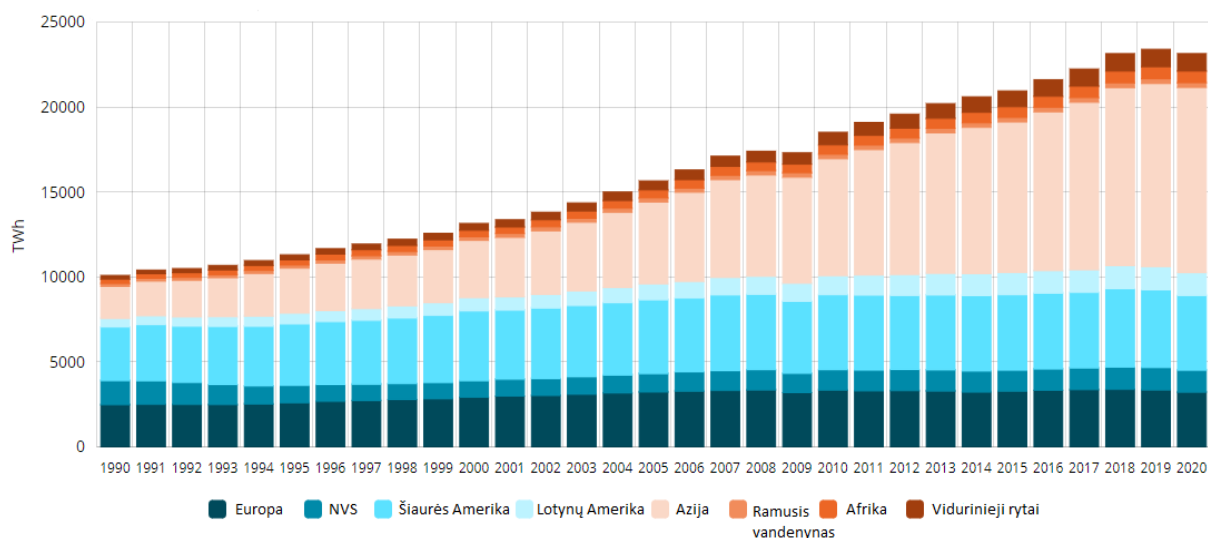
Darbo apimtis – 86 lapai, baigiamajame magistro darbe pateikiama 42 lentelės, 45 paveikslai, 58 literatūros šaltiniai ir 11 priedų.

1. Teorinė dalis

1.1. Atsinaujinančių energijos išteklių plėtra sąlygojančių veiksnių analizė

Laikotarpiu nuo pramonės revoliucijos, dėl iškastinio kuro deginimo, miškų naikinimo ir žemės ūkio praktikos išmetamos šiltnamio efektą sukeliančios dujos (ŠESD) lėmė visuotinį atšilimą ir klimato kaitą. Stebimi ir numatomi klimato pokyčiai apima aukštesnę temperatūrą, kritulių pokyčius, oro reiškinių, tokių kaip sausras, audros, potvyniai ir karščio bangos, dažnio ir pasiskirstymo pokyčius, jūros lygio kilimą ir iš to kylantį poveikį žmogaus ir gamtos sistemoms [1].

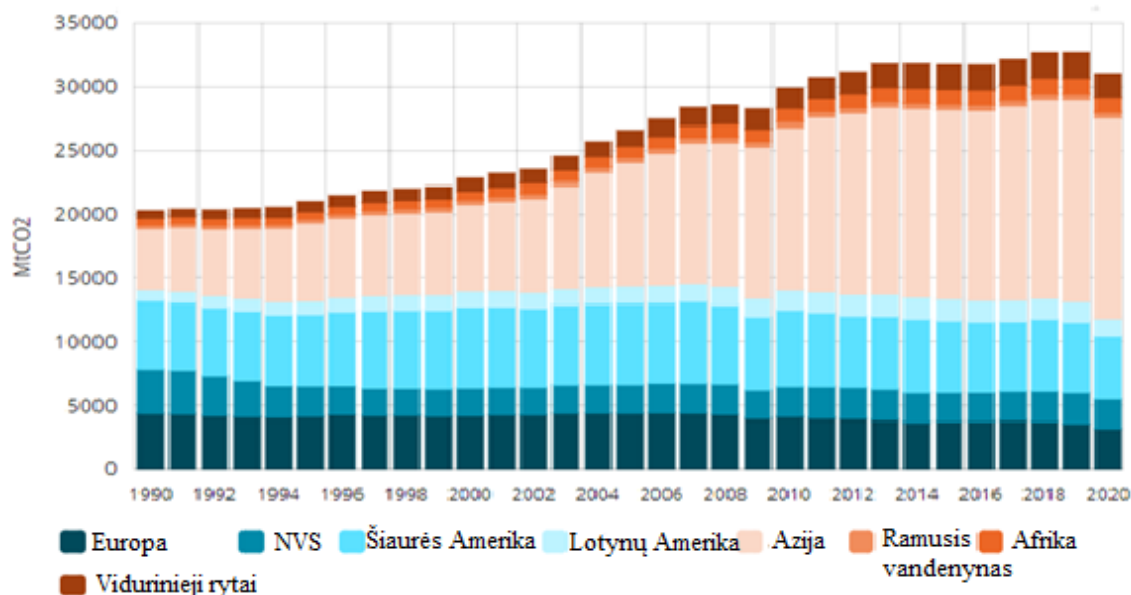
Pasaulio gyventojų skaičiaus augimas skatina didesnę energijos paklausa. Bet naudojami tradiciniai energijos šaltiniai yra riboti bei jų deginimas susijęs su dideliais šiltnamio dujų išmetimais, kurių koncentracijos didėjimas ir sąlygoja pasaulio klimato kaitos procesus [2].



1 pav. Pasaulio elektros energijos suvartojimo kitimo tendencijos 1990-2020 m [3].

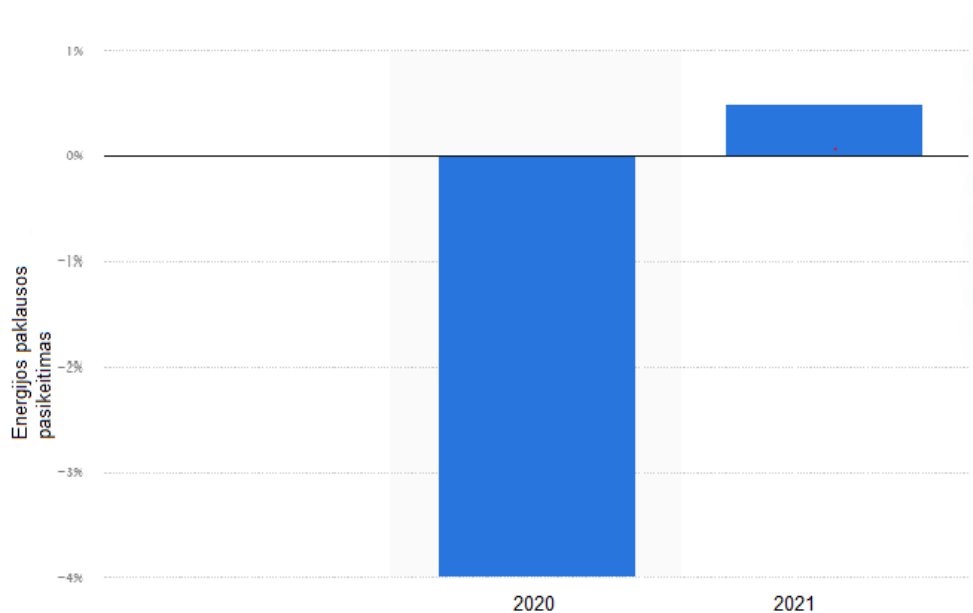
2020 m. pasaulio elektros energijos suvartojimas sumažėjo 1,1 proc. – tai pirmas sumažėjimas nuo 2009 m, kai pastovus augimas buvo stebimas 2009-2018 m. laikotarpiu. Kinija, kuriai tenka 29 proc. viso Pasaulyje šalyje suvartojamos elektros energijos, kuri greitai atsigavo po COVID-19 krizės, o 2020 m. elektros energijos suvartojimas išaugo 3,1 proc. [3].

2020 m. COVID-19 protrūkis padarė didžiulę įtaką išmetamam CO₂ išmetamam kiekiui (-4,9 proc.) ypač pirmąjį pusmetį, kai buvo taikomos griežtos karantino priemonės, transporto apribojimai ir ekonomikos sulėtėjimas žymiai sumažino naftos suvartojimą transporto sektoriuje. Išmetamo CO₂ kiekis taip pat sumažėjo energetikos sektoriuje dėl mažesnės elektros energijos paklausos ir nuolat mažėjančio lyginamojo anglies dvideginio emisijų koeficiento (CO₂ išmetimas tenkantis vienai pagamintai kWh) daugiausia dėl to, kad naudojamas kuras keičiamas į mažiau taršų, t. y. akmens anglis į dujas bei sparčiai didėja atsinaujinančių energijos išteklių vartojimas [4].



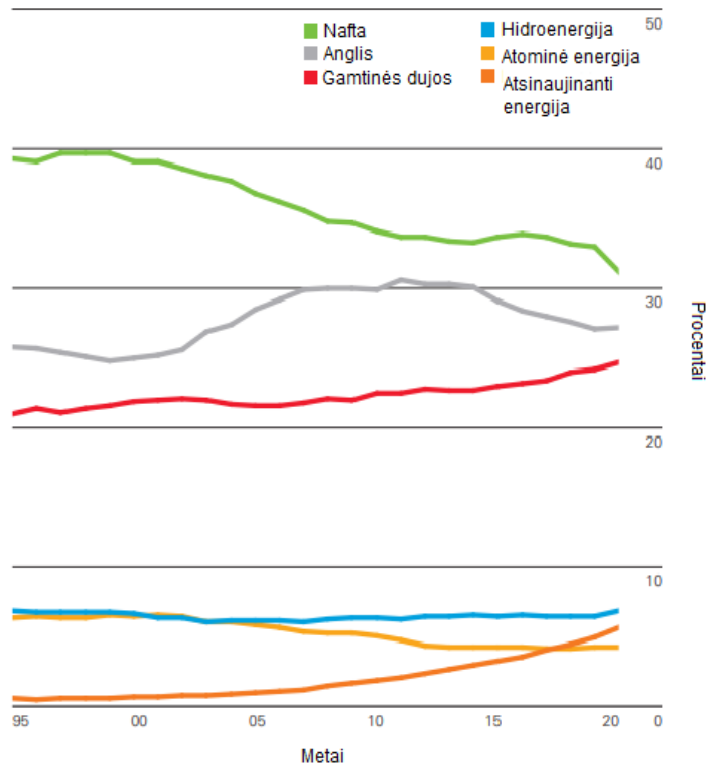
2 pav. Pasaulio CO₂ emisijų kitimo tendencijos 1990 - 2020 m. [4].

Pandemija smarkiai paveikė energijos paklausą 2020 m. Dėl COVID-19 protrūkio pasaulinė energijos paklausa sumažėjo 4 proc. palyginti su 2019 m. Prognozuojama, kad pasaulyje pradėjus mažėti ribojimams, energijos paklausa 2021 m. atsigaus ir gali viršyti poreikį buvusį prieš pandemiją [5].



3 pav. Prognozuojamas pirminės energijos paklausos pasikeitimas 2020 - 2021 m. [5].

Naftai ir toliau tenka didžiausia dalis visos pirminės energijos pagaminamo kiekio (31,2 proc.). Anglis buvo antras pagal dydį naudojamas pirminės energijos šaltinis 2020 m. (27,2 proc.). Tiek gamtinių dujų, tiek AEI dalis išaugo iki rekordinės – (GD – 24,7 proc. ir AEI – 5,7 proc.). Žalioji energija 2020 m. aplenkė branduolinę energiją, kuri sudaro tik 4,3 proc. visos pirminės energijos pagaminamo kiekio. Hidroenergija padidėjo 0,4 proc. iki 6,9 proc. – tai pirmas padidėjimas nuo 2014 m. [6].



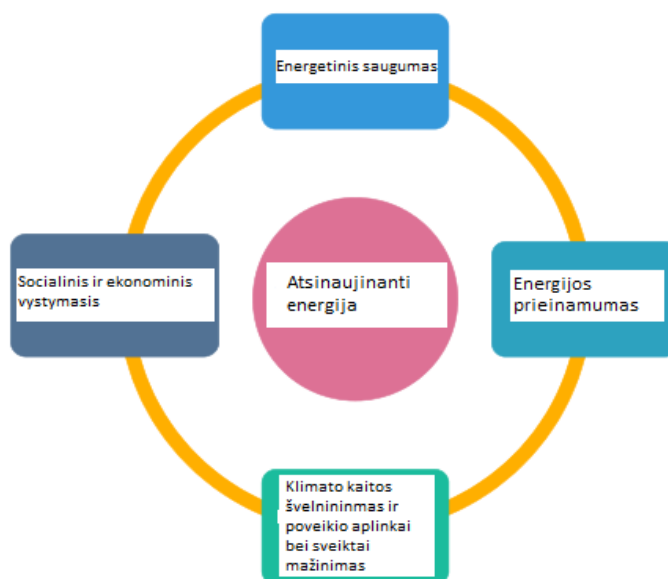
4 pav. Pasaulio pirminės energijos gamybos tendencijos pagal energijos rūšį[6].

Klimato kaita – globalinė problema, tačiau vis daug pasaulio šalių energijai gaminti naudoja AEI. Tai galima pastebėti pateiktame 4 paveiksle.

Pagrindinės priežastys, kodėl plėtojami AEI – didėjant žmonių skaičiui pasaulyje auga energijos paklausa. Energijos gamybai pasaulyje plačiausiai naudojami tradiciniai energijos šaltiniai: anglis, nafta, durpės. Tačiau, deginant iškastinį kurą, skatinama klimato kaita, nes į aplinką patenka ŠESD. Atsižvelgus į šiuos faktus skatinama AEI plėtra, nes žalioji energetika turi mažą neigiamą poveikį aplinkai bei gali ženkliai prisidėti prie klimato kaitos mažinimo.

1.2. Atsinaujinančių energijos išteklių technologinių ir ekonominių rodiklių raida

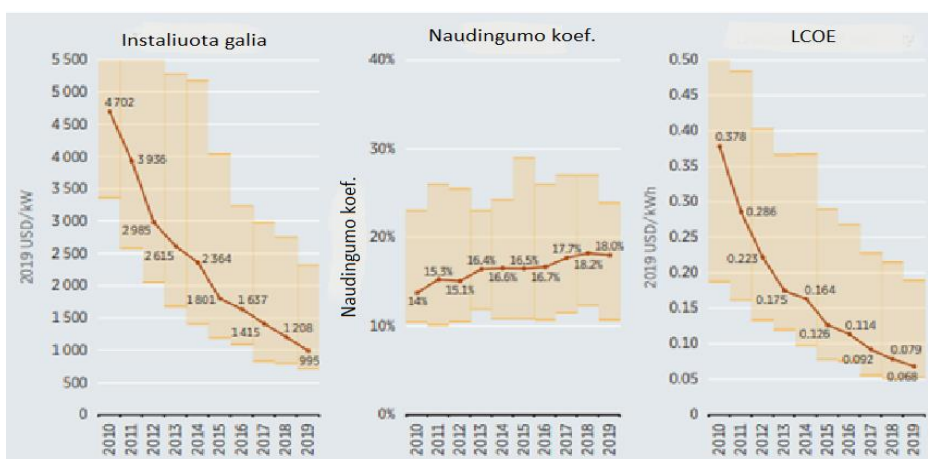
Atsinaujinančios technologijos laikomos švariais energijos šaltiniais, o optimalus šių išteklių naudojimas sumažina poveikį aplinkai, sukuria minimalų antrinių atliekų kiekį ir yra tvarus atsižvelgiant į dabartinius būsimus ekonominius ir socialinius poreikius. AEI suteikia išskirtinę galimybę sumažinti ŠESD koncentracijas ir sumažinti pasaulinį atšilimą pakeičiant įprastus energijos šaltinius [7].



5 pav. Atsinaujančių energijos išteklių galimybės [7].

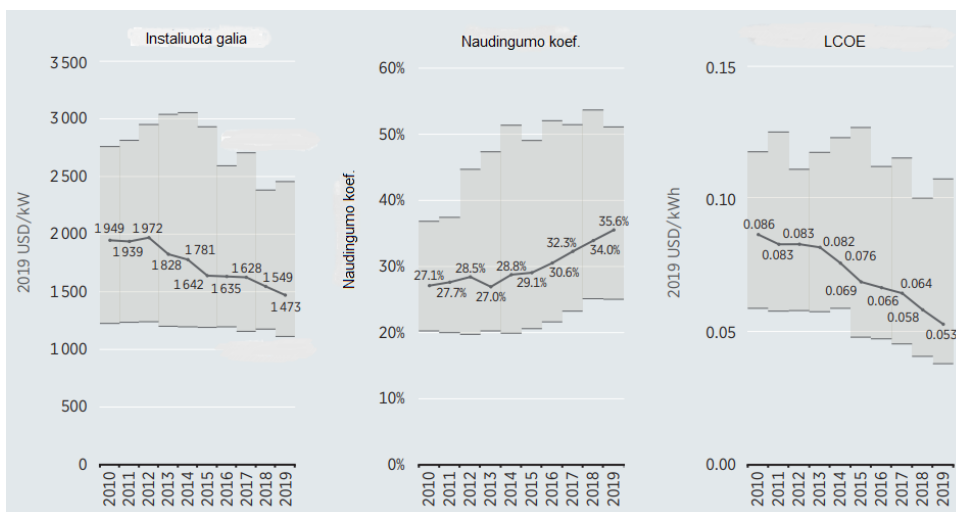
AEI tokių kaip vėjas ir saulė energija (VE ir SE) savybė yra nepastovumas ir dideli energinių kitimo pokyčiai priklausomai nuo vietovės geografinių koordinatų ir paros meto. Tačiau palyginti su įprasto iškastinio kuro gamyba, jie yra laisvai prieinami, konkurencingi ir ekologiški. VE ir SE yra laikomi populiariausi AEI tipai elektros energijos gamyboje. Be to, šiuo metu AEI laikomi svarbiausiu pasaulio energetinio saugumo veiksmu. Žalioji energija taip pat atsiranda kaip perspektyvi alternatyva ir ekonomiškai efektyvus generacijos energijos šaltinis šiuolaikinių ir išmaniųjų tinklų diegime [8].

Nors AEI technologijos nuolat tobulėja, o įrangos kaina mažėja, iš AEI pagaminta energija, gaminama naujai įrengtuose įrenginiuose, šiuo metu dar negali konkuruoti rinkoje, todėl energijos iš AEI gamyba yra skatinama ir tai bus tęsiama iki šaliai ekonomiškai ir techniškai priimtinos AEI plėtros ribos, orientuojantis į aktyvų energijos iš AEI gamintojų dalyvavimą rinkos sąlygomis arba kol energijos iš AEI gamyba pasieks rinkos kainą [9].



6 pav. Saulės modulių lyginamosios investicijos, našumas ir LCOE [10]

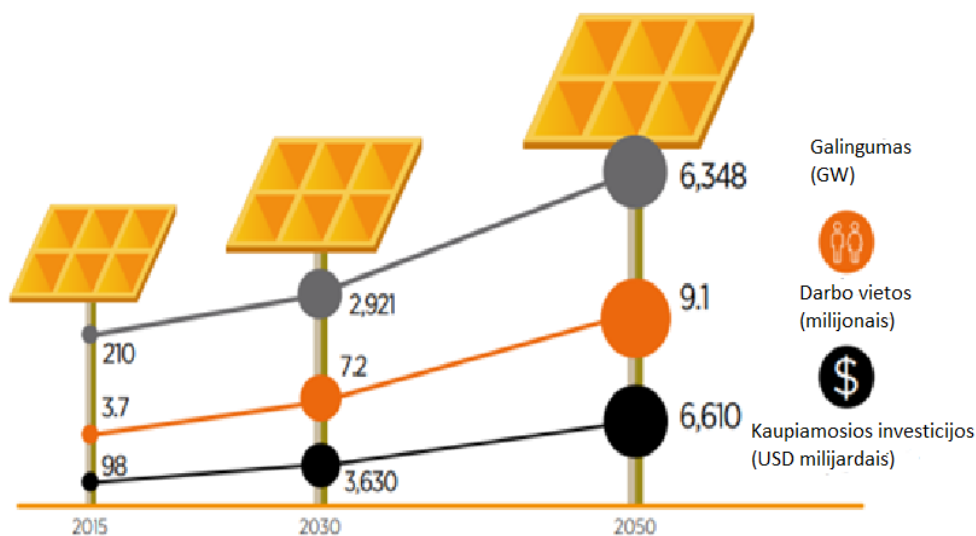
Iš 6 paveikslo matyti, kad saulės modulių kaina Europoje nuo 2010 m. iki 2019 m. sumažėjo beveik 90 proc. Saulės modulių našumas nuo 2010 m. iki 2019 m padidėjo nuo 13,8 proc. iki 18 proc. Svertiniai elektros energijos gamybos kaštai (LCOE) nuo 2010 m. ir 2019 m. sumažėjo 82 proc. [10].



7 pav. Vėjo elektrinių įdiegimo sąnaudų vidurkis, našumas ir svertiniai elektros energijos gamybos kaštai [10]

VE LCOE nuo 2010 iki 2019 metų sumažėjo 39 proc. (2010 m. LCOE – 0,086 USD/kW, 2019 m. LCOE – 0,053 USD/kW). Suminė galia išaugo daugiau nei tris kartus nuo 178 GW 2010 m. iki 594 GW 2019 m. Bendra įdiegimo kaina sumažėjo 24 proc. nuo 2010 m. iki 2019 m. (2010 m. - 1 949 USD/kW, 2019 m. - 1 549 USD/kW) [10].

Vienas iš ekonominių privalumų naujų darbo vietų sukūrimas. AEI kiekvienais metais kuria daug ir kuria vis daugiau darbo vietų visame pasaulyje. Remiantis IRENA vertinimais, atsinaujinančios energijos sektoriuje 2017 m. visame pasaulyje dirbo rekordiniai 10,3 mln. žmonių, kuriuos paskatino didėjančios investicijos. Tai, savo ruožtu, buvo sparčiai mažėjančių išlaidų, technologinių patobulinimų ir vyriausybės vykdomos paramos AEI rezultatas [11].



8 pav. Saulės modulių galios, investicijų ir darbo vietų skaičiaus prognozė pasaulyje [11]

Pagal 8 paveikslą galima matyti, kad AEI technologijų plėtojimas turės įtakos ekonominėje ir socialinėje dalyje, nes bus sukuriamos naujos darbo vietos. 2050 metais planuojama, kad bus įsteigta iki 9,1 milijono naujų darbo vietų vien tik saulės modulių rinkoje visame pasaulyje.

Atsižvelgiant į AEI ekonominių ir rodiklių teigiamą raidą visame pasaulyje diegiamos AEI technologijos, tačiau siekiant užtikrinti sparčią AEI plėtrą vis dar būtina taikyti įvairias finansines skatinimo priemones bei palankią reguliacinę aplinką.

1.3. Atsinaujinančių energijos išteklių skatinimo priemonės ir politiniai siekiai Lietuvoje

Kiekvienai valstybei norint padidinti AEI plėtrą šalyje yra reikalingos skatinimo priemonės ir investicijos. Europos Sąjungą (ES) nenumato tikslų skatinimo priemonių, todėl ES šalys gali laisvai rinktis kaip pasieks užsibrėžtų tikslų, kurie numatyti Direktyvoje (EU) 2018/2001. ES siekia, kad visoje Europoje būtų kuo daugiau pagaminama energijos iš AEI. Direktyvoje, nustatyta, kad Sąjungos privalomas atsinaujinančių išteklių procentinės dalies tikslas būtų bent 32 proc. iki 2030 m.

Tikslą nustačius Sąjungos lygmeniu, valstybės narės turi daugiau lankstumo savo išmetamo ŠESD kiekio mažinimo tikslų siekti ekonomiškai efektyviausiu būdu, atsižvelgdamos į savo konkrečias aplinkybes, energijos rūšių derinį ir energijos gamybos iš atsinaujinančių išteklių pajėgumus [12].

Nacionalinėje energetinės nepriklausomybės strategijoje (NENS) Lietuva yra nustačius savo tikslus 2020, 2030 ir 2050 metams.

Pagrindinis NENS tikslas atsinaujinančių energijos išteklių srityje – toliau didinti AEI dalį Lietuvos vidaus energijos gamyboje ir galutiniame energijos suvartojimo balanse, taip mažinant priklausomybę nuo iškastinio kuro importo ir didinant vietinės elektros energijos gamybos pajėgumus [13].

Įgyvendinant strateginį atsinaujinančių energijos išteklių tikslą, bus siekiama didinti atsinaujinančių energijos išteklių dalį, palyginti su šalies bendruoju galutiniu energijos suvartojimu:

- iki 2020 metų – 20 proc.;
- iki 2030 metų – 45 proc.;
- iki 2050 metų – 80 proc.

Energija iš AEI taps pagrindinė visuose elektros, šilumos ir vėsumos energijos bei transporto – sektoriuose.

Pagal Nacionalinį energetikos ir klimato srities veiksmų planą 2021-2030 m. (NEKS). Lietuva ES nustatytą 20 proc. tikslą 2020 m. pasiekė ir viršijo dar 2014 m., kai AEI dalis bendrame galutiniame energijos suvartojime sudarė 23,66 proc.. Todėl 2017 m. dalį susidariusio perviršio Lietuva perdavė Liuksemburgui ir tapo pirmąja ES valstybe nare, pasirašiusia bendradarbiavimo susitarimą dėl statistinių AEI kvotų perdavimo [14].

1 lentelė. Lietuvoje AEI dalis suvartojime [15]

		Bendrame galutiniame energijos suvartojime	Galutiniame energijos suvartojime šildymui ir aušinimui	Bendrame elektros energijos suvartojime	Galutiniame energijos suvartojime transporto sektoriuje
Atsinaujinančių energijos išteklių dalis suvartojime, proc.	2020	27,36	50,23	20,17	5,50
	2019	25,47	47,38	18,79	4,04
	2018	25,51	46,02	18,41	4,33
	2017	26,04	46,50	18,25	4,29
	2016	25,61	46,57	16,88	3,63

Lietuva ketina iki 2030 m. pasiekti 45 proc. AEI tikslą galutiniame energijos suvartojime. Tai bus pasiekta organizuojant neutralius skatinimo kvotų paskirstymo aukcionus ir plačiai diegiant privatiems energijos vartotojams ir bendruomenėms priklausančius mažos galios atsinaujinančios energijos įrenginius. Siekiant sėkmingai integruoti didesnius atsinaujinančios energijos kiekius ir didelį elektrą gaminančių vartotojų (GV) skaičių, numatoma investuoti į pažangias energijos sistemas, įskaitant perdavimo, skirstymo ir kaupimo infrastruktūrą, ir į reikiamų balansavimo pajėgumų kiekio didinimą.

Lietuvoje AEI plėtra elektros energijos, transporto ir šilumos sektoriuose skatinama taikant finansines (valstybės biudžeto asignavimai, Klimato kaitos programos lėšos, ES paramos lėšos, pajamos, gautos vykdant susitarimus dėl statistinių energijos perdavimų arba bendrus projektus, mokesčių lengvatos,) ir nefinansines priemones (įpareigojimai, informacinės, reguliacinės priemonės) [14].

1.3.1. ES investiciniai fondai

Daugiau kaip pusė ES lėšų skiriama naudojantis penkiais Europos struktūriniais ir investicijų fondais (ESI fondais). Juos drauge valdo Europos Komisija ir ES valstybės narės.

Visų šių fondų paskirtis – investavimas į darbo vietų kūrimą, tvarią ir tvirtą Europos ekonomiką ir tvarią bei sveiką aplinką.

ESI yra penki fondai:

- **Europos regioninės plėtros fondo** - lėšomis skatinamas darnus įvairių ES regionų vystymasis.
- **Europos socialinio fondo** paskirtis – remti visoje Europoje vykdomus su užimtumu susijusius projektus, jo lėšos investuojamos į Europos žmogiškąjį kapitalą: darbuotojus, jaunimą ir darbo ieškančius asmenis.
- **Sanglaudos fondo** lėšų skiriama transporto ir aplinkos projektams, vykdomiems šalyse, kurių bendrosios nacionalinės pajamos (BNP) vienam gyventojui yra mažesnės nei 90 % ES vidurkio. 2014–2020 m. šios šalys yra Bulgarija, Čekija, Estija, Graikija, Kroatija, Kipras, Latvija, Lenkija, Lietuva, Malta, Portugalija, Rumunija, Slovakija, Slovėnija, Vengrija.
- **Europos žemės ūkio fondo** kaimo plėtrai dėmesio centre – ES kaimo vietovių problemų sprendimas.

- **Europos jūrų reikalų ir žuvininkystės fondas** padeda žvejams pradėti taikyti tausiosios žvejybos metodus, o pakrančių bendruomenėms – įvairinti savo ekonomiką. Taip gerinama Europos pakrančių gyventojų gyvenimo kokybė [16].

Lietuvoje ekonomikos augimo ir darbo vietų kūrimo tikslui įgyvendinti pagal 2014–2020 metų ES fondų investicijų veiksmų programą skirta 6,709 mlrd. eurų:

- 3,501 mlrd. eurų iš Europos regioninės plėtros fondo;
- 1,127 mlrd. eurų iš Europos socialinio fondo;
- 2,049 mlrd. eurų iš Sanglaudos fondo;
- 31,8 mln. eurų iš specialiųjų asignavimų Jaunimo užimtumo iniciatyvai.

Investicijos į energetinio efektyvumo bei atsinaujinančios energetikos sritis, numatoma skirti 14,5 proc. 2014–2020 m. ES fondų lėšų. Informacinės visuomenės skatinimui numatoma skirti 3,6 proc. lėšų.

2014 - 2020 m. laikotarpiu toliau bus plėtojama ir gerinama transporto ir energetikos infrastruktūra (bendrai šioms sritims numatoma skirti 17,2 proc. ES fondų lėšų) bei bus investuojama į aplinkosaugos priemones (apie 12,5 proc. ES fondų lėšų) [17].

1.3.2. Ekonomikos gaivinimo ir atsparumo didinimo priemonė

Ekonomikos gaivinimo ir atsparumo didinimo priemonė (RRF) – ekonomikos atsigavimo ir pasirengimo ateities iššūkiams programos dalis, remianti reformas ir investicijas valstybėse narėse.

RRF lėšomis bus teikiamos paskolos ir dotacijos valstybių narių vykdomoms reformoms ir investicijoms remti.

Tikslas – sušvelninti COVID-19 pandemijos ekonominį ir socialinį poveikį ir padaryti Europos ekonomiką bei visuomenę tvaresnę, atsparesnę ir geriau pasirengusią ekologiškų ir skaitmeninių perėjimų iššūkiams ir galimybėms.

Bendras biudžetas – 672,5 mlrd. EUR

Lietuvai numatyta 2,225 mlrd. EUR.

Investicijos skiriamos prioritetinėms žaliojo kurso ir ekonomikos skaitmeninimo kryptims bei reformoms, kurias Europos Komisija (EK) Lietuvai rekomendavo 2019 – 2020 m [18].

Žaliajai transformacijai Lietuvos Respublikos Energetikos Ministerija pasirinko šias reformų ir investicijų kryptis:

- AEI plėtra elektros gamybos sektoriuje
- Žalioji transporto sektoriaus transformacija [19].

Planuojamos RRF investicijos pateikiamos 2 lentelėje:

2 lentelė. Planuojamos RRF investicijos AEI plėtrai elektros gamybos sektoriuje [19].

Investicija	RRF (mln. Eurų)
Investicinė parama gaminantiems vartotojams ir energijos kaupimo įrenginiams	143,05
Investicinė parama mažos galios AEI elektrinėms (saulės, vėjo jėgainėms) ir kaupimo įrenginiams	100
Saulės jėgainių Visagine įrengimas	4
Jūrinio vėjo plėtra	13,45
Elektros energijos kaupimo įrenginių (200 MW) įrengimas	100

Įgyvendindama Direktyvą (ES) 2018/2001, Lietuva AEI gamintojus skatina veikti rinkos sąlygomis kurdama mechanizmus, leidžiančius lanksčiai reaguoti į rinkos signalus. Vienas iš tokių mechanizmų – investicinė parama įsigyti individualius kaupimo įrenginius.

RRF parama bus skiriama juridiniams asmenims įsigyti kaupimo įrenginius, kai kaupimo įrenginius planuojama įsirengti kartu su saulės arba vėjo elektrinėmis sausumoje, kuriose elektros energijos gamyba sunkiai prognozuojama, prioritetą skiriant atsinaujinančių išteklių energijos bendrijoms, kurių veikla nukreipta ne į finansinio pelno siekimą. Atsižvelgiant į tai, kad kaupimų įrenginių technologijos dar yra problema dėl aukštos kainos, planuojama paramą paskirstyti kartu su parama elektrinėms įsigyti, asmenims, siekiantiems investuoti į kaupimo įrenginius, skiriant papildomą finansavimą. Preliminariais vertinimais, finansuojama lėšų dalis galėtų sudaryti iki 45 % kaupimo įrenginio vertės.

Tikslinė grupė, kuriai aktuali teikiama investicinė parama, yra juridiniai asmenys, ypač atsinaujinančių išteklių energijos bendrijos. Šiuo metu Lietuvoje yra instaliuota 141 MW saulės elektrinių ir 540 MW vėjo elektrinių. Suteikus investicinę paramą, bus sukurta ne mažiau kaip 301,9 MW papildomų elektros energijos gamybos iš AEI pajėgumų, iš kurių ne mažiau kaip 271,8 MW sudarys saulės energiją naudojančios elektrinės (įskaitant ir 4 MW saulės elektrinę Utenos regione), o ne mažiau kaip 30,1 MW – sausumos vėjo energiją naudojančios elektrinės. Taip pat bus įrengta ne mažiau kaip 15,2 MWh talpos individualių elektros energijos kaupimo įrenginių.

Paramos intensyvumas 45 proc. Paramos intensyvumas pagrįstas suorganizavus SE ir VE atranką, kurioje buvo naudojami Valstybinės energetikos reguliavimo tarybos patvirtinti dydžiai, taikant 45 proc. intensyvumą. Kiti ES fondai šiai priemonei finansuoti nebus skirti [20].

1.3.3. Klimato kaitos programa

2009 m. liepos 7 d. priimtas Lietuvos Respublikos klimato kaitos finansinių instrumentų įstatymas, kurio trečiajame skirsnyje reglamentuojama prekyba apyvartiniais taršos leidimais (ATL) ir Kioto vienetais, tarp jų ir nustatytosios normos vienetais (NNV). Siekiant sukurti atskirą programą už taršos leidimų pardavimus gautoms lėšoms rinkti ir klimato kaitos padarinių švelninimo projektams finansuoti, šio įstatymo 10 straipsniu įsteigta Klimato kaitos specialioji programa (KKSP).

Įgyvendinant Lietuvos Respublikos klimato kaitos valdymo finansinių instrumentų įstatymo Nr. XI-329 2, 9, 10 straipsnių ir 1, 2 priedų pakeitimo įstatymą, Klimato kaitos specialioji programa nuo 2019 m. sausio 1 d. vadinasi - Klimato kaitos programa.

Programos lėšos naudojamos šioms sritims:

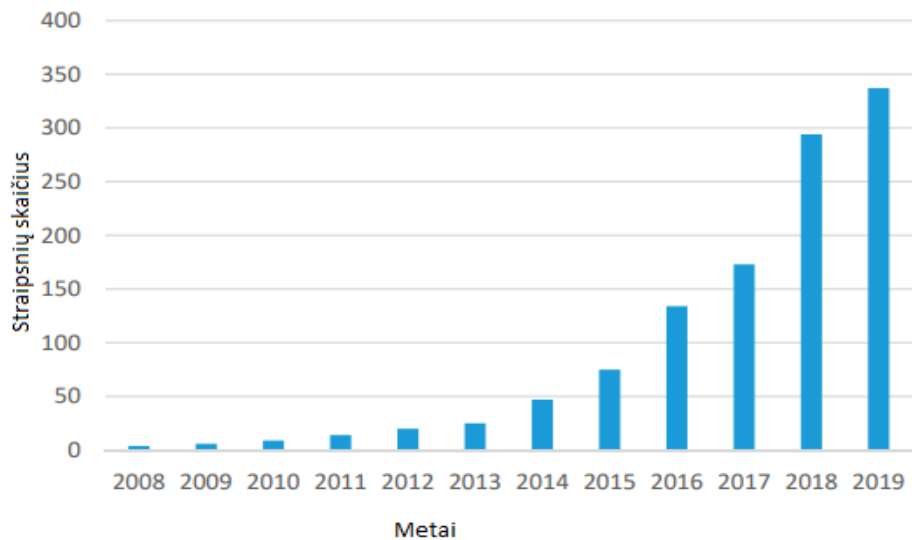
- lėšos skiriamos energijos vartojimo ir efektyvumo didinimo projektams (pvz., pastatų modernizavimui);
- programos lėšos skiriamos atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimo skatinimo ir aplinkai palankių technologijų diegimo projektams (pvz., biokuro katilų įrengimui ar saulės jėgainių įrengimui);
- vystomojo bendradarbiavimo projektų įgyvendinimui besivystančiose šalyse, perduodant Lietuvos technologijas ir patirtį (pvz. saulės elektrinės Gruzijoje (Sakartvele), Malyje, Malaizijoje);
- visuomenės informavimui ir švietimui, mokslo tiriamiesiems darbams, veiklos vykdytojų ir kitų asmenų konsultavimui ir mokymui;
- miškų atkūrimui ir įveisimui; informavimui, švietimui ir konsultavimui aktualiausiai klimato kaitos klausimais; prisitaikymo prie klimato kaitos pokyčių (angl. *adaptation*) ir klimato kaitos padarinių švelninimo (angl. *mitigation*) priemonių įgyvendinimui; Nacionalinės klimato kaitos valdymo politikos strategijos įgyvendinimo priemonių plano vykdymui [21];

Viena iš ES struktūrinių fondų, RRF ir klimato kaitos programų remiamų AEI plėtros modelių – gaminantis vartotojas (GV). GV – juridinis asmuo/įmonė naudoja AEI gaminama energiją savo poreikių tenkinimui. Siekiant užtikrinti, kad gaminančio vartotojo schema galėtų pasinaudoti visi elektros energijos vartotojai, elektrinei išgyti skiriama Europos Sąjungos struktūrinių fondų ir nacionalinės klimato kaitos programos, bei RRF lėšų. Nuo 2019 m. skiriama 323 eurų už 1 kW galios parama gaminantiems vartotojams [14].

1.4. Gaminančių vartotojų plėtra ir egzistuojantys verslo modeliai

Vienas iš unikalesnių elektros sistemos savybių yra tai, kad elektra turi būti gaminama ir vartojama tuo pačiu metu. Elektros energijos pasiūla, bei paklausa svyruoja visada. Paklausos profiliai keičiasi skirtingais laikotarpiais – atsižvelgiant į metų ir paros laiką. Energijos tiekimas buvo grindžiamas paklausos svyravimais naudojant skirtingas energijos gamybos technologijas. Didelę paklausa dažniausiai tenkino atominės ir anglimi kūrenamos elektrinės, o paklausos smailes – dujų turbinos ir hidroelektrinės. Ši paradigma daugiausia buvo grindžiama pasiūla atsižvelgiant į kintančią paklausą. Pastaroji pradėjo keistis suvokus, kad energetikos sistemą reikia dekarbonizuoti. Tai buvo padaryta įvedant didelį kiekį AEI į energetikos sistemą, daugiausia buvo įvesta VE ir SE. Iš AEI gamyba yra kintama ir neapibrėžta. Tai padidino elektros energetikos sistemos eksploatavimo sudėtingumą ir vis reikalauja naujų lankstumo šaltinių [22].

Mažėjant AEI įsirengimo kaštams, vienas iš populiariausių šiuolaikinių energetikos sistemos naujovių tampa „prosumer“ – GV. Susidomėjimą GV sąvoka galima pastebėti pagal paveikslą 10 pav.



9 pav. Straipsniai apie gaminančius vartotojus [22].

PROSEU – (*angl. prosumers for the Energy Union*) siekia integruoti vartotojų „prosumer“ fenomeną į ES energetiką. Gamintojai yra aktyvūs energijos vartotojai, kurie gamina ir vartoja energiją iš AEI.

Verslo modeliai gali paskatinti socialinius ir ekonominius pokyčius, vienas iš pavyzdžių tai prosumerizmo integravimas. Kiekvienas verslo modelis gali būti apibūdinamas elementais (3 lentelė).

Priėmus paprastą „verslo modelį“, kuri sukūrė Osterwalder‘is ir Pigneur‘as, galima suskirstyti skirtingus elementus ir išnagrinėti, kurie elementai keičiasi tiek įmonės, tiek vartotojų lygiu.

3 lentelė. Verslo modelio elementai [23].

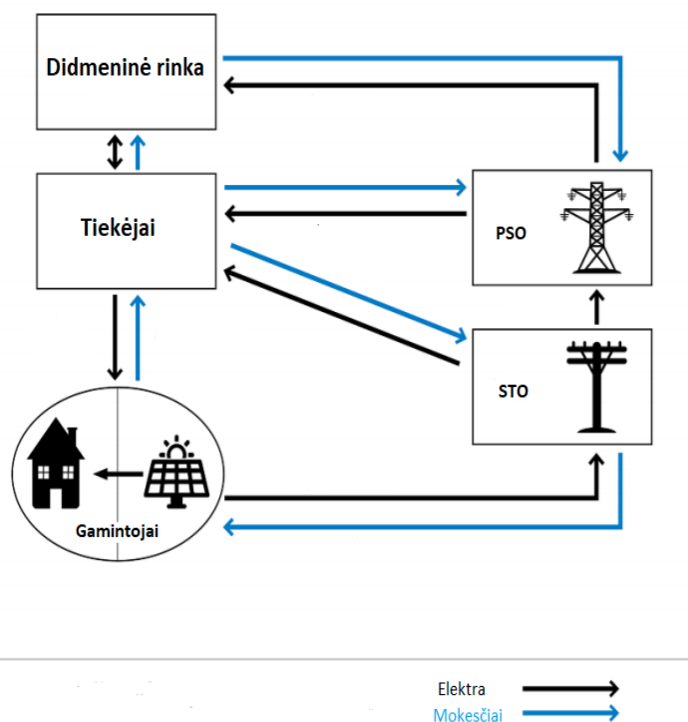
Elementas	Apibūdinimas
Siūloma vertė	Prekių ar paslaugų vertė ir naudingumas
Tiekimo grandinė	Santykis tarp organizacijos ir tiekėjo
Kliento sąsaja	Su klientais susijusi sąveika: rinkodara, pardavimas, priežiūra
Finansiniai modeliai	Organizacijos kapitalo ir veiklos išlaidų derinimas su pajamų generavimo priemonėmis
Valdymas	Koordinavimas, valdymas ir organizacinė forma: įvairūs viešosios, privačios ir pilietinės visuomenės valdymo lygiai

Pasaulyje yra sukurta įvairių verslo modelių, kurie skatintų gaminti elektros energiją naudojant. Toliau darbe apžvelgiami įvairiose ES šalyse taikomų verslo modelių pavyzdžiai. Jungtinėje Karalystėje taikomi verslo modeliai pateikiami 3 lentelėje.

4 lentelė. GV modelių tipai JK [24].

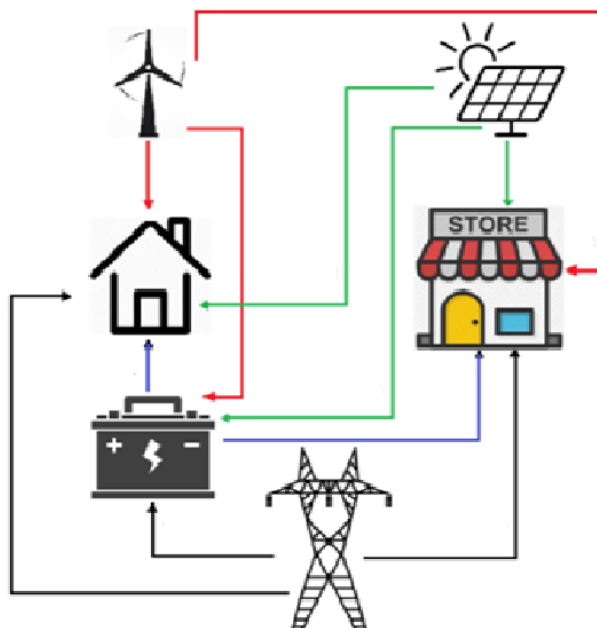
Verslo modelis
Paprastas gamintojas
Privatus tinklas/mikrotinklas
Vietos energetikos įmonė
Lankstumo paslaugų tiekėjas
„Peer-to-peer“
Energetikos paslaugų įmonė
Mobilių paslaugų tiekėjas

Vokietijoje remiantis AEI įstatymu, paprastaisiais GV gali tapti kai yra įgyvendinami trys kriterijai: elektrinės savininkas ir elektros vartotojas yra tas pats asmuo, tiesioginis erdvinis gamybos ir vartojimo artumas [22]. Vokietijoje energetikos reguliavimo sistema remia mažas sistemas, kurių galia neviršija 10 kW.



10 pav. Paprastojo gamintojo verslo modelis Vokietijos atvejis [22].

„Peer to peer“ (P2P) tai GV modelis kuris suprantamas taip, kad bet kurie du asmenys/namų ūkiai (vadinamieji GV) gali tiesiogiai dalintis pagaminta elektros energija, be tarpininkų, komunalinių paslaugų ar kitų trečiųjų šalių įsikišimo [25].



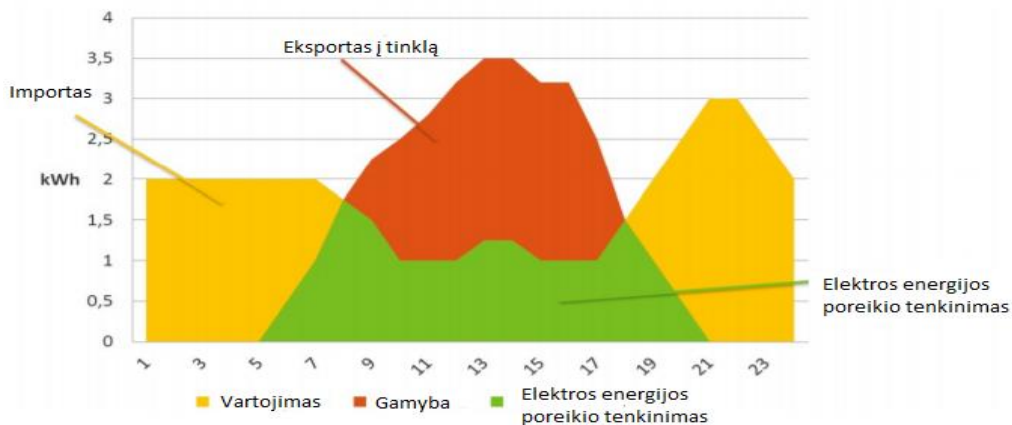
11 pav. P2P gaminančio verslo modelio pavyzdys [25]

11 paveiksle pateikiama modelio schema, kuri susideda iš dviejų subjektų. Pastarieji įsirengia nedidelę galią turinčią elektrinę, kuri elektros energiją gamina naudojant AEI. Gyvenamasis namas naudoja vėjo energiją su konversijos sistema (WECS) ir saugojimo sistema. Komeracinės paskirties pastatas naudoja saulės elektrinę ir naudoja šviesos energiją elektros energijos gaminimui.

Lietuvoje 2015 m. startavus dvipusiai elektros energijos apskaitos sistemai atsiranda vis daugiau elektros energijos vartotojų, kurie elektros energiją gamina savo reikmėms panaudodami AEI šaltinius.

1.4.1. Gaminančių vartotojų ir nutolusių gaminančių vartotojų plėtra Lietuvoje

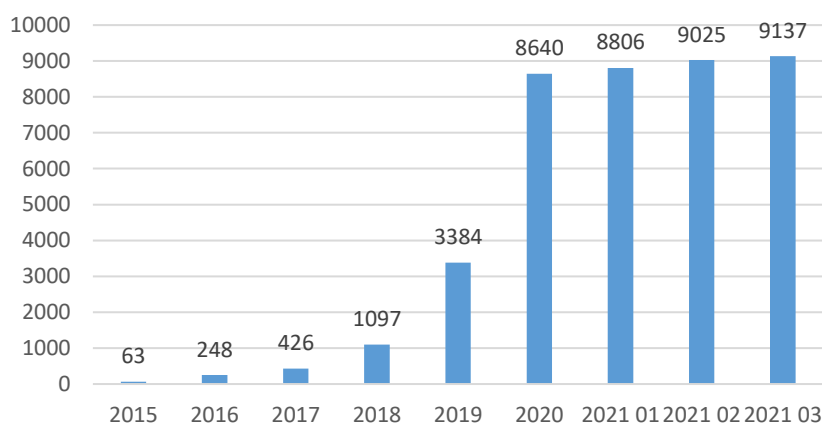
GV turi įsirengęs saulės elektrinę dažniausiai ant stogo arba nedidelę vėjo turbiną, kuri gamina elektros energija ir yra prijungta prie skirstomojo tinklo [26].



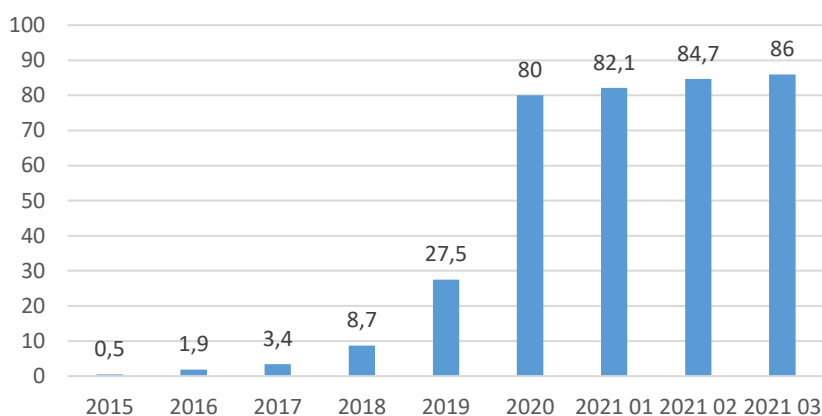
12 pav. Gaminančio vartotojo gaminama ir vartojama elektros energija [26]

Iš 12 pav. matyti, kad dalis gaminančio vartotojo pagaminamos elektros energijos sunaudojama iškart po pagaminimo. Tačiau gamyba ir vartojimas nėra sinchronizuojamas. Kai vietinės gamybos neužtenka poreikiams patenkinti yra naudojama elektros energija iš tinklo. Atvirkščiai, jei gamyba viršija suvartojimą, perteklinė energija tiekama į tinklą. Taigi vyksta du skirtingi elektros energijos mainai tarp gaminančio vartotojo ir tinklo: importas iš tinklo ir eksportas į jį [26].

Pagal AB „Energijos skirstymo operatoriaus“ (AB „ESO“) pateiktus duomenis matyti, kad per 2020 m. prijungtų gaminančių vartotojų skaičius išaugo 2,55 karto (13 pav.). Augant gaminančių vartotojų skaičiui, taip pat didėja ir bendra gaminančių vartotojų įrengtoji galia 2021 m. kovo mėn. ji yra 86 MW.



13 pav. Lietuvos gaminančių vartotojų prijungimo skaičiaus augimas [27]



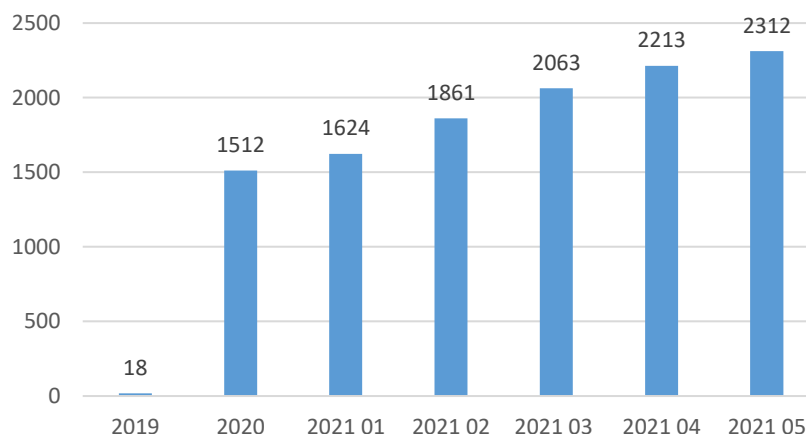
14 pav. Prijungtų gaminančių vartotojų galia Lietuvoje [27]

Nuo 2019 m. spalio 1 d. įsigaliojo Atsinaujinančių išteklių energetikos bei Elektros energetikos įstatymo pakeičiamieji, leidžiantys 1) gaminančių vartotojų generacijos pajėgumams būti geografiškai nutolusiems nuo vartojimo taško, ir 2) vieną elektrinę pasidalinti gaminančių vartotojų grupei.

Pirmoji sąlyga leidžia gaminančiam vartotojui elektrą gaminti viename, o ją vartoti kitame objekte, nepriklausomai nuo jų tarpusavio atstumo. Šiame modelyje elektrinė ar jos dalis yra

laikoma nutolusia elektrine, o objektas, kuriame yra vartojama elektros energija – vartojimo objektu. Toks vartojimo objektas, kuriam yra priskiriama nutolusios elektrinės generavimo galia, tampa nutolusiu gaminančiu vartotoju, ir jam yra taikomos tos pačios sąlygos ir galimybės, kaip įprastam GV, kuris gamina ir vartoja tame pačiame objekte.

Antroji sąlyga leidžia nutolusią elektrinę išsidalinti GV grupei. Tai reiškia, kad viena elektrinė gali būti virtualiai sudalinta į keletą dalių, ir priskirta keliems to paties kliento vartojimo objektams, ar net keliems skirtingiems klientams. Elektrinę padalinus į kelias dalis ir jas priskyrus prie skirtingų vartojimo objektų, kiekvienam vartojimo objektui tenkanti elektrinės pagaminta elektros energijos dalis yra proporcinga tam vartojimo objektui priskirtos elektrinės dalies galiai [28].



15 pav. Nutolusių gamintojų prijungimo statistika Lietuvoje [27]

Didėjantis GV ir NGV skaičius rodo, kad Lietuvoje populiaru tapti GV. Lietuvoje šiems elektros energijos gamintojams ir vartotojams yra suteikiamos teisinės ir finansinės skatinimo priemonės siekiant sparčiau plėtoti AEI.

1.4.2. Gaminančių vartotojų skatinimo priemonės Lietuvoje

2020 m. pasiektas esminis proveržis gaminančių vartotojų srityje – daugiau kaip 7 000 gyventojų yra gaminantys vartotojai su bendra elektrinių galia virš 65 MW. Per metus (nuo 2019 m. rugpjūčio iki 2020 m. rugpjūčio) iš AEI elektrą gaminančių vartotojų skaičius išaugo 3 kartus ir 2020 m. per savaitę vidutiniškai yra įrengiama apie 120 elektrinių. [29].

Per pastaruosius metus sukurtos reikalingos teisinės ir finansinės sąlygos sparčiai GV plėtrai.

Teisinės galimybės: tapti GV nuo 2019 m. gali visos vartotojų grupės – juridiniai ir fiziniai asmenys. Taip pat saulės elektrinę galima įsirengti tiek savo vartojimo vietoje (pvz., ant stogo), tiek įsirengti ar įsigyti nutolusią saulės elektrinę. Tai leidžia pasigaminti elektros energiją gyventojams, gyvenantiems tiek individualiuose namuose, tiek butuose. 2021 m. GV prijungimo prie tinklo kaštai yra 50 proc. visų kaštų (vietoj 100 proc.).

Finansinės galimybės: gauti paramą nuo 2020 m. gali visos vartotojų grupės – juridiniai ir fiziniai asmenys. Fiziniais asmenims taikomas fiksuotas įkainis už įsirengtą / įsigytą 1 kW elektrinės galios – 323 Eur. Vien fiziniais asmenims nuo 2019 m. skirta virš 20 mln. Europos Sąjungos (ES) paramos – tai užtikrino virš 65 mln. Eur bendrų investicijų [29].

Ilguoju laikotarpiu elektros energijos vartotojai taps aktyvūs rinkos dalyviai, jiems bus suteikiama galimybė iš AEI gaminamą energiją vartoti savo reikmėms, o už perteklinę energiją, patiektą į tinklą, gauti rinkos sąlygas atitinkantį atlygį. Iš AEI pasigamintą energiją vartojančių savo reikmėms vartotojų iki 2030 metų bus ne mažiau kaip 30 proc., palyginti su visų vartotojų skaičiumi, o iki 2050 metų – ne mažiau kaip 50 proc. [13].

Tačiau 2020 m. tikslo, t. y. 2 % GV nuo visų elektros energijos vartotojų (apie 34 000), pasiekti nepavyko. Viena iš pagrindinių priežasčių, kuri galėjo sąlygoti neįgyvendintą 2020 m. tikslą - GV integravimas į ST.

1.4.3. Gaminančių vartotojų prijungimo prie skirstomojo tinklo techninės galimybės

Elektros energijos gamybą naudojant AEI įtakoja meteorologinės sąlygos. Dėl kintančių žaliosios energetikos ypatumų yra iškeliami nauji iššūkiai elektros sistemai. Šios AEI charakteristikos įvairiais būdais veikia energijos sistemos efektyvumą, energijos kokybę, sistemos patikimumą, apkrovos valdymą ir saugumą. Pažymėtina, kad šie veiksniai yra reikšmingi ir į kuriuos reikia atsižvelgti integruojant AEI į tinklą [30].

Vienos iš pagrindinių neigiamų savybių turinčių įtaką ST darbui yra įtampos nuostolių didėjimas. Integruojant vis daugiau SE į ST, pasyvusis elektros energijos tinklas yra paverčiamas aktyviu. Pastebėtina tai, kad tada energijos srautas tada yra dvikryptis ir gali tekėti ir iš SE, ir iš ST [31].

Tapus gaminančiu vartotoju saulės elektrinė yra integruojama į ST ir elektros energija gali tekėti į abi puses. Tačiau dauguma elektros ST nebuvo projektuojami taip, kad būtų pritaikytos abipusiam energijos srautui. Netgi nedideli saulės elektrinės gaminamos elektros energijos kiekiai gali paveikti sistemos parametrus ir pakenkti tiekimo grandinėms. Tai gali būti kaimo ar besivystančios vietovės, o ST sistema nėra glaudžiai suderinta su SE integraciją į ją [32].

Vartotojams tiekiamos elektros energijos kokybę lemia dažnis ir įtampa. Nominalus dažnis yra 50 Hz. Stabiliai veikiant elektros energijos sistemai jis neturėtų būti žemesnis nei 49,5 Hz arba didesnis nei 50,5 Hz [33].

Įtampos ir galios koeficiento svyravimai, įtampos dydžio skirtumas tarp standartinio ir galios koeficiento kritimas yra keletas poveikių atsirandančių dėl saulės elektrinių prijungimo prie ST. SE prijungimas prie tinklo sumažina energijos nuostolius ir padidina taške, kuriame yra prijungta saulės elektrinė. Įrengus SE ir prijungus ją prie tinklo linijos gale, įtampos kritimas padidėja linijos viduryje, o tai blogina įtampos vertes šiuose taškuose [34].

GV Lietuvoje dažniausiai yra prijungiami prie žemosios įtampos tinklo (0,4 kv.). Remiantis Lietuvos standarto LST EN 50160:2010 „Viešųjų elektros tinklų tiekiamos elektros įtampos charakteristikos standarte“ nustatyta, kad maitinimo įtampos kitimai ir nuostoliai neturi viršyti nominaliosios įtampos vertės ± 10 proc. [35].

Remiantis Valstybinės energetikos reguliavimo tarybos nutarimu (VERT), Dėl elektros energijos įrenginių prijungimo prie elektros tinklų įkainių nustatytos metodikos patvirtinimo (toliau – Prijungimo metodika), vartotojas norintis tapti GV padengia 50 proc. operatoriaus patirtų kaštų [36], jei SE prijungimas be tinklo plėtros negalimas vartotojo maitinimosi taške.

Taigi, vienas iš aktualiausių decentralizuotos elektros energijos generacijos klausimų – GV integravimas į ST. Jau dabar susiduriama su 2 proc. visų atvejų, kai, pateikus prašymą prijungti GV, yra nustatoma, kad bus reikalinga esminė tinklo rekonstrukcija. Tokie prašymai dažniausiai yra atšaukiami ir GV prijungimas nebevykdomas. Didėjant GV šios problemos taps vis opesnės [29].

2. Metodologinė dalis

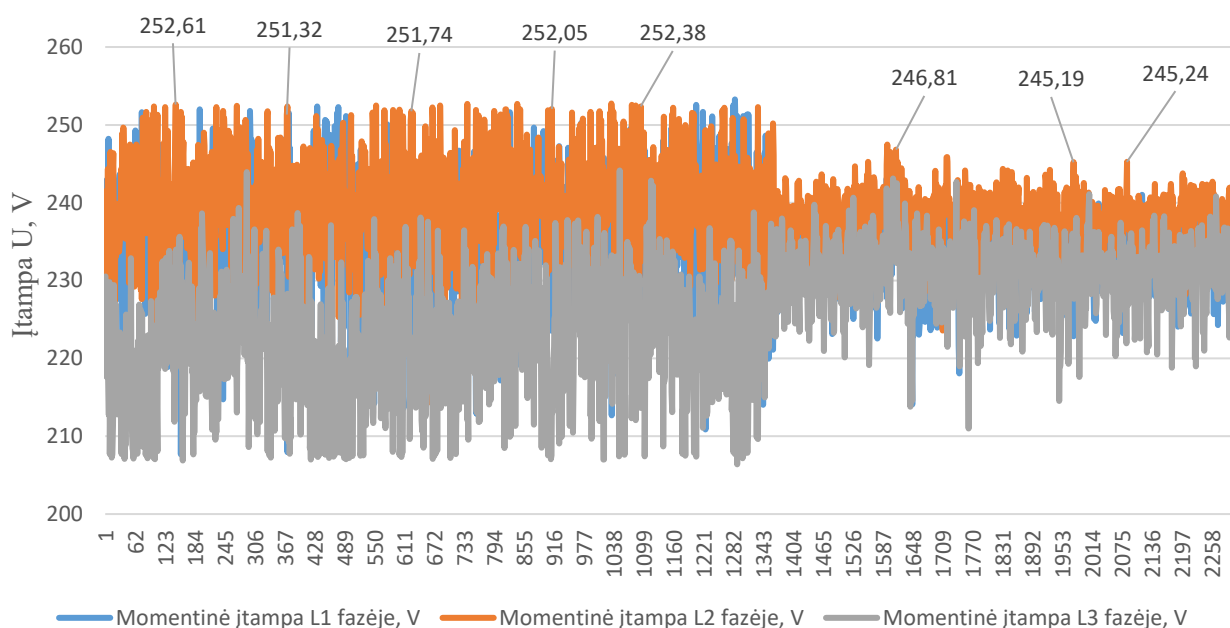
Lietuvoje vis daugiau namų ūkių tampa GV. Skaičiuojant SE atsiperkamumo laikotarpį ir pritaikant valstybės teikiama parama dėl generacijos šaltinių įsirengimo ant namo stogo atrodo patraukli investicija, tačiau pasitaiko atveju kai atsiranda poreikis modernizuoti ST ir prie investicijų prisideda nenumatyta tinklo plėtros dedamoji. Kadangi, pagal Prijungimo metodika yra nustatyta, kad jeigu objekto maitinimosi taške SE prijungimas be tinklo plėtros negalimas, pastarasis turi padengti 50 proc. prijungimo kaštų. Ši suma gali siekti nuo kelių šimtų iki kelių ar daugiau tūkstančių eurų priklausomai nuo vietovės ir priimamų techninių sprendinių.

2.1. Skirstomojo tinklo modernizacija dėl gaminančių vartotojų plėtros Lietuvoje

Didėjant GV skaičiui Lietuvoje atsiranda vis daugiau tokiu atveju, kad generacijos šaltinių prijungimas prie ST tampa nebeįmanomas be tinklo rekonstrukcijos. Dažniausiai, vykdomos tinklo rekonstrukcijos yra keičiant galios transformatorių arba didinant esamų laidų skerspjūvį. Šie metodai yra taikomi, kai SE prijungimo taške yra fiksuojami įtampų perviršiai ir negalima užtikrinti numatytų įtampų objekto maitinimosi taške, kurios nurodytos Lietuvos standarte LST EN 50160:2010. Generacijos šaltinių prijungimas prie tinklo visada yra skaičiuojamas 0,4 kV linijoje kai nėra vartojama elektros energija.

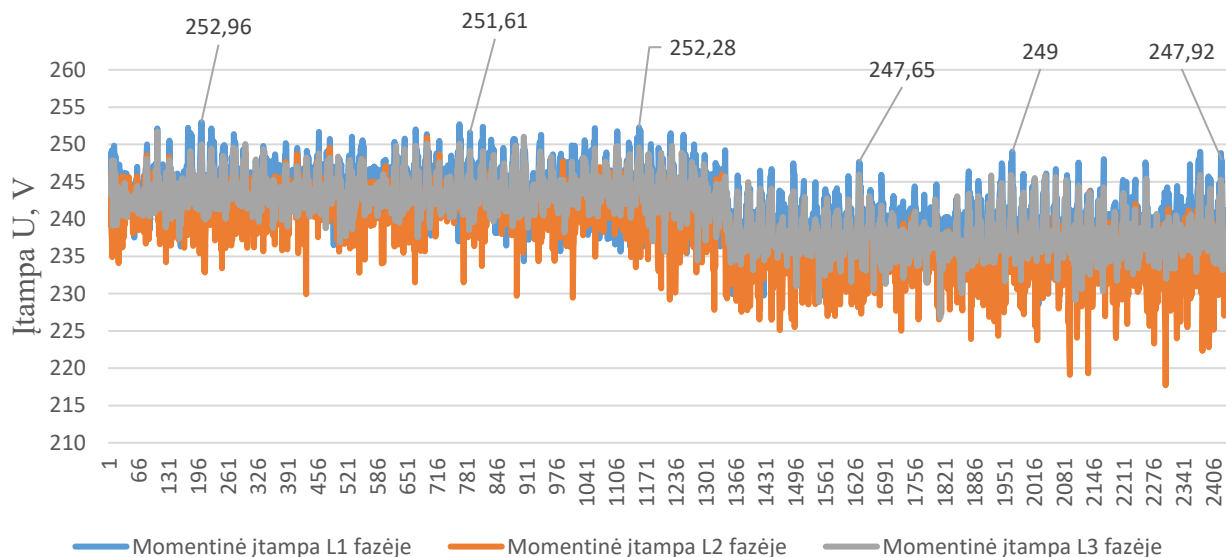
Esamų laidų skerspjūvis dažnu atveju yra didinamas kaimo vietovėse ar rečiau apgyvendintose teritorijose. Tokiose vietovėse dažniausiai elektros energija vartotojams yra tiekama oro linijomis ir kad paskutinius vartotojus besimaitinančius nuo oro linijos pasiektų standartus atitinkantį elektros energiją yra sukeliama įtampa transformatorinėse. Pasitaiko atveju, kad rečiau apgyvendintose teritorijose tinklo elementų eksploatacijos laikotarpis jau siekia daugiau negu kelis dešimtmečius. Tokiais atvejais didinant esamų laidų skerspjūvį galima sumažinti įtampos nuostolius nuo SE prijungimo taško iki transformatorinėse arba kitais atvejais galima mažinti įtampa transformatorinėje, mažinant atšakų padėtį jei tai neblogina situacijos esamiems elektros energijos vartotojams.

Miesto vietovėse, didesniuose miesteliuose ar daugiau apgyvendintose teritorijose elektros energija yra tiekama kabelinėmis linijomis arba oro linijomis, kurių skerspjūvis yra didesnis palyginus su kaimo vietovėmis, bei tinklo elementų eksploatacijos laikotarpis neskaičiuoja kelių dešimtmečių. Šiuose vietovėse dažnu atveju GV plėtrai galimybėmis yra patrauklesnės. Nedidelės galios kelis ar viena generacijos šaltinius galima prijungti prie ST be tinklo modernizacijos, tačiau tokiose teritorijose elektros energijos vartotojai dažniau domisi galimybę tapti GV ir atsiranda poreikis rekonstrukcijai. Tokiu atveju esamų linijų skerspjūvio didinimas situacijos negelbėja. Kitas modernizacijos būdas transformatoriaus keitimas pagal standartą IEC 60076-8:1997 [37] ir pagal AB „ESO“ elektros ST technologinės plėtros strategija [38]. Remiantis šiais dokumentais ST, kurie yra su keturlaide skirstymo sistema, transformatoriai turi būti įrenginėjami ar keičiami su apvijų jungimo grupe Yzn11 iki 100 kVA, o transformatoriams, kurių galingumas nuo 100-630 kVA su apvijų jungimo grupe Dyn11.



16 pav. Gaminančio vartotojo momentinės įtampos pakeitus 160 kVA transformatorių iš Yyn0 į Dyn11 apvių jungimo grupę [39]

Pavyzdys kaip keičiasi gaminančio vartotojo momentinės įtampos pakeitus transformatorių iš Yyn0 į Dyn11 pateiktas 16 paveiksle.



17 pav. Gaminančio vartotojo įtampos pakeitus esamo transformatoriaus 40 kVA su apvių jungimo grupe Yzn11 atšakos padėtį iš antros į pirmą [39]

17 paveiksle pavaizduotos gaminančio vartotojo įtampos sumažinus esamo transformatoriaus 40 kVA su apvių jungimo grupe Yzn11 atšakų padėtį iš antros į pirmą. Šis įtampų mažinimo būdas taip pat yra taikomas, kad būtų galima prijungti generacijos šaltinį prie ST. Pasitaikius, tokiam atvejui, kad

sumažinus transformatoriaus atšakos padėtį, SE prijungimas prie ST galimas be tinklo modernizacijos, atšakos keitimas atliekamas nemokamai, bei elektros energijos vartotojui norinčiam tapti GV, tinklo plėtros dedamoji nėra skaičiuojama. Bet dažnu atveju, pasitaiko, kad atšakos padėties negalima sumažinti, todėl, kad būtų užtikrinamas patikimas elektros energijos tiekimas paskutiniams vartotojams.

Dauguma transformatorinių Lietuvos ST neturi kontrolinių apskaitų, kuriuose būtų galima stebėti įtampas šynose. Tokiu atveju yra statomi įtampų analizatoriai, kurie matuoja įtampas transformatorinės šynose parą ir pagal gautus duomenis analizuojamos SE prijungimo galimybės vartotojo maitinimosi taške. Kitas skaičiavimo būdas, jei jau prie nagrinėjamos transformatorinės yra prisijungęs GV skaičiuojama pagal jo momentines įtampas. Kiekvienas esamas GV turi dvikryptį elektros energijos apskaitos prietaisą su automatizuota elektros energijos apskaitos įranga. Tada pagal gautus įtampos duomenis yra imamos reikšmės atmetus 0,5 proc. maksimalių reikšmių dėl galimų paklaidų.

Susidarius tokiai situacijai, kai vartotojų maitinimosi taške norint prijungti SE reikalinga rekonstrukcija, namų ūkis turi kitą alternatyvą – tapti NGV ir įsigyti dalį SE iš saulės elektrinių parko. Pasirinkus šį modelį prie investicijų tinklo plėtros dedamoji nebūtų skaičiuojama.

Vartotojas prijungęs SE prie ST ir tapus GV ar NGV, kiekvieną mėnesį privalo mokėti mokestį AB „ESO“ už elektros energijos pasaugojimą.

2.2. Tyrimo objektų aprašymas

Sparčiai didėjant susidomėjimui dėl tapimo GV svarbu įvertinti technines galimybes prijungti SE prie ST, bei atlikti ekonominę ir jautrumo analizę taikant skirtingus verslo modelius:

- 1) GV;
- 2) NGV;
- 3) „P2P“.

Nagrinėjamos GV modelių galimybės: pirmiesiems trims objektams įvertinama galimybė tapti GV įvertinus tinklo plėtros rekonstrukcijos mokestį prie ST. GV schema apibrėžiama, kad kiekvienas tiriamasis objektas įsirengia SE ant gyvenamojo namo stogo ir nesunaudota elektros energijos tiekia į ST „pasaugojimui“. NGV modelio skirtumas nuo GV toks, kad tiriamieji objektai SE įsigyja iš SE parkų, tačiau šių modelių panašumas, kad abiem atvejais už elektros energijos „pasaugojimą“ ST gali atsiskaityti vienu iš keturių siūlomų tarifų. Ketvirto, tiriamojo objekto atveju, nagrinėjama aplinkybė kai du gyvenamieji namai tarpusavyje dalinasi pagaminta elektros energija, be trečiųjų šalių įsikišimo (1.4. skyriuje aprašytu verslo modeliu). Vienas būtinas vartotojas turi įsirengęs SE, kitas – VE su išmaniają elektros energijos kaupimo sistema. Šios AEI technologijos nėra prijungiamos prie ST ir atsiskaitymai ST netaikomi.

Tyrimo atlikimui pasirinkti – skirtingi vietose esantys būtiniai vartotojai:

- 1) Objektas A esantis kaimo vietovėje;
- 2) Objektas B esantis miesto vietovėje;
- 3) Objektas C esantis miesto vietovėje, bet pagaminama elektros energija naudojasi keli objektai;

4) Objektas D esantis miesto teritorijoje nagrinėjamas „P2P“ verslo modelio atvejis.

Objektas A – kaimo vietovėje esantis gyvenamasis namas. Pastato stogas yra šlaitinis, kuris padengtas skardine danga. Bendras stogo plotas ~ 149 m². SE modulius planuojama įrengti atsukus į pietinę pusę.

Objektas B – miesto vietovėje esantis gyvenamas namas. Pastato stogas kaip ir objekto A – šlaitinis ir padengtas skardine danga. Bendras stogo plotas ~ 152 m² SE modulius kaip ir objekto A planuojama įrengti atsukus į pietų pusę, nes toks montavimo būdas padės pagaminti daugiau elektros energijos.

Objektas C – susideda iš dviejų pastatų: sodo namas yra kaimo gyvenvietėje, gyvenamasis namas – miesto vietovėje. Sodo namo stogas šlaitinis, danga bituminė. Bendras stogo plotas ~ 120 m². Šiame pastate daugiausia elektros energijos sunaudojama vasaros laikotarpiu. Gyvenamasis namas – pastato stogas šlaitinis. Bendras stogo plotas ~ 150 m². SE modulius planuojama įrengti ant gyvenamojo namo stogo, nes šio pastato stogas yra orientuotas į pietinę pusę.

Objektas D – Šis objektas susidedu iš dviejų gyvenamųjų namų, kurie yra elektros energijos vartotojai. Vienas turi įsirengęs vėjo elektrinę, kitas saulės elektrinę ant gyvenamojo namo stogo. Tarpusavyje jie dalinasi elektros energiją, be jokių trečiųjų šalių įsikišimo.

Elektros energijos tiekimo užtikrinimui objektai įsigyja generatorių, kurie užtikrins nepertraukiamą elektros energijos tiekimą, jei pasitaikytų gedimo atveju ar nei vienas iš įrengtų AEI šaltinių negeneruotų elektros energijos.

AEI tokie kaip vėjo ir saulės energija, gali būti derinami, siekiant padidinti bendrą energijos gamybą ir taip padidinti sistemos efektyvumą. Šis derinys gali padėti generuoti elektros energiją tolygiai, nes SE, elektros energija gamina diena, kai šviečia saulė, o VE – dažniausiai naktį, kai nusileidžia saulė.

Pagrindinis hibridinės saulės ir vėjo sistemos privalumas, kad sistemos patikimumas padidėja kartu naudojant saulės ir vėjo energiją [42].

Šis verslo modelio atvejis nėra patvirtintas Lietuvoje, tačiau tokio atvejo analizę atlikti tikslinga siekiant įvertinti ar tokia hibridinė generacija būtų efektyvi Lietuvos sąlygomis.

Lietuva nėra pusiaujo ar atogrąžų šalis, kai šviečia saulė, nebūna vėjo. Žinoma, yra ir priešingai – pučiant vėjui, stebima mažiau saulės. Panašios tendencijos ir su metų laikais, kai rudenį ir žiemą būna didesni vėjo gūšiai, o pavasarį ir vasarą daugiau saulėtų dienų [43].

2.3. Gaminančių vartotojų ir nutolusių gaminančių vartotojų atsiskaitymo būdai

VERT patvirtino naujos redakcijos Elektros energiją gaminančių vartotojų naudojimosi elektros tinklais paslaugų kainos skaičiavimo metodiką. Metodikos pakeitimais įgyvendinami 2018 m. balandžio 12 d. priimti Atsinaujinančių išteklių energetikos įstatymo pakeitimai, kuriais įtvirtintos kelios atsiskaitymo alternatyvos GV už pasinaudojimą elektros tinklais [40].

Elektros energijos vartotojas gali pasirinkti vieną iš keturių būdų:

1. vienanarę paslaugų kainą, kai mokama už 1 kWh atgauto iš elektros tinklų elektros energijos kiekio, kurį prieš tai GV buvo pagaminęs ir patiekęs į ST;
2. vienanarę paslaugų kainą, kai mokama už 1 kW GV elektrinės įrengtosios galios;
3. dvinarę paslaugų kainą, kai mokama už 1 kWh atgauto iš elektros tinklų elektros energijos kiekio, kurį prieš tai GV buvo pagaminęs ir patiekęs į ST, ir už 1 kW GV elektrinės įrengtosios galios;
4. procentą elektros energijos kiekio, GV patiekto kaupimo laikotarpiu į elektros tinklus, kuriuo GV atsiskaito už naudojimąsi elektros tinklais [40].

AB „ESO“ už pasaugojimą pagaminamos elektros energijos įkainiai pateikiami 4 lentelėje.

5 lentelė. Gaminančių vartotojų atsiskaitymo būdai (kainos galiojančios nuo 2022-01-01) [41].

Atsiskaitymo būdas	Mokama už	Tinklo įtampa	Mato vnt.	Kaina su PVM
Atsiskaitymas už gautą energiją	Už patiekto į tinklą ir vėliau atgautos elektros energijos kilovatvalandę (kWh)	Vidutinė	Eur/kWh	0,02718
		Žemoji	Eur/kWh	0,04477
Atsiskaitymas už elektrinės instaliuotą galią	Už instaliuotą elektrinės generuojamos galios kilovatą(kW)	Vidutinė	Eur/kW/mėn.	1,1979
		Žemoji	Eur/kW/mėn.	2,5168
Atsiskaitymas mišriu būdu	Atsiskaitymas mišriu būdu, t. y. už patiekto į elektros tinklus ir vėliau atgautos elektros energijos kilovatvalandę (kWh) ir už instaliuotą elektrinės generuojamos galios kilovatą (kW)	Vidutinė	Eur/kWh	0,01089
			Eur/kW/mėn.	0,5929
		Žemoji	Eur/kWh	0,02299
			Eur/kW/mėn.	1,2584
Atsiskaitymas kilovatvalandėmis	Atsiskaitymas kilovatvalandėmis: nustatytas procentas nuo patiekto į tinklus energijos kiekio (kWh) paliekamas operatoriui už naudojimosi tinklais paslaugas klientas galės neatlygintinai atgauti nustatytą procentą nuo savo pagaminto ir patiekto į tinklą kiekio	Vidutinė	21% (gaminančiam vartotojui lieka 79%)	
		Žemoji	33% (gaminančiam vartotojui lieka 67%)	

Nuo 2019 m. įsigaliojus Atsinaujinančių išteklių energetikos bei Elektros energetikos įstatymo pokyčiams GV elektrą gali gaminti viename prijungimo taške, o ją vartoti kitame objekte, nepriklausomai tarp jų esamo atstumo. Įsigaliojus šiam įstatymui atsirado ir dar viena alternatyva - viena SE gali virtualiai būti išdalinta į keletą GV grupių, priskiriant kiekvienam elektros energijos vartotojui. Toks verslo modelis yra vadinamas NGV ir šiam modeliui mokestis už pasinaudojimą elektros energijos tinklais yra taikomas kaip įprastiniam GV.

2.3.1. Tiriamųjų objektų mėnesinis elektros energijos poreikis

Tiriamųjų objektų elektros energijos poreikiai pateikti 6 lentelėje.

6 lentelė. Tiriamųjų objektų mėnesinis elektros energijos sunaudojimas [39].

Mėnesis	Objektas A	Objektas B	Objektas C		Objektas D	
			Sodo namas	Gyvenamasis namas	Gyvenamasis namas 1	Gyvenamasis namas 2
Sausis	473	520	90	459	437	441
Vasaris	455	500	87	442	420	424
Kovas	474	521	65	460	438	442
Balandis	444	489	212	431	411	415
Gegužė	446	491	255	434	412	417
Birželis	454	499	346	441	419	423
Liepa	439	483	334	426	406	410
Rugpjūtis	425	468	284	413	393	397
Rugsėjis	441	485	168	428	407	411
Spalis	428	471	82	416	396	400
Lapkritis	449	494	86	437	415	419
Gruodis	427	470	41	415	395	399
Metinis elektros energijos sunaudojimas, E	5355	5891	2050	5202	4948	4998

Atsižvelgiant į ST rekonstrukcijos pobūdį pagal vietovę, tyrimo atlikimui pasirenkami 4 objektai miesto ir kaimo teritorijose. Tiriamiesiems objektams bus įvertinama galimybė tapti GV ir NGV. Už elektros energijos pasaugojimą ST, galima pasirinkti keturis skirtingus atsiskaitymo būdus. Išskyrus 4 objektą, nes AEI technologijos nėra prijungiamos prie ST. Kiekvieno objekto atveju atliekami ekonominiai skaičiavimai įvertinant, kuris atsiskaitymo būdas yra ekonomiškai priimtinausias.

2.3.2. Tinklo plėtros dedamosios nustatymas

Buitiniai vartotojai dažniausiai įsirengia SE iki 10 kW galingumo, kadangi parama 323 Eur už 1 kW SE skiriama iki 10 kW. Remiantis šia aplinkybe tiriamiesiems objektams parenkamos SE.

Objektui A – nagrinėjamos dvi skirtingo dydžio elektrinės: 5 kW ir 7,5 kW. Įvertinant, kad jeigu vartotojas nori įsirengti 5 kW ir 7,5 kW galingumo SE yra reikalinga ST modernizacija ir atsiranda papildoma investicija – tinklo rekonstrukcijos dedamoji. Šiuo atveju esamoje oro linijoje reikia didinti esamų laidų skerspjūvį.

Objektui B – vertinamos galimybės įsirengti dvi skirtingo dydžio elektrinės: 5 kW ir 7,5 kW Šiam objektui įvertinus esamo tinklo situaciją, priimama, tinklo plėtros dedamoji prisideda įsirengus 5 kW ir 7,5 kW galingumo SE. Šiuo atveju būtina keisti esamą transformatorių su apvijų jungimo grupe Dyn11.

Objektui C – nagrinėjamos galimybės įsirengti 5 kW ir 7,5 kW galingumo SE ant gyvenamojo namo stogo, tačiau virtualiai pagaminta elektros energija dalis bus skiriama tenkinti ir sodo namo poreikiams. Įvertinus esamo tinklo galimybes SE prijungimui nustatyta, kad transformatoriaus keitimas į Dyn11 reikalingas norint įsirengti 5 kW ir 7,5 kW galingumo saulės elektrines.

Objektui D – tinklo plėtros dedamoji nėra vertinama, nes AEI technologijos nėra prijungiamos prie ST. Šiuo objekto atveju bus įrenginama 10 kW VE ir 10 kW SE.

Tyrimo objektų tinklo plėtros/rekonstrukcijos dedamųjų tipai apibendrinti ir pateikti 7 lentelėje. Pateikiama lentelė, kuriuo „+T“ žymi, kad reikalingas transformatoriaus keitimas ir prie investicijų prisideda tinklo plėtros dedamoji. „+L“ žymi, kad atliekamas ST rekonstravimas, tačiau modernizacijos metu didinamas oro linijos skerspjūvis. Žymėjimas „-“ nurodo, kad tinklo plėtra neatliekama.

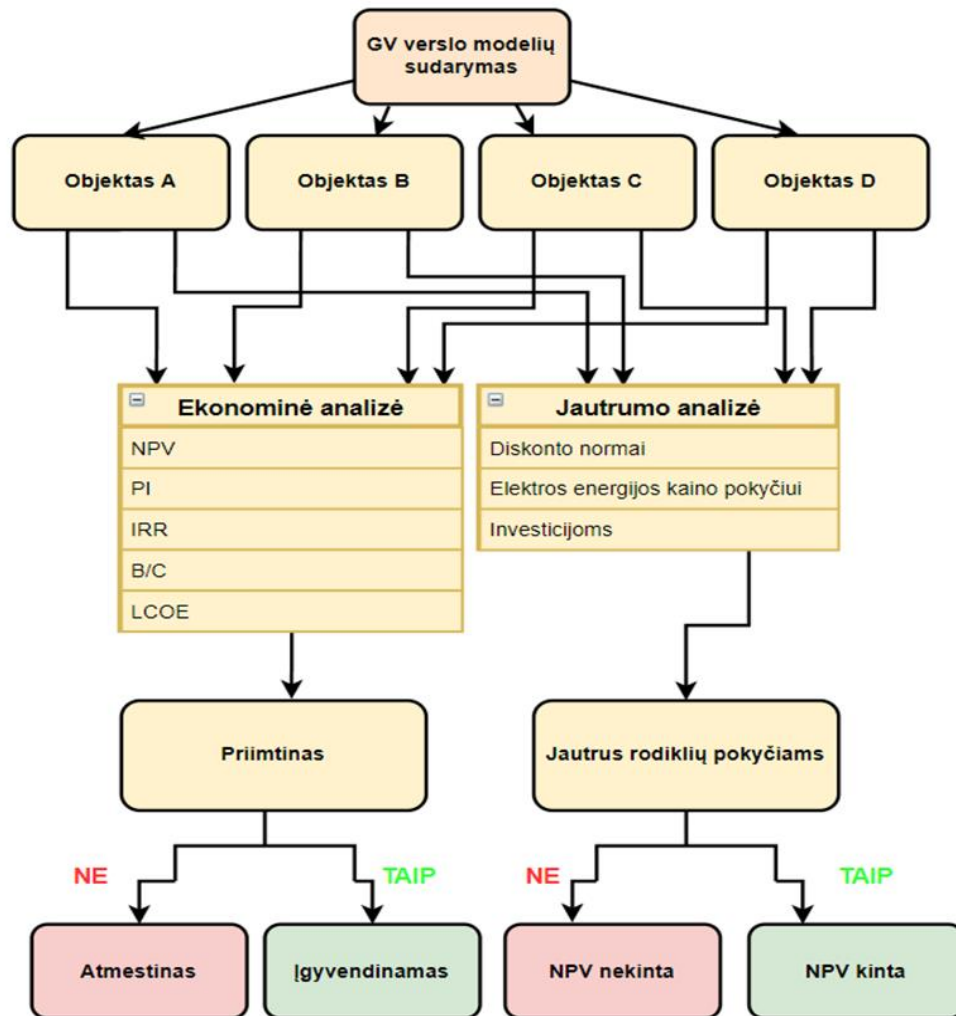
7 lentelė. Tyrimo objektams reikalingos tinklo plėtros/rekonstrukcijos dedamosios

Saulės elektrinės galia, kW	Objektas A	Objektas B	Objektas C	Objektas D
5	+L	+T	+T	-
7,5	+L	+T	+T	-

Kiekvieno objekto atveju būtina išanalizuoti galimybes taikyti skirtingus verslo modelių tipus. Tuo tikslu reikia atlikti investicinio projekto įvertinimą kiekvienam objektui, atliekant ekonominę ir jautrumo analizę atsižvelgiant į tinklo rekonstrukcijos mokesčių GV verslo modeliu atveju, kuris padidina SE įsirengimo investicijas. Įsigyjant SE iš SE parkų ir objektams apskaičiuojama galimybė tapti NGV. Šiuo atveju tinklo plėtros dedamoji prie investicijų nėra skaičiuojama. Bei taikant hibridinę generaciją: pirmajam gyvenamajam namui įsirengus VE su baterijomis, antrajam – SE. Pagaminta elektros energija abu buitiniai vartotojai dalinasi tarpusavyje.

2.4. Investicinių projektų įvertinimo būdai

Kiekvieną investicinį projektą svarbu įvertinti ekonominiais vertinimo metodais, norint nustatyti jo ekonominį rentabilumą. Atliekant visų objektų ekonominį įvertinimą yra svarbu nustatyti ar investuotos lėšos į projektą atsipirks ir kokia bus atsipirkimo trukmė. Tiriamųjų projektų analizės algoritmas pateiktas 18 paveiksle. Vertinimui pasirenkami pagrindiniai ekonominiai rodikliai, kurie leis įvertinti projekto ekonominį rentabilumą, bei suformuluoti rekomendacijas, kuris verslo modelis yra tinkamiausias pasirinktiems objektams.



18 pav. Tiriamųjų projektų analizės algoritmas

Investicinių projektų ekonominiam įvertinimui plačiausiai taikomi šie metodai:

- Grynosios dabartinės vertės metodas;
- Naudos ir išlaidų santykio metodas;
- Vidinės pelno normos metodas;
- Atsipirkimo trukmės metodas.

Esamosios vertės metodas yra vienas iš plačiausiai taikomų. Jį taikant, visi būsimieji pinigų srautai paverčiami į ekvivalentišką piniginių vienetų kiekį dabartiniu laiko momentu. Esamoji vertė apskaičiuojama diskontuojant visus iš investicinio projekto numatomus gauti pinigų srautus pagal šią formulę:

$$PV = \sum_{t=0}^T \frac{CF_t}{(1+k)^t}; \quad (2.4.1)$$

čia: PV – esamoji vertė; CF_t – pinigų srautas laiko momentu t ; k – diskonto norma; T – naudojimo trukmė metais.

Jeigu pradinės investicijos yra skiriamos pradinio laiko momentu, tai galima taikyti tokią išraišką: (4.3.2):

$$NPV = -K + \sum_{t=0}^T \frac{CIF_t}{(1+k)^t}; \quad (2.4.2)$$

čia: K – bendras investuotinas kapitalas, Eur.

Naudos ir išlaidų metodas, pagrįstas tuo, kad nustatomas santykis tarp projekto naudos ir su juo susijusių išlaidų. Projektas laikomas priimtiniu, jei jo įgyvendinimo nauda viršija išlaidas:

$$\frac{B}{C} > 1$$

čia: B – nauda, Eur. C – išlaidos, Eur.

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum P}{K + \sum C}; \quad (2.4.3)$$

Taikant šį metodą, tikslinga nustatyti įplaukų ir išlaidų srautus, apskaičiuojant jų esamąsias vertes per visą projekto naudojimo laikotarpį t. y. pelningumo indeksą [44]:

$$PI = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{CIF_t}{(1+k)^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{COF_t}{(1+k)^t}} \quad (2.4.4)$$

Vidinė pelno norma nustatoma apskaičiuojant dvi diskonto normas: viena PV reikšmė turi būti teigiamą, o kitą PV reikšmė neigiamą, interpoliacijos būdu. Jos skaičiavimai atliekami pagal formulę (4.3.3):

$$IRR = i_1 + \left[(i_2 - i_1) \left(\frac{PV_1}{PV_1 - PV_2} \right) \right]; \quad (2.4.5)$$

čia: PV_1 – grynoji dabartinė vertė prie žemesnės diskonto normos; PV_2 – grynoji dabartinė vertė prie aukštesnės diskonto normos; i_1 – žemesnė diskonto norma; i_2 – aukštesnė diskonto norma.

Atliekant GV verslo modelių ekonominę analizę svarbu įvertinti ir dar vieną ekonominį rodiklį – svertinius elektros energijos gamybos kaštus (LCOE). Jis apskaičiuojamas įvertinant visų sąnaudų vertę, kurios buvo investuotos įrengiant ir eksploatuojant elektrinę per visą jos gyvavimo laikotarpį, pakeitus į lygių dalių metines išlaidas.

$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{I_T + M_T + F_T}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_T}{(1+r)^t}} \quad (2.4.6)$$

čia: M_t - eksploatacinės išlaidos per metus t ; E_t - metinė elektros energijos gamyba per metus t ; F_t - kuro sąnaudos per metus t ; n - eksploatacijos trukmė; r - diskonto norma.

Priimama, kad SE ir VE įsirengimui kiekvienas vartotojas banko paslaugomis, kad padengtų lėšas įrenginių įrengimui. Pagal banko „Swedbank“ siūlomą fiksuotą palūkanų normą saulės elektrinių įsirengimui, skaičiuojant ekonominę ir jautrumo analizę diskonto norma priimama 4,9 proc. [45].

Nustačius visus ekonominius rodiklius, kurie bus skaičiuojami norint įvertinti verslo modelių pasisekimą, tikslinga nusistatyti koku būdu visi objektai generuos pajamas. Nagrinėjami objektai įsirengia AEI generacijos šaltinius, kurie gamins elektros energiją. Pajamos bus apskaičiuojamos, kaip skirtumas tarp mokesčio už elektros energijos kainą, jei objektas neįsirengia AEI šaltinių elektros energijos gamybai ir objektams įsirengus SE ar VE įvertinus kiekvieną objektą individualiai.

Pinigų srautas apskaičiuojamas laiko momentu T pagal formulę:

$$CF_t = P - C \quad (2.4.7)$$

čia: P – metinis mokestis už elektros energiją neįsirengus generacijos šaltinių; C – metinis mokestis ST už elektros energijos pasaugojimą.

Įvertinant tiriamųjų objektų ekonominį rentabilumą tikslinga įvertinti projektų investicijų vertę ir grafiškai pavaizduoti investicinių projektų atsipirkimą.

2.4.1. Investicinio projekto balansas

Projekto balansas parodo, koks grynujų pinigų kiekis yra susietas su vienu ar kitu investiciniu projektu kiekvienu laiko momentu, t. y. parodo projekto būsimąją vertę laiko momentu t . Projekto balansas:

$$PB(k)_T = \sum_{t=0}^T CF_t(1+k)^{T-t} \quad (2.4.1)$$

čia: k – diskonto norma; CF_t – pinigų srautas laiko momentu t ; T – naudojimo trukmė metais.

Projekto balansas dažniausiai vaizduojamas grafiškai. Iš jo galima nustatyti projekto investicijų vertę, diskontuotų investicijų atsipirkimo trukmę, būsimąją vertę t metais bei nuostolio ir pelno zonas [44].

Atlikus ekonominę rentabilumo analizę taip pat svarbu išanalizuoti, kas įvyktų ir kaip pasikeistų ekonominiai rodikliai jei įvyktų skaičiavimams naudojamų rodiklių pokytis.

2.4.2. Jautrumo analizė

Jautrumo analizė – svarbus procesas analizuojant investicinio projekto ekonominę analizę. Kiekvienas subjektas, nei įmonė, nei asmuo negali būti visiškai užtikrintas dėl sėkmingo projekto įgyvendinimo. Visada egzistuoja neapibrėžtumo faktorius, bei rizikos.

Pasaulinėje praktikoje daugiausia naudojami šie investicinių projektų rizikos analizės ir vertinimo metodai:

- jautrumo analizė;
- scenarijaus analizė;
- sprendimų medžio analizė;
- Monte Karlo imitacinis modeliavimas.

Dabar bene plačiausiai praktikoje naudojamas projektų rizikos vertinimo metodas – jautrumo analizė. Projekto vertės nustatymas dažnai remiasi vieninteliu apibrėžtu reikšmių suteikimu projekto parametras. Šios reikšmės nustatomos „geriausio spėjimo būdu“. Tačiau naudinga ir būtina ištirti, kokią įtaką atskiri projekto parametrai daro jo vertei. Tai daroma keičiant vieną parametras, kai likusieji parametrai nekeičiami, ir matuojant tokio pokyčio poveikį projekto rezultatyvumui. Šis poveikis ir rodo, kiek projektas yra jautrus tiriamojo parametro pokyčiams, kol visi kiti parametrai išlieka tie patys.

Pasitelkus jautrumo analizę galima atsakyti į tokius klausimus:

- 1) kaip pasikeis efektyvumo rodiklio reikšmė tam tikrose apibrėžtose ribose keičiantis vienam ar keliems projekto kintamiesiems;
- 2) kokią reikšmę gali įgyti projekto parametras, arba kokias reikšmių kombinacijas gali įgyti keli projekto parametrai esant tam tikrai mažiausiai efektyvumo vertei.

Jautrumo analizės matematinė ekonominė prasmė yra tokia: tiriamas projekto efektyvumo rodiklio jautrumas projekto parametro pokyčiams, keičiamas (didinamas ar mažinamas) projekto parametras ir vertinama, kokią įtaką toks parametro pokytis turi efektyvumo kitimui, lyginant su bazinio varianto efektyvumo. Daroma prielaida, kad projektas jautresnis vieno bazinio varianto parametras pasikeitimui nei kito, jeigu pirmojo parametras pasikeitimui nei kito, jeigu pirmojo parametro nuokrypis duoda didesnę GDV kriterijaus (arba kito vertinimui pasirinkto kriterijaus) nuokrypį, lyginant su baziniu scenarijumi.

Siekiant įvertinti, kaip atskirų parametras pokytis veikia projekto grynąją dabartinę vertę, apskaičiuojamas GDV elastingumas [46]:

$$e_{NPV_i} = \frac{\Delta GDV_i}{\Delta x_i} \quad (2.5.1)$$

Čia: ΔGDV_i – gryniosios dabartinės vertės pokytis, proc. ; Δx_i – i-tojo parametro pokytis, proc.

NPV elastingumas rodo, kiek procentų pasikeis NPV reikšmė, pasikeitus x_i 1 proc. [46].

Kaip integraliniai rodikliai, charakterizuojantys projekto efektyvumą, jautrumo analizėje dažniausiai vartojami šie kriterijai:

- Vidinė gražos norma;
- Grynoji dabartinė vertė;
- Pelningumo indeksas [46].

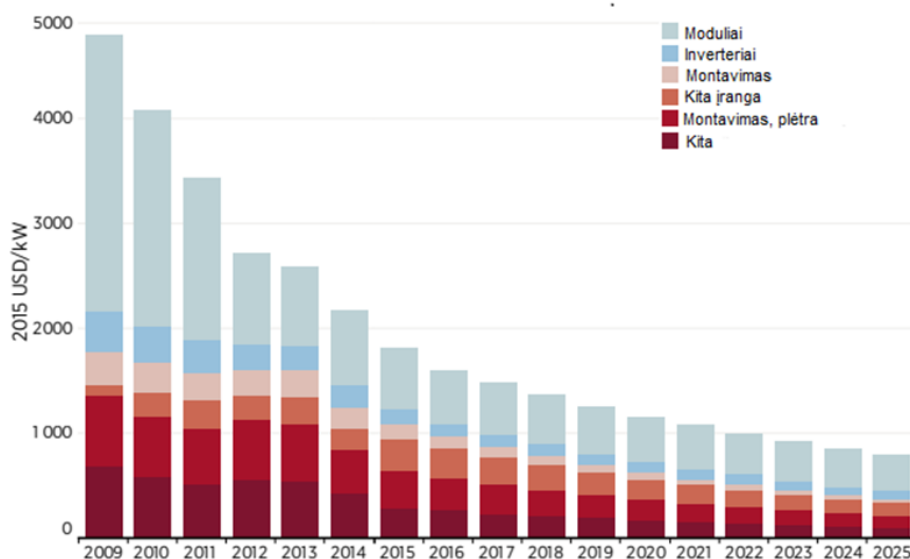
Analizuojant jautrumo analizę GV verslo modelių investiciniams projektams priimama atlikti trijų rodiklių pasikeitimo poveikį, kiekvieno projekto grynajai dabartinei vertei:

- Investicijų sumos pasikeitimui;
- Diskonto normos pokyčiui;
- Elektros energijos kainos pokyčiui.

Įvertinus, kurių rodiklių pasikeitimai bus analizuojami, tikslinga nusistatyti, pasirinktų rodiklių pokyčių prognozes ateityje.

2.4.3. Jautrumo analizės rodiklių pokyčiai

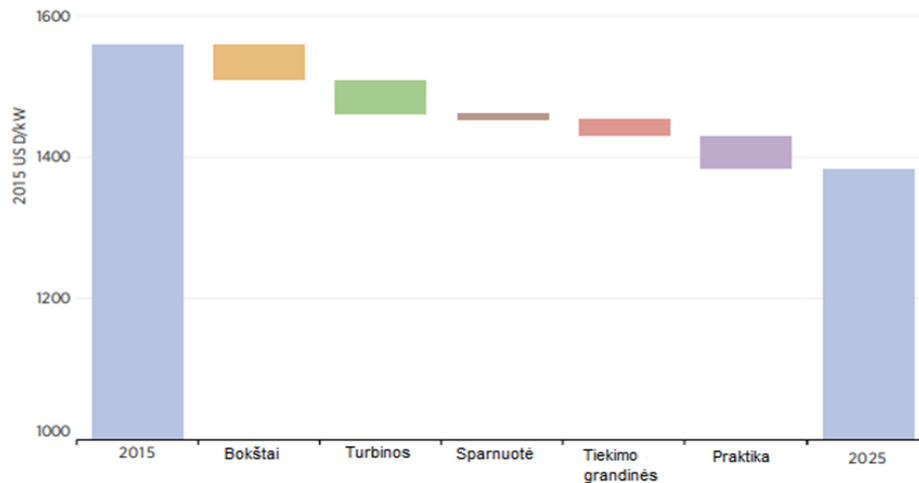
Atliekant jautrumo analizę būtų tikslinga atsižvelgti į tai, kad saulės elektrinės įrengimo kainą mažėja visame pasaulyje. Remiantis, saulės modulių technologine raida bei atsižvelgiant į gamybos apimčių pažangą manoma, kad SE kaina gali sumažėti 57 proc. nuo 2015 iki 2025 metų. [47].



19 pav. SE įrengimo kainos, 2009-2025 m. [47].

Skaičiavimams atlikti priimama, kad SE įdiegimo kaina mažės 10 proc. ir 20 proc.

P2P GV verslo modeliu atveju statoma VE. Tikslinga atsižvelgti ir į VE įrengimo kainų prognozės vėlesniems metams. Prognozuojama, kad VE įrengimo kainos gali sumažėti nuo maždaug 1560 USD/kW 2015 m. iki 1370 USD/kW 2025 m [47].



20 pav. Sausumos VE įrengimo kainų tendencijos 2015-2025 m. [47].

Jautrumo analizės skaičiavimams atlikti, pasirinkta, kad VE investicijos mažėja 5 proc. ir 10 proc. Kadangi, investicijų kainų mažėjimas prognozuojamas mažesnis palyginus su SE.

Kitas pasikeitimo rodiklio atvejis diskonto norma. Pagal banko „Swedbank“ siūloma 4,9 proc. palūkanų norma SL įsirengimui pagrindiniuose skaičiavimuose buvo naudojama „Swedbank“ siūloma palūkanų norma. Diskonto normos pasikeitimas apskaičiuojamas pagal VERT pateiktus rodiklius (WACC – vidutinei svertinei kapitalo kainai skaičiuoti), taikant formulę (2.5.1.) pritaikant, kad nuosavo kapitalo dalis sudaro 0,2 proc. [48]:

$$WACC = \frac{E}{D + E} \cdot R_e + \frac{D}{D + E} \cdot R_D(1 + T) \quad (2.5.1)$$

Čia: E – nuosavas kapitalas; D – skolintas kapitalas; R_D – skolinto kapitalo kaina (palūkanų norma); R_e – nuosavo kapitalo grąža; T – pelno mokesčio tarifas.

R_e – nuosavo kapitalo grąža apskaičiuojama pagal formulę:

$$R_e = R_f + \beta \cdot R_{erp} \quad (2.5.2)$$

Čia: R_f – nerizikingų investicijų grąžos norma (t. y. ne trumpesnio nei 10 metų Vyriausybės vertybinių popierių vidutinis svertinis pelningumas); R_{erp} – nuosavybės rizikos premija; β – santykinis rizikos matmuo, atspindintis ūkio šakos rizikingumo lygį, palyginti su bendru šalies ūkio rizikingumu.

$$R_e = 2,32 + 0,73 \cdot 4,43 = 5,55 \quad (2.5.2)$$

Pritaikius 2.5.1 WACC gaunama 4,11 proc. Jautrumo analizei priimama reikšmė 4 proc.

Rodiklis, kuris yra itin svarbus atliekant jautrumo analizę investiciniam projektui – elektros energijos kainos pokytis vartotojams. VERT patvirtino visuomeninio tiekėjo UAB „Ignitis“ 2022 m. elektros energijos tarifus buitiniams vartotojams, kurie bus taikomi vartotojams, per metus suvartojantiems mažiau kaip 5000 kWh ir nepasirinkusiems nepriklausomo elektros tiekėjo Populiariausias

„standartinis“ vienos laiko zonos tarifas sieks 16,7 cento už kilovatvalandę (su PVM) – 9,9 proc., arba 1,5 cento daugiau negu šiuo metu (15,2 cento) [49].

Atliekant jautrumo analizę elektros energijos pokyčiui tikslinga įvertinti didėjančią elektros energijos kainą. Analizuojant duomenis priimama, kad elektros energijos kaina didėja 10 proc. ir 15 proc.

8 lentelė. Jautrumo analizės atlikimui priimti rodiklių pasikeitimai

Parametras	Investicijos		Elektros energijos kaina	Diskonto normos pokytis
	Saulės elektrinių	Vėjo elektrinių		
1 Pokytis	-10 proc.	-5 proc.	+10 proc.	4 proc.
2 Pokytis	-20 proc.	-10 proc.	+15 proc.	6 proc.

Jautrumo analizės atlikimas: investicijoms, elektros energijos kainai ir diskonto normos pokyčiams padės įvertinti kaip pasikeistų NPV reikšmė ir ar šių rodiklių pasikeitimai turės teigiamos ar neigiamos įtakos.

3. Tyrimo dalis

3.1. Investicijos

GV verslo modelių palyginamajai analizei atlikti, pirmiausia, būtina įvertinti SE įrengimo gyvenamųjų namų ūkiuose investicijas.

3.1.1. Gaminančio vartotojo investicijų įvertinimas

GV įsirengiant SE ant gyvenamojo namo stogo. Investicijos apskaičiuojamos remiantis VERT pateiktais duomenimis, kurie nurodyti pažymoje „Dėl didžiausios elektros energijos, pagamintos iš atsinaujinančių išteklių, kainos patvirtinimo“.

9 lentelė. Investuotino kapitalo apimtis skirtingo dydžio saulės elektrinių parkams Vokietijoje, Eur/kW [50].

Šaltinis		Stogo smulkios elektrinės (5-15 kW)	Stogo didelės elektrinės (5-15 kW)	Didžiosios elektrinės (>2MW)
„Fraunhofer“ ataskaita	2018 mažo intensyvumo investicijos	1200	800	600
	2018 didelio intensyvumo investicijos	1400	1000	800
IRENA ataskaita	-	1022,5		

GV investicijos reikalingos SE įrengimui bei investicijos atsižvelgiant į teikiamą paramą 323 EUR už 1 kW įsirengtos galios pateikiamos 10 lentelėje.

10 lentelė. GV investicijos SE įsirengimui [50].

Objektas	Saulės elektrinės galia, kW	Investicijos SE įsirengimui, Eur	Investicijos SE įsirengimui, įvertinus gaunamą paramą, Eur
Objektas A	5	6000	3498
	7,5	9000	5246
Objektas B	5	6000	3498
	7,5	9000	5246
Objektas C	5	6000	3498
	7,5	9000	5246

Įvertinus GV modelio schemos investicijas, tikslinga įvertinti investicijas NGV modelio schemoms.

3.1.2. Nutolusio gaminančio vartotojo investicijų įvertinimas

2019 m. pasikeitus įstatymams įteisinta nauja GV schema – NGV. NGV pagaminama elektros energija gali būti geografiškai nutolusi nuo namų ūkio prijungimo taško. Šis modelis tampa vis aktualesnis Lietuvoje, tai galima matyti pagal 15 paveikslą, kuris buvo pateiktas 1.4.1 skyrelyje.

Šio modelio plėtrą galėjo įtakoti aspektas, kad šios schemos atveju SE nėra jungiama prie namo ūkio maitinimosi taško. Didėjant GV skaičiui Lietuvoje vis daugiau pasitaiko atveju, kad be ST rekonstrukcijos SE prijungimas negalimas. Remiantis VERT pateikta prijungimo metodiką, jei

elektros energijos vartotojo maitinimosi taške SE be tinklo rekonstrukcijos negalimas, vartotojas turi padengti 50 proc. operatoriaus patiriamų kaštų. Šis aspektas didina investicijas ir padidina SE atsipirkimo trukmę.

Lietuvoje auga įmonių skaičius, kurios įrengia nutolusius saulės parkus. NGV modelio atveju pasirenkama, kad SE bus perkama iš saulės parko „Saulės gražos parkas“.

11 lentelė. SE įsigijimo iš parko investicijos [51].

Saulės elektrinės parko pavadinimas	Įsigijimo kaina Eur/kW
„Saulės gražos parkas“	925

Remiantis 11 lentelės duomenimis, apskaičiuojamos investicijos NGV modelio atveju. Šie duomenys pateikiami įvertinus ir gaunamą paramą 323 už 1 kW įrengtos galios SE, kadangi ir NGV modelio schemai yra teikiama parama.

12 lentelė. NGV investicijos SE įsirengimui įvertinus paramą

Objektas	Saulės elektrinės galia, kW	Investicijos įsigyjant iš „Saulės gražos parkas“, Eur
Objektas A	5 kW	3010
	7,5 kW	4515
Objektas B	5 kW	3010
	7,5 kW	4515
Objektas C	5 kW	3010
	7,5 kW	4515

3.1.3. P2P modelio investicijų įvertinimas

Gyvenamieji namų ūkiai gali įsirengti ne tik SE, bet ir VE elektros energijos gamybai. Tokia schema vadovaujasi 1.4.1. skyrelyje aprašytas verslo modelis P2P. Šio modelio schema suprantama, kad vienas namų ūkis turi įsirengęs SE, o kitas VE su saugojimo sistema. Tarpusavyje, pagaminta elektros energija jie naudojami be trečiųjų šalių įsikišimo. SE įsirengimo investicijos vertinamos pagal 9 lentelės duomenis, kuri pateikta 3.1 skyriuje, o VE pagal 13 lentelės duomenis.

13 lentelė. Vokietijos rinkos VE investuotino kapitalo dydis, Eur/kW [50]

Šaltinis	Techniniai duomenys	Investuotino kapitalo dydis
„Fraunhofer“ ataskaita	Mažo intensyvumo investicija	1500
	Didelio intensyvumo investicija	2000

Bendros investicijos P2P verslo modelio atveju pateikiamos 14 lentelėje.

14 lentelė. Investicijos P2P verslo modelio atveju [50]

Investicijos	Investuotino kapitalo dydis
Saulės elektrinės	10225 EUR
Vėjo elektrinės	15000 EUR

P2P 1.4.1. skyriuje verslo modelis elektros energijos tiekimo užtikrinimui įrengiama vėjo elektrinė su kaupikliu. Šios modelio schemos įvertinimui pasirenkama baterija Huawei LUNA 2000. Šios elektros energijos kaupimo sistemos kaina 10432,13 EUR [52]. Elektros energijos tiekimo užtikrinimui ar esant gedimo atvejams šioje sistemoje įdiegiamas ir generatorius Pasirenkamas 5,5 kW galingumo, kurio kaina yra 1144,47 EUR [53].

Apskaičiavus investicijas, tikslinga įvertinti kiek įrengiami generacijos šaltiniai pagamins elektros energijos.

3.2. Saulės elektrinių prognozuojamo pagaminti elektros energijos kiekio įvertinimas

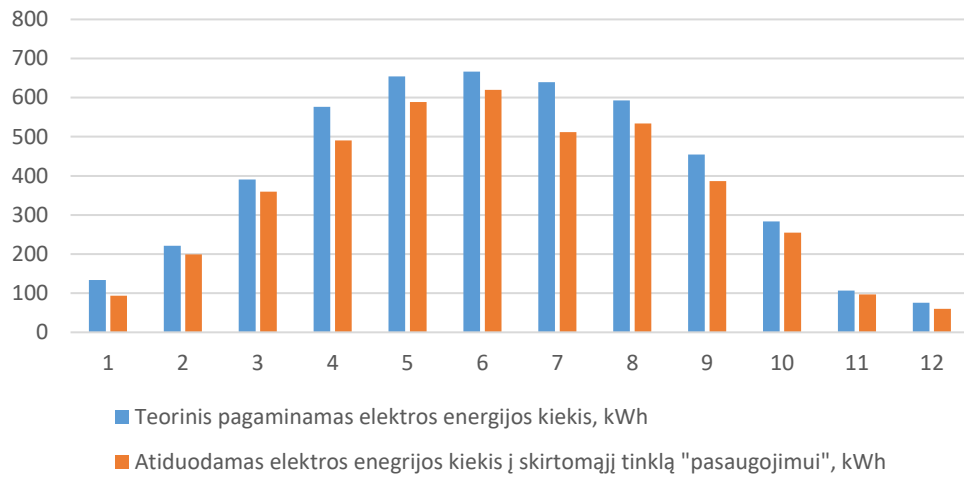
Viena iš pagrindinių SE savybių yra nepastovi gamyba ir dideli energinių kitimo pokyčiai priklausomai nuo vietovės, geografinių koordinatų, debesuotumo bei paros meto. Naudojant skaičiavimo įrankį „PV performance calculator“ [54], nustatomas prognozuojamas teorinis SE pagaminamas elektros energijos kiekis.

Dalis SE gaminamos elektros energijos bus sunaudojama iškart kai tik pagaminama. Naudojantis programine sistema „EMCOS“ [39], 15 lentelėje pateikiamas metinis pagaminamas elektros energijos kiekis ir metinis elektros energijos kiekis įvertinus momentinį suvartojimą, kuris bus pateiktas į ST „pasaugojimui“.

15 lentelė. Prognozuojamas teorinis metinis saulės elektrinių pagaminamas elektros energijos kiekis ir metinis elektros energijos kiekis įvertinus momentinį elektros energijos suvartojimą [54].

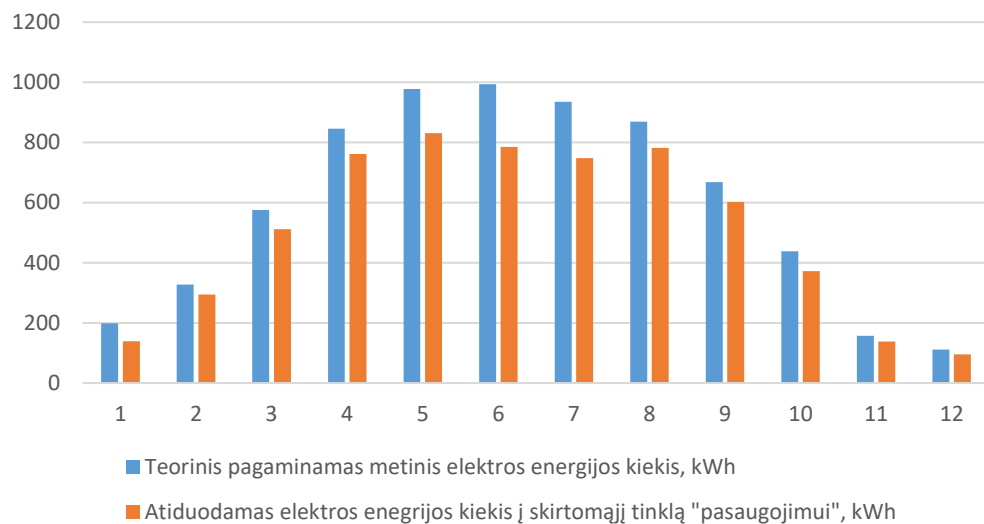
Objektas	Saulės elektrinės galia, kW	Prognozuojamas metinis pagaminamas elektros energijos kiekis, kWh	Saulės elektrinių metinis pagaminamas elektros energijos kiekis įvertinus momentinį elektros energijos suvartojimą, kWh
Objektas A	5	4796	4196
	7,5	7182	6283
Objektas B	5	4856	4137
	7,5	7113	6065
Objektas C	5	4748	4090
	7,5	7098	6060

5 kW SE elektros energijos gamybos kiekio ir atiduodamo į ST „pasaugojimui“ elektros energijos kiekio (objekto A atvejis) palyginimas pateiktas 21 pav.



21 pav. Palyginamasis 5 kW saulės elektrinės teorinis metinis elektros energijos kiekis ir atiduodamas elektros energijos kiekis į skirstomąjį tinklą „pasaugojimui“ (objekto A atvejis).

7,5 kW SE elektros energijos gamybos kiekio ir atiduodama į ST „pasaugojimui“ elektros energijos kiekio (objekto C atvejis) pateikiamas 22 pav.



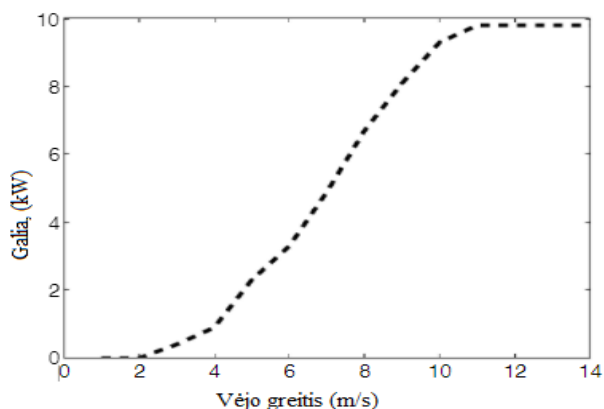
22 pav. Palyginamasis 7,5 kW saulės elektrinės teorinis metinis elektros energijos kiekis ir atiduodamas elektros energijos kiekis į skirstomąjį tinklą „pasaugojimui“ (objekto C atvejis).

Momentinis elektros energijos kiekio suvartojimas kiekvienam objektui yra individualus, nes jį sąlygoja kiekvieno vartotojo charakteristikos.

NGV atveju gaminama elektros energija bus vertinama pagal 15 lentelės pateiktus duomenis, tačiau šiuo atveju momentinis elektros energijos sunaudojimas nebus įvertinamas, nes SE pagaminamas kiekis bus tiekiamas tiesiai į ST elektros energijos „pasaugojimui“.

3.3. P2P verslo modelio atveju generuojama elektros energija

P2P tai gaminančio verslo modelio atveju elektros energija gaminama iš VE ir SE. Naudojant programą „Renewable ninja“ [55], nustatomas valandinis vėjo greitis metų laikotarpiui. Įvertinus 10 kW „Aircon“ vėjo turbino galios kreivę, kuri pateikta 23 paveiksle apskaičiuojamas 10 kW VE generuojamas metinis elektros energijos kiekis.



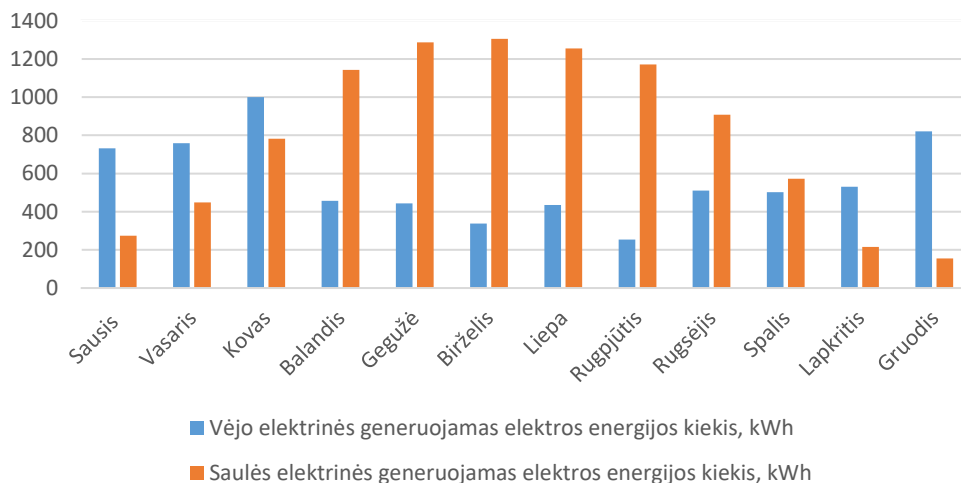
23 pav. 10 kW „Aircon“ vėjo turbino galios kreivė [56].

10 kW SE generuojamo elektros energijos kiekio įvertinimui naudojama programa „PV perfomance calculator“ [54]. SE ir VE prognozuojama metinė elektros energijos gamyba pateikiama 16 lentelėje.

16 lentelė. „P2P“ verslo modelio atveju metinė elektros energijos gamyba

Objektas D	Metinis generuojamas elektros energijos kiekis
Saulės elektrinė, 10 kW	9517 kWh
Vėjo elektrinė, 10 kW	6782 kWh

SE ir VE prognozuojama metinė elektros energijos gamyba pateikta 24 paveiksle, iš kurio galima matyti AEI generacijos šaltinių efektyvumą kiekvieną mėnesį.



24 pav. SE ir VE prognozuojama elektros energijos gamyba.

Iš VE elektros energijos generacija didžiausia – sausio, vasario, kovo ir gruodžio mėnesiais. SE daugiausia elektros energijos pagamins – gegužę, birželį, liepą ir rugpjūtį.

Įvertinus pagaminama elektros energijos kiekį, tikslinga įvertinti metines išlaidas elektros energijos gamybai iš AEI.

3.4. Metinių eksploatacijos ir priežiūros išlaidų įvertinimas

Kiekvieno objekto elektros energijos generacijai iš AEI kiekvienais metais yra reikalingos išlaidos, kurios užtikrintų patikimą elektros energijos gamybą.

3.4.1. NGV metinių eksploatacijos ir priežiūros išlaidų įvertinimas

NGV verslo modelio atvejams prijungimo sąnaudos nėra skaičiuojamos. Metinės eksploatacijos ir priežiūros išlaidos: „Saulės gražos saulės parke“.

177 lentelė. NGV SE eksploatacijos ir priežiūros išlaidos [51]

Objektas	Saulės elektrinės galia, kW	Veiklos sąnaudos „Saulės gražos saulės parke“, Eur
Objektas A	5	89,9
	7,5	134,85
Objektas B	5	89,9
	7,5	134,85
Objektas C	5	89,9
	7,5	134,85

3.4.2. GV metinių eksploatacijos ir priežiūros išlaidų įvertinimas

GV verslo modelio atvejams metinės išlaidas galima apskaičiuoti įvertinus dvi dedamąsias: prijungimo ir veiklos sąnaudas.

Nuo 2021 m. kovo 1 dienos VERT patvirtino prijungimo sąlygų prie ST parengimo įkainį. Teikiant paraišką prijungimo prie elektros tinklų sąlygoms gauti yra taikomas vienkartinis mokestis – 31,75 EUR [57].

GV verslo modelio atveju SE prijungiama prie ST. Padidėjus GV skaičiui Lietuvoje nustatoma vis daugiau tokiu atveju, kad generacijos šaltinių prijungimas prie ST tampa nebeįmanomas be tinklo rekonstrukcijos. Tinklo plėtros/rekonstrukcijos bei prijungimo sąnaudos pateiktos 18 lentelėje.

18 lentelė. Tinklo plėtros/rekonstrukcijos mokestis.

Objektas	Saulės elektrinės galia, kW	Mokestis tinklo rekonstrukcijai įvertinus, kad 50 proc. padengia AB „ESO“, EUR	Suminės prijungimo sąnaudos, EUR
Objektas A	5	1700	1731,75
	7,5	1900	1931,75
Objektas B	5	2800	2831,75
	7,5	2800	2831,75
Objektas C	5	2800	2831,75
	7,5	2800	2831,75

GV SE eksploatacijos ir priežiūros išlaidos sudaro 2,5 proc. nuo investicijų [50], kurios reikalingos SE įsigyti. 19 lentelėje pateikiamos metinės veiklos sąnaudos.

19 lentelė. GV SE eksploatacijos ir priežiūros išlaidos [50].

Objektas	Saulės elektrinės galia, kW	Veiklos sąnaudos, EUR/m
Objektas A	5 kW	127,8
	7,5 kW	191,7
Objektas B	5 kW	127,8
	7,5 kW	191,7
Objektas C	5 kW	127,8
	7,5 kW	191,7

3.4.3. P2P modelio metinių eksploatacijos ir priežiūros išlaidų įvertinimas

P2P verslo modelio atveju VE ir SE nėra prijungiami prie ST, todėl prijungimo sąnaudos šiuo atveju nėra vertinamos, o SE ir VE eksploatacijos ir priežiūros išlaidos sudaro 2,5 proc. nuo investicijų.

20 lentelė. Veiklos sąnaudos P2P verslo modelio atveju [50].

Objektas D	Veiklos sąnaudos, EUR
Saulės elektrinė, 10 kW	255,6
Vėjo elektrinė, 10 kW	375

Įvertinus metines eksploatacijos ir priežiūros išlaidas, tikslinga įvertinti 4 skirtingus atsiskaitymo būdus GV ir NGV už elektros energijos „pasaugojimą“ ST (objekto A, objekto B, ir objekto C atvejams). Objekto D atveju už elektros energijos „pasaugojimą“ mokestis nėra įvertinamas.

3.5. Mokesčio už elektros energijos „pasaugojimą“ ST įvertinimas

GV ir NGV gali rinktis keturis skirtingus atsiskaitymo būdus už elektros energijos „pasaugojimą“. Atsiskaitymo būdai pateikti 2.2. skyrelyje.

3.5.1. Įprastų išlaidų už elektros energiją įvertinimas

Pirmiausia apskaičiuojamas visų objektų metinis mokestis už elektros energiją neįsirengus AEI generacijos šaltinių. Priimama, kad kiekvienas objektas atsiskaito pagal vienos zonos tarifą, kurio 1 kWh kaina yra lygi 16,7 ct/kWh. Rezultatai pateikiami 21 lentelėje.

21 lentelė. Metinis mokestis už elektros energiją

Objektas	Metinis mokestis už elektros energiją, EUR
Objektas A	894,3
Objektas B	983,8
Objektas C	1211,08
Objektas D	1660,89

3.5.2. GV ir NGV mokesčio už elektros energijos „pasaugojimą“ įvertinimas

Skaičiavimai atliekami remiantis 2.2. skyriuje pateikta 5 lentelė. Įvertinama, kad jeigu SE generuos nepakankamą elektros energijos kiekį objekto poreikiams patenkinti, likusioji dalis bus apmokestinama pagal vienos laikos zonos tarifą, kurio kaina yra 16,7 ct/kWh. Gauti rezultatai už elektros energijos „pasaugojimą“ keturiems skirtingiems atsiskaitymo būdams pateikiami 22 lentelėje.

Kiekvieną mėnesį skaičiuojamas į tinklą pateikto ir paimto elektros kiekio balansas. Jeigu pagaminate daugiau elektros nei suvartojama, likutis perkeliamas į tolimesnį mėnesį. Taip elektros kiekis kaupiamas visus metus nuo balandžio 1 d. iki kovo 31 d.

Skaičiavimai atliekami kiekvieną mėnesį į tinklą pateikto ir paimto elektros energijos kiekio. Jei elektros energijos yra pagaminama daugiau nei suvartojama per mėnesį elektros energijos kiekio likutis yra perkeliamas į kitą mėnesį.

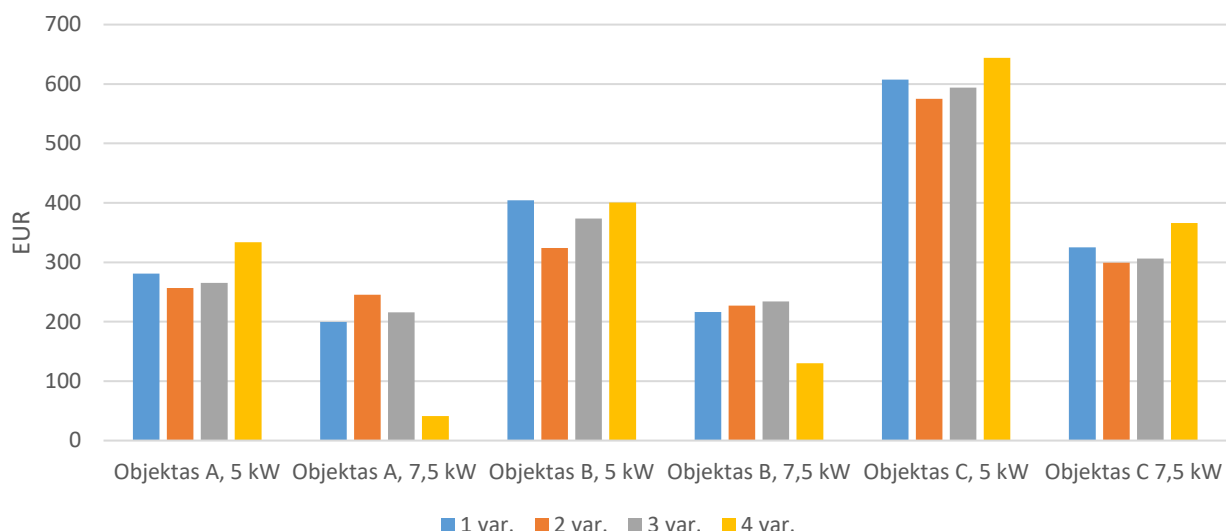
Jei sukaupta elektros energija per kaupimo laikotarpį nesunaudojama, tai likutis į kitus metus neperkeliamas, tačiau už jį kompensuojama. Tiriamųjų objektų atvejais pasirenkamas II kompensavimo būdas – šeimos nario elektros sąskaitos kompensavimas [58].

Objekto A ir objekto B atveju pagaminta elektros energija tiekama vienam objektui, objekto C – keliems objektams (gyvenamajam namui ir sodo namui). Šiuo atveju pagamintas kiekis yra priskiriamas kiekvienam vartojimo objektui atskirai, proporcingai pagal iš anksto išdalintą ir objektui priskirtą elektrinės galią. Priskyrus elektrinės galią, sugeneruotos kilovatvalandės yra kaupiamos atskirai ir jos negali būti perkeltamos iš vieno objekto į kitą [58]. SE galingumas paskirstomas:

- 5 kW SE – sodo namui priskiriama – 1,5 kW, gyvenamajam namui – 3,5 kW;
- 7,5 kW SE – sodo namui priskiriama – 2,25 kW, gyvenamajam namui – 5,25 kW;

22 lentelė. GV metinis mokestis už ST pasinaudojimą.

Objektas	Saulės elektrinės galia, kW	GV metinis mokestis už elektros energijos „pasaugojimą“, EUR			
		1 var.	2 var.	3 var.	4 var.
Objektas A	5	281,1	256,9	265,3	333,6
	7,5	199,5	245,5	215,7	41,1
Objektas B	5	404,4	323,8	373,5	400,8
	7,5	216,6	226,9	233,9	129,9
Objektas C	5	607,4	575,4	593,8	644,1
	7,5	325,0	299,1	306,3	366,1



25 pav. Palyginamasis GV metinis mokestis už elektros energijos „pasaugojimą“

Išanalizavus skaičiavimus už elektros energijos „pasaugojimą“, galima daryti išvadą, kad mažiausios išlaidos objekto A atveju būtų įsirengus 5 kW galios SE ir pasirinkus atsiskaitymą už galią (2 var.), įsirengus 7,5 kW galios SE priimtinausias – atsiskaitymas kilovatvalandėmis (4 var.).

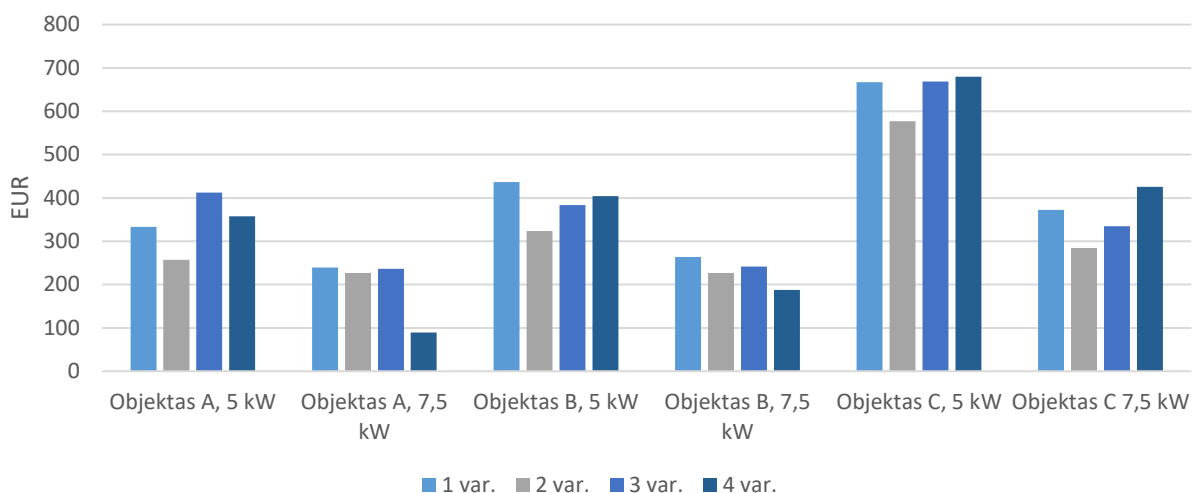
Objekto B atveju susimontavus 5 kW galios SE metinės išlaidos būtų mažiausios pasirinkus atsiskaitymą už įrengtą galią (2 var.), 7,5 kW SE – atsiskaitymą kilovatvalandėmis (4 var.).

Objekto C atveju įsirengus 5 kW galios SE priimtinausias atsiskaitymo būdas yra atsiskaitymas už galią (2 var.), įsirengus 7,5 kW galios SE taip pat atsiskaitymas už galią (2 var.).

NGV mokestis už pasinaudojimą elektros energijos tinklais yra apskaičiuojamas analogiškai kaip įprastiniam GV, tačiau įvertinama, jog visa elektros energija, kurią pagamina SE tiekama į ST „pasaugojimui“.

23 lentelė. NGV metinis mokestis už ST pasinaudojimą.

Objektas	Saulės elektrinės galia, kW	NGV metinis mokestis už elektros energijos „pasaugojimą“			
		1 var.	2 var.	3 var.	4 var.
Objektas A	5	332,9	256,8	335,6	357,5
	7,5	239,7	226,5	236,3	89,5
Objektas B	5	436,5	323,8	383,7	404,4
	7,5	263,7	226,5	241,3	187,9
Objektas C	5	666,9	577,3	668,5	679,8
	7,5	372,2	284,4	334,4	425,3



26 pav. Palyginamasis NGV metinis mokestis už elektros energijos „pasaugojimą“

Nustačius NGV atvejams metinį mokestį už elektros energijos „pasaugojimą“, priimtinausias atsiskaitymo būdas objekto A atveju, įsirengus 5 kW SE galios yra atsiskaitymas už galią (2 var.), o 7,5 kW – atsiskaitymas kilovatvalandėmis (4 var.). Objekto B atveju mažiausios išlaidos būtų įsirengus 5 kW galios SE yra pasirinkus atsiskaitymą už galią (2 var.), įsirengus 7,5 kW – atsiskaitymas kilovatvalandėmis (4 var.). Objekto C atveju įsirengus 5 kW SE priimtinausias atsiskaitymo būdas yra už įrengtos galios kilovatą (2 var.), įsirengus 7,5 kW SE irgi atsiskaitymas už galią (2 var.).

Įvertinus metinį mokestį už elektros energijos „pasaugojimą“, tikslinga įvertinti pinigų srautus bei pajamas įsirengus AEI generacijos šaltinius.

3.6. Pajamų įvertinimas

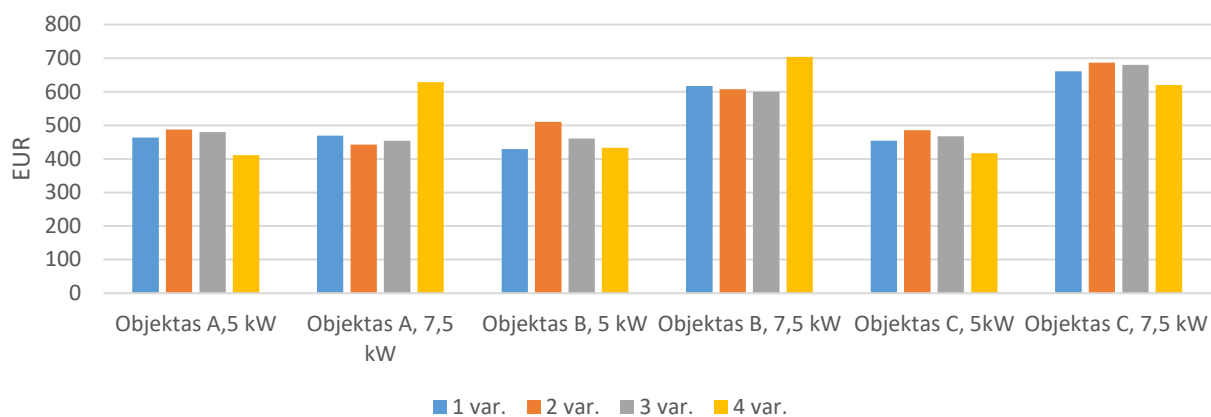
Pajamos apskaičiuojamas, kaip skirtumas tarp įprastinio mokesčio už elektros energiją ir mokesčio už elektros energijos „pasaugojimą“ (objekto A, objekto B ir objekto C atvejais) bei įvertinamos metinės eksploatacijos ir priežiūros išlaidos. Objekto D atveju pajamos įvertinamos tik metinės eksploatacijos ir priežiūros išlaidos.

3.6.1. GV ir NGV pajamų įvertinimas

GV pajamų įvertinimo rezultatai pateikiami 24 lentelėje.

24 lentelė. GV pajamų įvertinimas

Objektas	Saulės elektrinės galia, kW	Pajamos GV, EUR			
		1 var.	2 var.	3 var.	4 var.
Objektas A	5	485,4	509,6	501,3	432,9
	7,5	503,1	456,1	486,9	661,5
Objektas B	5	451,6	532,2	482,5	455,2
	7,5	575,5	565,2	558,2	662,2
Objektas C	5	475,9	507,9	489,5	439,2
	7,5	694,3	720,3	713,1	653,3



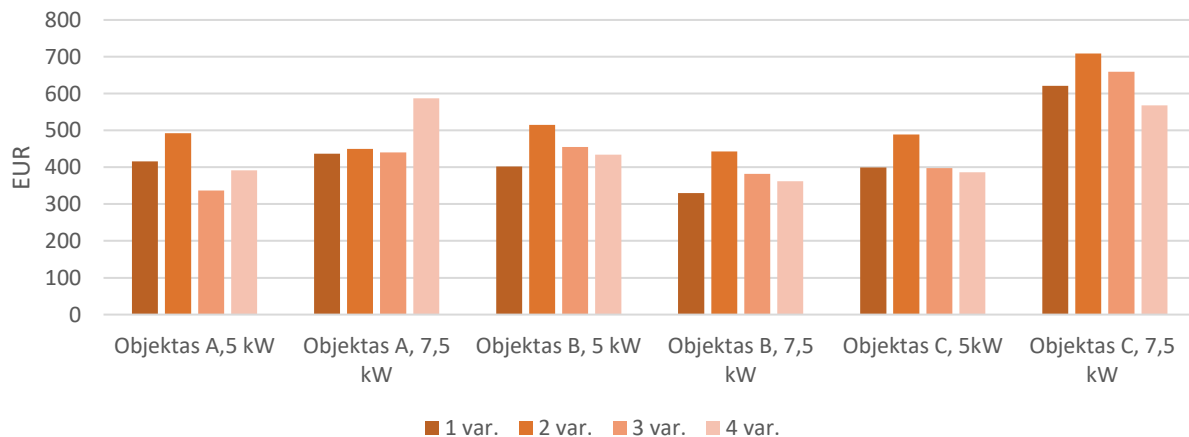
27 pav. Palyginamasis GV pajamų įvertinimas

Pagal pateiktus rezultatus, matoma, kad didžiausios pajamos objekto A atveju bus generuojamos: įsirengus 5 kW SE – atsiskaitymą už galią (2 var.), 7,5 kW – atsiskaitymas kilovatvalandėmis (4 var.). Objektui B didžiausios pajamos: įsirengus 5 kW SE – atsiskaitymas už kilovatą (2 var.), 7,5 kW – atsiskaitymas kilovatvalandėmis (4 var.). Objekto C didžiausi pajamų šrantai: 5 kW SE ir 7,5 kW – atsiskaitymas už galią (2 var.).

NGV pajamos apskaičiuojamos analogiškai GV tik neįvertinamas momentinis suvartojamas elektros energijos. Gauti rezultatai pateikiami 25 lentelėje.

25 lentelė. NGV pajamų įvertinimas

Objektas	Saulės elektrinės galia, kW	Pajamos NGV, EUR			
		1 var.	2 var.	3 var.	4 var.
Objektas A	5	471,5	547,5	468,8	446,9
	7,5	519,7	532,9	523,1	669,9
Objektas B	5	457,3	570,1	510,1	489,5
	7,5	585,2	622,4	607,6	661,0
Objektas C	5	645,3	613,3	631,7	681,9
	7,5	704,0	791,7	741,8	650,9



28 pav. Palyginamasis NGV pajamų įvertinimas

Pagal pateiktus skaičiavimus, objektui A, objektui B ir objektui C įsirengus 5 kW SE, ekonomiškai priimtinausias atsiskaitymo būdas yra atsiskaitymas už galią (2 var.). Įsirengus 7,5 kW SE, ekonomiškai priimtinausi atsiskaitymo būdai: objektui A – atsiskaitymas kilovatvalandėmis (4 var.), objektui B – atsiskaitymas už galią (2 var.), objektui C – atsiskaitymas už galią (2 var.).

3.6.2. P2P pajamų įvertinimas

Objekto D atveju apibendrintai priimama, kad abiejų gyvenamųjų namų elektros energijos poreikių patenkinimui, VE ir SE generuos pakankamą elektros energijos. SE metinė elektros energijos generacija – 9517 kWh, o VE – 6782 kWh. Jeigu pagaminama elektros energija nebus iškart suvartojama, ji bus tiekama į išmaniają baterijos sistemą kaupimui. Jeigu pasitaikys atveju, kad VE ir SE negeneruos elektros energijos, priimama, kad namų ūkio elektros energijos poreikių užtikrinimui elektros energijos tiekimas bus iš išmanios elektros energijos kaupimo sistemos ir sistemoje įdiegto generatoriaus. Pajamos objekto D atveju prilyginamos įprastam mokesčiui už elektros energiją, tačiau įvertinama metinės eksploatacijos ir priežiūros išlaidos VE ir SE. Pajamos objekto D atveju – 1030,29 EUR.

3.7. Palyginamoji ekonominių rodiklių analizė

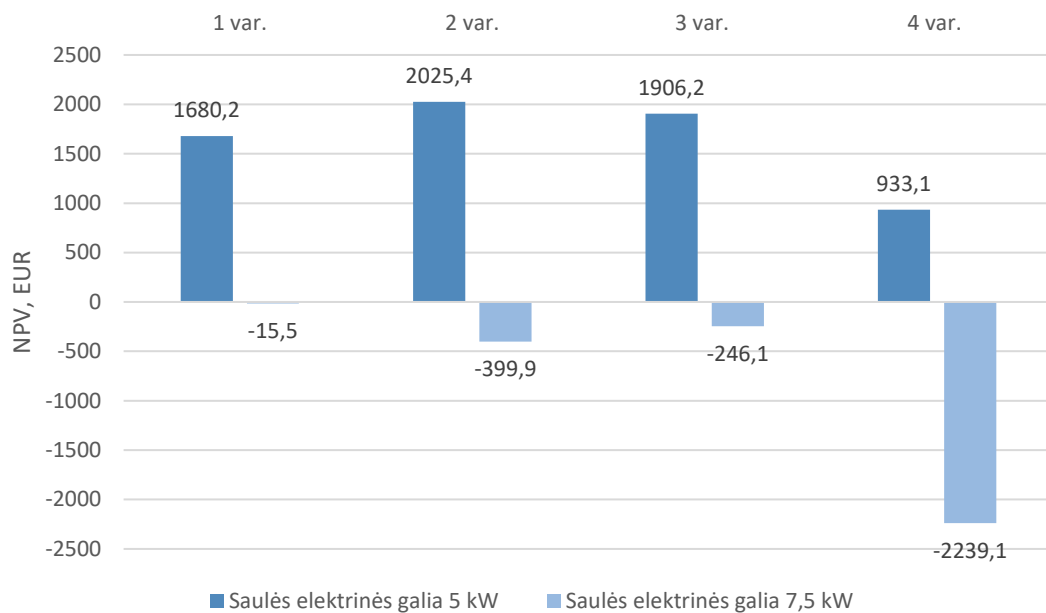
Kiekvieną investicinį projektą tikslinga įvertinti ekonominiais vertinimo metodais, norint nustatyti jo ekonominį rentabilumą. Palyginamoji ekonominių rodiklių analizė atliekama remiantis 2.4. skyriuje aprašytais projekto įvertinimo metodais.

3.7.1. Palyginamoji ekonominių rodiklių analizė – objekto A atvejis

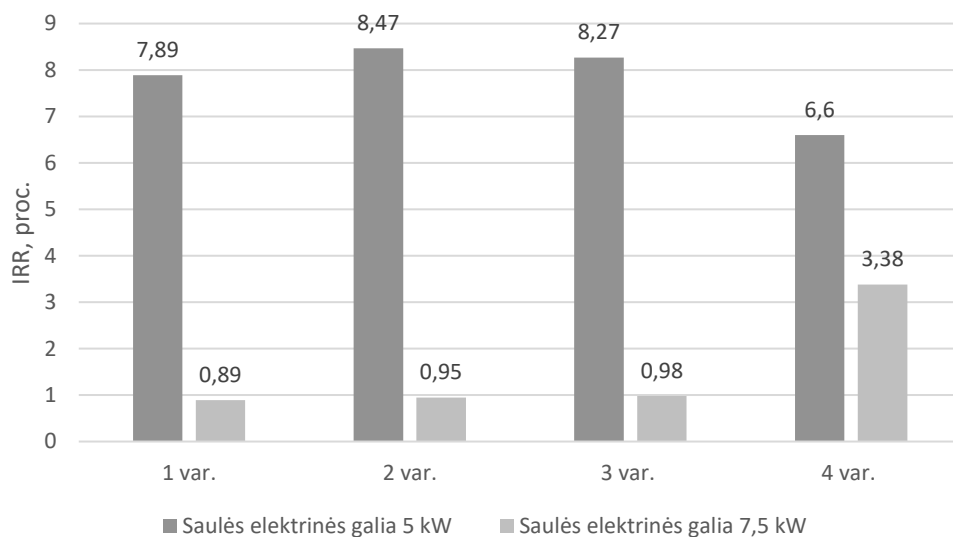
Ekonominės rodiklių analizės metu, atliekama analizė, kuris GV verslo modelis yra ekonomiškai efektyvesnis: GV ar NGV. GV atveju buvo įvertintas tinklo plėtros/rekonstrukcijos mokestis, kuris investicijas padidina apie 40 proc. Ekonominė rodiklių analizės rezultatai pateikiami GV atveju 26 lentelėje, NGV – 27 lentelėje.

26 lentelė. GV palyginamosios ekonominės analizės rezultatai (objekto A atvejis)

Parametras	Objektas A GV			
Saulės elektrinės galia	5 kW			
Atsiskaitymo būdas	1 var.	2 var.	3 var.	4 var.
NPV, EUR	1680,2	2025,4	1906,2	933,1
PI	0,64	0,69	0,67	0,53
IRR, proc.	7,89	8,47	8,27	6,60
B/C	0,79	0,81	0,81	0,76
LCOE, EUR/kWh	0,151	0,147	0,148	0,161
Saulės elektrinės galia	7,5 kW			
Atsiskaitymo būdas	1 var.	2 var.	3 var.	4 var.
NPV, EUR	-15,5	-399,9	-246,1	2239,1
PI	0,58	0,50	0,55	0,93
IRR, proc.	0,89	0,49	0,98	3,38
B/C	0,65	0,63	0,64	0,73
LCOE, EUR/kWh	0,116	0,122	0,119	0,096



29 pav. NPV reikšmės GV atveju (objekto A atvejis)

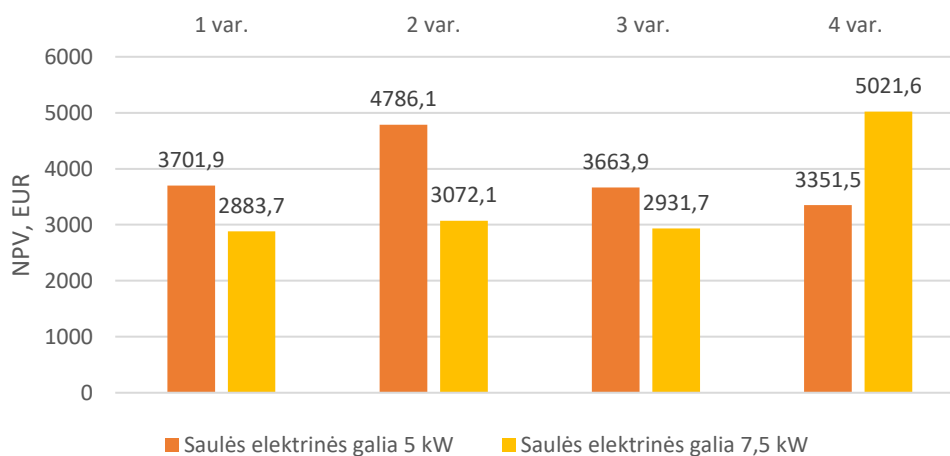


30 pav. IRR reikšmės GV atveju (objekto A atvejis)

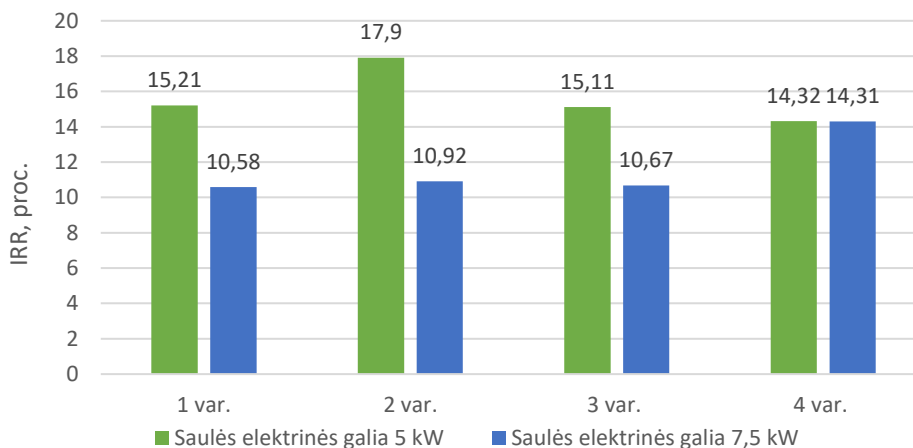
Atlikus detaliają ekonominio rentabilumo analizę nustatyta, kad įsirengus 5 kW galios SE ir įvertinus tinklo plėtros rekonstrukcijos mokestį, kuris didina investicijas apie 40 proc. ekonomiškai priimtinausias atsiskaitymas už galią (2 var.), tuomet LCOE – 0,147 EUR/kWh. Ekonomiškai neefektyviausias yra atsiskaitymo būdas kilovatvalandėmis (4 var.), tuomet LCOE – 0,161 EUR/kWh. Ekonominė rodiklių analizė parodė, kad įsirengus 7,5 kW galios SE ir įvertinus tinklo plėtros dedamąją, kuri yra lygi 1900 EUR, nei vienas atsiskaitymo būdas nėra ekonomiškai priimtinas, palyginus su ekonominiais rodikliais, kurie gaunami įsirengus 5 kW galios SE.

27 lentelė. NGV palyginamosios ekonominės analizės rezultatai (objekto A atvejis)

Parametras	Objektas A NGV			
Saulės elektrinės galia	5 kW			
Atsiskaitymo būdas	1 var.	2 var.	3 var.	4 var.
NPV, EUR	3701,9	4786,1	3663,9	3351,5
PI	0,76	1,00	0,75	0,69
IRR, proc.	15,21	17,90	15,11	14,32
B/C	1,07	1,18	1,07	1,04
LCOE, EUR/kWh	0,124	0,109	0,124	0,128
Saulės elektrinės galia	7,5 kW			
Atsiskaitymo būdas	1 var.	2 var.	3 var.	4 var.
NPV, EUR	2883,7	3072,1	2931,7	5021,61
PI	0,65	0,68	0,57	1,11
IRR, proc.	10,58	10,92	10,67	14,31
B/C	0,90	0,91	0,82	1,06
LCOE, EUR/kWh	0,090	0,088	0,090	0,070



31 pav. NPV reikšmės NGV atveju (objekto A atvejis)



32 pav. IRR reikšmės NGV vartotoju atveju (objekto A atvejis)

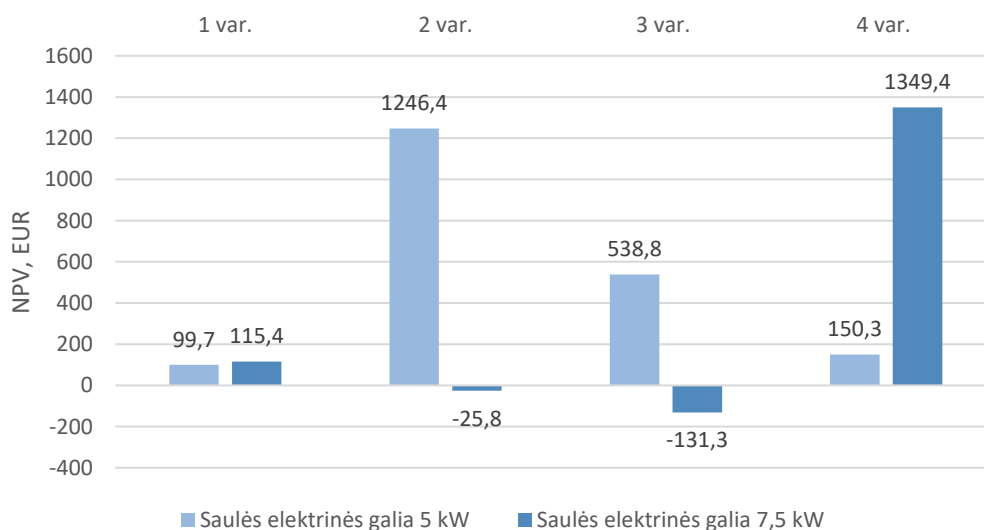
Atlikus palyginamąją ekonominę analizę, galima daryti prielaidą, kad objektui A ekonomiškai efektyviausiais sprendimas būtų įsigyti 5 kW galios SE iš saulės parko ir pasirinkti atsiskaitymą už įrengtą galią (2 var.), tuomet LCOE – 0,109 EUR/kWh. Ekonominė rodiklių analizė parodė, kad ekonomiškai neefektyviausia būtų įsigyti 7,5 kW galios SE iš saulės parko ir pasirinkti atsiskaitymą už gautą energiją (1 var.).

3.7.2. Palyginamoji ekonominių rodiklių analizė – objekto B atvejis

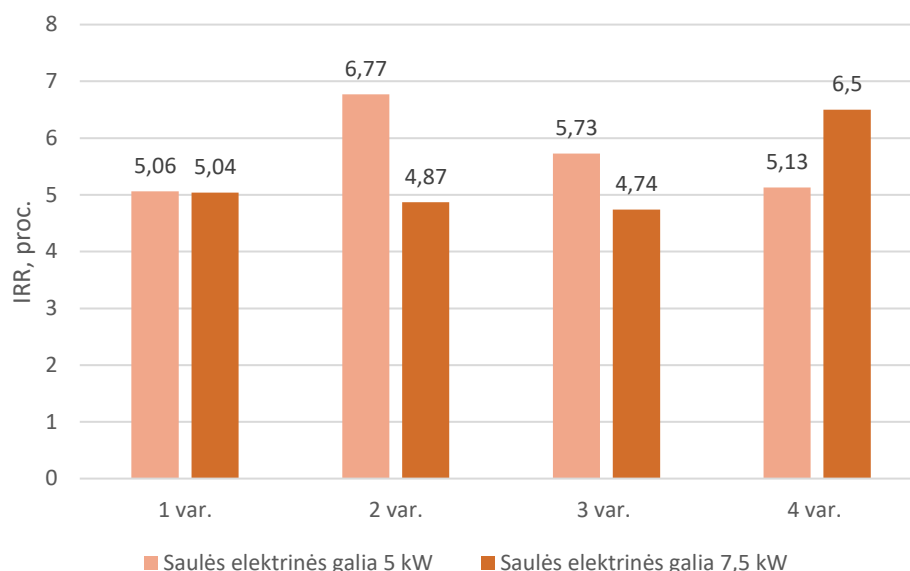
Objekto B atveju atlikta ekonominė analizė, įvertinant galimybę tapti GV arba NGV. GV atveju buvo įvertintas tinklo plėtros/rekonstrukcijos mokestis, kuris yra lygus 2800 EUR. Rezultatai GV atveju pateikiami 28 lentelėje, NGV – 29 lentelėje.

28 lentelė. GV palyginamosios ekonominės analizės rezultatai (objekto B atvejis)

Parametras	Objektas B GV			
Saulės elektrinės galia	5 kW			
Atsiskaitymo būdas	1 var.	2 var.	3 var.	4 var.
NPV, EUR	99,7	1246,4	538,8	150,3
PI	0,47	0,40	0,52	0,33
IRR, proc.	5,06	6,77	5,73	5,13
B/C	0,70	0,56	0,72	0,53
LCOE, EUR/kWh	0,188	0,172	0,182	0,187
Saulės elektrinės galia	7,5 kW			
Atsiskaitymo būdas	1 var.	2 var.	3 var.	4 var.
NPV, EUR	115,4	-25,8	-131,3	1349,4
PI	0,29	0,59	0,58	0,77
IRR, proc.	5,04	4,87	4,74	0,75
B/C	0,39	0,64	0,64	0,69
LCOE, EUR/kWh	0,128	0,129	0,130	0,117



33 pav. NPV reikšmės GV atveju (objekto B atvejis)

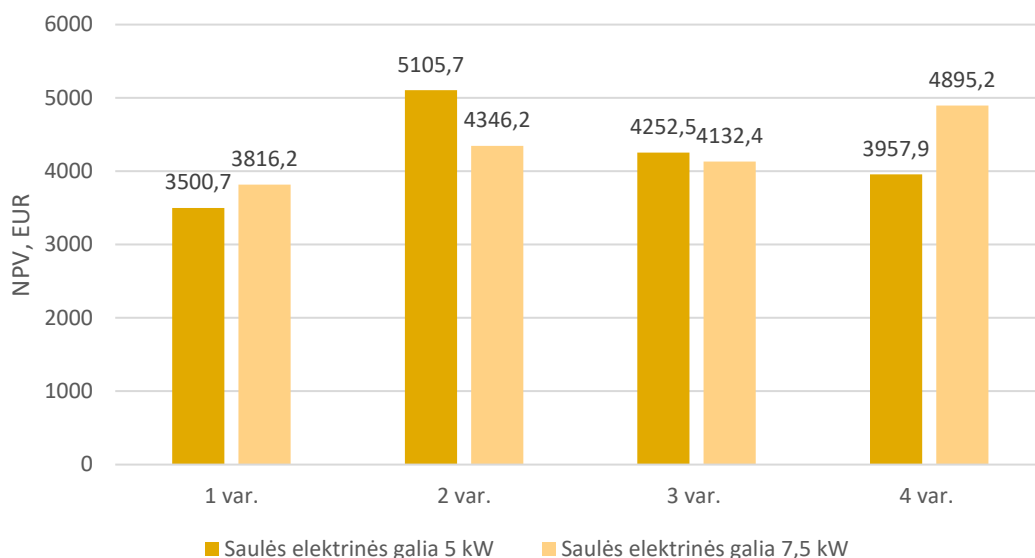


34 pav. IRR reikšmės GV vartotoju atveju (objekto B atvejis)

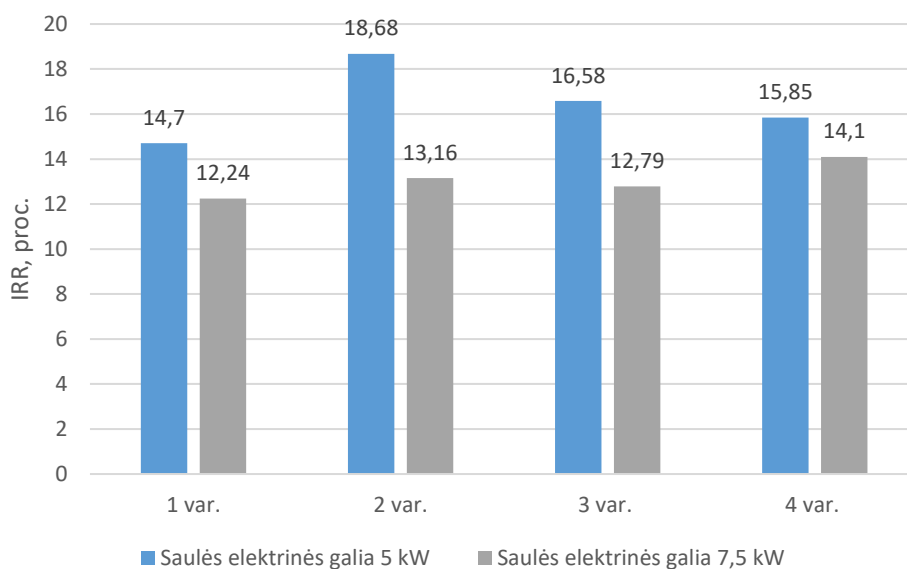
Atlikus detalųjį ekonominių rodiklių įvertinimą, galima daryti išvadą, kad įsirengus 5 kW galios SE ir įvertinus tinklo plėtros rekonstrukcijos mokestį, kuris yra lygus 2800 EUR, ekonomiškai efektyviausias sprendimas yra pasirinkti atsiskaitymą už galią (2 var.), tuomet LCOE – 0,172 EUR/kWh. Ekonomiškai nepriimtinausias – atsiskaitymo būdas už gautą energiją (1 var.), tuomet LCOE – 0,188 EUR/kWh. Ekonominės rentabilumo analizės metu, įvertinus tinklo plėtros dedamąją, kuri yra lygi 2800 EUR, nustatyta, kad įsirengus 7,5 kW galios SE ekonomiškai priimtinausias sprendimas yra pasirinkti atsiskaitymą kilovatvalandėmis (4 var.), tuomet LCOE – 0,117 EUR/kWh. Ekonomiškai neefektyviausias atsiskaitymo būdas yra mišriu būdu (3 var.).

29 lentelė. NGV palyginamosios ekonominės analizės rezultatai (objekto B atvejis)

Parametras	Objektas B NGV			
Saulės elektrinės galia	5 kW			
Atsiskaitymo būdas	1 var.	2 var.	3 var.	4 var.
NPV, EUR	3500,7	5105,7	4252,5	3957,9
PI	0,63	0,93	0,76	0,70
IRR, proc.	14,70	18,68	16,58	15,85
B/C	1,05	1,19	1,11	1,08
LCOE, EUR/kWh	0,142	0,120	0,132	0,136
Saulės elektrinės galia	7,5 kW			
Atsiskaitymo būdas	1 var.	2 var.	3 var.	4 var.
NPV, EUR	3816,2	4346,2	4132,4	4895,2
PI	0,84	0,94	0,89	1,06
IRR, proc.	12,24	13,16	12,79	14,10
B/C	0,97	1,00	0,99	1,04
LCOE, EUR/kWh	0,094	0,089	0,091	0,084



35 pav. NPV reikšmės NGV atveju (objekto B atvejis)



36 pav. IRR reikšmės NGV atveju (objekto B atvejis)

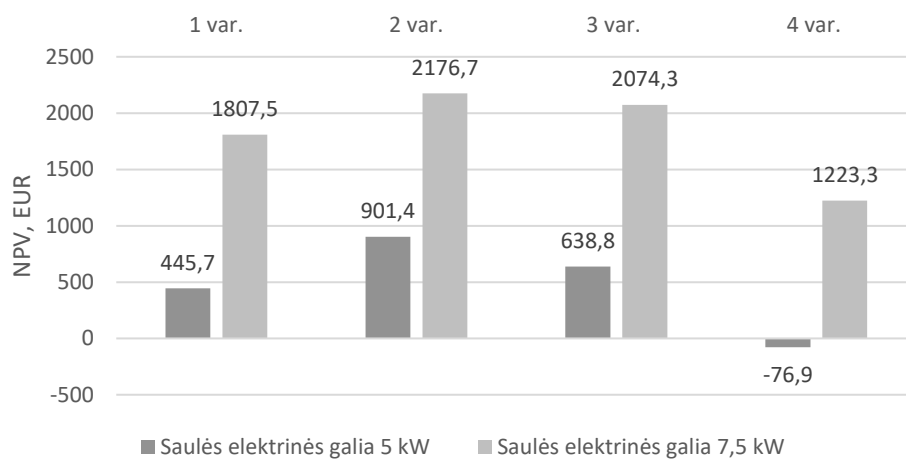
Atlikus ekonominę palyginamąją analizę, nustatyta, kad ekonomiškai efektyviausia įsigyti 5 kW galios SE iš saulės parko ir pasirinkti atsiskaitymo būdą už įrengtą galią (2 var.), tuomet LCOE – 0,120 EUR/kWh. Ekonomių rodiklių analizė parodė, kad ekonomiškai neefektyviausia įsigyti 7,5 kW galios SE iš parko ir pasirinkti atsiskaitymo būdą už atgautą energiją (1 var.).

3.7.3. Palyginamoji ekonominių rodiklių analizė – objekto C atvejis

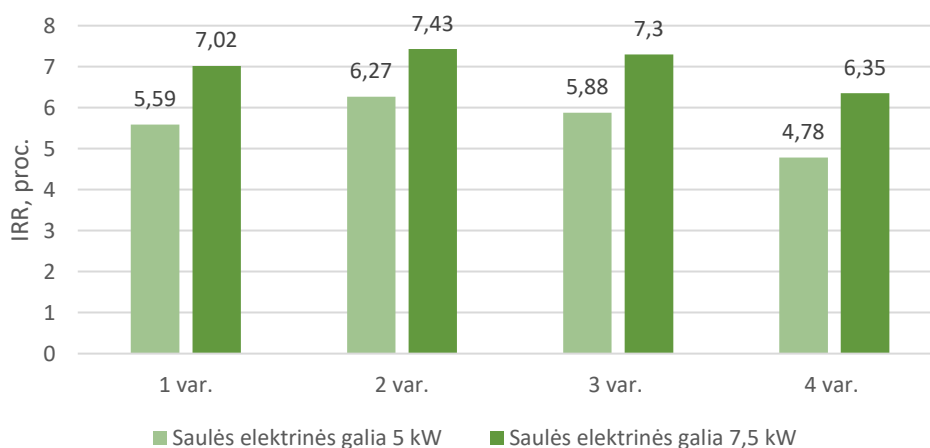
Objekto C atveju atlikta ekonominė rentabilumo analizė, įvertinant galimybę tapti GV arba NGV. GV atveju įvertinama tinklo rekonstrukcija, kuri didina investicijas apie 50 proc. Šiuo objekto atveju SE gaminama elektros energija yra tiekiamą keliems objektams: gyvenamajam namui ir sodo namui. Ekonominės rodiklių analizės rezultatai GV atveju pateikiami 30 lentelėje, NGV – 31 lentelėje.

30 lentelė. GV palyginamosios ekonominės analizės rezultatai (objekto C atvejis)

Parametras	Objektas C GV			
Saulės elektrinės galia	5 kW			
Atsiskaitymo būdas	1 var.	2 var.	3 var.	4 var.
NPV, EUR	445,7	902,4	638,8	-76,9
PI	0,41	0,45	0,43	0,37
IRR, proc.	5,59	6,27	5,88	4,78
B/C	0,76	0,77	0,76	0,74
LCOE, EUR/kWh	0,232	0,226	0,230	0,239
Saulės elektrinės galia	7,5 kW			
Atsiskaitymo būdas	1 var.	2 var.	3 var.	4 var.
NPV, EUR	1807,5	2176,7	2074,3	1223,3
PI	0,66	0,70	0,69	0,59
IRR, proc.	7,02	7,43	7,3	6,35
B/C	0,75	0,76	0,75	0,73
LCOE	0,143	0,139	0,140	0,148



37 pav. NPV reikšmės GV atveju (objekto C atvejis)

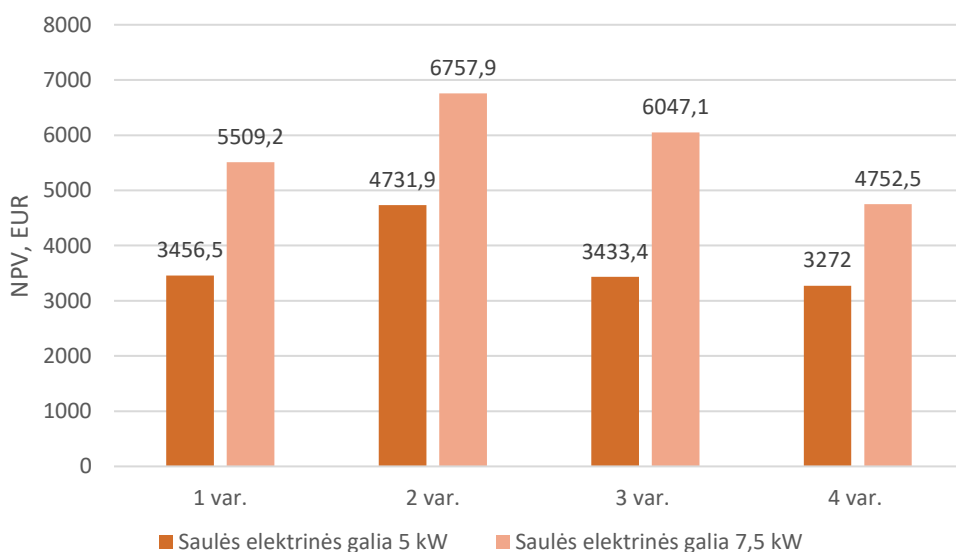


38 pav. IRR reikšmės GV atveju (objekto C atvejis)

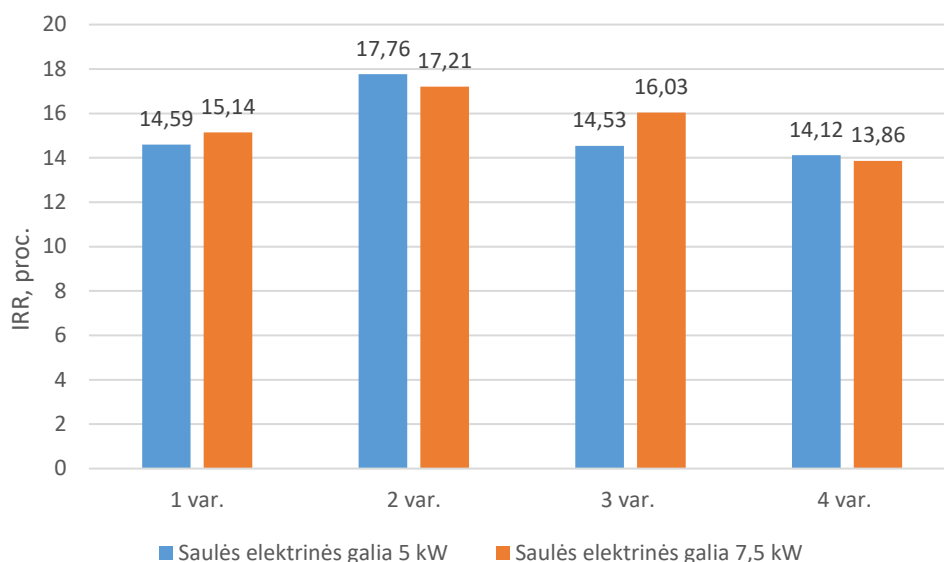
Įvertinus ekonominių rodiklių rentabilumo analizę, nustatyta, kad įsirengus 5 kW galios SE ir įvertinus tinklo plėtros rekonstrukcijos mokestį, kuris investicijas padidina apie 50 proc., ekonomiškai efektyviausias sprendimas yra pasirinkti atsiskaitymą už galią (2 var.), tuomet LCOE – 0,226 EUR/kWh. Ekonomiškai neefektyviausias atsiskaitymas yra už kilovatvalandes (4 var.), tuomet LCOE – 0,239 EUR/kWh. Ekonominės analizės metu, įvertinus tinklo plėtros dedamąją, kuri investicijas didina apie 40 proc., galima daryti išvadą, kad įsirengus 7,5 kW galios SE ekonomiškai priimtinausias sprendimas yra pasirinkti atsiskaitymą už galią (2 var.), tuomet LCOE – 0,139 EUR/kWh. Ekonomiškai neefektyviausias atsiskaitymo būdas yra atsiskaitymas kilovatvalandėmis (4 var.).

31 lentelė. NGV palyginamosios ekonominės analizės rezultatai (objekto C atvejis)

Parametras	Objektas C NGV			
Saulės elektrinės galia	5 kW			
Atsiskaitymo būdas	1 var.	2 var.	3 var.	4 var.
NPV, EUR	3456,5	4731,9	3433,4	3272
PI	0,47	0,63	0,47	0,45
IRR, proc.	14,59	17,76	14,53	14,12
B/C	1,04	1,12	1,03	0,86
LCOE, EUR/kWh	0,191	0,173	0,191	0,193
Saulės elektrinės galia	7,5 kW			
Atsiskaitymo būdas	1 var.	2 var.	3 var.	4 var.
NPV, EUR	5509,2	6757,9	6047,1	4752,5
PI	0,87	1,10	0,96	0,75
IRR, proc.	15,14	17,21	16,03	13,86
B/C	1,08	1,17	1,11	1,03
LCOE, EUR/kWh	0,108	0,097	0,104	0,115



39 pav. NPV reikšmės NGV atveju (objekto C atvejis)



40 pav. IRR reikšmės NGV atveju (objekto C atvejis)

Išanalizavus ekonominius rodiklius nustatyta, kad objektui C ekonomiškai priimtinausias sprendimas būtų įsigyti 5 kW galingumo SE iš saulės elektrinės parko ir pasirinkti atsiskaitymą už galią (2 var.), tuomet LCOE – 0,173 EUR/kWh. Ekonominės rentabilumo analizės metu, nustatyta, kad mažiausiai ekonomiškai efektyvus sprendimas yra įsigyti 7,5 kW SE ir pasirinkti atsiskaitymą kilovatvalandėmis (4 var.).

3.7.4. Palyginamoji ekonominių rodiklių analizė – objekto D atvejis

Atlikta ekonominių rodiklių analizė objekto D atveju, verslo modelis „P2P“. Gauti rezultatai pateikiami 32 lentelėje.

32 lentelė. P2P palyginamosios ekonominės analizės rezultatai (objekto D atvejis)

Parametras	Objektas D
NPV, EUR	-22134,52
PI	0,33
B/C	0,29
LCOE, EUR/kWh	0,184

Ekonominių rodiklių rentabilumo analizė parodė, kad P2P modelio schema yra ekonomiškai neefektyvi, nes NPV reikšmė gaunama neigiama: -22134,52 EUR. Šio modelio investicijas apie 30 proc. didina elektros energijos kaupimo sistema. Skaičiavimo metu nustatyta, kad diskonto normą prilyginus 0 proc., NPV reikšmė įgyja neigiamą reikšmę.

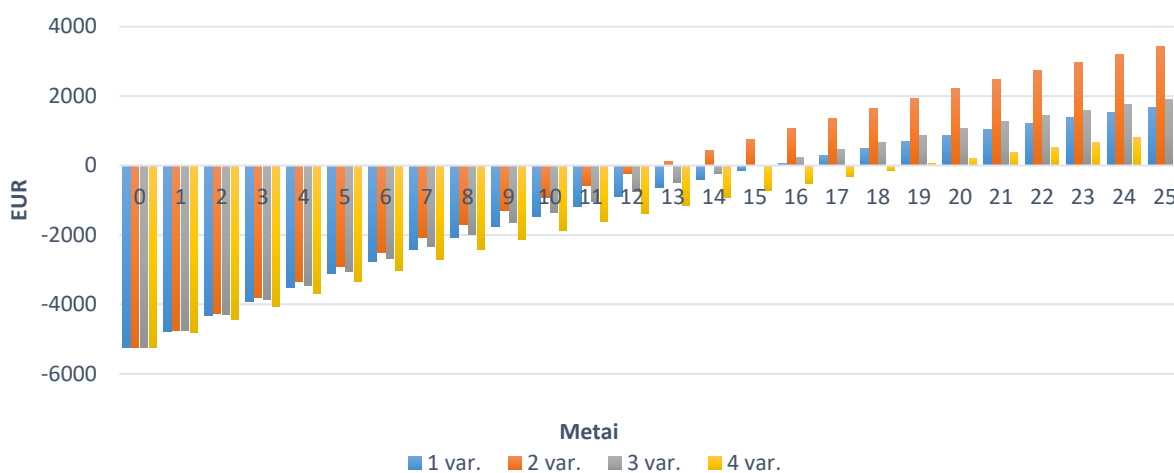
Tiriamiesiems objektams ekonomiškai nepriimtina tapti GV. Tinklo plėtros mokestis ženkliai didina investicijas ir įvertinti ekonominiai rodikliai rodo, kad šis sprendimas būtų ekonomiškai neefektyvus. Ekonominės analizės metu nustatyta, kad visiems tiriamiesiems objektams ekonomiškai priimtinausia įsigyti SE iš saulės parko ir tapti NGV. Atlikus detaliają ekonominę rodiklių analizę nustatyta, kad visiems tiriamiesiems objektams ekonomiškai efektyviausias būdas būtų įsigyti SE 5 kW galios iš saulės parko ir pasirinkti atsiskaitymą už galią.

Objekto D atveju, atlikus ekonominę įvertinimą nustatyta, kad P2P verslo modelio schema nėra ekonomiškai priimtina Lietuvoje, jeigu tokiai modelio schemai nėra teikiama finansinė parama. Skaičiavimo rezultatai rodo, kad P2P verslo modelio ekonominę efektyvumą ženkliai įtakoja didelė energijos kaupiklių kaina, kuri bendras investicijas didina apie 30 proc.

Palyginamajam vertinimui tikslinga atlikti ir projektų balansų analizę atsižvelgiant į atsipirkimo laikus.

3.8. Projekto balanso rezultatų įvertinimas

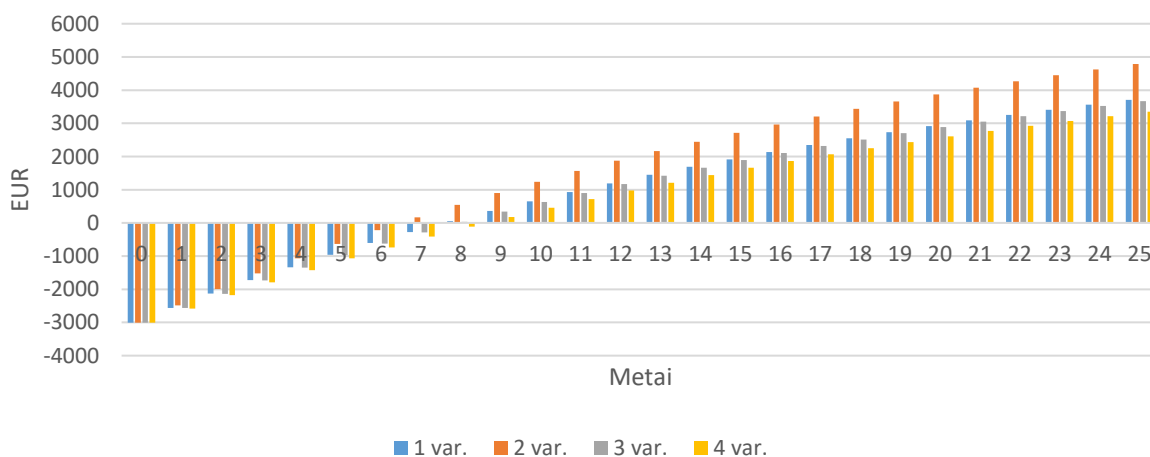
Objekto A atveju projekto balansas įsirengus 5 kW galios SE įvertinus tinklo plėtros mokestį, pagal GV verslo modelį, pateikiamas 41 pav. Kitų analizuotų objektų projekto balanso grafikai pridedami prieduose.



41 pav. GV projekto balansas įsirengus 5 kW galios SE (objekto A atvejis)

Iš projekto balanso matoma, kad GV atveju įvertinus tinklo plėtros mokestį, kuris didina investicijas apie 30 proc., atsipirkimo laikas trumpiausias būtų pasirinkus 2 atsiskaitymo variantą – 14 metų, ilgiausias pasirinkus 4 var. – 19 metų.

Analogiškai sudaromas grafikas įsigijus 5 kW galios SE iš saulės elektrinių parko ir tapus NGV.



42 pav. NGV projekto balansas įsigijus 5 kW galios SE (objekto A atvejis)

Iš 42 paveikslo, galima daryti išvadą, kad tapus NGV ir pasirinkus atsiskaitymą už galią (2 var.) SE atsipirkimo laikas yra 7 metai. Pasirinkus atsiskaitymo būdą už gautą energiją (1 var.) atsipirkimo laikotarpis ilgėja iki 8 metų, o mišrų atsiskaitymo būdą, atsipirkimo laikotarpis ilgėja iki 10 metų.

33 lentelėje pateikiami apibendrinti analizuotų objektų ir skirtingų verslo modelių atsipirkimo laikai. Jeigu visą eksploataavimo laikotarpį projektas neatsiperka pažymėta „–“.

33 lentelė. Projekto balanso rezultatų apibendrinimas

Objektas	Galia, kW	GV modelis	Atsiskaitymo tipas ir atsipirkimo trukmė, metais			
			1 var.	2 var.	3 var.	4 var.
Objektas A	5	GV	17	14	16	20
	7,5	GV	–	–	–	17
	5	NGV	8	7	8	9
	7,5	NGV	12	12	12	9
Objektas B	5	GV	24	19	23	25
	7,5	GV	25	–	–	20
	5	NGV	9	7	8	8
	7,5	NGV	10	10	10	9
Objektas C	5	GV	23	20	21	–
	7,5	GV	18	17	17	20
	5	NGV	9	7	9	9
	7,5	NGV	8	7	8	9

Projekto balanso metu nustatyta, kad GV modelio atsipirkimo laikas yra ilgesnis dėl tinklo plėtros rekonstrukcijos mokesčio. NGV atveju atsipirkimo laikas svyruoja nuo 7 iki 10 metų. Įvertinus projekto balanso skaičiavimo rezultatus galima daryti išvadą visiems tiriamiesiems objektams yra ekonomiškai efektyvu pasirinkti NGV verslo modelio schemą.

P2P verslo modeliu atveju, AEI generacijos šaltiniai per visą eksploataavimo laikotarpį neatsiperka.

Atlikus ekonominę analizę nustatyta, kad tiriamiesiems objektams GV verslo modelis yra ekonomiškai nepriimtinas, nes tinklo plėtros/rekonstrukcijos mokestis investicijas padidina nuo 30 iki 50 proc. Ekonomiškai efektyviau įsigyti SE iš saulės parko ir tapti NGV. Nustačius tiriamiesiems objektams tinkamą GV verslo modelį, toliau tikslinga atlikti jautrumo analizę.

3.9. Jautrumo analizė

Jautrumo analizė atliekama įvertinant investicijų, diskonto normos ir elektros energijos kainos pokyčius. Analizė atlikta pagal 2.4.2. pateiktą informaciją.

3.9.1. Jautrumo analizės įvertinimas investicijų pokyčiams

Jautrumo analizė investicijų pokyčiams atlikta remiantis 2.4.2. skyriuje pateikta informacija, priimant, kad SE įrengimo kainos mažėja 10 proc. ir 20 proc. Gauti rezultatai pateikiami 34, 35 ir 36 lentelėse.

34 lentelė. Jautrumo analizė vertinant SE investicijų sumažėjimą (objekto A atvejis)

Parametras	Objektas A NGV			
Saulės elektrinės galia	5 kW			
Atsiskaitymo būdas	1 var.	2 var.	3 var.	4 var.
NPV, EUR (SE įrengimo kaina mažėja 10 proc.)	4002,9	5087,1	3964,9	3652,5
e	0,81	0,63	0,82	0,90
NPV, EUR (SE įrengimo kaina mažėja 20 proc.)	4303,9	5388,1	4265,9	3953,5
e	0,81	0,63	0,82	0,90
Saulės elektrinės galia	7,5 kW			
Atsiskaitymo būdas	1 var.	2 var.	3 var.	4 var.
NPV, EUR (SE įrengimo kaina mažėja 10 proc.)	3335,2	3523,6	3383,2	5473,1
e	1,57	1,47	1,54	0,90
NPV, EUR (SE įrengimo kaina mažėja 20 proc.)	3786,74	3975,1	3834,7	5924,6
e	1,57	1,47	1,54	0,90

Jautrumo analizės rezultatai parodė, kad jautriausi atsiskaitymo būdai: įsigijus 5 kW SE galios – atsiskaitymas kilovatvalandėmis (4 var.), įsigijus 7,5 kW SE – atsiskaitymas už gautą energiją (1 var.). Mažiausiai jautrūs atsiskaitymo būdai, investicijų pokyčiams: nusipirkus 5 kW SE iš saulės parko – atsiskaitymas už galią (2 var.), 7,5 kW – atsiskaitymas kilovatvalandėmis (1 var.). Jų elastingumai gaunami apie 30 proc. mažesni.

35 lentelė. Jautrumo analizė įvertinant SE investicijų sumažėjimą (objekto B atvejis)

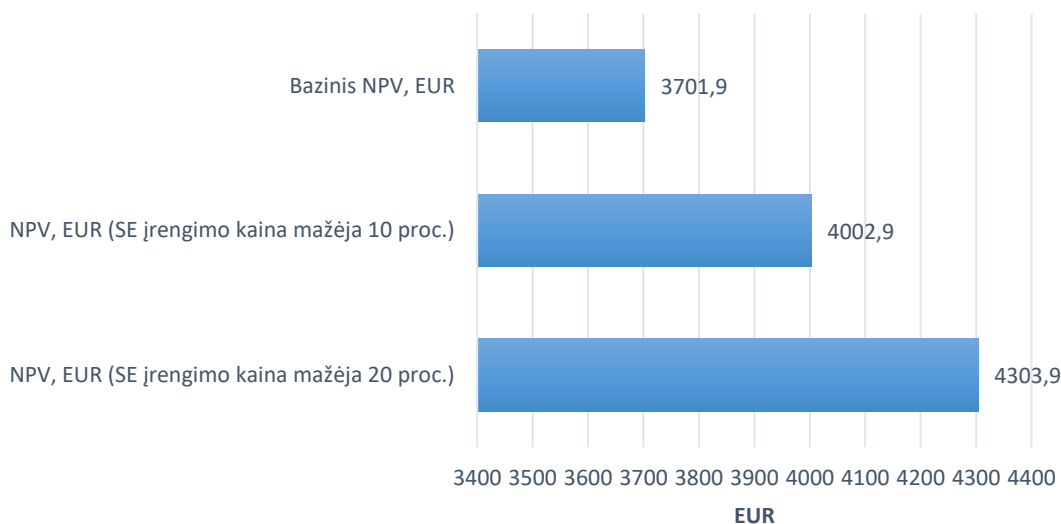
Parametras	Objektas B NGV			
Saulės elektrinės galia	5 kW			
Atsiskaitymo būdas	1 var.	2 var.	3 var.	4 var.
NPV, EUR (SE įrengimo kaina mažėja 10 proc.)	3801,7	5406,7	4553,5	4258,9
e	0,86	0,59	0,71	0,76
NPV, EUR (SE įrengimo kaina mažėja 20 proc.)	4102,7	5707,7	4854,5	4559,9
e	0,86	0,59	0,71	0,76
Saulės elektrinės galia	7,5 kW			
Atsiskaitymo būdas	1 var.	2 var.	3 var.	4 var.
NPV, EUR (SE įrengimo kaina mažėja 10 proc.)	3335,2	3523,6	3383,2	5473,1
e	1,18	1,04	1,09	0,92
NPV, EUR (SE įrengimo kaina mažėja 20 proc.)	3786,7	3975,1	3834,7	5924,6
e	1,18	1,04	1,09	0,92

7,5 kW SE iš saulės parko atsiskaitymo būdų elastingumai gaunami apie 30 proc. didesni, palyginus jei būtų perkama 5 kW SE iš saulės parko. Jautriausi investicijų pokyčiams: 5 kW ir 7,5 kW SE – atsiskaitymas už gautą energiją (1 var.). Mažiausiai jautrūs: 5 kW SE – atsiskaitymas už instaliuotą galią (2 var.), įsigijus 7,5 kW SE – atsiskaitymas kilovatvalandėmis (4 var.).

36 lentelė. Jautrumo analizė įvertinant SE investicijų sumažėjimą (objekto C atvejis)

Parametras	Objektas C NGV			
Saulės elektrinės galia	5 kW			
Atsiskaitymo būdas	1 var.	2 var.	3 var.	4 var.
NPV, EUR (SE įrengimo kaina mažėja 10 proc.)	3757,5	5033,0	3734,3	3573,8
e	0,81	0,63	0,82	0,90
NPV, EUR (SE įrengimo kaina mažėja 20 proc.)	4058,5	5333,9	4035,4	3874,7
e	0,81	0,63	0,82	0,90
Saulės elektrinės galia	7,5 kW			
Atsiskaitymo būdas	1 var.	2 var.	3 var.	4 var.
NPV, EUR (SE įrengimo kaina mažėja 10 proc.)	5960,7	7209,4	6498,5	5204,4
e	1,18	1,04	1,09	0,92
NPV, EUR (SE įrengimo kaina mažėja 20 proc.)	6412,2	7660,9	6950,1	5655,5
e	1,18	1,04	1,09	0,92

Jautrumo analizė investicijų pokyčiams parodė, kad įsigijus 7,5 kW SE iš saulės parko visi atsiskaitymo būdai jautriau reaguoja į pasikeitimus. Jų elastingumai gaunami apie 30 proc. didesni, palyginus jei būtų perkama 5 kW SE iš saulės parko. Jautriausiais atsiskaitymo būdais – atsiskaitymas už gautą energiją (1 var.). Mažiausiai jautrūs: 5 kW SE – atsiskaitymas už instaliuotą galią (2 var.), įsigijus 7,5 kW SE – atsiskaitymas kilovatvalandėmis (4 var.). Elastingumai gaunami 30 proc. mažesni, palyginus su atsiskaitymo būdais, kurie jautriausiai reaguoja į investicijų pokyčius.



43 pav. Jautrumo analizė investicijų pokyčiui NGV atveju pasirinkus atsiskaitymą už gautą energiją (objekto A atvejis, 5 kW SE)

Atlikus jautrumo analizę investicijų pokyčiui, matyti, kad jautriausiai į investicijų pokyčius reaguoja atsiskaitymo būdai, įsirengus 7,5 kW galios SE. Elastingumo reikšmės, atsiskaitymo būdams gaunamos apie 30 proc. didesnės, nei įsigijus 5 kW galios SE.

3.9.2. Jautrumo analizės įvertinimas diskonto normos pokyčiams

Jautrumo analizė diskonto normos pokyčiams atliekama, remiantis 2.4.2. skyriuje pateikta informacija, priimant, kad diskonto norma mažėja iki 4 proc., o kitu atveju didėja iki 6 proc. Gauti rezultatai pateikiami 37, 38 ir 39 lentelėse.

37 lentelė. Jautrumo analizė įvertinant diskonto normos pakeitimus (objekto A atvejis)

Parametras	Objektas A NGV			
Saulės elektrinės galia	5 kW			
Atsiskaitymo būdas	1 var.	2 var.	3 var.	4 var.
NPV (4 proc.), EUR	4355,3	5544,9	4313,6	3970,7
e	0,96	0,86	0,97	1,01
NPV (6 proc.), EUR	3016,9	3990,4	2982,8	2702,2
e	-0,83	-0,74	-0,83	-0,86
Saulės elektrinės galia	7,5 kW			
Atsiskaitymo būdas	1 var.	2 var.	3 var.	4 var.
NPV (4 proc.), EUR	3603,9	381,6	3656,6	5949,9
e	1,36	1,31	1,35	1,01
NPV (6 proc.), EUR	2128,6	2297,7	2171,7	4048,3
e	-1,17	-1,13	-1,16	-0,87

Jautrumo analizės rezultatai parodė, kad įsigijus 7,5 kW SE iš saulės parko atsiskaitymo būdai jautriau reaguoja į diskonto normos pokyčius. Elastingumai gaunami apie 40 proc. didesni, nei įsigijus 5 kW SE iš saulės parko. Jautriausi atsiskaitymo būdai diskonto normos pokyčiams: nusipirkus 5 kW SE – atsiskaitymas kilovatvalandėmis (4 var.), įsigijus 7,5 kW SE atsiskaitymas už gautą energiją (1 var.).

38 lentelė. Jautrumo analizė įvertinant diskonto normos pakeitimus (objekto B atvejis)

Parametras	Objektas B NGV			
Saulės elektrinės galia	5 kW			
Atsiskaitymo būdas	1 var.	2 var.	3 var.	4 var.
NPV (4 proc.), EUR	4134,5	5895,7	4959,4	4636,2
e	0,99	0,84	0,90	0,93
NPV (6 proc.), EUR	2836,2	4277,4	3511,3	3246,8
e	-0,85	-0,72	-0,78	-0,80
Saulės elektrinės galia	7,5 kW			
Atsiskaitymo būdas	1 var.	2 var.	3 var.	4 var.
NPV (4 proc.), EUR	4627,2	5208,1	4974,2	5811,2
e	1,16	1,08	1,11	1,02
NPV (6 proc.), EUR	2966,0	3441,9	3249,8	3934,8
e	-0,99	-0,93	-0,95	-0,88

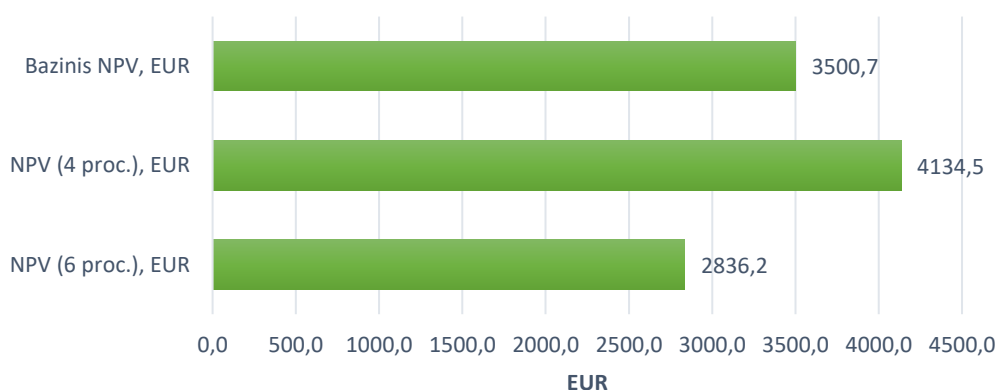
Jautrumo analizės rezultatai rodo, kad nusipirkus 7,5 kW SE iš saulės parko atsiskaitymo būdai jautriau reaguoja į diskonto normos pokyčius. Elastingumai gaunami apie 30 proc. didesni, nei įsigijus 5 kW SE iš saulės parko. Jautriausi atsiskaitymo būdai diskonto normos pokyčiams: nusipirkus 5 kW SE – atsiskaitymas už gautą energiją (1 var.), įsigijus 7,5 kW SE atsiskaitymas už gautą energiją (1 var.).

39 lentelė. Investicinio projekto NPV pokytis įvertinus diskonto normos pakeitimus (objekto C atvejis)

Parametras	Objektas C NGV			
Saulės elektrinės galia	5 kW			
Atsiskaitymo būdas	1 var.	2 var.	3 var.	4 var.
NPV (4 proc.), EUR	4086,0	5485,6	4060,6	3884,3
e	1,00	0,87	0,99	1,02
NPV (6 proc.), EUR	2796,6	3941,8	2775,8	2631,6
e	-0,85	-0,75	-0,86	-0,87
Saulės elektrinės galia	7,5 kW			
Atsiskaitymo būdas	1 var.	2 var.	3 var.	4 var.
NPV (4 proc.), EUR	6485,0	7855,2	7075,2	5654,7
e	0,96	0,88	0,93	1,03
NPV (6 proc.), EUR	4486,1	5607,4	4969,1	3806,7
e	-0,83	-0,76	-0,80	-0,89

Jautriausias atsiskaitymo būdas diskonto normos pokyčiams, įsigijus 5 kW ir 7,5 kW SE – atsiskaitymas kilovatvalandėmis (4 var.). Mažiausiai jautrus atsiskaitymo būdas investicijų pokyčiams gaunamas atsiskaitymas už galią (2 var.). Elastingumo reikšmės gaunamos apie 13 proc. mažesnės, palyginus su atsiskaitymu – kilovatvalandėmis.

44 paveiksle pateikiami gauti jautrumo analizė rezultatai. Gauti rezultatai parodė, kad mažinant diskonto normą NPV reikšmė įgyja didesnes reikšmes, didinant – atvirkščiai.



44 pav. Jautrumo analizė diskonto normos pokyčiui NGV atveju pasirinkus atsiskaitymą už gautą energiją (objekto B atvejis, 5 kW SE)

Atlikta jautrumo analizė diskonto normos pokyčiui patvirtino, kad diskonto normą yra svarbus parametras atliekant ekonominio rentabilumo analizę.

3.9.3. Jautrumo analizės įvertinimas elektros energijos kainos pokyčiams

Jautrumo analizė elektros energijos kainos pokyčiams atliekama, remiantis 2.4.2. skyriuje pateikta informacija, priimama, kad elektros energijos kaina didėja 10 proc. ir 15 proc. Gauti rezultatai pateikiami 40, 41, ir 42 lentelėse.

40 lentelė. Jautrumo analizė vertinant elektros energijos kainos pokyčius (objekto A atvejis)

Parametras	Objektas A NGV			
Saulės elektrinės galia	5 kW			
Atsiskaitymo būdas	1 var.	2 var.	3 var.	4 var.
NPV (elektros energijos kaina didėja 10 proc.), EUR	4974,8	6058,9	4936,8	4624,4
e	3,44	2,66	3,47	3,80
NPV (elektros energijos kaina didėja 15 proc.), EUR	5611,4	6695,5	5573,4	5260,9
e	3,44	2,66	3,47	3,80
Saulės elektrinės galia	7,5 kW			
Atsiskaitymo būdas	1 var.	2 var.	3 var.	4 var.
NPV (elektros energijos kaina didėja 10 proc.), EUR	4156,6	4344,9	4204,6	6294,5
e	4,41	4,14	4,34	2,53
NPV (elektros energijos kaina didėja 15 proc.), EUR	4793,1	4981,5	4841,1	6930,9
e	4,41	4,14	4,34	2,53

Atlikus jautrumo analizę vertinant elektros energijos kainos pokyčius, pagal gautus rezultatus galima teigti, kad jautriausi atsiskaitymo būdai: įsigijus 5 kW SE iš saulės parko – atsiskaitymas kilovatvalandėmis (4 var.), įsigijus 7,5 kW SE – atsiskaitymas už gautą energiją (1 var.). Mažiausiai jautrūs atsiskaitymo būdai: įsigijus 5 kW SE – už galią (2 var.), įsigijus 7,5 kW SE – atsiskaitymas kilovatvalandėmis. Tai rodo elastingumai, kurių reikšmės gaunamos apie 30 proc. mažesnės, palyginus su jautriausiais atsiskaitymo būdais ir jų elastingumais.

41 lentelė. Jautrumo analizė vertinant elektros energijos kainos pokyčius (objekto B atvejis)

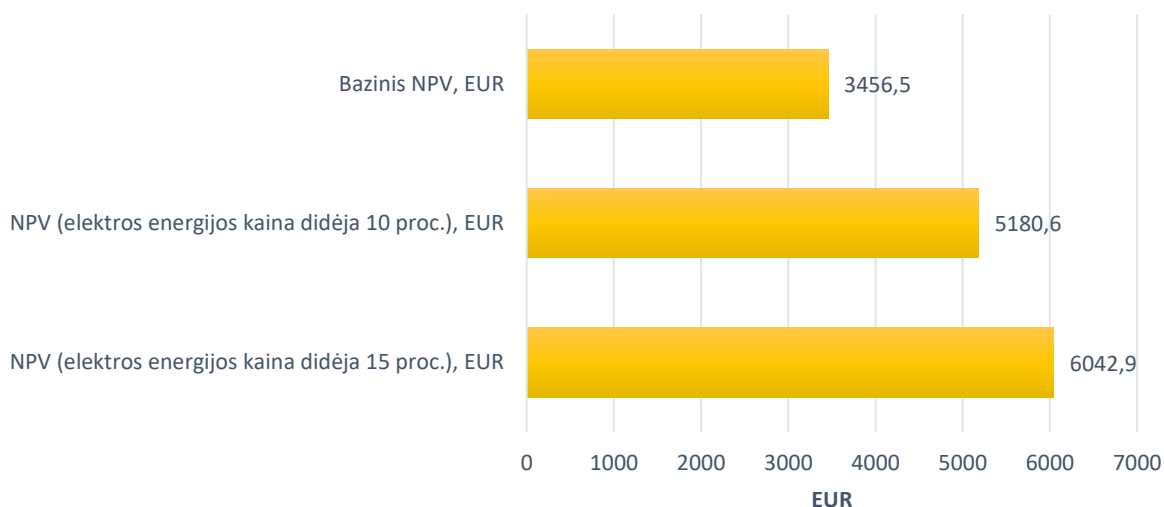
Parametras	Objektas B NGV			
Saulės elektrinės galia	5 kW			
Atsiskaitymo būdas	1 var.	2 var.	3 var.	4 var.
NPV (elektros energijos kaina didėja 10 proc.), EUR	4901,3	6506,3	5653,1	5358,5
e	4,00	2,74	3,29	3,54
NPV (elektros energijos kaina didėja 15 proc.), EUR	5601,4	7206,4	6353,2	6058,6
e	4,00	2,74	3,29	3,54
Saulės elektrinės galia	7,5 kW			
Atsiskaitymo būdas	1 var.	2 var.	3 var.	4 var.
NPV (elektros energijos kaina didėja 10 proc.), EUR	5216,8	5746,8	5532,9	6295,8
e	3,67	3,22	3,39	2,86
NPV (elektros energijos kaina didėja 15 proc.), EUR	5916,9	6446,9	6233,1	6995,9
e	3,67	3,22	3,39	2,86

Pagal gautus rezultatus galima teigti, kad jautriausias atsiskaitymo būdas elektros energijos kainos pokyčiams yra atsiskaitymas už gautą energiją (1 var.). Mažiausiai jautrus atsiskaitymo būdai: įsigijus 5 kW SE – atsiskaitymas už galią (2 var.), įsigijus 7,5 kW SE – atsiskaitymas kilovatvalandėmis (4 var.). Elastingumo reikšmės gaunamos apie 30 proc. mažesnės, lyginant su jautriausiu atsiskaitymo būdu.

42 lentelė. Jautrumo analizė vertinant elektros energijos kainos pokyčius (objekto C atvejis)

Parametras	Objektas C NGV			
Saulės elektrinės galia	5 kW			
Atsiskaitymo būdas	1 var.	2 var.	3 var.	4 var.
NPV (elektros energijos kaina didėja 10 proc.), EUR	5180,6	6456,0	5157,4	5996,8
e	4,99	3,64	5,02	5,27
NPV (elektros energijos kaina didėja 15 proc.), EUR	6042,9	7318,3	6019,7	5859,1
e	4,99	3,64	5,02	5,27
Saulės elektrinės galia	7,5 kW			
Atsiskaitymo būdas	1 var.	2 var.	3 var.	4 var.
NPV (elektros energijos kaina didėja 10 proc.), EUR	7233,2	8481,9	7771,1	6476,6
e	3,13	2,55	2,85	3,63
NPV (elektros energijos kaina didėja 15 proc.), EUR	8095,54	9344,2	8633,4	7338,9
e	3,13	2,55	2,85	3,63

Jautriausias atsiskaitymas elektros energijos kainos pokyčiams yra atsiskaitymas kilovatvalandėmis (4 var.). Mažiausiai jautrus atsiskaitymo būdas elektros energijos kainos pokyčiui yra atsiskaitymas už galią (2 var.). Elastingumo reikšmės gaunamos 30 proc. mažesnės, lyginant su jautriausiu atsiskaitymo būdu.



45 pav. Jautrumo analizė elektros energijos kainų pokyčiui NGV atveju pasirinkus atsiskaitymą už gautą energiją (objekto C atvejis, 5 kW SE)

Apibendrinant jautrumo analizes rezultatus, galima teigti, kad projektų sėkmingą įgyvendinimą iš esmės sąlygoja elektros energijos kainos pokyčiai, nes šių pokyčių atžvilgiu nustatytos didžiausios elastingumų reikšmės. Palyginus su kitų parametru pokyčiais, elektros energijos kainos pokyčio elastingumai yra apie 2,5 kartus didesni.

Išvados

1. Išanalizavus mokslinę literatūrą pastebėtina, kad AEI turi mažą neigiamą poveikį ekosistemai ir dėl šios priežasties laikomi, kaip pagrindinė priemonė kovojant su klimato kaita. Žaliosios energetikos plėtrai yra taikomos teisinės reglamentuojančios bei finansinės priemonės. ES priimta Europos Parlamento ir Tarybos direktyva (ES) 2018/2001, skatinanti AEI plėtojimą, kurios reikalavimai perkelti į nacionalinius teisės aktus. Siekiant įgyvendinti užsibrėžtus AEI plėtros tikslus būtinos ir finansinės paramos priemonės: ES investiciniai fonai, RRF, klimato kaitos programa ir kt.
2. Atlikus verslo modelių analizę nustatyta, kad šiuo metu Lietuvoje įteisinti du GV verslo modeliai: GV ir NGV. GV įsirengia nuosavą SE ir yra prijungta prie ST. NGV – nusiperka dalį SE iš saulės parkų, todėl šis modelis leidžia gaminti elektros energiją iš AEI ir naudoti ją geografiškai skirtingose vietose. Pasaulyje egzistuoja ir P2P – verslo modelis, kuomet du namų ūkiai gali tiesiogiai dalintis elektros energija pagaminta nuosavose elektrinėse, be tarpininkų ar kitų trečiųjų šalių.
3. ST techninių galimybių analizė parodė, kad Lietuvos ST nebuvo projektuojami taip, kad būtų pritaikyti abipusiam energijos srautui. Pagal Lietuvos standartą LST EN 50160:2010 nustatyta, kad įtampos nuostoliai negali viršyti nominalios reikšmės ± 10 proc. Jeigu vartotojo maitinimosi taške prijungus SE viršijami įtampos nuostoliai, atsiranda poreikis tinklo modernizacijai.
4. Siekiant atlikti GV verslo modelių palyginamąjį ekonominį įvertinimą pasirinkti trys verslo modelio tipai: GV, NGV, P2P bei keturi skirtingose vietose esančių gyvenamųjų namų objektai. Palyginamajai ekonominei analizei tikslinga taikyti ekonominio efektyvumo vertinimo metodus (NPV, IRR, PI, B/C) bei nustatyti LCOE.
5. Ekonominės analizės metu nustatyta, kad tiriamiesiems objektams, GV modelio schema, įvertinus tinklo plėtros dedamąją ekonomiškai yra nepriimtina. Tinklo plėtros mokestis investicijas didina nuo 30 proc. iki 50 proc. priklausomai nuo priimamų techninių sprendimų. Ekonomiškai efektyvesnis būdas yra įsigyti SE iš saulės parko ir tapti NGV. Palyginamoji ekonominė analizė parodė, kad tiriamiesiems objektams ekonomiškai efektyviausias sprendimas pasirinkti atsiskaitymą už galią ir įsigyti 5 kW SE. Objekto A ekonominiai rodikliai: IRR – 17,90 proc., LCOE – 0,109 EUR/kWh, atsipirkimo trukmė – 7 metai; objekto B IRR – 18,68 proc., LCOE – 0,120 EUR/kWh, atsipirkimo trukmė – 7 metai; objekto C ekonominiai rodikliai: IRR – 17,76 proc., LCOE – 0,173 EUR/kWh, atsipirkimo trukmė – 7 metai. Atlikus ekonominę rentabilumo analizę P2P modelio schemas atveju (objekto D) nustatyta, kad ši modelio schema nėra ekonomiškai efektyvi LCOE – 0,184 EUR/kWh, nes tokiai modelio schemai nėra teikiama finansinė parama bei ekonominį efektyvumą ženkliai įtakoja didelė energijos kaupiklių kaina.
6. Atlikus jautrumo analizę nustatyta, kad didžiausią riziką GV projektams sąlygoja elektros energijos kainos pokyčiai. Šiuo atveju elastingumai gaunami apie 2,5 kartus didesni, palyginus su kitų parametrų pokyčių gaunamais elastingumais. Jautrumo analizė parodė, kad jautriausi atsiskaitymo būdai elektros energijos kainų pokyčiui: objekto A ir objekto C – atsiskaitymas kilovatvalandėmis, o objekto B – už gautą energiją.

Literatūros sąrašas

1. Chris Riedy. Climate change https://www.researchgate.net/publication/311301385_Climate_Change [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-01-04]. Prieiga per: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9386520/authors>
2. Uday kumar Nath, Ruma Sen. *A Comparative Review on Renewable Energy Application, Difficulties and Future Prospect* [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-06-16]. Prieiga per: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9386520/authors>
3. Global energy statistical yearbook 2020 [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-09-20]. Prieiga per: <https://yearbook.enerdata.net/electricity/electricity-domestic-consumption-data.html>
4. Global energy statistical yearbook 2020 [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-09-20]. Prieiga per: <https://yearbook.enerdata.net/co2/emissions-co2-data-from-fuel-combustion.html>
5. Primary energy demand change worldwide from 2019 to 2021 [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-10-04]. Prieiga per: <https://www.statista.com/statistics/1242753/change-in-global-energy-demand/>
6. Statistical Review of World Energy. [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-10-04]. Prieiga per: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/renewable-energy.html>
7. Phebe Asantewaa Owusu and Samuel Asumadu-Sarkodie. A Review of Renewable Energy Sources, Sustainability Issues and Climate Change Mitigation. [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-09-26]. Prieiga per: https://www.researchgate.net/publication/299616498_A_Review_of_Renewable_Energy_Sources_Sustainability_Issues_and_Climate_Change_Mitigation
8. Mohamed EL-Shimy. Operational Characteristics of Renewable Sources, Challenges, and Future Prospective. [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-09-26]. Prieiga per: https://www.researchgate.net/publication/316789287_Operational_Characteristics_of_Renewable_Sources_Challenges_and_Future_Prosecutive
9. Lietuvos energetikos Agentūra. Atsinaujinantys energijos ištekliai [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-06-02]. Prieiga per: <https://www.ena.lt/atsinaujinantys-energijos-istekliai/>
10. IRENA. Renewable Power Generation Costs in 2019. [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-06-02]. Prieiga per: <https://www.irena.org/publications/2020/Jun/Renewable-Power-Costs-in-2019>
11. IRENA. Renewable energy benefits. Leveraging local capacity for solar PV [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-06-02]. Prieiga per: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Jun/IRENA_Leveraging_for_Solar_PV_2017.pdf
12. Europos Parlamento ir tarybos direktyva (ES) 2018/2001. 2018 m. gruodžio 11 d. [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-06-02]. Prieiga per: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001&from=LT>
13. Lietuvos Respublikos Energetikos Ministerija. Nacionalinė energetinės nepriklausomybės strategija [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-06-02]. Prieiga per: https://enmin.lrv.lt/uploads/enmin/documents/files/Nacionaline%20energetines%20nepriklausomybes%20strategija_2018_LT.pdf
14. Lietuvos Respublikos Nacionalinis energetikos ir klimato srities veiksmų planas 2021-2030 m [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-06-02]. Prieiga per: <https://am.lrv.lt/lt/veiklos-sritys-1/klimato-kaita/nacionalinis-energetikos-ir-klimato-srities-veiksmu-planas-2021-2030-m>

15. Oficialios statistikos portalas. Atsinaujinantys energijos ištekliai. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-01-02].
Prieiga per: <https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize?indicator=S1R127?hash=7811fded-51bd-405c-9cac-4bdc636ddb#/>
16. Europos Komisija. Europos struktūriniai ir investicijų fondai. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-01-14].
Prieiga per: https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/funding-opportunities/funding-programmes/overview-funding-programmes/european-structural-and-investment-funds_lt
17. Europos Sąjungos investicijos. 2014-2020 m. ES fondų investicijas. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-01-14].
Prieiga per: <https://www.esinvesticijos.lt/lt/finansavimas/apie-2014-2020-es-fondu-investicijas>
18. Centrinė projektų valdymo agentūra. Ekonomikos gaivinimo ir atsparumo didinimo priemonė. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-01-14].
Prieiga per: <https://www.pplietuva.lt/lt/finansavimas/ekonomikos-gaivinimo-ir-atsparumo-didinimo-priemone>
19. Lietuvos Respublikos Energetikos ministerija. „Ekonomikos gaivinimo ir atsparumo didinimo fondas (angl. *Recovery and Resilience Facility*, RRF) Žalioji transformacija“. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-01-14].
Prieiga per: https://enmin.lrv.lt/uploads/enmin/documents/files/RRF_viesas_pristatymas.pdf
20. Lietuvos Respublikos finansų ministerija. Ekonomikos gaivinimo ir atsparumo didinimo planas „Naujos kartos Lietuva“. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-03-31].
Prieiga per: <https://finmin.lrv.lt/lt/es-ir-kitos-investicijos/naujos-kartos-lietuva>
21. Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. Klimato kaitos programa. [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-06-18]
Prieiga per: <https://am.lrv.lt/lt/veiklos-sritys-1/klimato-kaita/klimato-kaitos-programa>
22. Matthew Gough, Sérgio F. Santos, Mohammed Javadi, Rui Castro and João P. S. Catalão. Prosumer Flexibility: A Comprehensive State-of-the-Art Review and Scientometric Analysis. [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-06-14].
Prieiga per: https://www.researchgate.net/publication/341709155_Prosumer_Flexibility_A_Comprehensive_State-of-the-Art_Review_and_Scientometric_Analysis
23. Stephen Hall, Moritz Ehrtmann, Donal Brown, Lars Holstenkamp. Business Models for Prosumers in Europe. [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-06-14]
Prieiga per: https://www.researchgate.net/publication/338595423_Business_Models_for_Prosumers_in_Europe
24. Donal Brown, Stephen Hall, Mark E. Davis. Prosumers in the post subsidy era: an exploration of new prosumer business models in the UK [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-06-14].
Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421519305713>
25. Kanzumba Kusakana, Peer-to-Peer Energy Sharing Model Between Grid Connected Residential Wind and Commercial Photovoltaic Prosumers [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-06-14]
Prieiga per: <https://ieeexplore-ieee-org.ezproxy.ktu.edu/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9105642&tag=1>
26. Axel Gautier, Julien Jacqmin and Jean-Christophe Poudou. The Prosumers and the Grid. [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-06-14]
Prieiga per: https://www.researchgate.net/publication/304246432_The_Prosumers_and_the_Grid
27. AB „ESO“. Gaminančių vartotojų prijungimo statistika. [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-06-14]
Prieiga per:

- <https://www.eso.lt/download/262686/gaminan%C4%8Di%C5%B3%20vartotoj%C5%B3%20prijungimo%20statistika%202020-04-03.pdf>
28. AB „ESO“. Nutolęs gaminantis vartotojas. [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-06-02] Prieiga per: <https://www.eso.lt/lt/nutolusiu-gaminanciu-vartotoju-d.u.k..html#!topic991>
 29. Lietuvos Respublikos Energetikos ministerija. Gaminantys vartotojai Lietuvoje: ilgalaikė vizija. 2020 m. Rugsėjis. [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-09-26]. Prieiga per: https://enmin.lrv.lt/uploads/enmin/documents/files/Gaminantys_vartotojai.pdf
 30. G. V. Brahmendra Kumar, Ratnam Kamala Sarojini, K. Palanisamy, Sanjeevikumar Padmanaban and Jens Bo Holm-Nielsen. Large Scale Renewable Energy Integration: Issues and Solutions. [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-06-10] Prieiga per: <https://www.mdpi.com/1996-1073/12/10/1996/htm>
 31. Ainah PriyeKenneth, KomlaFolly. Voltage Rise Issue with High Penetration of Grid Connected PV. [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-06-16]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474667016423839>
 32. K.N. NwaigweP. MutabilwaE. Dintwa. An overview of solar power (PV systems) integration into electricity grids [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-06-16]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589299119300576>
 33. Dhandis R. Jintak, Muhammad Ridwan, Aristo Adi Kusuma, K. G. H. Mangunkusumo, Handrea Bernando Tambunan, Buyung Sofiarto Munir. Analysis of Voltage and Power Factor Fluctuation due to Photovoltaic Generation in Distribution System Model [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-06-16]. Prieiga per: <https://ieeexplore-ieee-org.ezproxy.ktu.edu/document/9102497/authors#authors>
 34. Khurshed B. Nazirov, Galaktion V. Shvedov, Sirojiddin R. Chorshanbiev, Shokhin D. Dzhuraev. Study of the Operating Modes of the 0.4 kV Main Distribution Network, in Dushanbe City of the Republic of Tajikistan, with Distributed Solar Generation for Power Losses and Power Quality Estimation. [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-06-15]. Prieiga per: <https://ieeexplore-ieee-org.ezproxy.ktu.edu/document/8317197>
 35. VERT. Kokie didžiausi įtampos nuostoliai yra leistini kabelinėje linijoje nuo 10/0,4 kV transformatorinės iki vartotojo elektros įrenginių? [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-06-15] Prieiga per: <https://www.regula.lt/Puslapiai/bendra/DUK/elektros-sektorius/kokie-didziausi-itampos-nuostoliai-yra-leistini.aspx>
 36. Lietuvos Respublikos Seimas. Nutarimas „Dėl elektros energijos įrenginių prijungimo prie elektros tinklų įkainių nustatymo metodikos patvirtinimo“ [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-01-04]. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.404601/asr>.
 37. IEC. IEC 60076-8:1997 Power transformers.Part 8: Application guide <https://webstore.iec.ch/publication/606> [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-12-0]
 38. AB „Energijos skirstymo operatorius“. Elektros skirstomojo tinklo technologinės plėtros strategija [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-12-08]. Prieiga per: <https://www.eso.lt/stream/26171/strategija%202016.pdf>
 39. EMCOS. Programinė sistema
 40. VERT. Keičiasi tvarka, kaip gaminantys vartotojai atsiskaitys už pasinaudojimą elektros tinklais. [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-12-07]. Prieiga per: <https://www.regula.lt/Puslapiai/naujienos/2018-metai/2018-balandis/2018-04-26/keiciasi-tvarka-kaip-gaminantys-vartotojai-atsiskaitys-uz-pasinaudojima-elektros-tinklais.aspx>

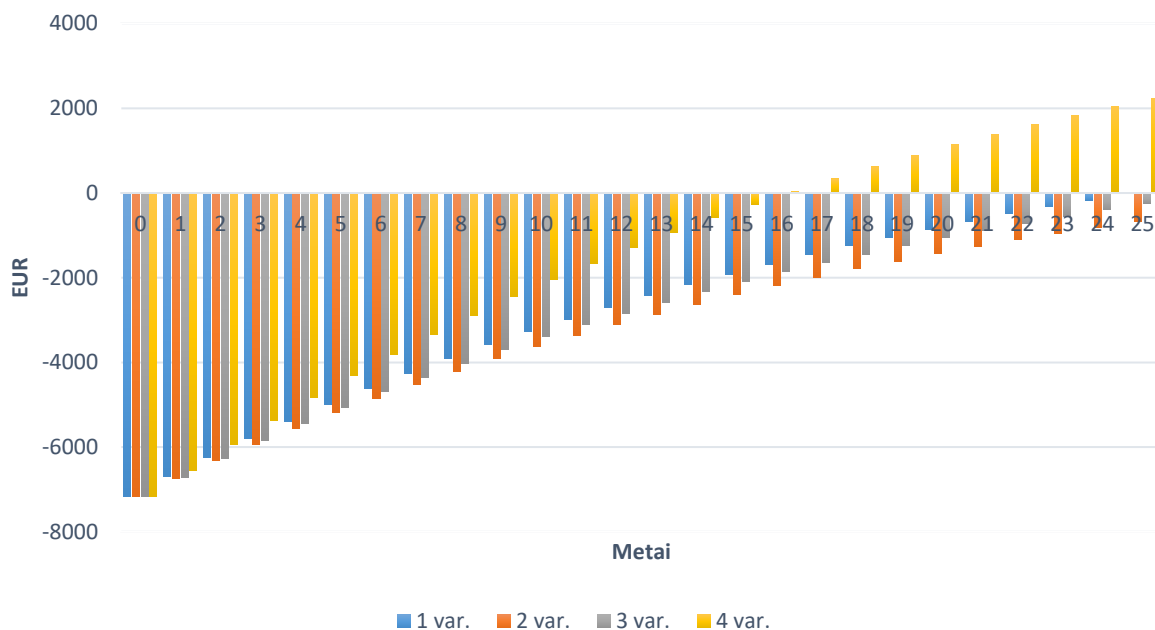
41. ESO gaminančių vartotojų atsiskaitymo būdai [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-12-07] <https://www.eso.lt/lt/namams/elektra/tarifai-kainos-atsiskaitymas-ir-skolos/gaminanciu-vartotoju-kainos.html#!topic751>
42. G.M. Sharif Ullah Al-Mamun, Md. Rokib Hasan, A. S. M. Shakil Imam. Design and Analysis of a Solar-Wind Hybrid System [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-01-04]. Prieiga per: https://www.researchgate.net/publication/344367811_Design_and_Analysis_of_a_Solar-Wind_Hybrid_System
43. AB „Energijos skirstymo operatorius“. Inovacijos pakeliui: kaip suderinti saulės ir vėjo jėgainių generuojamą energiją? [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-01-04]. Prieiga per: <https://www.eso.lt/lt/ziniasklaida/inovacijos-pakeliui-kaip-suderinti-saules-ir-vejo-6ndf.html>
44. Deksnys, Rimantas, Danilevičius, Kazimieras, Miškinis, Vaclovas, ir Staniulis, Robertas. Energetikos Ekonomika: Mokomoji Knyga. 1-a Laida. Kaunas: Technologija, 2011
45. Paskola saulės elektrinėms. Swedbank. [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-12-11]. <https://www.swedbank.lt/private/credit/loans/solar?language=LIT>
46. Rasa Norvaišienė, Rytis Krušinskas. Projektų ekonominis ir socialinis vertinimas: Mokomoji Knyga. Kaunas: Vitae Litera, 2008.
47. IRENA. The power to change. Solar and wind cost reduction potencial to 2025 [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-12-28]. Prieiga per: <https://www.irena.org/publications/2016/Jun/The-Power-to-Change-Solar-and-Wind-Cost-Reduction-Potential-to-2025>.
48. VERT. Duomenys vidutinei svertinai kapitalo kainai (WACC) skaičiuoti [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-12-28]. Prieiga per: <https://www.regula.lt/atsinaujinantys-istekliai/Puslapiai/duomenys-vidutinei-svertinei-kapitalo-kainai-WACC-skaiciuoti.aspx>
49. VERT. Nustatyti 2022 m. UAB „Ignitis“ elektros energijos tarifai buitiniams vartotojams. [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-12-29]. Prieiga per: <https://www.regula.lt/Puslapiai/naujienos/2021-metai/2021-lapkritis/2021-11-30/nustatyti-2022-m-uab-ignitis-elektros-energijos-tarifai-buitiniams-vartotojams.aspx>
50. Valstybės energetikos reguliavimo tarybos dujų ir elektros departamento skyrius. Pažyma Dėl didžiausios elektros energijos, pagamintos iš atsinaujinančių energijos išteklių kainos patvirtinimo. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-02-26]. Prieiga per: https://www.vert.lt/SiteAssets/posedziai/2020-04-23/didziausia_kaina_atginaujinantys.pdf
51. Ignitis. Saulės parkai. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-03-05]. Prieiga per: <https://www.saulesparkai.lt/projektai>.
52. Huawei LUNA2000 15kW Battery System [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-04-25]. <https://pvshop.eu/Huawei-LUNA2000-15kW-Battery-System>
53. Senukai. Benzininis generatorius. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-03-20]. Prieiga per: <https://www.senukai.lt/c/irankiai/generatoriai/ai8>
54. European Commission, Joint Research Centre. Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-03-01]. Prieiga per: <https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>
55. Programinis paketas. Renewables.ninja. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-03-25]. Prieiga per: <https://www.renewables.ninja/>
56. Guglielmo D’Amico, Filippo Petroni, Flavio Pratico. Performance indicators of wind energy production. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-03-25]. Prieiga per:

<https://www.researchgate.net/publication/272194525> Performance Indicators of Wind Energy Production

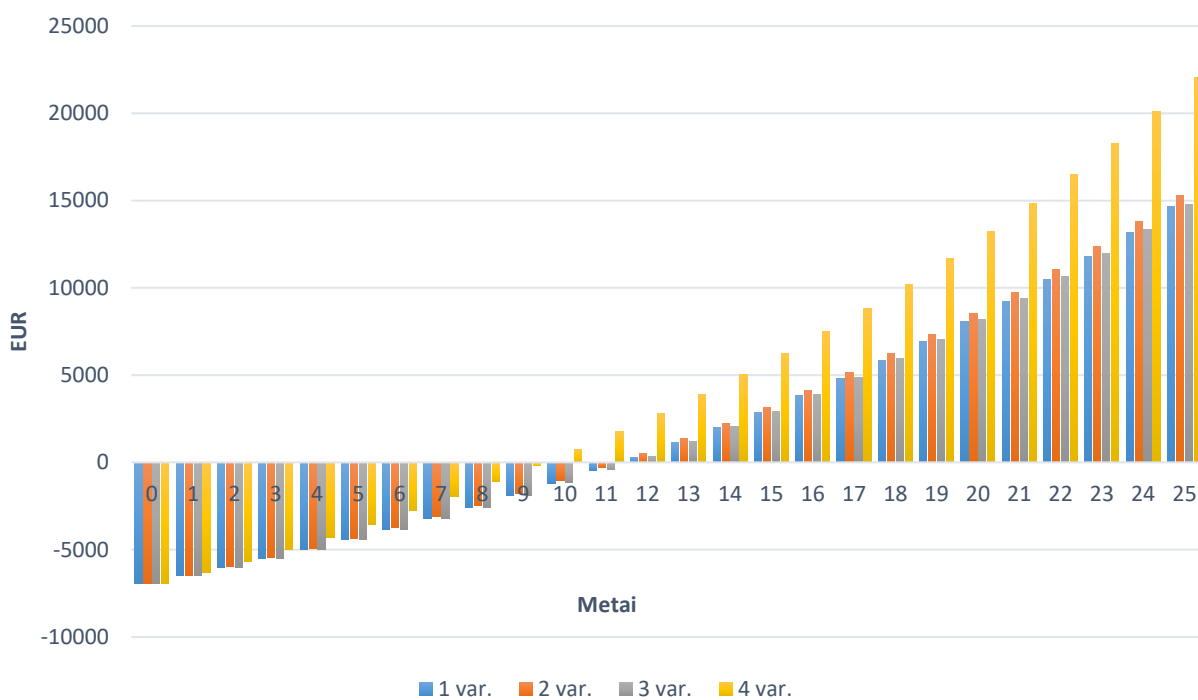
57. ESO. Nuo kovo 1 d, keičiasi prijungimo sąlygų dėl klientų objektų prijungimo prie elektros skirstomųjų tinklų rengimo tvarka. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-03-25]. Prieiga per: <https://www.eso.lt/lt/ziniasklaida/nuo-kovo-1-d.-keiciasi-prijungimo-salygu-866p.html>
58. Ignitis. Dvipusė gaminančių vartotojų elektros apskaita. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-04-28]. Prieiga per: <https://ignitis.lt/lt/gaminantiems-vartotojams>

Priedai

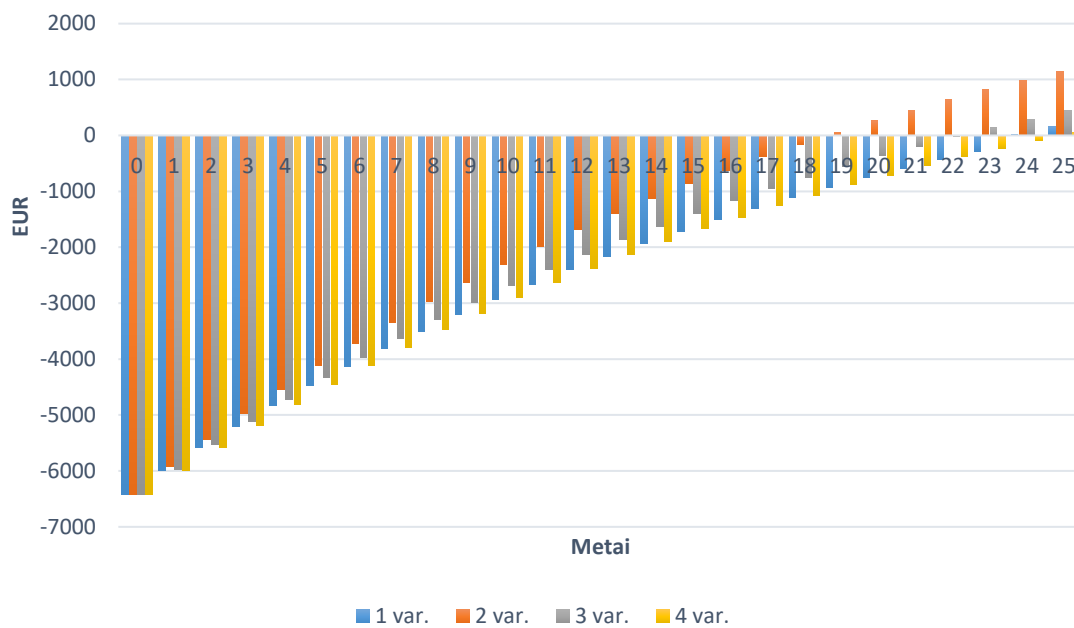
1 priedas. GV projekto balansas įsirengus 7,5 kW SE (objekto A atvejis)



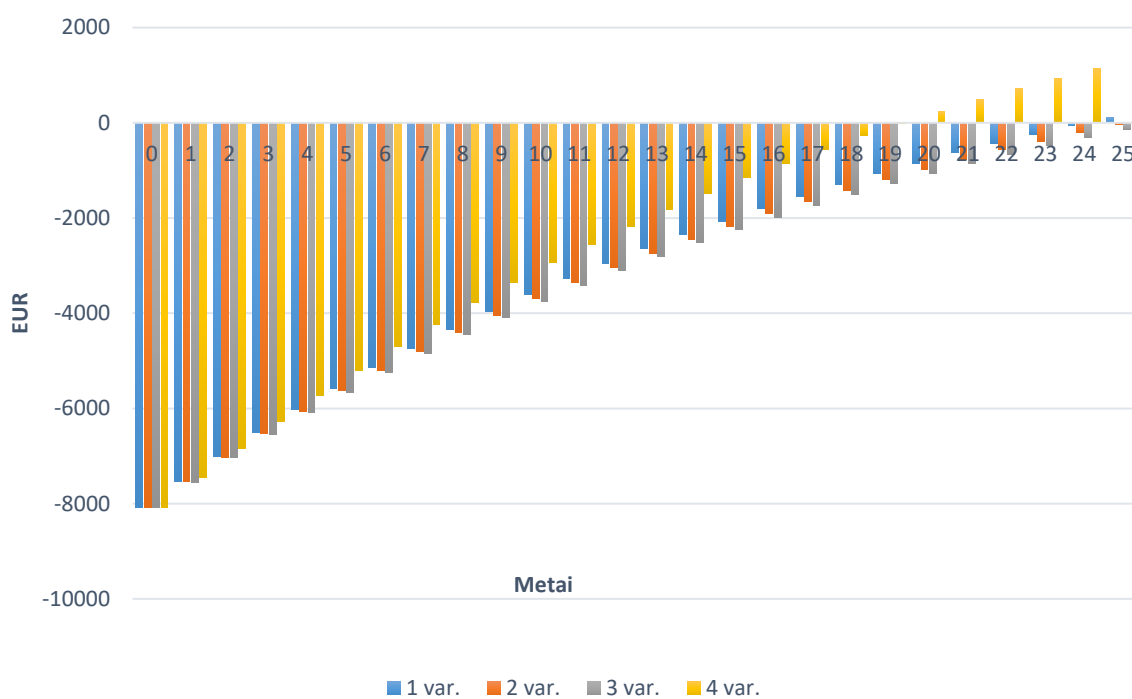
2 priedas. NGV projekto balansas įsigijus 7,5 kW SE (objekto A atvejis)



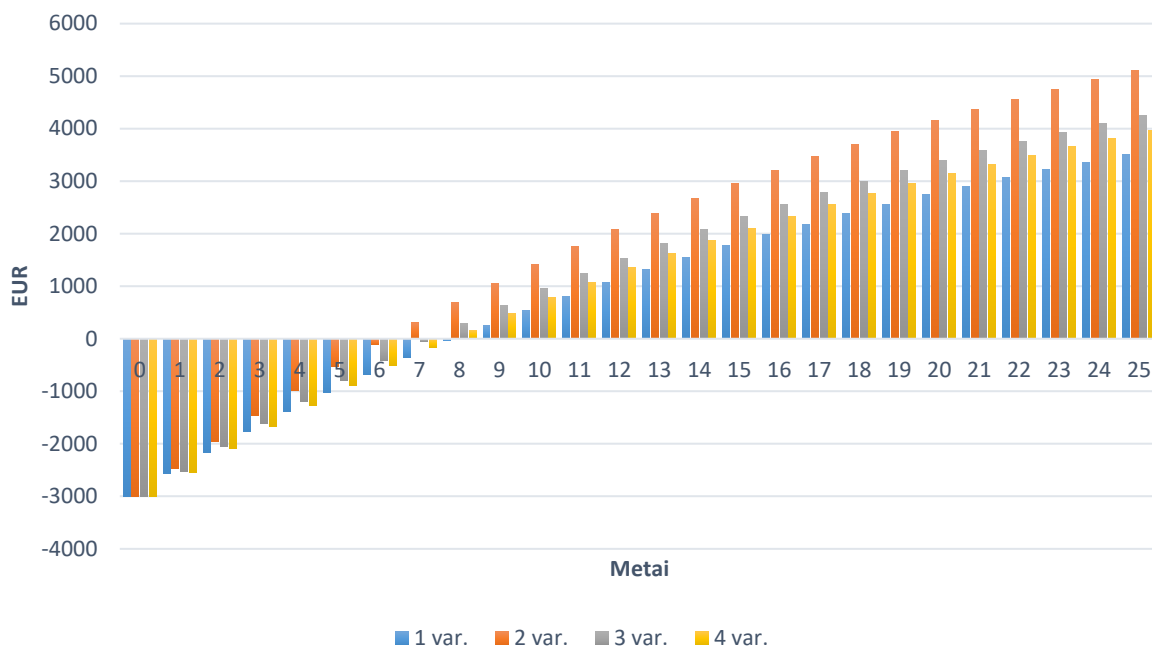
3 priedas. GV projekto balansas įsirengus 5 kW SE (objekto B atvejis)



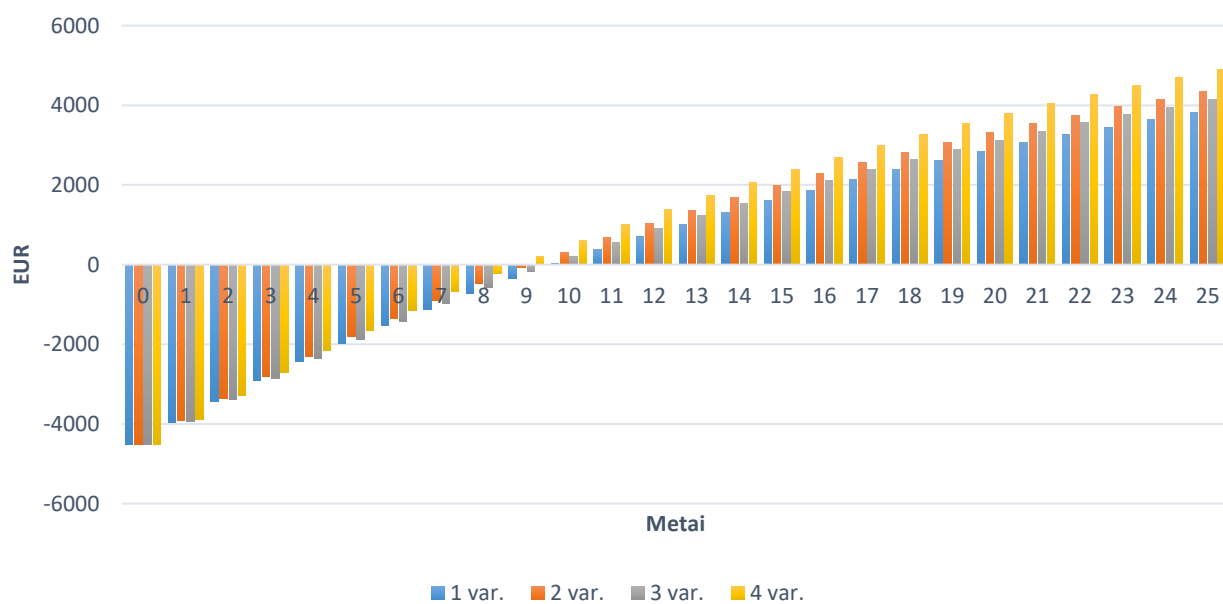
4 priedas. GV projekto balansas įsirengus 7,5 kW SE (objekto B atvejis)



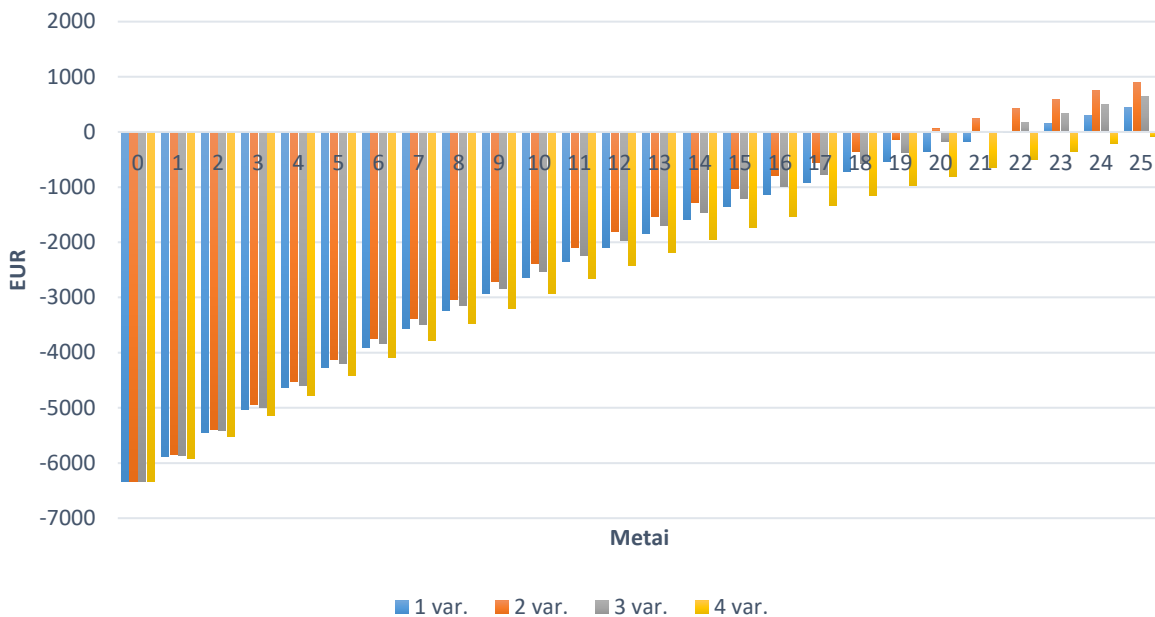
5 priedas. NGV projekto balansas įsigijus 5 kW SE (objekto B atvejis)



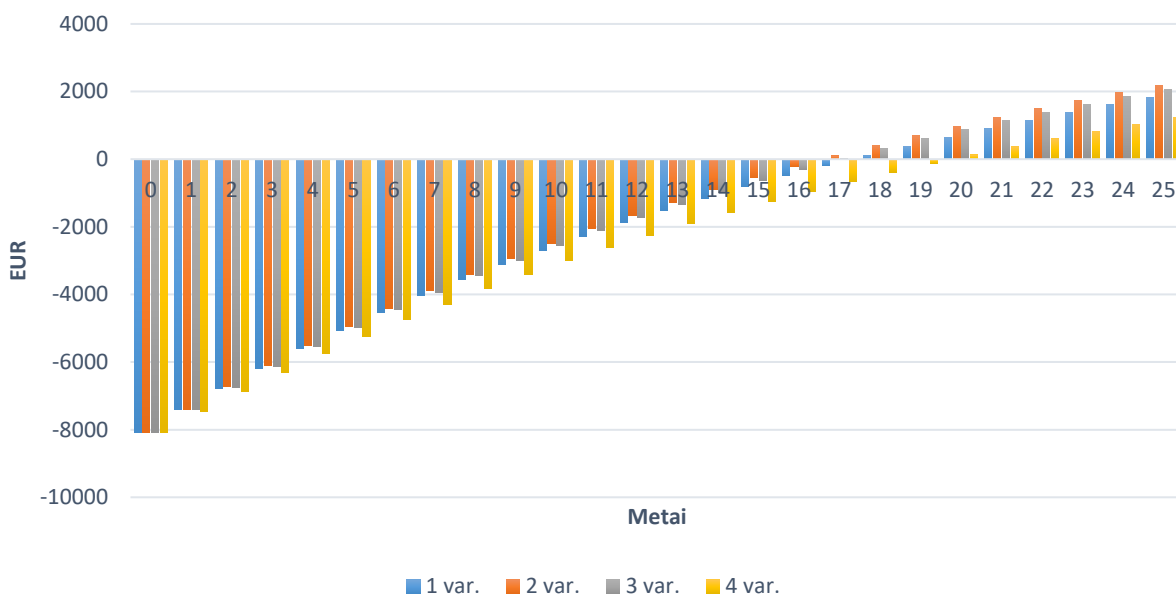
6 priedas. NGV projekto balansas įsigijus 7,5 kW SE (objekto B atvejis)



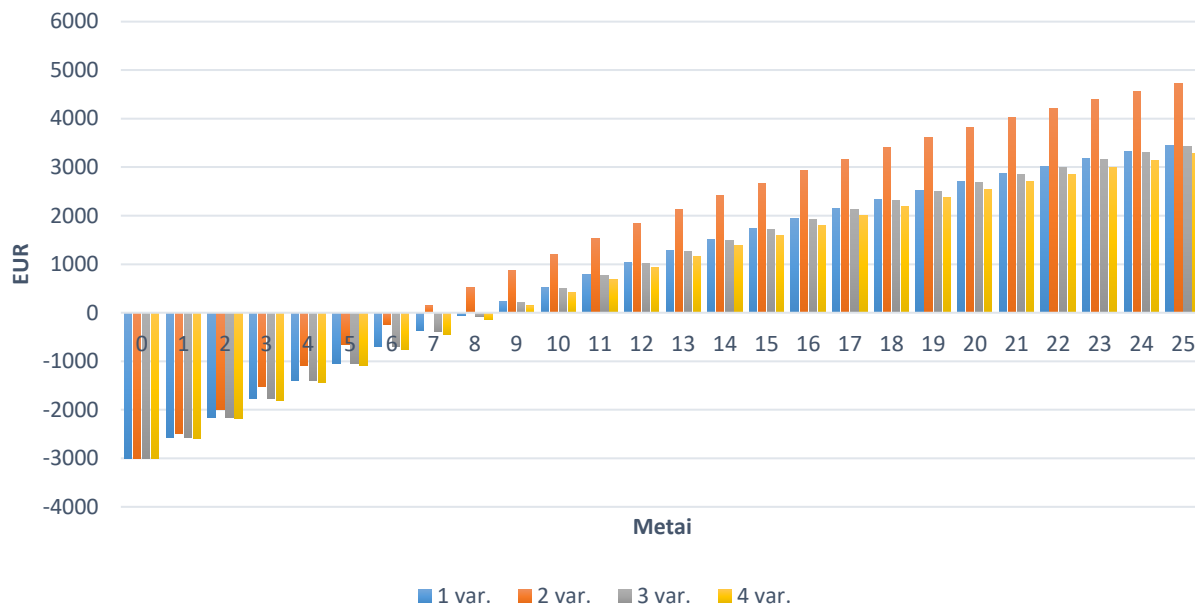
7 priedas. GV projekto balansas įsirengus 5 kW SE (objekto C atvejis)



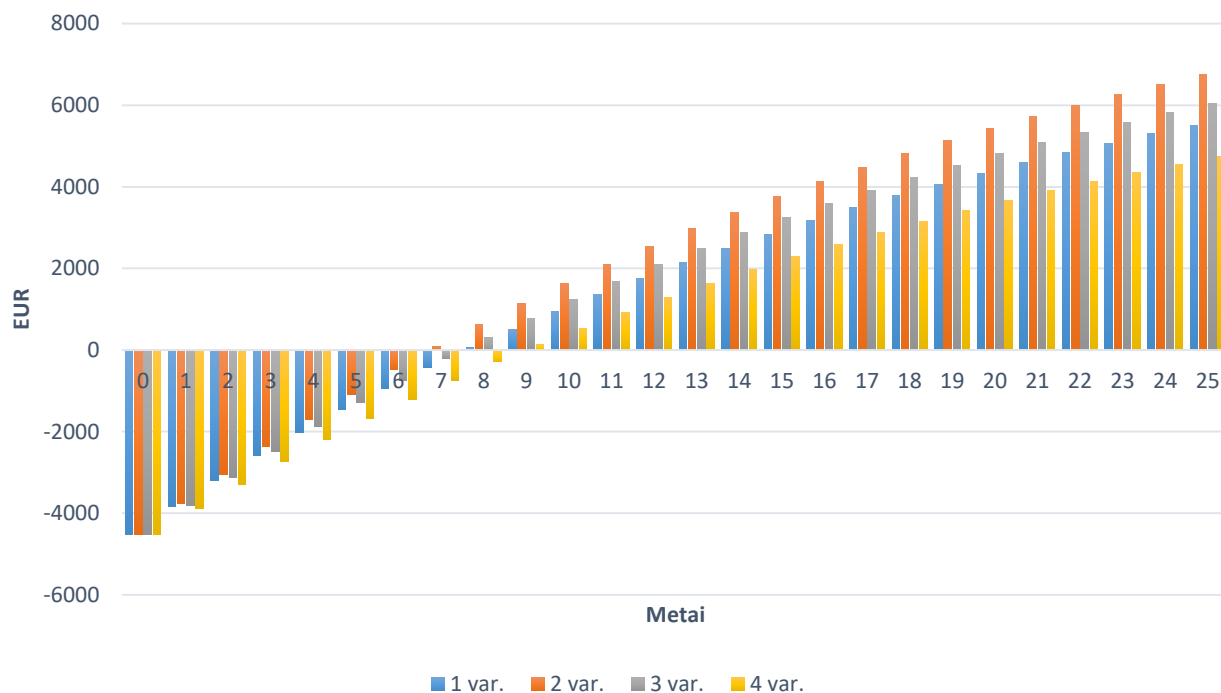
8 priedas. GV projekto balansas įsirengus 7,5 kW SE (objekto C atvejis)



9 priedas. NGV projekto balansas įsigijus 5 kW SE (objekto C atvejis)



10 priedas. NGV projekto balansas įsigijus 7,5 kW SE (objekto C atvejis)



11 priedas. P2P projekto balansas (objekto D atvejis)

