



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS

Augustė Sinkevičiūtė

SAULĖS ELEKTRINĖS
PAGAMINAMOS PERTEKLINĖS ENERGIJOS PANAUDOJIMO
TECHNOLOGIJOS IR JŲ EKONOMINIS VERTINIMAS

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Prof. dr. Gražina Startienė

KAUNAS, 2017

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS

ELEKTROS ENERGETIKOS SISTEMŲ KATEDRA

**SAULĖS ELEKTRINĖS
PAGAMINAMOS PERTEKLINĖS ENERGIJOS PANAUDOJIMO
TECHNOLOGIJOS IR JŲ EKONOMINIS VERTINIMAS**

Baigiamasis magistro projektas
Energinijos technologijos ir ekonomika (621E30004)

Vadovas

Prof. dr. Gražina Startienė

Recenzentas

Prof. dr. Daiva Dumčiuvienė

Projektą atliko

Augustė Sinkevičiūtė

KAUNAS, 2017



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Elektros ir elektronikos fakultetas

(Fakultetas)

Augustė Sinkevičiūtė

(Studento vardas, pavardė)

Energijos technologijos ir ekonomika, 621E30004

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto

„Saulės elektrinės pagaminamos perteklinės energijos panaudojimo technologijos ir jų
ekonominis vertinimas“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 17 m. gegužės 26 d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano **Augustės Sinkevičiūtės** baigiamasis projektas tema „Saulės elektrinės pagaminamos perteklinės energijos panaudojimo technologijos ir jų ekonominis vertinimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Sinkevičiūtė, Augustė. Saulės elektrinės pagaminamos perteklinės energijos panaudojimo technologijos ir jų ekonominis vertinimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovas prof. dr. Gražina Startienė; Kauno technologijos universitetas, Elektros ir elektronikos fakultetas, Elektros energetikos sistemų katedra.

Mokslo kryptis ir sritis: Elektros ir elektronikos inžinerija, Technologiniai mokslai

Reikšminiai žodžiai: *saulės elektrinė, perteklinė elektros energija, elektros pardavimas, šilumos kaupiklis, ekonominis projekto vertinimas*

Kaunas, 2017. 60 psl.

SANTRAUKA

Magistro baigiamajame projekte aptariamos saulės elektrinės perteklinės energijos panaudojimo technologijos. Šios technologijos yra skirstomos į perteklinės elektros energijos pardavimą arba kaupimą elektros tinkluose ir perteklinės elektros energijos panaudojimą šiluminės energijos gamybai (šilumos kaupikliai). Baigiamajame projekte pasirinktas objektas – 4 000 m² gamybos pastatas Kauno mieste. Pagal metinius elektros poreikius yra parenkama saulės elektrinės galia. Įvertinant saulės apšvietą objekto vietoje, modulių montavimo posvyrio kampą, saulės modulių ir keitiklio efektyvumą nustatomas pagaminamas elektros energijos kiekis. Pagal kiekvieno mėnesio elektros energijos suvartojimą apskaičiuojama susidaranti perteklinė energija. Ši perteklinė energija yra panaudojama dviem būdais – parduodama elektros tinklams ir kaupiama šilumos kaupiklyje. Atliekamas projektų ekonominis vertinimas: pagal pasirinktą finansavimo struktūrą apskaičiuojama diskonto norma, pinigų srautai (CF), diskontuoti pinigų srautai, grynoji dabartinė vertė (NPV), pajamų ir išlaidų santykis (B/C), vidinė grąžos norma (IRR), atsipirkimo laikas ir diskontuotų pinigų srautų atsipirkimo laikas. Pagal pasirinktus rodiklius atliekama jautrumo analizė, siekiant išsiaiškinti, kaip kinta projekto ekonominiai rezultatai priklausomai nuo pasikeitusios rodiklio vertės. Pagal atliktą ekonominę analizę pateikiamos išvados apie saulės elektrinės pagamintos perteklinės energijos efektyviausią panaudojimą esant konkrečioms sąlygoms. Remiantis gautais ekonominės analizės rezultatais, apskaičiuojami ribinės keičiamų parametru vertės, kurioms esant perteklinės energijos panaudojimo technologija yra priimtinas investicinis projektas, t. y. NPV=0.

Sinkevičiūtė, Augustė. Usage Technologies and Economic Assessment of Excess Energy of Solar Power Plant: Master's thesis in Energy Technologies and Economics / supervisor prof. dr. Gražina Startienė. Kaunas University of Technology, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, department of Electric Power Systems.

Research area and field: Electrical and Electronics Engineering, Technological Sciences

Key words: solar PV plant, excess energy, sale of electricity, thermal heat storage, technologies economic analysis.

Kaunas, 2017. 60 p.

SUMMARY

In Master's final project, usage technologies of excess energy of solar power plant are discussed. These technologies are divided into sale of excess electrical energy and usage of excess electrical energy for thermal energy production (thermal heat storage). In the final project, 4 000 m² manufacturing building in Kaunas is chosen as an object. According to the annual electricity needs, the power of solar PV plant is selected. The amount of produced electrical energy of solar power plant is calculated by assessing: solar irradiance in the building area, mounting angle of solar modules and efficiency of both solar modules and inverter. According to monthly electrical energy consumption, excess energy is calculated. This excess energy is used in two ways – it is sold to the power grid or used to store heat in thermal energy storage. An economic evaluation is made for both technologies: according to chosen financial structure the discount rate is calculated, according to technology, cash flow (CF), discounted cash flow, net present value (NPV), benefit and cost ratio (B/C), the internal rate of return (IRR), payback period and discounted cash flow payback time are calculated. In accordance with selected indicators and their changes, sensitivity analysis is made to determine changes in economic results. According to undertaken economic analysis, the conclusion of most efficient way to use excess energy of solar power plant is made. Based on the results of economic analysis, marginal parameters values are calculated. These marginal parameters show to which extent they can be changed so project would be cost-effective (NPV=0).

TURINYS

ĮVADAS	10
1. ELEKTROS ENERGIJOS GAMYBA IŠ ATSINAUJINANČIŲ ENERGIJOS ŠALTINIŲ	11
ATSINAUJINANČIŲ ENERGIJOS ŠALTINIŲ SVARBA.....	11
SAULĖS ENERGIJA	12
ELEKTROS GAMYBOS IŠ SAULĖS ENERGIJOS EKONOMINIS VERTINIMAS	15
2. SAULĖS ELEKTRINĖS PAGAMINAMOS PERTEKLINĖS ENERGIJOS PANAUDOJIMO TECHNOLOGIJOS	17
2.1. ENERGIJOS KAUPIKLIŲ TECHNOLOGIJOS	17
2.1.1. Šilumos kaupiklio medžiagos parinkimas	19
2.1.2. Protingas šilumos energijos saugojimas.....	20
2.1.3. Požeminis šilumos energijos saugojimas	21
2.1.4. Agregatinės būsenos keitimo panaudojimas šilumos energijos saugojimui	24
2.2. PERTEKLINĖS ELEKTROS ENERGIJOS PANAUDOJIMO GALIMYBĖS.....	25
2.2.1. Perteklinės energijos kaupimas elektros tinkluose.....	25
2.2.2. Perteklinės energijos pardavimas	26
3. PERTEKLINĖS ELEKTROS ENERGIJOS PANAUDOJIMO TECHNOLOGIJŲ VERTINIMO METODIKA	28
3.1. OBJEKTO CHARAKTERISTIKA	29
3.2. SAULĖS ELEKTRINĖS GENERUOJAMO ENERGIJOS KIEKIO ĮVERTINIMAS ..30	
3.3. FINANSINĖ ANALIZĖ IR EKONOMINIS PROJEKTO VERTINIMAS	31
3.4. JAUTRUMO ANALIZĖ.....	37
4. PERTEKLINĖS ELEKTROS ENERGIJOS PANAUDOJIMO TECHNOLOGIJŲ TYRIMO REZULTATAI	38
4.1. PERTEKLINĖS ENERGIJOS PARDAVIMO ATVEJIS	40
4.2. PERTEKLINĖS ENERGIJOS PANAUDOJIMO ŠILUMOS KAUPIKLIUI ATVEJIS	42
4.3. PERTEKLINĖS ENERGIJOS PANAUDOJIMO TECHNOLOGIJŲ EKONOMINIS Palyginimas	45
4.4. JAUTRUMO ANALIZĖ.....	45
IŠVADOS	54
INFORMACIJOS ŠALTINIŲ SARAŠAS	56
PRIEDAI	60
PRIEDAS NR. 1 PERTEKLINĖS ENERGIJOS PARDAVIMO ATVEJO PAJAMOS IR IŠLAIDOS.....	61

PRIEDAS NR. 2 PERTEKLINĖS ENERGIJOS PARDAVIMO ATVEJO VISO PROJEKTO GYVAVIMO LAIKOTARPIO PAJAMOS IR IŠLAIDOS	62
PRIEDAS NR. 3 PERTEKLINĖS ENERGIJOS PANAUDOJIMO ŠILUMOS KAUPIKLIUI ATVEJO PAJAMOS IR IŠLAIDOS	63
PRIEDAS NR. 4 PERTEKLINĖS ENERGIJOS PANAUDOJIMO ŠILUMOS KAUPIKLIUI ATVEJO VISO PROJEKTO GYVAVIMO LAIKOTARPIO PAJAMOS IR IŠLAIDOS.....	64
PRIEDAS NR. 5 JAUTRUMO ANALIZĖ PERTEKLINĖS ENERGIJOS PARDAVIMO ATVEJU	65
PRIEDAS NR. 6 JAUTRUMO ANALIZĖ PERTEKLINĖS ENERGIJOS PANAUDOJIMO ŠILUMOS KAUPIKLIUI ATVEJU	66

LENTELIŲ SĄRAŠAS

2.1 lentelė. Energijos kaupimo šilumos kaupikliuose technologijos savybės	19
2.2 lentelė. Medžiagų, kaip šilumos kaupiklių, pagrindinės savybės	20
2.3 lentelė. Perteklinės elektros energijos pardavimo technologijos savybės	27
3.1 lentelė. Investicinių projektų atrankos kriterijai	36
4.1 lentelė. Prognozuojamo pagaminti elektros energijos kiekio apskaičiavimas 75 kW saulės elektrinei	38
4.2 lentelė. Perteklinės elektros energijos pardavimo atveju gaunamos pajamos ir susidaranti išlaidos	40
4.3 lentelė. Gaunamos pajamos iš perteklinės energijos pardavimo	41
4.4 lentelė. Perteklinės energijos pardavimo atvejo gyvavimo laikotarpiu susidaranti pajamos ir išlaidos	41
4.5 lentelė. Perteklinės energijos pardavimo atvejo išlaidos, disk. išlaidos, pajamos ir disk. pajamos	41
4.6 lentelė. Perteklinės energijos pardavimo atvejo ekonominis vertinimas	42
4.7 lentelė. Pagaminamos šiluminės energijos kiekis ir sukaupiamas energijos kiekis	42
4.8 lentelė. Perteklinės energijos panaudojimo šilumos kaupikliui atvejo gaunamos pajamos	43
4.9 lentelė. Šilumos kaupiklio parametrai	44
4.10 lentelė. Perteklinės energijos panaudojimo šilumos kaupikliui atvejo projekto gyvavimo laikotarpiu susidaranti pajamos ir išlaidos	44
4.11 lentelė. Šilumos kaupiklio atvejo išlaidos, diskontuotos išlaidos, pajamos ir diskontuotos pajamos per projekto gyvavimo laiką	44
4.12 lentelė. Šilumos kaupiklio atvejo ekonominis vertinimas	44
4.13 lentelė. Perteklinės energijos panaudojimo technologijų ekonominis palyginimas	45
4.14 lentelė. Perteklinės elektros energijos pardavimo atvejo ribinės parametų kitimo vertės ..	52
4.15 lentelė. Perteklinės elektros energijos panaudojimo šilumos kaupikliui atvejo ribinės parametų kitimo vertės	52

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1.1 pav. Saulės elektrinių LCOE kitimo projekcija 2010 – 2020 metams	16
2.1 pav. BTES požeminio šilumos kaupiklio veikimo ciklas.....	22
2.2 pav. Vandeningojo sluoksnio požeminio šilumos kaupiklio veikimo ciklas.....	22
2.3 pav. Duobės tipo šilumos kaupiklis	23
2.4 pav. Rezervuaro tipo šilumos kaupiklis.....	23
3.1 pav. Perteklinės energijos pardavimo atvejo energijos srautai.....	28
3.2 pav. Perteklinės energijos panaudojimo šilumos kaupikliui atvejo energijos srautai	28
3.3 pav. Bendras šilumos suvartojimas 2013 - 2015 metais.....	29
3.4 pav. Elektros energijos suvartojimas 2013 - 2015 metais	30
4.1 pav. Saulės elektrinės pagaminamo elektros energijos kiekis ir pastato elektros suvartojimo kiekis.....	39
4.2 pav. Vertinamų rodiklių pokyčio įtaka perteklinės energijos pardavimo atvejo NPV	46
4.3 pav. Vertinamų rodiklių pokyčio įtaka perteklinės energijos pardavimo atvejo IRR	47
4.4 pav. Vertinamų rodiklių pokyčio įtaka perteklinės energijos pardavimo atvejo PP	48
4.5 pav. Vertinamų rodiklių pokyčio įtaka šilumos kaupiklio atvejo NPV.....	49
4.6 pav. Vertinamų rodiklių pokyčio įtaka šilumos kaupiklio atvejo IRR	50
4.7 pav. Vertinamų rodiklių pokyčio įtaka šilumos kaupiklio atvejo PP	51

IVADAS

Vis labiau aktyvėjant atsinaujinančios energetikos poreikiams, darosi aktualesnė problema susijusi su tuo, kad visi atsinaujinantys energijos šaltiniai (AEI) yra nepastovios galios. AEI galia priklauso nuo pagrindinių veiksnių – sezoniškumo, paros laiko, oro sąlygų bei montavimo sąlygų. Siekiant efektyviau įsisavinti AEI generuojamą energiją – būtent susidarančią perteklinę energiją – reikia didinti energijos vartojimą pertekliaus metu arba vykdyti jos kaupimą.

Saulės elektrinės pagaminamos perteklinės elektros energijos panaudojimo technologijų galimybės apibrėžiamos kaip technologijos, skirtos energijos šaltinio visiškam potencialo panaudojimui. Šios technologijos skirstomos į elektros energijos panaudojimą nekeičiant arba keičiant ją į kitą energijos rūšį, pvz. šiluminę energiją. Elektros energijos panaudojimas nekeičiant jos formos yra vykdomas netiesioginiu būdu kaupiant ją elektros tinkluose (vykdant dvipusę apskaitą) arba parduodant. Elektros energijos panaudojimas verčiant šilumine energija atliekamas ją panaudojant šilumos gamybos procese ir kaupiant pagamintą energiją šilumos kaupikliuose. Kaupimas gali būti vykdomas skirtingam laikui – valandai, dienai, mėnesiui ar sezonui. Nors šios energijos kaupimo technologijos pasižymi specifinėmis savybėmis ir skiriasi instaliavimo bei eksploatavimo išlaidomis, visos jos yra skirtos vienam tikslui – panaudoti nepastovų atsinaujinančių energijos šaltinių galingumą, siekiant padidinti bendrą sistemos efektyvumą.

Baigiamojo magistro projekto tikslas – ištyrus saulės elektrinės perteklinės elektros energijos panaudojimo galimybes, atlikti skirtingų energijos kaupimo technologijų ekonominį įvertinimą.

Uždaviniai:

- 1) aptarti saulės elektrinėse pagaminamos perteklinės elektros energijos panaudojimo galimybių technologijas;
- 2) išskirti pagrindinius ekonominius perteklinės elektros energijos panaudojimo technologijos vertinimo kriterijus;
- 3) atlikti tiriamojo objekto – 4 000 m² ploto gamybos ir administracinių patalpų pastato – elektros ir šiluminės energijos poreikių analizę ir nustatyti reikiamą saulės elektrinės galią;
- 4) įvertinant pagrindinius saulės elektrinės parametrus, apskaičiuoti susidarančios perteklinės elektros energijos kiekį, kai padengiamas visas pastato elektros poreikis;
- 5) atlikti pasirinktų dviejų perteklinės energijos panaudojimo technologijų ekonominį vertinimą;
- 6) įvertinti, kuri perteklinės elektros energijos panaudojimo technologija konkrečiomis sąlygomis yra efektyvesnis sprendimas;
- 7) atlikti jautrumo analizę ir apskaičiuoti ištirtų perteklinės energijos panaudojimo technologijų ribines parametrų vertes, kurioms esant projektas dar priimtinas, t. y. NPV=0.

1. ELEKTROS ENERGIJOS GAMYBA IŠ ATSINAUJINANČIŲ ENERGIJOS ŠALTINIŲ

ATSINAUJINANČIŲ ENERGIJOS ŠALTINIŲ SVARBA

Atsinaujinanti energija – prioritetinis šaltinis elektros energijai ir šilumai. Atsinaujinantys energijos šaltiniai – saulė, vėjas, vanduo, biomasė, geoterminė energija – energijos rūšys, kurių šaltinis yra neišsenkantis, o aplinkos tarša – viena mažiausių arba nulinė. Atsinaujinantys energijos šaltiniai vis dažniau naudojami elektros energijos ir šilumos gamyboje dėl kelių priežasčių:

1. **tarptautinės direktyvos, energetikos planai ir sutartys.** Jų naudojimo skatinimą numato Europos Sąjungos direktyvos ir energetikos planai 20-20-20, 30-30-30 ir 50-50-50 bei Jungtinių Tautų susitarimai – naujausias jų – 2016 metų balandžio 22 dieną pasirašyta Paryžiaus klimato sutartis. Pagrindinis šios sutarties tikslas - įtraukti didžiąsias valstybes – JAV, Kiniją, Rusiją ir OPEC valstybes, kurios nebuvo pasirašiusios ankstesnės sutarties dėl klimato pokyčių sukeliančių dujų mažinimo – Kioto protokolas (1997 metai) [1];
2. **mažėjanti technologijų kaina** – pradinių investicijų dydis. Tai svarbus kriterijus, siekiant, kad kuo daugiau individualių asmenų galėtų įsidiesti atsinaujinančius energijos šaltinius ir taip prisidėti prie kiekvienai valstybei iškeltų tikslų. Kartu tai ir paskata verslo įmonėms bei pagrindiniams aplinkos teršėjams – pramonei ir transportui – pereiti prie švaresnio ar netgi visiškai aplinkos neteršiančio kuro [2];
3. **nauji įstatymai pastatų statybai** – nuo 2016 metų Lietuvoje įsigaliojo įstatymas, kad visi naujai statomi namai turi atitikti A klasės pastatui keliamus reikalavimus. Šis reikalavimas galioja visiems namams, kuriems statybos leidimas yra išduotas po 2016 metų sausio 1 dienos. Šiuos reikalavimus galima pasiekti padengiant bent dalį namui reikiamos energijos iš atsinaujinančių energijos šaltinių [3];
4. **paramos schemos** – skatinamieji supirkimo tarifai, žalieji sertifikatai ir lengvatinės paskolos – tai tik kelios paramos rūšys skirtos atsinaujinantiems energijos šaltiniams [4];
5. **žmogiškasis veiksnys** – švietimo institucijose ir bendrojoje erdvėje atkreipiamas dėmesys ir akcentuojama svarba saugoti planetą. Žmonių savimonė ir supratimas, kad klimato pokyčiai atsiranda tik dėl pačių žmonių neigiamo poveikio aplinkai, taip pat skatina naudoti atsinaujinančius energijos šaltinius, t. y. saugoti ir mažiau teršti.

Pagrindinis įstatymas, kuris nustato atsinaujinančių energijos šaltinių panaudojimo taisykles, galimybes, privalomas sąlygas ir lengvatas – 2011 metais priimtas „Lietuvos Respublikos Atsinaujinančių išteklių energetikos įstatymas“ [5]. Šiame įstatyme nurodytos visos institucijos, kurios prižiūri ir yra atsakingos už tinkamą atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimą. Taip pat šis įstatymas nustato AEI skatinimo ir plėtros – elektrinių prijungimą prie elektros tinklų, leidimų išdavimo tvarką, elektros energijos priėmimo – bei energijos persiuntimo

– būtinaji elektros tinklų pajėgumo padidinimą, prijungimo išlaidų paskirstymą ir kitus aspektus – taisykles.

Lietuvos ekonomikai keliami uždaviniai elektros energetikos sektoriuje iki 2020 metų [5]:

1. vėjo elektrinių, prijungtų prie elektros tinklų, įrengtąją suminę galią padidinti iki 500 MW, neįskaitant mažųjų elektrinių, kurių įrengtoji galia yra ne didesnė kaip 30 kW.
2. saulės šviesos energijos elektrinių, prijungtų prie elektros tinklų, įrengtąją suminę galią padidinti iki 10 MW, neįskaitant mažųjų elektrinių, kurių įrengtoji galia ne didesnė kaip 30 kW. Pasiiekus 10 MW saulės šviesos energijos elektrinių įrengtąją galią, Vyriausybė parengia ir patvirtina tolesnės saulės šviesos energijos elektrinių plėtros tvarkos aprašą;
3. hidroelektrinių, prijungtų prie elektros tinklų, įrengtąją suminę galią padidinti iki 141 MW;
4. biokuro elektrinių, prijungtų prie elektros tinklų, įrengtąją suminę galią padidinti iki 355 MW.

Pagrindinės LR „Atsinaujinančių išteklių energetikos įstatymo“ nuostatos [5]:

1. atsinaujinančių energijos šaltinių skatinimas taikant prijungimo pirmumo tvarką – elektrinės, kurios naudoja atsinaujinančius energijos išteklius yra prijungiamos pirmiau nei elektrinės, kurios naudoja ne atsinaujinančius energijos išteklius.
2. atsinaujinančių energijos šaltinių elektrinių reguliavimas, pagal šį įstatymą, yra atliekamas taikant prisijungimo sąlygas, kuriose nurodoma, kokie įrenginiai turi būti įrengti komercinės apskaitos spintoje, kad elektros tinklo operatorius galėtų bet kuriuo metu patikrinti elektrinės veikimą, jos sugeneruojamą energijos kiekį ir kitus parametrus.

SAULĖS ENERGIJA

Saulė yra pats galingiausias atsinaujinančiosios energijos šaltinis Žemėje. Apskaičiuojama, kad teorinis metinis pasaulio saulės energijos potencialas sudaro 900 000 000 TWh ir yra apie 60 kartų didesnis už teorinį metinį pasaulio vėjo energijos potencialą, apie 2 200 kartų didesnis už teorinį metinį geoterminės energijos potencialą, apie 4 500 kartų – už biomasės ir apie 36 000 kartų – už hidroenergijos teorinius metinius pasaulio potencialus. Nepaisant tokio dydžio, saulės energijos potencialas elektrai ir šilumai gaminti kol kas naudojamas palyginus mažai. Tokia padėtis susiklostė neatsitiktinai: pati saulės energija yra išsisklaidžiusi, silpnai koncentruota, o jos parametrai kinta plačiose ribose priklausomai nuo paros ir metų laiko [6].

Saulės energija – tai energija, kurią, naudojantis šiuolaikinėmis technologijomis, galima paversti į elektrą arba šilumą (karštą vandenį):

1. elektros gamybos tikslu yra naudojamos saulės elektrinės, kurios susideda iš tarpusavyje sujungtų saulės foto-modulių ir keitiklio. Pastarasis keičia saulės foto-modulių gaminamą nuolatinės srovės elektrą į vartojimui tinkamą kintamos srovės elektros energiją. Saulės

moduliai – tai įrengimai, kurie šviečiant saulei generuoja elektros energiją. Nedidelė energijos generacija stebima ir debesuotomis dienomis [7].

2. kitas saulės energijos panaudojimas – karšto vandens ruošimas panaudojant saulės kolektorius. Dažniausiai saulės kolektoriai įrengiami ant pastato stogo. Svarbi yra jų orientacija pasaulio šalių atžvilgiu (geriausia – pietūs), kolektoriaus plokštumos pasvirimo kampas ir kolektoriaus plotas. Lietuvoje sumontuotų vandens šildymo saulės kolektoriais sistemų suminis plotas sudaro daugiau nei 1 000 m². Skaičiavimai rodo, kad Lietuvoje naudojant pasyviąsias patalpų šildymo saulės energija sistemas, esant palankiai pastato padėčiai ir orientacijai, energijos sąnaudas šildymui galima sumažinti iki 20% [6].

Saulės energija šilumos ir elektros gamybai daugiausia naudojama Vokietijoje, Japonijoje, Kinijoje ir JAV. Saulės elektrinių pagaminta elektra pasaulio elektros energijos rinkoje dėl brangių technologijų ir mažo jų efektyvumo kol kas užima menką dalį, tačiau prognozuojama, kad įdiegus vien tik jau žinomas inovacijas, padėtis ženkliai pasikeis ir ši dalis elektros energijos gamyboje bus kur kas didesnė. Lietuvoje 2016 m. veikė 2 246 saulės elektrinės, kurių bendra galia siekė 60,6 MW. 2017 metų pradžioje Lietuvoje veikė 2 291 saulės elektrinės, kurių bendroji instaliuota galia siekia 73,09 MW. Šios saulės elektrinės 2016-aisiais pagamino apie 3,3 % visos šalyje iš atsinaujinančių energijos šaltinių pagamintos elektros energijos [8]. Siekiant padidinti saulės elektrinių bendrąją instaliuotą galią reikia būtinai tobulinti šios energijos privalumus ir šalinti trūkumus.

Lyginant saulės energiją su kitomis tradicinėmis energijos išteklių rūšimis, saulės elektrinės privalumai būdingi kaip ir visiems atsinaujinantiems energijos šaltiniams [7]:

1. nemokama, atsinaujinanti ir neišsenkanti energija;
2. palankus aplinkai šaltinis;
3. naudingas šaltinis vietovėse, kur prisijungimas prie elektros tinklų yra sudėtingas arba neįmanomas;
4. ypač efektyvus energijos šaltinis vietose, kur ypač daug saulėtų dienų.

Pagrindiniai saulės energetikos trūkumai, kurie mažina saulės energijos panaudojimą, yra šie [6]:

1. nepastovumas – priklausomybė nuo laiko, sezono. Šis trūkumas ypač trukdo platesniam saulės elektrinių panaudojimui šalyse, kuriose saulėtų dienų skaičius yra nedidelis;
2. priklausomybė nuo meteorologinių sąlygų – apšvietos ir temperatūros;
3. aukšta technologijų kaina;
4. žemas efektyvumas ir jo sąlygojamas reikalingas didelis užstatomas plotas. Pavyzdžiui, vien 30 kW saulės elektrinės paviršiaus plotas užima apie 200 m². Montuojant tokią elektrinę ant žemės, gali būti priverstinai kertami medžiai, naikinamos gyvūnijos buveinės.

Saulės energijos – kaip vieno iš atsinaujinančių energijos šaltinių – panaudojimo technologijos turi būti nuolat tobulinamos, siekiant šį energijos šaltinį efektyviai panaudoti nepriklausomai nuo jo veikimo sąlygų. Tai gali būti technologijos tobulinimas – efektyvesnis celių veikimas, didesnis bendras efektyvumas, mažesnio ploto poreikis ir kiti technologiniai sprendimai. Pagrindiniais saulės elektrinių technologijos tobulėjimo bruožais laikomi:

1. **saulės modulių veikimo laiko padidėjimas** iki 35-ies metų esant ne mažesniai nei 90 % efektyvumui ir iki 50-ies metų paties saulės modulio tarnavimo laikas. Saulės modulių gamybos technologija pakeitė vieną iš pagrindinių komponentų – plastiko plėvele dengtą saulės modulių galinę dalį pakeista grūdintu stiklu. Saulės modulio garantinis laikotarpis pasikeitė nuo standartinio 10-12 metų iki 30-ies metų [9];
2. **nauji galios optimizatoriai ir mikro-keitikliai** sumažina krentančio šešėlio įtaką saulės modulio darbui. Šie optimizatoriai naudojami didelėse saulės elektrinėse ir leidžia kiekvienam saulės moduliui dirbti būtent jam efektyviausiu darbo režimu, nekeičiant likusios elektrinės darbo. Galios optimizatorių ar mikro-keitiklių panaudojimas yra ypač aktualus sistemose, kuriose skirtingos saulės modulių grupės dirba skirtingomis sąlygomis. Šie įrenginiai optimizuotų atskirų modulių grupių veikimą nepriklausomai nuo to, kaip ir kada jie yra apšviečiami saulės šviesos. Pavyzdžiui, viena grupė modulių nukreipta rytų kryptimi, o kita – vakarų. Esant tokioms nevienodoms montavimo sąlygoms, moduliai būtų apšviečiami ne vienoda apšvieta, t. t. generuotų skirtingą energijos kiekį. Šiuo atveju galios optimizatoriai optimizuotų modulių veikimą, kad jie veiktų efektyviausiai ir bendra sistemos galia būtų kiek įmanoma didesnė [10];
3. **keitiklių pritaikymas nestandartiniam stogams**. Ankstesni keitikliai ir kai kurie šiuo metu gaminami keitikliai turi tik vieną saulės elektrinės įėjimo jungtį. Nestandartiniam, kelių šlaitų stogams jų pritaikymas nėra galimas arba nėra efektyvus. To priežastimi – saulės modulių efektyvumas sparčiai krenta esant šešėliui. Du ar keli keitiklio įėjimai leidžia sujungti saulės modulius pagal tikėtinus jų veikimo parametrus. Taip užtikrinama, kad skirtingomis sąlygomis dirbantys saulės moduliai dirbs efektyviausiai [11];
4. **maksimalios galios taško sekikliai (MGTS)**. Tai įrenginiai, skirti optimizuoti saulės modulių eilės veikimą – pagal generuojamą galią jie keičia įtampą ar srovę priklausomai nuo paties maksimalios galios taško sekimo algoritmo. Taip pasiekiamas maksimalus galios taškas – efektyviausias saulės elektrinės elektros energijos gamybos taškas. Tinkamai veikiantis MGTS užtikrina didesnę visos sistemos darbo naudingumą – saulės elektrinė sugeneruoja didesnę elektros energijos kiekį [12];
5. **saulę sekanti tvirtinimo sistema**. Tai buvo vienas iš didesnių technologinių laimėjimų, kadangi, esant tokiai sistemai, saulės energija efektyviai verčiama į elektros energiją ne tik

dienos piko metu (naudojant įprastą montavimo sistemą), tačiau ir nuo ankstyvo ryto iki vėlyvo vakaro, t. y. visą šviesaus paros laiką. Taip yra todėl, kad saulę sekančios tvirtinimo sistemos keičia modulių posvyrio kampą priklausomai nuo saulės padėties. Keičiant posvyrio kampą sudaromos sąlygos efektyviausiam elektros energijos generavimui [13].

ELEKTROS GAMYBOS IŠ SAULĖS ENERGIJOS EKONOMINIS VERTINIMAS

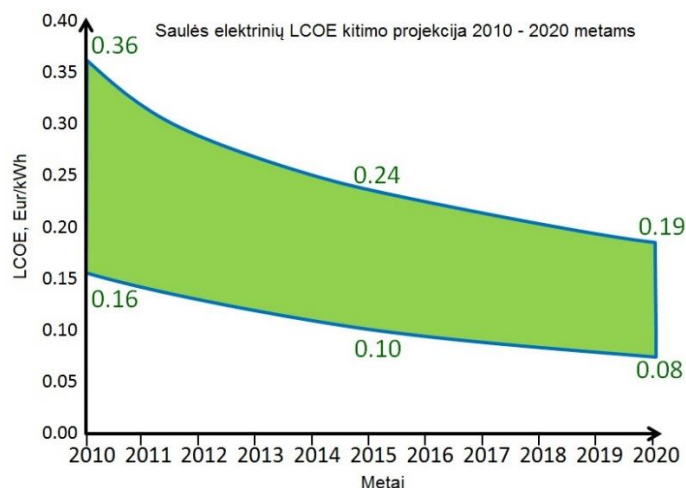
Įvertinant saulės energijos panaudojimo palankumą aplinkai ir perspektyvą – naujos technologijos didina efektyvumą ir pritaikymo galimybes ne tokias palankias sąlygas turinčioms aplinkoms, reikalinga atkreipti dėmesį į pačios technologijos ekonominį efektyvumą. Tokiu tikslu yra skaičiuojami svertiniai gamybos kaštai. Svertiniai gamybos kaštai (angl. *Levelized Cost of Energy, LCOE*) yra elektros energijos gamybos lyginamoji priemonė, kuria naudojantis galima palyginti skirtingas elektros energijos gamybos technologijas. Apskaičiuojant svertinius gamybos kaštus įvertinamas bendrų vidutinių gamybos kaštų santykis su bendru energijos gamybos kapitalu. LCOE taip pat gali būti traktuojami, kaip mažiausia kaina, už kurią pagaminta elektros energijos turi būti parduota, nepatiriant nuostolių per projekto įgyvendinimo laikotarpį [14].

Gaminant elektros energiją skirtingais technologiniais būdais yra patiriami skirtingi gamybos kaštai. Energijos gamybos svertiniams kaštams apskaičiuoti naudojama formulė [15]:

$$LCOE = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{I_t + O\&M_t + F_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{C_I * 8760 * LF}{(1+i)^t}} \quad [1.1]$$

Formulėje: *LCOE* – energijos gamybos svertiniai kaštai, Eur; I_t – investicinės išlaidos laiko momentu t , Eur; $O\&M_t$ – eksploatacinės išlaidos laiko momentu t , Eur; F_t – išlaidos kurui laiko momentu t , Eur; C_I – instaliuota galia, kW (arba MW); LF – apkrovos koeficientas, %; i – diskonto norma, %; T – įrenginio gyvavimo trukmė, metais; 8 760 - valandų skaičius per metus, val. (skaičiuojant LCOE vertinama sugeneruota elektros energija per valandą).

LCOE kaštų apskaičiavimas ir palyginimas – tai metodas, kurį galima naudoti apibrėžiant, kuris elektros gamybos investicinis projektas yra naudingiausias būtent kaštų atžvilgiu. Įvertindami šiuos kaštus, politikai, verslininkai, mokslininkai ir kiti suinteresuoti asmenys gali priimti sprendimus energetikos sektoriuje – vykdant plėtrą, siekiant valstybės ir Europos Sąjungos bendrų energetikos strategijos tikslų. Be tinkamos, laiku paruoštos ir tikslios informacijos apie svertinius energijos gamybos kaštus, atsakingi asmenys negali priimti sprendimo plėtoti ar įdiegti energijos šaltinį – negalima įvertinti nei jo savikainos, nei būsimos kainos klientui, nei atsipirkimo laiko ir kitų svarbių parametrų. 1.1 pav. pateikta vidutinių LCOE kaštų kitimo prognozė nuo 2010 iki 2020 metų [2].



1.1 pav. Saulės elektrinių LCOE kitimo projekcija 2010 – 2020 metams [2]

Pagal 1.1 pav. matoma, kad saulės elektrinės vidutiniai svertiniai gamybos kaštai iki 2020 metų turi sumažėti nuo 0,16 Eur/kWh iki 0,08 Eur/kWh. Ypatingai didelės galios saulės elektrinių LCOE jau 2015 metais pasiekė itin mažas vertes – 100 MW saulės elektrinės LCOE siekė 0,0385 Eur/kWh [16], o 2016 metais 350 MW saulės elektrinės LCOE siekė tik 0,0216 Eur/kWh [17]. Individualioms, nedidelės galios (~10 kW) saulės elektrinėms 2017 metais vidutiniai LCOE siekia 0,08-0,133 Eur/kWh [18]. Tokiam svertinių energijos gamybos kaštų pokyčiui įtakos turi [19]:

- 1) vietovė. Tai tinkamai parinkta vieta, kurioje saulės elektrinės neuždengia jokie pastatai, medžiai ar kiti objektai. Kuo mažiau galimai susidarančių šešėlių, tuo didesnis sistemos efektyvumas. Siekiant sumažinti užimamą plotą, elektrinės montavimui gali būti panaudotas pastato stogas. Kuo geriau parinkta vietovė, tuo daugiau saulės tenka 1 m² saulės elektrinės ir tuo mažesni svertiniai energijos gamybos kaštai;
- 2) įrangos kaina ir įrengimas. Saulės elektrinės įrangos kaina kinta priklausomai nuo saulės elektrinės galios – kuo didesnė saulės elektrinė, tuo santykinės išlaidos 1 kW yra mažesnės. Įrengimui įtakos turi montavimo vieta – žemė, stogas ar kita. Priklausomai nuo montavimo sudėtingumo didėja įrengimo kaina. Įrangos montavimo kainai taip pat turi įtakos ir infrastruktūra – kuo mažesnis atstumas iki prijungimo prie elektros tinklo taško, tuo mažesni įrangos montavimo kaštai;
- 3) efektyvumas – naujausios kartos saulės foto-moduliai yra efektyvesni nei ankstesni, tačiau jų kaina yra didesnė. Didinant elektrinės efektyvumą svertiniai kaštai yra mažinami, o pradinės investicijos dydis didėja;
- 4) tarnavimo laikas – dažniausiai vertinama, kad saulės elektrinė tarnaus apie 25 metus – pirmuosius 15 metų su ne žemesniu nei 90 % efektyvumu ir likusius 10 metų su nemažesniu nei 80 % efektyvumu. Toks tarnavimo laikas, lyginant su kitomis iškastinio kuro technologijomis, nėra didelis ir padidina svertinius energijos gamybos kaštus.

2. SAULĖS ELEKTRINĖS PAGAMINAMOS PERTEKLINĖS ENERGIJOS PANAUDOJIMO TECHNOLOGIJOS

2.1. ENERGIJOS KAUPIKLIŲ TECHNOLOGIJOS

Saulės energija, kaip vienas iš atsinaujinančių energijos šaltinių turi daug privalumų, tačiau saulės energijos panaudojimą dažniausiai apriboja pagrindinis trūkumas – nepastovumas. Tai lemia poreikį surasti galimybes kaupti atsinaujinančią energiją – naudoti energijos kaupiklius.

Energijos saugojimo sistemos skirtos kaupti energiją, kai energijos gamyba viršija momentinį energijos poreikį. Šios sistemos turi užtikrinti visos perteklinės energijos sukauptimą ir atitikti keliamus reikalavimus saugumui, kokybei ir patikimumui. Jų pagrindiniai privalumai [20]:

- 1) energijos paklausos ir pasiūlos suderinimas;
- 2) galimybė dar efektyviau panaudoti atsinaujinančius energijos šaltinius;
- 3) bendras energetikos sistemos efektyvumo padidinimas;
- 4) klimato pokyčius sukeliančių CO₂ dujų išmetimo į atmosferą sumažinimas.

Energijos kaupikliai gali būti apibrėžti šiomis savybėmis [20]:

- 1) talpa – ja remiantis nustatoma, kokį kiekį energijos – elektros ar šiluminės – galima sukaupti energijos kaupiklyje. Talpa priklauso nuo pačio proceso, kuris taikomas saugojimui, bei sistemos dydžio;
- 2) galia – ja remiantis nustatoma, kaip greitai gali būti sukaupta energija esant jos pertekliui (pasiūla didesnė už paklausą) ir kaip greitai gali būti atiduota esant jos poreikiui (paklausa didesnė už pasiūlą);
- 3) efektyvumas – tai yra santykis tarp vartotojui reikalingos energijos kiekio ir energijos, kuri reikalinga energijos kaupikliui užkrauti. Tai taip pat įvertina energijos virsmų nuostolius bei nuostolius, susidarantį dėl saugojimo trukmės. Taip pat vertinamas ir įkrovimų/iškrovimų ciklų skaičius;
- 4) saugojimo laikotarpis – nustato, kiek laiko energija yra saugoma – valandomis, dienomis ar mėnesiais. Tinkamai pritaikius šiuolaikines technologijas, energiją galima saugoti ir ilgesniam laikui;
- 5) įkrovimo/iškrovimo laikas – juo remiantis nustatoma, per kiek laiko sistemą galima pakrauti (sukaupti perteklinę energiją) ir per kiek laiko iškrauti (atiduoti vartotojui);
- 6) kaina – ja remiantis nurodoma talpos (EUR/kWh) arba galios (EUR/kW) kaina. Ji priklauso nuo investicinių ir eksploatacinių išlaidų bei gyvavimo trukmės – ciklų skaičiaus.

Elektros energija yra verčiama šilumine energija ir kaupiama šilumos kaupikliuose – talpose. Šios talpos yra užpildytos specialia medžiaga arba vandeniu, kuri gali sukaupti didelį kiekį

šiluminės energijos, o vėliau ją atiduoti nefiksuojant didelių energijos nuostolių. Perteklinė šiluminė energija kaupiama nekeičiant jos būsenos arba perduodant energiją iš vieno skysčio į kitą [21].

Šilumos kaupikliai – tai būdas padidinti daugelio šilumos šaltinių efektyvumą. Šilumos kaupikliai tarnauja kaip įrenginys, skirtas kaupti šilumą esant palankesnėms sąlygoms ją pagaminti. Pavyzdžiui, kai šilumos šaltinis yra šilumos siurblys oras/vanduo, energijos kaupimą geriau vykdyti esant aukštesnei lauko oro temperatūrai.

Apibendrinus galima teigti, kad šiluminės energijos saugojimo ir termo-energijos saugojimo technologijos (TES) leidžia perteklinę šiluminę energiją sukaupti vėlesniam naudojimui – valandos, dienos, savaitės ar metų bėgyje. Reikalinga šiluminės energijos saugojimo technologija parenkama atsižvelgiant konkrečiai į kiekvieno projekto poreikius, technologines bei statybos galimybes. Tai gali būti sistema, skirta vieno individualaus namo šildymo ir karšto vandens poreikių užtikrinimui, vieno didesnio ploto komercinės ar visuomeninės paskirties pastato poreikiams užtikrinti ar net viso rajono ar mažo miestelio poreikiams patenkinti. Bendroju atveju, saugojimo technologijos parinkimas priklauso nuo galimybių įdiegti sistemą ir reikalingų parametrų – energijos poreikio, galimybės sugeneruoti energiją, iškrovimo/įkrovimo laiko ir šildymo sistemos schemas [21].

Šiluminės ir termo-energijos saugojimo technologijos privalumai [22]:

1. sumažinama šilumos šaltinių (generatorių) priklausomybė nuo sezono;
2. sumažinamas CO₂ dujų išmetimas, kai visus metus gali būti panaudojamos klimato kaitai įtakos neturinčios sistemos – pavyzdžiui, saulės energija;
3. didinamas bendras šildymo sistemos efektyvumas;
4. skatinamas atsinaujinančių energijos šaltinių naudojimas šildymo sistemose, kadangi perteklinė energija gali būti kaupiama ir panaudojama vėliau be didelių sistemos nuostolių;
5. galimybė kaupti saulės elektrinės sugeneruotą energiją šilumine forma ir vėliau ją panaudoti karšto vandens ruošimui ar elektros gamybai.

Šiluminės energijos saugojimo technologijos trūkumai [22]:

1. išaugusi pradinė investicija;
2. sudėtingesnis sistemos valdymas.

Vertinant perteklinės elektros energijos panaudojimo technologijų sistemas ekonominiu aspektu, reikia vertinti pagrindinius jų privalumus ir trūkumus, jų sukuriamą vertę ir naudą tiek finansine, tiek nefinansine prasme.

2.1 lentelė. Energijos kaupimo šilumos kaupikliuose technologijos savybės

	Privalumai	Trūkumai
Finansiniai	Mažesni veiklos kaštai	Padidėjusi pirminės investicijos kaina
	Galimybė panaudoti nemokamą AEI energiją	
	Sumažėjusios išlaidos už šildymą (kaštai)	Galimi energijos nuostoliai, jei saugoma keičiant energijos rūšį (elektros energija į šilumą)
	Kaštų priklausomybė nuo poreikio, tačiau ne nuo kintančios kuro kainos	
	Saugoti energiją vėlesniam laikui yra efektyviau nei gaminti energiją, kai jos reikia – kaštų atžvilgiu efektyvesnis būdas	
Aplinkosauginiai	Dėl mažesnio iškastinio kuro poreikio, sumažėjusi aplinkos tarša	Galimas poveikis aplinkai (požeminio kaupiklio įrengimo atveju)
	Galimybė pasigaminti visą reikiamą energiją iš AEI	
Kiti	Dėl individualių šildymo sistemų sumažėjęs visos šalies energijos rezervo poreikis – mažesnės Valstybės išlaidos	

Kaip matoma 2.1 lentelėje, šilumos kaupiklių technologijos diegimas padidina sistemos su atsinaujinančiais energijos ištekliais efektyvumą. Nepaisant to, kad pradinės investicijos padidėja, galimybė savarankiškai ir pigiau arba visiškai nemokamai pasigaminti reikiamą energijos kiekį skatina naudoti energijos kaupiklius.

2.1.1. Šilumos kaupiklio medžiagos parinkimas

Šilumos kaupiklio saugojimo medžiagos parinkimas yra vienas iš svarbiausių kaupiklio efektyvumo kriterijų. Dažniausiai, dėl savo ypatingos savybės sukaupti didelį kiekį energijos palyginus nedideliame tūryje, parenkamas vanduo. Paprasčiausias būdas parinkti šilumos kaupiklio medžiagą, tai apskaičiuoti galimą sukaupti termo-energijos kiekį viename tūrio vienete. Tam tikslui naudojama formulė [23]:

$$q = V * \rho * c_p * \Delta t = m * c_p * \Delta t \quad [2.1]$$

Formulėje: q – galimas medžiagoje sukaupti energijos kiekis, J; V – medžiagos tūris, m³; ρ – medžiagos tankis, kg/m³; m – medžiagos masė, kg; c_p – medžiagos savitoji šiluma, J/(kg*°C); Δt – temperatūros pokytis, °C.

2.2 lentelėje pateikta skirtingų medžiagų temperatūra, tankis, specifinė šiluma ir galimos sukaupti energijos kiekis tam tikrame medžiagos tūryje esant atitinkamai temperatūrai [23].

2.2 lentelė. Medžiagų, kaip šilumos kaupiklių, pagrindinės savybės [23]

Medžiaga	Temperatūros diapazonas, °C	Medžiagos tankis, kg/m ³	Savitoji šiluma, J/(kg*°C)	Energijos tankis, kJ/(m ³ *°C)
Aliuminis	Maks. 660	2 700	920	2 484
Plyta		1 969	921	1 813
Ketus	Maks. 1 150	7 200	540	3 889
Betonas		2 305	920	2 122
Ugniai atsparus molis		2 100 – 2 600	1 000	2 100 – 2 600
50% etilenglikolis/ 50% vanduo	0-100	1 075	3 480	3 741
50% natrio nitratas/ 50% kalio nitratas	220 – 540	1733	1 550	2 689
Granitas		2 400	790	1 896
Skystas natrio	100 – 760	750	1 260	945
Išlydyta druska - 50% KNO ₃ - 40% NaNO ₂ - 7% NaNO ₃	142 – 540	1 680	1 560	2 620
Vanduo	0-100	1 000	4 190	4 190

Pagal 2.2 lentelės duomenis matoma, kad daugiausiai energijos viename tūryje gali sukaupti vanduo (energijos tankis – 4 190 kJ/(m³*°C)) – tai pagrindžia vandens, kaip energijos kaupiklio, panaudojimo dažnumą. Toliau pagal medžiagos savybes gali būti taikomas ketus (energijos tankis – 3 889 kJ/(m³*°C)) ir etilenglikolio ir vandens mišinys dalimis po 50 (energijos tankis – 3741 kJ/(m³*°C)). Kaip kaupiklio medžiaga – vanduo yra dažniausias pasirinkimas, nes yra nebrangus, dažniausiai lengvai prieinamas ir turintis puikias energijos perdavimo charakteristikas kaip kaupiklis. Tuo pačiu – vanduo yra suderinamas su dauguma šildymo sistemų. Pagrindiniai trūkumai – vanduo sukelia sistemoje naudojamų vamzdinių koroziją, kuri gali sukelti vandens išsiliejimą į aplinką ar kitaip pažeisti sistemą bei pačios sistemos įrengimo kaštai [24].

2.1.2. Protingas šilumos energijos saugojimas

Protingas šiluminės energijos saugojimas (angl. *Sensible Thermal Energy Storage*) yra technologija, kuomet šiluma kaupiama skystos arba kietos būsenos pavidalu talpose. Šis energijos saugojimas vykdomas didinant temperatūrą, tačiau nekeičiant pačios medžiagos būsenos. Priklausomai nuo sistemos poreikių, šilumos kaupikliai skirstomi pagal šiuos kriterijus [24]:

- 1) talpą. Šilumos kaupiklis gali būti nuo 100 litrų talpos iki kelių dešimčių tonų ar didesnės talpos. Talpos parinkimas priklauso nuo sistemos poreikių ir galimybių sugeneruoti pakankamą energijos kiekį talpos užkrovimui;
- 2) energijos saugojimo laiką. Šilumos kaupiklis gali būti skirtas dienos ar kelių dienų suvartojamo karšto vandens poreikiui sukaupti. Didesnio tūrio šilumos kaupikliai gali būti skirti sukaupti energiją kitam sezonui. Pavyzdžiui, vasaros metu sugeneruota saulės energija panaudojama šilumos siurblių darbui, kurie sušildo vandenį ir nukreipia į šilumos kaupiklį naudojimui žiemos sezonui.

Karšto vandens saugojimas rezervuaruose yra vienas iš ekonomiškai efektyviausių sprendimų – kasdienio vartojimo talpos statomos kaip įprasti namų vandens šildytuvai ir jungiami į bendrą sistemą. Tokių talpų ir didesnių rezervuarų naudojimas padidina ir pačių šilumos gamintojų – šilumos siurblių, saulės elektrinių ar kolektorių – panaudojimo efektyvumą. Šilumos siurblių oras/vanduo technologijai galima pritaikyti principą, kai energija kaupiama esant aukštesnei lauko temperatūrai (energijos virsmas vyksta esant didesniai naudingumo koeficientui ir išvengiama kritinių režimų). Tokiu būdu mažinamos išlaidos šildymui ar karšto vandens ruošimui bei tausojamas ir pats įrenginys – padidinamas jo efektyvaus eksploatavimo laikas [24].

Didelėse sistemose dažniau naudojamas lydytos druskos tirpalas, kadangi ši medžiaga yra labai stabili, netoksiška, nedegi ir pasižymi dideliu šilumos laidumu, mažu garo slėgiu ir nedideliu klampumu. Pagrindinis privalumas – žema tirpimo (lydymosi) temperatūra. Šis privalumas leidžia greičiau atitirpinti medžiagas ir išlaikyti jas skystos būsenos. Kita vertus, naudojant šį metodą iškyla didesni saugos reikalavimai – procesas sąlygoja aukštesnį garų slėgį ir pati sistema turi būti visiškai hermetiška [25].

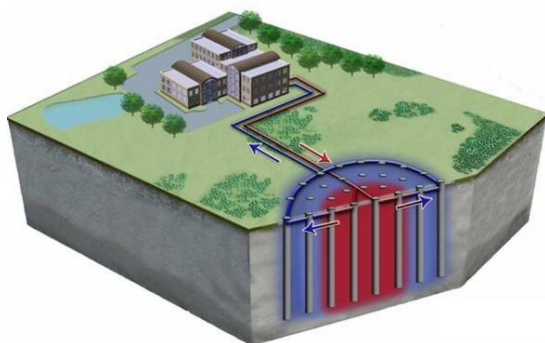
Didesnį energijos sukaupimą galima būtų pasiekti naudojant cheminį saugojimą, tačiau kartu tai padidina ir sistemos sąnaudas – reikalingi kompleksiniai reaktoriai bei sudėtingos reakcijų sistemos – dėl tos priežasties turimas suprastėjęs patvarumas ir mažas sistemos stabilumas.

Lyginant su kitais šilumos energijos saugojimo būdais – protingas šilumos saugojimas yra nebrangi ir nesudėtinga technologija. Pagrindiniai privalumai – saugojimo terpės medžiaga yra nebrangi, lengvai gaunama/tiekama, didelio šilumos laidumo ir aukštos darbinės temperatūros. Pagrindiniai šios technologijos trūkumai – mažas energijos tankis ir kintanti iškrovimo temperatūra. Mažas energijos tankis didina reikalingą talpos tūrį, kas tiesiogiai didina ir pradinę investiciją. Kintanti iškrovimo temperatūra – neužtikrinamas sistemos efektyvumas, todėl atsipirkimo laikotarpis gali kisti [20].

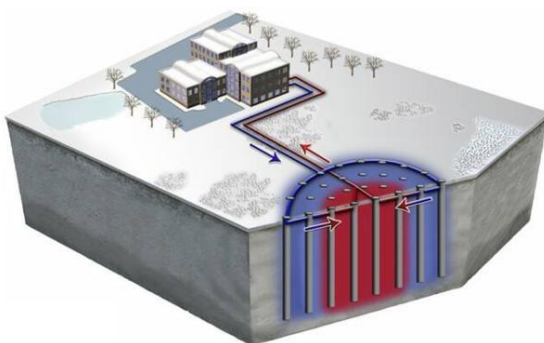
2.1.3. Požeminis šilumos energijos saugojimas

Požeminis šilumos energijos saugojimas (angl. *Underground Thermal Energy Storage* (UTES)) – taip pat plačiai naudojama technologija, kuri panaudoja gruntą, požeminius vandenį ir uolienas kaip saugojimo medžiagą – šilumos kaupiklį. Pagrindine šios technologijos naudojimo priežastimi laikoma savybė, kad žemės temperatūra, tiksliau – tam tikro gylio požeminio sluoksnio temperatūra, per metus išlieka gana pastovi. Vadinasi, žema oro aplinkos temperatūra nepaveikia grunto temperatūros. Tokią savybę ypatingai patogu ir efektyvu išnaudoti šildymui ir karšto vandens ruošimui – įrenginiai veikia tolygiau, su vienodomis energijos sąnaudomis ir užtikrintai tiekia energiją jos vartotojui [26]. Požeminis šilumos energijos saugojimas skirstomas:

- 1) **požeminis gręžinys** – tokio tipo požeminis šilumos kaupiklis yra vertikalūs gręžiniai, skirti šiluminės energijos pasikeitimui. Šiluma kaupiama molyje, uolienose, smėlyje. Dažniausiai naudojamas šilumos kaupiklis saulės energijos kaupimui ir sezoniniam jos panaudojimui. Naudojami tiesioginių gręžinių termo-energijos kaupikliai (angl. *Borehole Thermal energy storage (BTES)*)).



Šiltojo laikotarpio ciklas

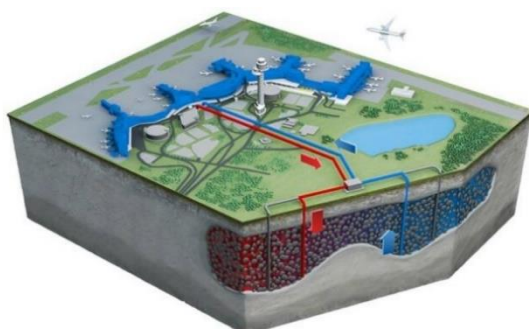


Šaltojo laikotarpio ciklas

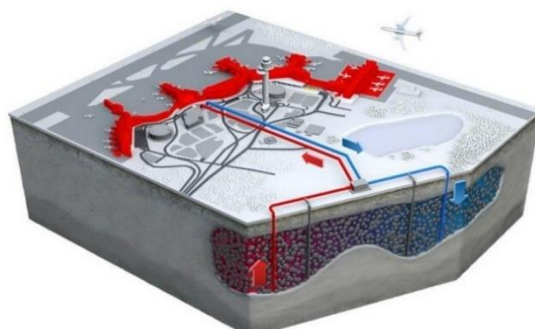
2.1 pav. BTES požeminio šilumos kaupiklio veikimo ciklas [27]

BTES šilumos kaupiklių veikimo principas pagrįstas tuo, kad šiluma perduodama iš eilės nuo vieno gręžinio į kitą (žr. 2.1 pav.). Pradžioje šiluma tiekama į centrinį gręžinį, kuris sušildamas perduoda energiją artimiausiems gręžiniams. Pastarieji taip pat spinduliuoja šiluminę energiją ir ją perduoda tolimesniems gręžiniams – vyksta išcentrinis procesas. Šildymo sezonu vyksta atvirkštinis procesas, kuomet šiluminė energija perduodama iš kraštinių gręžinių link centro ir atiduodama pastatui – vyksta įcentrinis procesas [27];

- 2) **vandeningojo sluoksnio kaupiklis** (angl. *Aquifer Thermal Energy Storage (ATES)*) – energija kaupiama natūraliuose požeminiuose vandenyse. Toks metodas gali būti taikomas todėl, kad vanduo yra vienas iš geriausių šilumos kaupiklių pagal šilumos kaupimo parametrus (žr. 2.2 lentelė).



Šiltojo laikotarpio ciklas



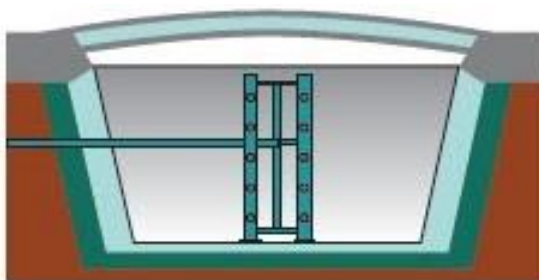
Šaltojo laikotarpio ciklas

2.2 pav. Vandeningojo sluoksnio požeminio šilumos kaupiklio veikimo ciklas [28]

Tokio kaupiklio veikimo principas pagrįstas injekcinio ir išleidžiamojo gręžinio principu (žr. 2.2 pav.) – vasaros metu vėsesnis vanduo iš požeminio vandens telkinio per išleidžiamąjį gręžinį yra tiekiamas į objektą ir jį vėsina. Injekciniu gręžiniu grįžtantis

vanduo yra savyje sukaukęs šilumą iš objekto ir vėsdamas ją atiduoda požeminiam telkiniui. Tuomet atvėšęs jis vėl paduodamas išleidžiamuoju gręžiniu ir ciklas kartojamas. Per vasarą požeminiame vandens telkinyje sukaupta energija yra panaudojama žiemos metu. Tuo metu vyksta atvirkštinis ciklas – iš požeminio vandens telkinio į objektą paduodamas karštas vanduo, o į požeminį telkinį grįžta atvėšęs [28]. Didžiausias tokio kaupiklio trūkumas – keičiama požeminio vandens telkinio temperatūra, kuri gali tiesiogiai paveikti požeminę ekosistemą [29];

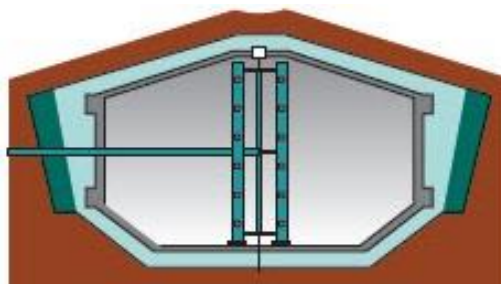
- 3) **Duobės tipo** (angl. *Pit Thermal Energy Storage (PTES)*) – šio tipo šilumos kaupikliu laikoma dirbtinis baseinas, kuris pripildytas energiją kaupiančia medžiaga ir uždarytas dangčiu.



2.3 pav. Duobės tipo šilumos kaupiklis [30]

Paprastai, sukurti šilumos kaupiklio sieną yra panaudojamas natūraliai susidaręs kalvos šlaitas, kuris padengiamas vandeniui nepralaidžia folija ir sutvirtinamas. Tokia duobė yra užpildoma vandeniu ir uždengiama termoizoliaciniu dangčiu. Diegiant tokio tipo šilumos kaupiklį svarbu išvengti požeminio vandens telkinių ir pasirinkti šlaitą, kuris būtų sudarytas iš sustingusios žemės dirvožemio. Tinkamas vietovės parinkimas būtinas siekiant išvengti galimų šlaito nuosliaužų ar kitų pokyčių, kurie turėtų neigiamą įtaką šilumos kaupikliui [31].

- 4) **Rezervuaro tipo šilumos kaupiklis** (angl. *Tank Thermal Energy Storage (TTES)*) – šiluminė energija yra kaupiama požeminiame, papildomai sustiprintame rezervuare (talpoje), kuris užpildytas vandeniu ir sujungtas su injekciniu ir išleidžiamuoju gręžiniais.



2.4 pav. Rezervuaro tipo šilumos kaupiklis [30]

Šio šilumos kaupiklio veikimo principas yra panašus į ATES – šiltuoju metų laiku iš pastato yra paimama šiluma ir kaupiama šilumos kaupiklyje, o šaltuoju metu, sukaupta šiluminė

energija yra tiekama į pastatą. Pagrindinis skirtumas – rezervuaro tipo šilumos kaupiklis yra įkasamas į žemę, o ATES naudoja natūralius, po žeme esančius vandens telkinius [31].

Požeminio šilumos energijos kaupiklio parinkimas priklauso labiausiai nuo geografinių sąlygų vietoje, kurioje numatoma jo statyba.

Skiriami šie pagrindiniai požeminio šilumos energijos kaupiklio privalumai - sumažinti energijos kaštai, kai panaudojama daugiau atsinaujinančių energijos šaltinių, sumažintas energijos suvartojimas – kadangi kaupikliuose kaupiama energija, kuri vėliau pakartotinai panaudojama ir sumažinta oro tarša dėl sumažėjusio iškastinio kuro poreikio [20].

2.1.4. Agregatinės būsenos keitimo panaudojimas šilumos energijos saugojimui

Trūkumai, su kuriais susiduria protingo šilumos energijos saugojimo technologija, yra mažas sukaupiamos energijos tankis ir kintanti iškrovimo temperatūra. Šie trūkumai gali būti išspręsti įrengiant energijos kaupiklį, kurio veikimo principas pagrįstas medžiagos savybe keisti agregatinę būseną (angl. *Phase Change Materials for TES*). Toks kaupiklis leidžia saugoti didesnius energijos kiekius ir yra orientuotas būtent į iškrovimo temperatūras – išvengiama temperatūrų svyravimų, todėl investicija yra patikimesnė (mažesnės rizikos). Svarbiausias bruožas, kad energija yra kaupiama medžiagos keitimo metu iš vienos būsenos į kitą kartu išlaikant vienodą temperatūrą [21].

Agregatinės būsenos keitimo procesai gali būti:

- 1) iš kietos medžiagos į skystą;
- 2) iš kietos medžiagos į kietą.

Medžiagos tirpimo procesas yra keturis kartus tinkamesnis, kadangi tirpimo energijos intensyvumas yra 100 kWh/m^3 – palyginimui protingo šilumos saugojimo tirpimo energijos intensyvumas yra 25 kWh/m^3 . Kaip šilumos energijos saugojimo medžiaga gali būti naudojamas ledas, natrio-acetato trihidratas, parafinas ir eritritolis [20]. Agregatinės būsenos medžiagų keitimo technologija šilumos energijos kaupimui gali būti naudojama tiek trumpojo laikotarpio saugojimui, tiek ilgo laikotarpio (sezoniniams).

Pagrindinis agregatinės būsenos medžiagų panaudojimo šilumos kaupikliuose privalumas – reikalingas talpos tūris sudaro tik 1/8 ploto, kurį užimtų šilumos kaupimas tiesiogiai po žeme esančiose uolienose, arba 2/5 ploto, kurį užimtų šilumos kaupiklis su vandeniu. Sumažėjęs poreikis pačiai talpai tiesiogiai sumažintų ir pačios sistemos įrengimo kaštus. Pagrindinis trūkumas yra tas, kad tokios medžiagos yra mažai laidžios šilumai ir natūraliai sukelia koroziją [24].

2.2. PERTEKLINĖS ELEKTROS ENERGIJOS PANAUDOJIMO GALIMYBĖS

2.2.1. Perteklinės energijos kaupimas elektros tinkluose

Elektros energijos kaupimas elektros tinkluose gali būti vykdomas esant dvipusei apskaitai. Dvipusė apskaita – tai priemonė, skirta vykdyti elektros energijos apskaitą, kai energija yra atiduodama arba susigražinama iš elektros tinklų. Galimybė įsirengti elektros energijos kaupimo tinkluose sistemą yra viena iš šiuo metu tinkamiausių skatinimo priemonių saulės elektrinių statybai. Kitaip – tai galimybė panaudoti saulės elektrinės pagaminamą, tačiau nesuvaržomą – perteklinę – energiją vėlesniu metu. Pagrindinis elektros energijos kaupimo tinkluose privalumas, kad nebereikia montuoti brangių ir dažniausiai ilgai netarnaujančių akumuliatorių baterijų – sumažinama elektrinės įrangos kaina ir galimi nuostoliai kraunant ir iškraunant akumuliatorių baterijas. Papildomai sutaupoma, kadangi nelieka būtinybės keisti akumuliatorius. Šios skatinamosios priemonės taikymo rezultatas – saulės elektrinės tampa patrauklesnės vartotojui. Dvipusės apskaitos pagrindiniai bruožai [32]:

- 1) atskaitomasis laikotarpis – balandžio 1-oji diena. Anksčiau buvo nurodyta sausio 1-oji diena, tačiau dėl saulės elektrinės veikimo sezoniškumo šis terminas buvo perkeltas į balandžio mėn. 1 d. Tokiu būdu sudaryta galimybė saulės elektrinės savininkams jau nuo pirmo saulės elektrinės atskaitomojo laikotarpio pradžios kaupti susidarančią perteklinę energiją tinkle. Anksčiau galiojęs sausio mėnesio 1 dienos atskaitomasis laikotarpis pasižymėjo tuo, kad sausio, vasario, kovo mėnesiais patiriamas trūkumas būdavo apmokamas pagal rinkos kainą ir vasaros metu susidariusi perteklinė energija buvo tiesiog atiduodama elektros tinklams. Šios priežastys lėmė ilgesnį saulės elektrinės atsipirkimo laiką dėl didesnių patiriamų išlaidų;
- 2) su elektros tinklų operatoriumi atsiskaitymas vyksta kiekvieną mėnesį pagal naujai sumontuojamo dvipusio elektros energijos skaitiklio duomenis. Jei į tinklus yra patiekta daugiau elektros energijos negu suvartota (susidaro perteklinė energija, kuri „kaupiama“ elektros tinkle), elektrinės savininkas už šią perteklinę energiją tinklo operatoriumi nieko nemoka. Jei į tinklus patiekta mažesnis kiekis elektros nei buvo suvartota, savininkas už skirtumą turi sumokėti operatoriumi;
- 3) susigražindamas elektros energiją, savininkas tinklo operatoriumi moka nustatytą kainą. Nustatyta kaina už sukauptą energiją kaina yra mokama tol, kol tinkluose yra sukauptas pagamintos energijos perteklius. Išnaudojus sukauptą energiją ir nepatiekus naujai pagamintos, elektrinės savininkas už elektros energiją moka įprastu tarifu;
- 4) saulės elektrinės maksimali galia yra iki 10 kW;

- 5) atėjus atskaitomajai dienai, visa elektros energija, kuri buvo patiekta į elektros tinklą yra nuskaitoma. Elektrinės savininkas už didesnę patiektą elektros energijos kiekį išmoky negauna.

Nepaisant trūkumų, dvipusė apskaita yra vienas iš labiausiai vartotojus skatinančių veiksnių diegti saulės elektrines, kadangi išvengiama brangių akumuliatorių įsigijimo bei išnyksta saulės elektrinės sezoniškumo problema.

2.2.2. Perteklinės energijos pardavimas

Perteklinė elektros energija – tai į elektros tinklus patiekta elektra, kuri lieka vartotojų įrengtose elektrinėse po to, kai patenkinami savo ūkio poreikiai. Jos skatinamajam supirkimui keliamas reikalavimas – saulės elektrinės galia negali viršyti 10 kW. Skiriama neskatinamasis perteklinės energijos supirkimas arba skatinamasis perteklinės elektros energijos supirkimas [4], [33]:

1. perteklinė energija, kuri nėra skatinama, yra tokia energija, kuriai netaikomos įstatyme numatytos skatinimo priemonės ir nėra nustatyto fiksuoto supirkimo tarifo. Tokia elektros energija yra superkama už sutartinę kainą. Fiksuota pirkimo kaina gali būti skatinamoji priemonė, kai fiksuota kaina yra didesnė už elektros energijos rinkos kainą. Priešingu atveju, kai rinkos elektros energijos kaina yra didesnė nei nustatyta supirkimo kaina – fiksuota kaina yra neskatinamoji priemonė, kadangi elektrinės savininkas gali patirti finansinius nuostolius.
2. skatinamąja pertekline energija yra pripažįstama ne daugiau kaip 50 % vartotojo elektrinėse pagamintos elektros energijos per kalendorinius metus. Toks apribojimas yra, kadangi laikoma, kad virš 50 % pagamintos elektros energijos dalis suvartojama savoms ir/ar ūkio reikmėms arba pripažįstama elektros energijos nuostoliais vartotojo elektros tinkle. Vadinasi, jei ir norite investuoti į didesnės galios elektrinę, perteklinės energijos supirkimas bus tik pusė jos pagamintos energijos – toks apribojimas didina atsipirkimo laiką, kadangi papildomai turi būti vartojama arba kaupiama elektros energija, kuri nebus supirkta.

Elektrinėms, kurių gali yra virš 10 kW taikoma šiek tiek kitokia tvarka – Lietuvos Respublikos Atsinaujinančių išteklių energetikos įstatyme numatyta, jog iki 30 kW galios saulės energijos elektrinėms įrengti yra taikomi supaprastinti reikalavimai [5]:

- 1) saulės elektrinėms netaikomi žemės paskirties atitikties reikalavimai, poveikio aplinkai vertinimo procedūra, nereikalingas leidimas statyti ir poveikio visuomenės sveikatai vertinimas;
- 2) teisės aktų nustatyta tvarka šie įrenginiai gali būti perkelti į kitą vietą;

- 3) ant pastatų statomos ar į pastatus integruojamos saulės elektrinės įrengiamos be statybą leidžiančio dokumento;
- 4) netaikoma kvotų sistema;
- 5) visa pagaminta elektros energija superkama už fiksuotą tarifą, suteikiamą ne aukciono tvarka.

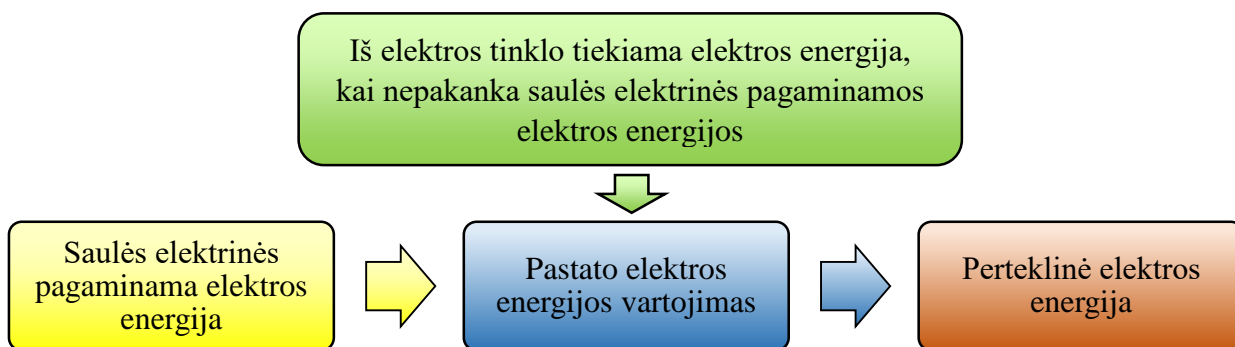
2.3 lentelė. Perteklinės elektros energijos pardavimo technologijos savybės

	Privalumai	Trūkumai
Finansiniai	Gaunamas pelnas parduodant elektros energiją.	Didesnės pradinės investicijos, kadangi reikalinga parengti elektrinės prijungimo projektą
	Savo poreikiams reikalinga elektros energija pagaminama iš AEI	Prijungimas reikalauja papildomų išlaidų
	Vykdam dvipusę apskaitą, galimybė pasidengti visų metų el. energijos poreikius iš AEI	Ne visuomet prijungimo procesas vykdomas sklandžiai, todėl gali reikėti papildomi kaštai tinkamam saulės elektrinės prijungimui
Aplinkosauginiai	Parduodama energija panaudojama kitų elektros energijos poreikių padengimui – mažinama aplinkos tarša	

Kaip matoma 2.3 lentelėje, parduodant perteklinę elektros energiją privalumas – gaunamas pelnas bei galimybė visą reikiamą elektros energiją pasigaminti iš atsinaujinančių energijos šaltinių. Tačiau toks sprendimas taip pat ir padidina projekto kainą, kadangi reikalingas saulės elektrinės prijungimo prie elektros tinklų projektas, jo suderinimas ir papildomi leidimai.

3. PERTEKLINĖS ELEKTROS ENERGIJOS PANAUDOJIMO TECHNOLOGIJŲ VERTINIMO METODIKA

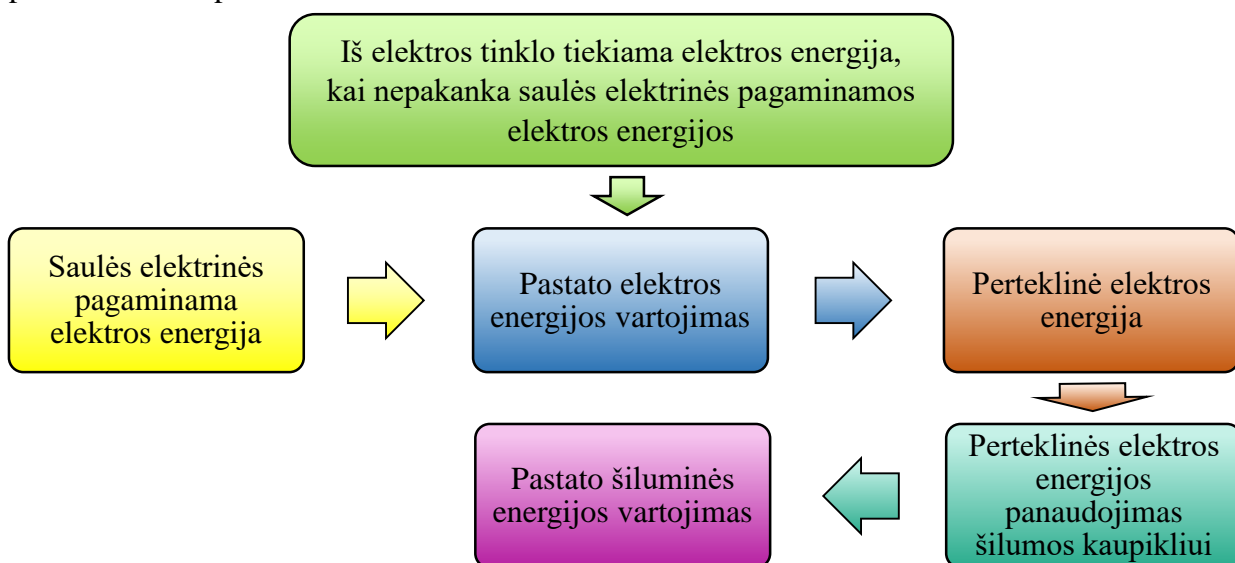
Magistro baigiamajame projekte pasirinkta palyginti dvi perteklinės elektros energijos panaudojimo technologijas – perteklinės elektros energijos panaudojimą požeminiame rezervuaro tipo šilumos kaupikliui (TTES), kai energijos kaupimo medžiaga yra vanduo (žr. 2.1 poskyris) ir perteklinės elektros energijos pardavimą (žr. 2.2.1 punktą). Perteklinės elektros energijos pardavimo atveju energijos srautai pavaizduoti 3.1 pav.:



3.1 pav. Perteklinės energijos pardavimo atveju energijos srautai

Kaip matoma 3.1 pav., pastatui reikalinga elektros energija yra tiekama iš saulės elektrinės, kai tik saulės elektrinė generuoja pakankamai energijos. Kadangi tokiu atveju elektros vartojimui naudojama nemokama saulės energija, vertinama, kad pagamintas kiekis yra pajamos, kurios atsiranda dėl elektros energijos nepirkimo iš elektros tinklo. Jei saulės elektrinė generuoja daugiau elektros energijos, perteklinė energija yra parduodama (perteklinės energijos pardavimo atveju pajamos). Jei saulės elektrinė negeneruoja pakankamai elektros energijos, trūkumas yra tiekiamas iš elektros tinklo (perteklinės energijos pardavimo atveju išlaidos).

Perteklinės elektros energijos panaudojimo šilumos kaupikliui atveju energijos srautai pavaizduoti 3.2 pav.:

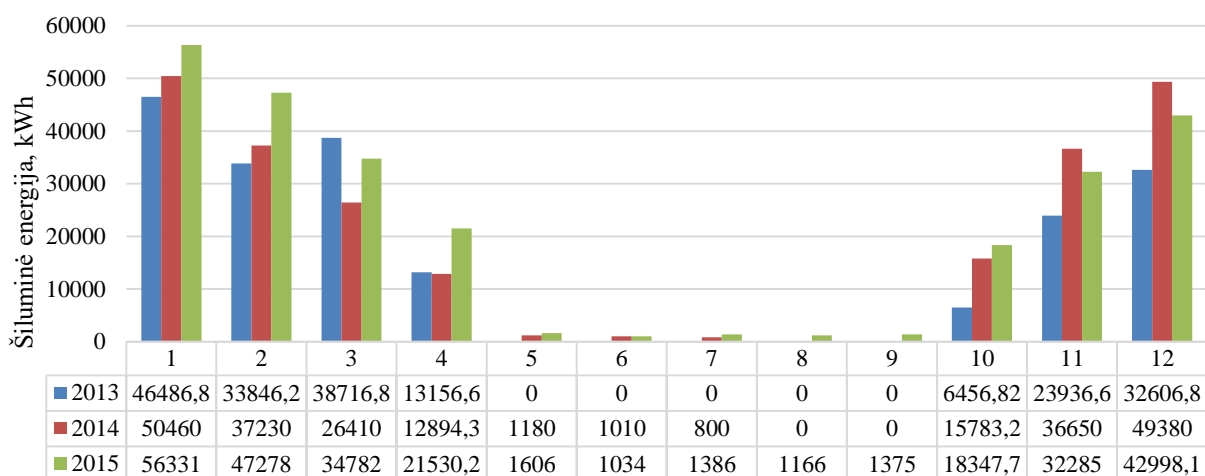


3.2 pav. Perteklinės energijos panaudojimo šilumos kaupikliui atveju energijos srautai

Kaip matoma 3.2 pav., kaip ir perteklinės energijos pardavimo atveju, pastatui reikalinga elektros energija yra tiekama iš saulės elektrinės, kai tik saulės elektrinė generuoja pakankamai energijos. Kadangi tokiu atveju elektros vartojimui naudojama nemokama saulės energija, vertinama, kad pagamintas kiekis yra pajamos, kurios atsiranda dėl elektros energijos nepirkimo iš elektros tinklo. Jei saulės elektrinė generuoja daugiau elektros energijos, perteklinė energija yra panaudojama šilumos kaupikliui – elektros energija tiekama šilumos siurbliui, kuris naudodamas elektros energiją generuoja šiluminę energiją ir kaupia ją požeminiame šilumos kaupiklyje (žr. 2.1.3 punktą). Šio atvejo papildomomis pajamomis laikoma pinigų suma, kuri sutaupoma neperkant šiluminės energijos iš šilumos tiekėjo, o panaudojant šilumos kaupiklyje sukauptą energiją. Jei saulės elektrinė negeneruoja pakankamai elektros energijos, elektros energijos trūkumas yra tiekiamas iš elektros tinklo (perteklinės energijos panaudojimo šilumos kaupikliui atvejo išlaidos).

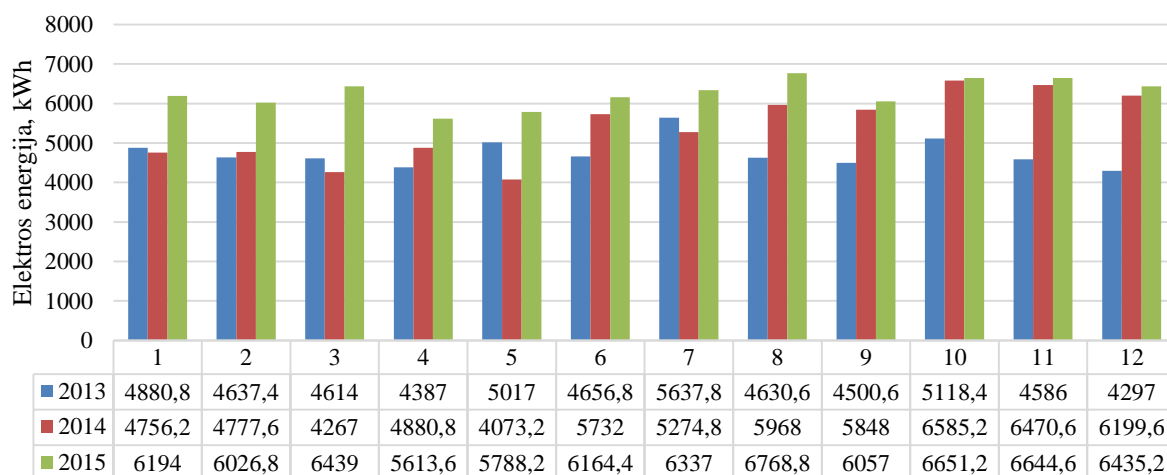
3.1. OBJEKTO CHARAKTERISTIKA

Pasirinktas objektas – 4 000 m² ploto gamybos ir administracinių patalpų pastatas, esantis Kauno mieste, Lietuvoje. Kadangi gamyba vykdoma nuolatos, elektros energijos poreikiai išlieka apytiksliai vienodi visus metus. Dėl Lietuvos meteorologinių sąlygų, šilumos vartojimas atsiranda rudens – žiemos metu. Energijos sąnaudos pavaizduotos žemiau esančiuose grafikuose.



3.3 pav. Bendras šilumos suvartojimas 2013 - 2015 metais

Pagal 3.3 pav. matoma, kad 2015 metų bendras šilumos suvartojimas buvo didžiausias – siekė 260 118,96 kWh. 2014 metais bendras šilumos poreikis siekė 231 797,51 kWh, o 2013 metais – 195 206,64 kWh.



3.4 pav. Elektros energijos suvartojimas 2013 - 2015 metais

Pagal 3.4 pav., 2015 metų elektros energijos poreikis yra didžiausias – 75 119,8 kWh. 2014 metais elektros energijos buvo suvartota 64 833 kWh, o 2013 metais – 56 963,4 kWh. Saulės elektrinė projektuojama pagal didžiausią elektros energijos poreikį 2015-iais metais ir 2015 metų šiluminės energijos poreikį.

3.2. SAULĖS ELEKTRINĖS GENERUOJAMO ENERGIJOS KIEKIO ĮVERTINIMAS

Saulės radiacijos srautas žemės paviršiuje pasiskirsto labai netolygiai. Vidutinis srauto tankis yra 210 – 250 W/m² subtropiniuose rajonuose ir dykumose, 130 – 210 W/m² vidutinėse platumose ir 80 – 130 W/m² šiaurėje [7].

Daugiamečių stebėjimų duomenys rodo, kad vidutinis metinis suminės saulės radiacijos kiekis, krintantis į horizontalų paviršių Lietuvoje, yra apie 1 000 kWh/m². Saulės švietimo laikas yra ilgiausias pajūryje ir trumpėja rytinės sienos link. Vidutiniškai saulėtų valandų skaičius pajūryje siekia 1 840-1 900 val. kasmet. Šalies rytiniame pakraštyje jis neviršija 1700 val. per metus. Maksimali saulės švietimo trukmė yra Nidoje ir siekia 1 908 val. per metus. Lietuvą pasiekiantis saulės energijos kiekis yra pakankamas, kad būtų galima gaminti šiluminę energiją bei taikyti saulės architektūros principus naujiems ir renovuojamiems statiniams [6].

Žinodami pilnutinę saulės ekspoziciją 1 m², randame pilnutinę saulės ekspoziciją i-tajam mėnesiui visam horizontaliam saulės elektrinės paviršiui [34]:

$$E_{S,i} = S_{SE} \cdot E_{h,i} \quad [3.1]$$

Formulėje: $E_{h,i}$ – pilnutinė saulės ekspozicija kvadratiniam metrui i-tąjį mėnesį, kWh; $E_{S,i}$ – pilnutinė saulės ekspozicija foto-modulių plotui i-tąjį mėnesį, kWh; S_{SE} – saulės elektrinės plotas, m².

Priklausomai nuo projektuojamos saulės elektrinės montavimo vietos – montuojama ant žemės ar ant stogo, reikia įvertinti stogo ar montavimo konstrukcijos posvyrio kampą. Tiriamuoju

atveju saulės elektrinės montavimo konstrukcijos posvyrio kampas yra lygus 36° . Toks posvyrio kampas pasirinktas siekiant maksimaliai padidinti saulės elektrinės pagaminamą elektros energijos kiekį. Internetinėje programoje „Photovoltaic Geographical Information System – Interactive Maps“ įvedus projektuojamos saulės elektrinės statybos vietą ir kampą, kuriuo ji pakrypusi, apskaičiuojama saulės ekspozicija reikalingai plokštumai [35]. Šioje pačioje programoje galima įvertinti ir preliminarų saulės elektrinės galingumą, kuris užtikrintų reikiamą pagaminti elektros energijos kiekį.

Skaičiuojant saulės elementų (foto-modulių) pagaminamą elektros energiją, reikia įvertinti saulės foto-modulių efektyvumą. Šiame projekte parinktų 310 W galios saulės foto-modulių efektyvumas yra 15,72% [9]. Saulės foto-modulių efektyvumas įvertinamas [34]:

$$E_{PV,i} = \eta_{PV,i} \cdot E_{S,i} \quad [3.2]$$

Formulėje: $E_{PV,i}$ – saulės modulių pagaminama elektros energija i -tajį mėnesį, kWh; $\eta_{PV,i}$ – saulės modulių efektyvumas, %.

Energijos kiekis tiekiamas apkrovoms, apskaičiuojamas įvertinant keitiklio efektyvumą [34]:

$$E_i = \eta_{inv} \cdot E_{PV,i} \quad [3.3]$$

Formulėje: E_i – elektros energija tiekiamas apkrovoms, kWh; η_{inv} – keitiklio efektyvumas, %.

Naudojantis vidutinių elektros energijos poreikių per dieną duomenimis, apskaičiuojama, koks bus elektros energijos trūkumas arba perteklius tam tikro mėnesio dieną [34]:

$$E_{p,t} = E_i - E_{poreikis} \quad [3.4]$$

Formulėje: $E_{p,t}$ – elektros energijos trūkumas ar perteklius, kWh, $E_{poreikis}$ – vidutinis elektros energijos poreikis per dieną, kWh.

3.3. FINANSINĖ ANALIZĖ IR EKONOMINIS PROJEKTO VERTINIMAS

Siekiant įvertinti pasirinktų perteklinės elektros energijos panaudojimo technologijų finansinę naudą, reikalinga:

- 1) įvertinti pradinę investiciją;
- 2) įvertinti gaunamas pajamas ir patiriamas išlaidas (kasmet);
- 3) įvertinti projekto finansavimo struktūrą ir apskaičiuoti diskonto normą.

Toliau atliekami projekto vertinimo etapai [36]:

1. projekto bendrųjų pinigų srautų nustatymas (CF);
2. projekto diskontuotų pinigų srautų apskaičiavimas;

3. projekto grynosios dabartinės vertės (NPV) apskaičiavimas;
4. projekto išlaidų ir pajamų santykio įvertinimas (B/C);
5. projekto pelningumo indekso apskaičiavimas (PI);
6. projekto finansinės vidinės gražos normos (IRR) nustatymas;
7. projekto rizikos ir jautrumo analizė;
8. projekto investicijų atsipirkimo laiko apskaičiavimas;
9. projekto diskontuotų pinigų srautų atsipirkimo laiko apskaičiavimas.

Visi skaičiavimai ir rodiklių vertinimas atliekamas atsižvelgiant į projekto gyvavimo laikotarpį. Tai laikotarpis, kuris yra ekonomiškai naudingas - pakankamas, kad apimtų tikėtiną ilgalaikį projekto poveikį. Supaprastintu atveju laikoma, kad po šio laikotarpio projektinė veikla yra baigiama ir priimama išvada, kad investicija atsipirko, tačiau realiu atveju projektas gali ir toliau būti vykdomas. Remiantis tarptautine praktika, energetikos sektoriui projekto gyvavimo laikotarpis yra nuo 15-25 metų [36]. Tiriamajame darbe priimama, kad projekto gyvavimo laikotarpis yra 35 metai. Toks laikotarpis pasirenkamas dėl saulės modulio gamintojo suteikiamos garantijos – saulės foto-modulio efektyvumas per 35 metus nesumažės daugiau nei 10 % [9].

Projekto išlaidos, pajamos bei finansinė nauda arba nuostolis yra nustatomi palyginimo metodu, lyginant atvejį vykdant projektą ir nevykdant projekto. Abu atvejai yra vertinami tų pačių metų kainomis ir ta pačia valiuta. Pagal gautą perteklinę energiją skaičiuojamos kiekvienos perteklinės energijos panaudojimo technologijos gaunamos pajamos:

- 1) Perteklinės elektros energijos pardavimo atveju, skaičiuojant gaunamas pajamas yra įvertinamas perteklinės energijos supirkimo tarifas – perteklinė elektros energija yra dauginama iš supirkimo tarifo.
- 2) Perteklinės elektros energijos panaudojimo šilumos kaupikliui atveju, skaičiuojant gaunamas pajamas yra įvertinamas šilumos siurblio efektyvumas. Šiuo atveju perteklinė energija yra dauginama iš šilumos siurblio naudingumo koeficiento (angl. *Coefficient of Performance, COP*) [37] ir gaunamas šiluminės energijos kiekis. Šis energijos kiekis yra dauginamas iš šilumos kainos ir gaunamos šilumos kaupiklio technologijos generuojamos pajamos, t. y. sutaupyta suma neperkant šiluminės energijos iš centralizuoto šilumos tiekėjo, o panaudojant energiją, kuri pagaminta iš perteklinės elektros energijos.

Abiejų perteklinės energijos panaudojimo technologijų ekonominio tyrimo metu išlaidomis laikoma išleidžiama suma elektros energijos trūkumui įsigyti.

Diskonto normos nustatymas. Siekiant apskaičiuoti diskonto normą, reikia žinoti projekto finansavimo struktūrą. Priimama, kad projekto finansavimo struktūra - 30 % nuosavos lėšos ir 70 % skolintos lėšos. Diskonto normos apskaičiavimui naudojama svertinių kapitalo kaštų (angl.

Weighted Average Cost of Capital (WACC)) skaičiavimo metodika. Pagal šią metodiką apskaičiuotas WACC rodiklis atspindi projekto įgyvendinimo kaštus. Skaičiuojant WACC įvertinama ir tai, kad projektai dažniai finansuojami iš kelių finansavimo šaltinių, iš kurių kiekvienas turi savo kainą. Finansavimo šaltinio dydis ir jo kaina yra pagrindiniai kriterijai WACC vertei nustatyti. Esant skolintam finansavimo šaltiniui, reikia įvertinti, kad yra mokamos palūkanos, kurios nėra apmokestintos, vadinasi mažinamas apmokestinamas pelnas [36].

Projekto WACC apskaičiuojamas pagal 3.5 formulę [36]:

$$WACC = a * x\% + b * y\% + c * z\% * (1 - T) \quad [3.5]$$

Formulėje: WACC – svertiniai kapitalo kaštai, %, *a*, *b*, *c* – atskirų finansavimo šaltinių dalis projekte, vieneto dalys, *x*, *y*, *z* – atitinkamo finansavimo šaltinio kaina, %, *T* – pelno mokesčio tarifas, vieneto dalys.

Pinigų ir išlaidų srautas apskaičiuojamas pagal 3.6 formulę. Pinigų srautas – tai visų per tam tikrą laikotarpį gautų ir išmokėtų piniginių lėšų skirtumas. Pinigų srautas apskaičiuojamas pagal formulę [36]:

$$CF = Pajamos - Išlaidos \quad [3.6]$$

Formulėje: *CF* – pinigų srautas, Eur.

Pagal sumažinimo koeficientą apskaičiuojama pinigų srauto dabartinė vertė kiekvieniems metams [36]:

$$NCF = CF * \frac{1}{(1 + i)^n} \quad [3.7]$$

Formulėje: *NCF* – dabartinė vertė, Eur; *CF* – būsimoji vertė, Eur; *i* – diskonto norma, %, *n* – laikas, metai.

Tokiu būdu kiekvienų metų pinigų srautas yra diskontuojamas pagal atitinkamą diskonto normą ir apskaičiuojama kiekvienų metų pinigų srauto dabartinė vertė.

Grynoji dabartinė vertė – tai grynojo pinigų srauto dabartinė vertė. Dabartinė grynoji vertė apskaičiuojama pagal formulę [38]:

$$NPV = NCF_0 + \frac{NCF_1}{(1 + i)^1} + \frac{NCF_2}{(1 + i)^2} + \dots + \frac{NCF_n}{(1 + i)^n} = NCF_0 + \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1 + i)^t} \quad [3.8]$$

Formulėje: *NPV* – grynoji dabartinė vertė, Eur, *NCF* – investicijų projekto grynasis pinigų srautas, Eur; *i* – diskonto norma; *n* – metai, *t* – metų skaičius (0,1,2 ... n).

Laikoma, kad investicijos yra skiriamos pradiniu laiko momentu, tai dabartinė grynoji vertė apskaičiuojama pagal formulę [38]:

$$NPV = -K + \sum_{t=0}^T \frac{NCF_t}{(1+i)^t} \quad [3.9]$$

Formulėje: NPV – grynoji dabartinė vertė, Eur, K – pradinės investicijos, Eur, NCF_t – grynasis pinigų srautas laiko momentu t , Eur, i – diskonto norma, T – naudojimo trukmė metais.

Dabartinė grynoji vertė kinta priklausomai nuo naudojamos diskonto normos – kuo aukštesnė diskonto norma, tuo mažesnė yra NPV. Projektas yra priimtinas, kai $NPV > 0$ – vadinasi projekto grąža yra didesnė nei kapitalo kaina. Projektas yra atmestinas, kai $NPV < 0$ – vadinasi projekto grąža yra mažesnė nei kapitalo kaina ir jis neužtikrina investicijų grąžos. Skiriamas ir ribinis variantas, kai $NPV = 0$ – vadinasi grąža atitinka kapitalo kainą [38].

Pajamų ir išlaidų santykis – kitaip vadinamas rentabilumo indeksu. Jis naudojamas nustatyti įplaukų dabartinės vertės ir išlaidų dabartinės vertės santykį. Kitaip tariant B/C rodiklis parodo, kiek gryniosios dabartinės vertės sukuriama vienam investuotam eurui. Kad projektas būtų priimtinas, B/C turi būti daugiau arba lygu už 1. Jei $B/C > 1$, tai NPV yra teigiamas ir projektas priimtinas, jei $B/C < 1$, tai NPV yra neigiamas ir projektas yra atmestinas. Kai $B/C = 1$, gryno pelno dabartinė vertė yra nulinė prie tam tikros diskonto normos – $NPV = 0$, tai yra ribinis variantas – projektas nepelningas, tačiau ir nenuostolingas. Pajamų ir išlaidų santykis apskaičiuojamas [38]:

$$B/C = \frac{PVB}{PVC} \quad [3.10]$$

Formulėje: B/C – pajamų ir išlaidų santykis; PVB – pajamų srauto grynoji dabartinė vertė, Eur, PVC – išlaidų srauto grynoji dabartinė vertė, Eur.

Pelningumo indeksas (angl. *Profitability Index*) apskaičiuojamas pagal formulę 3.11 [38]:

$$PI = \frac{DCI}{DCO} \quad [3.11]$$

Formulėje: PI – pelningumo indeksas; DCI – diskontuotos pinigų įplaukos; DCO – diskontuotos pinigų išlaidos.

Investicijų projektas yra laikomas efektyviu, jei DCI yra didesnė nei DCO, t. y. $PI > 1$. Jei $PI = 1$, projektas laikomas ribiniu arba kitaip – centriniu apsisprendimo tašku. Kai $PI < 1$, projektas ekonominiu požiūriu laikomas neefektyviu. Šis indeksas yra visuomet didesnis už 1, jei projekto NPV yra teigiama, o IRR – didesnė už kapitalo kainą [38].

Vidinė gražos norma (angl. *Internal Rate of Return (IRR)*) – tai diskonto norma, kuri sulygina išlaidų ir pajamų srautų dabartines vertes. IRR apibrėžiama kaip laukiamas investicijų projekto pelningumas priimant, kad tarpinės pajamos reinvestuojamos ta pačia IRR. Kai rezultatai rodo, kad PV lygi 0, panaudotas analitinis metodas leidžia papildomai nustatyti, kad esant tam tikrai diskonto normai projektas atsipirks, t. y. bus sugrąžintas panaudotas kapitalas, tačiau be jokio papildomo pelno [38]. Šis rodiklis parodo investicijų rentabilumą ir parodo maksimalų leistiną santykinę investicijų kainos lygį, kurį viršijus projektas pasidaro nerentabilus. IRR apskaičiuojama pagal formulę [36]:

$$IRR = i_1 + ((i_2 - i_1) * \left(\frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} \right)) \quad [3.12]$$

Formulėje: *IRR* – vidinė gražos norma; i_1 - mažesnė diskonto norma; i_2 - didesnė diskonto norma; NPV_1 - NPV, esant i_1 diskonto normai, Eur; NPV_2 - NPV, esant i_2 diskonto normai, Eur.

Pirminiu atveju apskaičiavus IRR galima pakartotinai skaičiuoti IRR parinkus i_1 ir i_2 artimesnes gautai pirminei IRR reikšmei. Vertinant rezultatą – kai IRR didesnė už diskonto normą, projektas yra efektyvus, kai IRR yra mažesnė už diskonto normą, projektas yra neefektyvus. Taip pat svarbu ir skirtumas tarp IRR ir diskonto normos – kuo IRR didesnė už diskonto normą, tuo projekto rizika yra mažesnė, t. y. investuoti pinigai yra greičiau susigrąžinami, todėl vertinamas trumpesnis laikotarpis ir išvengiama klaidų. Kai IRR lygi diskonto normai, galima priimti bet kurią iš variantų, nes projektas užtikrina grąžą, lygią kapitalo kainai. IRR apskaičiavimas naudingas tuomet, kai reikia palyginti investicinių projektų gražos ir finansavimui naudojamą kapitalo kainą [38].

Projekto investicijų atsipirkimo laiko apskaičiavimas – parodo, kaip greitai grįžta investuoti pinigai. Atsipirkimo laikas neparodo investicijų efektyvumo, tačiau gauta informacija leidžia priimti sprendimą dėl projekto vykdymo ar nevykdymo. Jei gaunamas rezultatas, kad projektas neatsiperka, vadinasi gaunamos pajamos nepadengia pradinių investicijų. Priešingu atveju – per apskaičiuotą laikotarpį projektas padengia visą skolintą kapitalą ir nuo to laiko sistema tampa pelninga. Apskaičiuotas atsipirkimo laikas taip pat leidžia vertinti skirtingus projektus – kuo atsipirkimo laikas yra trumpesnis, tuo projekto rizika yra mažesnė. Kita vertus, kuo mažesnė rizika, tuo mažesnis ir pelningumas, todėl vien apskaičiavus atsipirkimo laiką negalima priimti sprendimo, kuri projekto alternatyva yra tinkamesnė. Atsipirkimo laikas apskaičiuojamas pagal formulę 3.13 [38]:

$$PP = Y_{t-1} + \frac{TCF_{t-1}}{NCF_t} \quad [3.13]$$

Formulėje: PP – atsipirkimo laikas, metai; Y_{t-1} – metai prieš visišką investicijų padengimą, metai; TCF_{t-1} – suminis pinigų srautas prieš visišką investicijų padengimą, Eur; NCF_t – visiško investicijų padengimo metų grynas pinigų srautas, Eur.

Pagrindiniai atsipirkimo laiko apskaičiavimo privalumai – lengvai apskaičiuojamas ir padeda išrinkti mažiausiai rizikingą projektą. Trūkumai – neįvertinami pinigų srautai po atsipirkimo laiko – tai ypač svarbu, jei pinigų srautai po atsipirkimo padidėja arba sumažėja per visą projekto gyvavimo laikotarpį [38].

Diskontuotų pinigų srautų atsipirkimo laikas yra skaičiuojamas siekiant įvertinti pinigų srauto pasiskirstymą laiko atžvilgiu. Toks vertinimas ypač svarbus esant daugiau nesuderinamų investicinių projektų, iš kurių reikia pasirinkti tinkamiausią. Šio laiko skaičiavimas pagrįstas investicijų atsipirkimo laiko ir būsimų pinigų srautų dabartinės vertės apskaičiavimu. Pirmiausia apskaičiuojama pinigų srautų grynoji dabartinė vertė, vertinant pasirinktą diskonto normą. Antras žingsnis – naudojant 3.13 atsipirkimo laiko skaičiavimo formulę, vertinami diskontuoti pinigų srautai ir apskaičiuojamas modifikuotas atsipirkimo laikas. Paprastas atsipirkimo laikas ir apskaičiuotas diskontuotų pinigų srautų atsipirkimo laikas gali skirtis, kadangi yra įvertinamas pinigų pasiskirstymas laiko atžvilgiu.

Vertinant projektą, svarbu nustatyti, kuris rodiklis yra svarbesnis. Tai ypač aktualu, kuomet renkama tarp dviejų ar daugiau projektų, kurie tarpusavyje yra nesuderinami. Jei tai projektai, kurių pradinė investicija yra vienoda ir abiejų projektų NPV yra teigiama, reikalinga bandymais surasti tokią diskonto normą, kuriai esant NPV yra neigiama ir apskaičiuoti IRR. Jei pagal NPV ir IRR rodikliai skiriasi (tarkime pirmasis projektas efektyvesnis pagal NPV, o antrasis pagal IRR), pasirenkamas NPV kriterijus, kuris leidžia pasirinkti didesnę vertę sukuriantį projektą. Nagrinėjamu tyrimo atveju, projektų pradinės investicijos skiriasi, todėl projekto pasirinkimas bus atliekamas atsižvelgiant į didesnę IRR bei didesnę sukuriamą vertę. Apibendrinti projekto atrankos kriterijai pateikti 3.1 lentelėje. Tarpusavyje nesuderinami projektai yra tokie, kurie kartu negali būti įgyvendinti – tai apriboja montavimo vieta, naudojami ištekliai, perkama/turima įranga ir kita.

3.1 lentelė. Investicinių projektų atrankos kriterijai [38]

Investiciniai projektai	Finansavimo šaltiniai	Kriterijus
Nesuderinami	Neriboti	Didžiausia NPV
Nesuderinami	Riboti	Didžiausia IRR
Suderinami	Neriboti	Neneigiama NPV
Suderinami	Riboti	B/C santykis arba PI

Pagal pasirinktą tyrimo situaciją – perteklinės energijos panaudojimo projektai yra nesuderinami tarpusavyje, o finansavimo šaltiniai – riboti. Tokiu atveju projekto pasirinkimas bus atliekamas atsižvelgiant į didžiausią projekto IRR.

3.4. JAUTRUMO ANALIZĖ

Jautrumo analizė atliekama siekiant įvertinti, kaip pasikeis projekto efektyvumas, pasikeitus vienam iš pradinių parametru. Pagal gautus rezultatus galima spręsti apie projekto sėkmingo įgyvendinimo riziką. Rezultatai vertinami pagal parametru priklausomybę – kuo didesnė priklausomybė, tuo didesnė projekto sėkmingo įgyvendinimo rizika. Jautrumo analizė taikoma dviem atvejais, kai reikia nustatyti veiksnius, kurie daro įtaką projekto įgyvendinimo rezultatams arba norint atlikti lyginamąją projektų analizę, nustatant kaip sunkiai prognozuojami veiksniai veiks projekto efektyvumą [36].

Jautrumo analizės atlikimui dažniausiai taikomas dabartinės grynosios vertės (NPV) metodas. Šio metodo privalumas tas, kad pakanka vieno skaičiavimo, kad nustatyti tokį kintamojo pokytį, kuriam įvykus NPV būtų lygi nuliui. Metodas, kuriuo remiantis nustatome, ar verta įgyvendinti projektą, remiasi atskirų projekto rodiklių prognoze. Todėl būtina iširti, kokį poveikį projektui daro atskirų rodiklių pokyčiai. Tai atliekama keičiant vieno rodiklio reikšmę, kai kitų parametru reikšmės yra pastovios, ir matuojant, kokį tai turės poveikį projekto dabartinei grynajai vertei ir vidinei pelno normai (IRR) bei papildomai – atsipirkimo laikui. Gauti rezultatai parodo ar projektas jautrus to rodiklio reikšmių pokyčiui, kai kiti rodikliai pastovūs [36].

Šiame darbe jautrumo analizė atliekama, siekiant įvertinti žemiau išvardintų parametru įtaką projekto įgyvendinimui:

- 1) elektros energijos poreikis;
- 2) saulės modulių efektyvumas;
- 3) saulės elektrinės galia;
- 4) saulės elektrinės kaina;
- 5) kaupiklio kaina;
- 6) šiluminės energijos kaina;
- 7) elektros energijos kaina;
- 8) perteklinės elektros energijos supirkimo tarifas.

4. PERTEKLINĖS ELEKTROS ENERGIJOS PANAUDOJIMO TECHNOLOGIJŲ TYRIMO REZULTATAI

1) Atliekant tyrimą, priimtos prielaidos:

1. saulės elektrinės galia projektuojama atsižvelgiant į objekto didžiausią metinį elektros energijos suvartojimą 2015 metais.
2. perteklinės elektros energijos supirkimo kaina priimama pagal 2017 metų I pusmečiui galiojančią kainą - 0,124 Eur/kWh (be PVM) [39];
3. šilumos kaina priimama dabartinė pasirinkto pastato mokama kaina už šiluminę energiją – 0,0482 Eur/kWh (be PVM);
4. elektros energijos kaina priimama dabartinė pasirinkto pastato mokama kaina už elektros energiją - 0,0595 Eur/kWh (be PVM).
5. projekto gyvavimo laikotarpis - 35 metai;
6. projekto finansavimo struktūra - 70 % skolintas kapitalas ir 30 % nuosavas kapitalas.

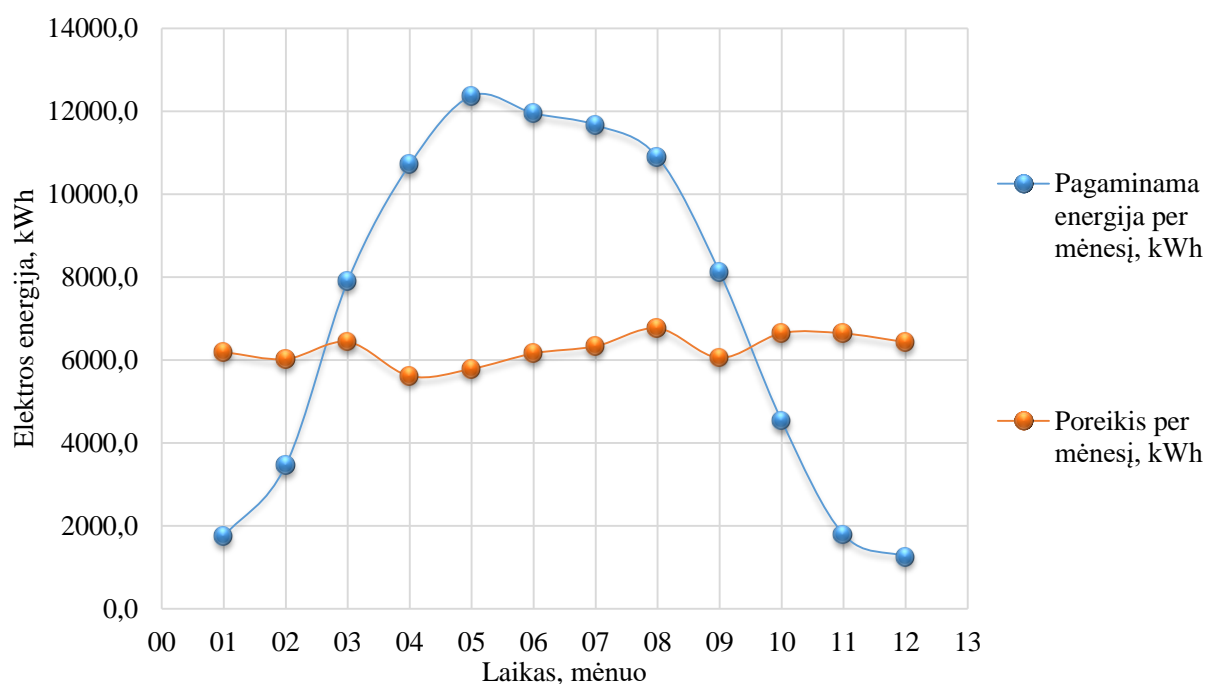
2) Pagal 2015 metų elektros energijos suvartojimą ir pasinaudojant internetine programa „Photovoltaic Geographical Information System – Interactive Maps“ yra nustatoma reikalinga saulės elektrinės galia. Šioje programoje galima įvertinti preliminarų saulės elektrinės galingumą, kuris užtikrintų reikiamą pagaminti elektros energijos kiekį. Parenkant saulės elektrinės galią, svarbu teisingai įvertinti reikiamą elektros energijos kiekį. Kadangi tiriamojo darbo tikslas – efektyviai panaudoti būtent perteklinę elektros energiją – elektrinė projektuojama tokios galios, kad sugeneruotų reikiamą elektros energiją vertinant metinį pastato elektros energijos suvartojimą. Pagal programos duomenis tai yra 75 kW saulės elektrinė. Šią elektrinę sudaro 242 saulės moduliai, kurių nominali galia yra 310 W, efektyvumas siekia 15,72% - modelis „ViaSolis PRIME 72.P310“ [9]. Jų užimamas plotas - 477,22 m². Tolimesni skaičiavimai yra atliekami remiantis šiais duomenimis - gauti rezultatai pateikti 4.1 lentelėje.

4.1 lentelė. Prognozuojamo pagaminti elektros energijos kiekio apskaičiavimas 75 kW saulės elektrinei

Mėnuo	Saulės ekspozicija 36° plokštumoje per dieną, Wh/m ²	Pilnutinė ekspozicija SE plotui per dieną, Wh/m ²	Pagaminama energija įvertinant modulių efektyvumą, kWh	Saulės elektrinės pagaminama / tiekiamą energiją per dieną, kWh	Pagaminama energija per mėnesį, kWh	Poreikis per mėnesį, kWh	Susidarantis perteklius / trūkumas per mėnesį, kWh
1	769	366 985,3	57 690,1	56,5	1 752,6	6 194,00	-4 441,4
2	1 570	749 241,7	117 780,8	115,4	3 462,8	6 026,80	-2 564,0
3	3 470	1 655 967,3	260 318,1	255,1	7 908,5	6 439,00	1 469,5
4	4 860	2 319 308,6	364 595,3	357,3	10 719,1	5 613,60	5 105,5
5	5 430	2 591 326,3	407 356,5	399,2	12 375,5	5 788,20	6 587,3
6	5 420	2 586 554,1	406 606,3	398,5	11 954,2	6 164,40	5 789,8
7	5 120	2 443 386,9	384 100,4	376,4	11 669,0	6 337,00	5 332,0

Mėnuo	Saulės ekspozicija 36° plokštumoje per dieną, Wh/m ²	Pilnutinė ekspozicija SE plotui per dieną, Wh/m ²	Pagaminama energija įvertinant modulių efektyvumą, kWh	Saulės elektrinės pagaminama / tiekiamą energija per dieną, kWh	Pagaminama energija per mėnesį, kWh	Poreikis per mėnesį, kWh	Susidarantis perteklius / trūkumas per mėnesį, kWh
8	4 780	2 281 130,7	358 593,7	351,4	10 894,1	6 768,80	4 125,3
9	3 680	1 756 184,3	276 072,2	270,6	8 116,5	6 057,00	2 059,5
10	1 990	949 675,8	149 289,0	146,3	4 535,4	6 651,20	-2 115,8
11	811	387 028,7	60 840,9	59,6	1 788,7	6 644,60	-4 855,9
12	550	262 473,2	41 260,8	40,4	1 253,5	6 435,20	-5 181,7
Per metus					86 429,9	75 119,8	11 310,1

Metinis elektros energijos poreikis siekia 75 119,8 kWh, o parinkta saulės elektrinė pagamins 86 429,9 kWh elektros energijos. 4.1 pav. pateiktas visų metų saulės elektrinės pagaminamos ir pastato suvartojamos elektros energijos kreivės. 4.1 pav. matoma, kad spalio – vasario mėnesiai yra stebimas pagaminamos elektros energijos trūkumas, o kovo – rugsėjo mėnesiai – perteklius.



4.1 pav. Saulės elektrinės pagaminamos ir pastato suvartojimas elektros energijos kiekis

Įvertinus pagaminamą saulės elektrinės elektros energijos kiekį, galima apskaičiuoti perteklinę energiją ir atlikti tolimesnius skaičiavimus. Pagal gautus rezultatus matoma, kad saulės elektrinė pilnai padengs elektros suvartojimą nuo kovo mėnesio iki rugsėjo mėnesio. Šiuo laikotarpiu susidarys perteklinė energija, kurios kiekis – 11 310,1 kWh per metus. Siekiant tiksliau įvertinti susidarancios perteklinės elektros energijos kiekį, vertinamas ir toliau skaičiavimuose

naudojamas suminis perteklinės energijos kiekis vertinant kiekvieno mėnesio saulės elektrinės ir pastatui reikalingos elektros energijos santykį, t. y. 30 468,9 kWh per metus (žr. 4.3 lentelė).

3) Pagal saulės elektrinės pagaminamos ir pastatui reikalingos elektros energijos rezultatus (žr. 4.1 lentelė) ir įvertinant priimtą elektros energijos kainą, apskaičiuojama sutaupoma pinigų suma neperkant elektros energijos iš skirstomųjų elektros tinklų. Taip pat apskaičiuojamos likusios išlaidos saulės elektrinės nepagamintos, tačiau pastatui reikalingos elektros energijos įsigijimui. Gauti rezultatai pateikti 4.2 lentelėje.

4.2 lentelė. Perteklinės elektros energijos pardavimo atveju gaunamos pajamos ir susidaranti išlaidos

Mėnuo	Susidarantis perteklius / trūkumas per mėnesį, kWh (žr. 4.1 lentelė)	Poreikio padengimas, kWh	Kaina, Eur/kWh	Sutaupoma padengiant poreikį, Eur	Išlaidos likusiai energijai, Eur
1	-4 441,38	1 752,62	0,071995	126,18	319,76
2	-2 564,04	3 462,76		249,30	184,60
3	1 469,46	6 439,00		463,58	0,00
4	5 105,50	5 613,60		404,15	0,00
5	6 587,29	5 788,20		416,72	0,00
6	5 789,83	6 164,40		443,81	0,00
7	5 331,97	6 337,00		456,23	0,00
8	4 125,28	6 768,80		487,32	0,00
9	2 059,52	6 057,00		436,07	0,00
10	-2 115,80	4 535,40		326,53	152,33
11	-4 855,88	1 788,72		128,78	349,60
12	-5 181,70	1 253,50		90,25	373,06
Per metus		55 961,01		4 028,91	1 379,34

Pagal gautus ir 2.1 lentelėje pateiktus rezultatus matoma, kad įdiegus 75 kW saulės elektrinę būtų sutaupoma 4 028,91 Eur per metus. Likusios išlaidos įsigyti saulės elektrinės nepagamintai, tačiau pastatui reikalingą elektros energiją (padengti trūkumą) – 1 379,34 Eur per metus.

4) Pagal 3.5 formulę apskaičiuojama diskonto norma laikantis prielaidos, kad projekto finansavimo struktūra yra: 70 % skolintas kapitalas ir 30 % nuosavas kapitalas. Skolinto kapitalo palūkanos 3 %, o nuosavo kapitalo 5 %. Įvertinama, kad skolintas kapitalas yra apmokestinamas pelno mokesčiu – 15 %.

$$WACC = 5 * 30 \% + 3 * 70 \% * (1 - 0,15) = 3,285 \%$$

Ši diskonto norma taikoma tiek perteklinės energijos pardavimo atveju, tiek šilumos kaupiklio diegimo atveju.

4.1. PERTEKLINĖS ENERGIJOS PARDAVIMO ATVEJIS

1) Pagal 4.1 lentelėje pateiktus duomenis įvertinamos gaunamos pajamos iš perteklinės energijos pardavimo – gauti rezultatai pateikti 4.3 lentelėje.

4.3 lentelė. Gaunamos pajamos iš perteklinės energijos pardavimo

Mėnuo	Perteklinė energija, kWh (žr. 4.1 lentelė)	Perteklinės supirkimo kaina, Eur/kWh [39]	Pajamos iš perteklinės energijos pardavimo, Eur
1	0	0,15004	0,00
2	0		0,00
3	1 469,46		220,48
4	5 105,51		766,03
5	6 587,29		988,36
6	5 789,83		868,71
7	5 331,97		800,01
8	4 125,28		618,96
9	2 059,52		309,01
10	0		0,00
11	0		0,00
12	0		0,00
Per metus	30 468,85		4 571,55

Pagal gautus rezultatus 4.2 lentelėje ir 4.3 lentelėje, perteklinės energijos pardavimo atveju suminės pajamos yra lygios 8 600,46 Eur per metus.

2) Vertinant modulių nusidėvėjimą, apskaičiuojama susidaranti perteklinė energija per metus ir per mėnesį. Pagal mėnesio perteklinę energiją, įvertinamos gaunamos pajamos per projekto gyvavimo laikotarpį. Taip pat įvertinama sutaupoma pinigų suma, kai elektros energija yra neperkama iš elektros tinklų bei likusios nepagamintos elektros energijos išsigijimo kaštai. Gauti rezultatai pateikiami 4.4 lentelėje, o priede Nr. 1. pateikiami viso projekto gyvavimo laikotarpiu gauti rezultatai.

4.4 lentelė. Perteklinės energijos pardavimo atvejo gyvavimo laikotarpiu susidaranti pajamos ir išlaidos

Likusi energija vertinant mėnesio balansą, kWh	Perteklinės elektros supirkimo kaina, Eur/kWh	Pajamos, parduodant perteklinę energiją (vertinant mėn.), Eur	Pagrindinio poreikio padengimas, kWh	Elektros kaina, Eur/kWh	Sutaupoma iš pagrindinio poreikio padengimo, Eur	Išlaidos likusiai energijai pirkti, Eur	Viso pajamų iš perteklinės energijos pardavimo, Eur
1 013 677,37	0,15004	152 092,15	1 861 783,53	0,071995	134 039,11	50 583,37	286 131,26

3) Apskaičiuotas pinigų srautas pagal 3.6 formulę:

$$CF = 8\,600,46 - 1\,379,34 = 7\,221,12 \text{ Eur}$$

4) Tolimesni skaičiavimai atliekami pagal 3.3 skyriuje nurodytus projekto vertinimo etapus. Atlikti skaičiavimai pateikiami priede Nr. 2, 4.5 lentelėje ir 4.6 lentelėje.

4.5 lentelė. Perteklinės energijos pardavimo atvejo išlaidos, disk. išlaidos, pajamos ir disk. pajamos

Išlaidos, Eur	Išlaidos disk., Eur	Pajamos, Eur	Pajamos disk., Eur
50 583,37	29 539,75	28 6131,26	170 215,80

4.6 lentelė. Perteklinės energijos pardavimo atvejo ekonominis vertinimas

NPV, Eur	50 676,05
B/C	5,66
PI	5,76
IRR, %	6,95
PP, metai	12,77
PP _m	16,95

Pagal gautus rezultatus matome, kad:

1. pagal NPV projektas yra priimtinas, kadangi $NPV > 0$, t. y. $50\,676,05 > 0$;
2. pagal B/C projektas yra teigiamas, kadangi $5,66 > 1$;
3. pagal PI projektas yra efektyvus, kadangi $5,76 > 1$;
4. pagal IRR projektas yra efektyvus, kadangi $6,95 > 3,285$ (žr. 4 skyriuje apskaičiuotą WACC reikšmę);
5. pagal atsipirkimo laiką – 12,77 metus – projektas priskiriamas pelningam, kadangi pradinės investicijos padengiamos iki projekto gyvavimo laiko pabaigos (35-ių metų).

4.2. PERTEKLINĖS ENERGIJOS PANAUDOJIMO ŠILUMOS KAUPIKLIUI ATVEJIS

Perteklinės energijos panaudojimo šilumos kaupikliui atveju, pirmiausia įvertinamas pagaminamas šiluminės energijos kiekis – perteklinė elektros energija yra verčiama į šilumą.

1) Pagal 4.1 lentelėje pateiktus duomenis apskaičiuojamas pagaminamas šilumos kiekis, įvertinamas kaupiamas šilumos kiekis bei gaunamos pajamos. Gauti duomenys pateikiami 4.7 lentelėje ir 4.8 lentelėje:

4.7 lentelė. Pagaminamos šiluminės energijos kiekis ir sukaupiamas energijos kiekis

Mėnuo	Perteklinė energija, kWh (žr. 4.1 lentelė)	COP (žr. 3.3 poskyris), [37]	Pagaminamas šilumos kiekis, kWh	Šilumos poreikis, kWh	Šilumos trūkumas, kWh	Perteklinė šilumos energija, kWh	Šilumos kaupiklyje sukaupiamas šiluminė energija, kWh
1	0	2,0	0	56 331,0	-56 331,0	0	0,0
2	0	2,0	0	47 278,0	-47 278,0	0	0,0
3	1 469,46	2,5	3 673,7	34 782,0	-31 108,3	0	0,0
4	5 105,51	3,0	15 316,5	21 530,2	-6 213,7	0	0,0
5	6 587,29	3,5	23 055,5	1 606,0	0,0	21 449,5	21 449,5
6	5 789,83	4,0	23 159,3	1 034,0	0,0	22 125,3	43 574,8
7	5 331,97	4,0	21 327,9	1 386,0	0	19 941,9	63 516,7
8	4 125,28	4,0	16 501,1	1 166,0	0	15 335,1	78 851,8
9	2 059,52	3,5	7 208,3	1 375,0	0	5 833,3	84 685,1
10	0	3,0	0,0	18 347,7	0	0	66 337,5
11	0	2,5	0,0	32 285,0	0	0	34 052,5
12	0	2,0	0,0	42 998,1	-8 945,6	0	0
Per metus	30 468,85		110 242,3	260 119,0			

Pagal 4.7 lentelėje pateiktus duomenis matoma, kad šiluminė energija pradeda kaupti gegužės mėnesį ir sukauptas kiekis didėja iki rugsėjo mėnesio – maksimalus sukauptos šiluminės energijos kiekis – 84 685,1 kWh. Nuo rugsėjo mėnesio saulės elektrinė generuoja mažiau elektros energijos, vadinasi ir perteklinės elektros energijos, kurią galima panaudoti šilumai gaminti, kiekis mažėja – t. y. nuo spalio mėnesio atsiranda šilumos trūkumas. Šis trūkumas yra dengiamas iš šilumos kaupiklyje sukauptos šiluminės energijos. Sukauptos šiluminės energijos šilumos vartojimui padengti užtenka iki gruodžio mėnesio. Šį mėnesį šilumos suvartojimas padengiamas dalinai – iš viso 42 998,1 kWh suvartojimo padengiamas 34 052,2 kWh kiekis ir susidaro 8 945,6 kWh trūkumas.

2) Projekto uždirbamos pajamos skaičiuojamos pagal pagaminamą šilumos kiekį ir pastato savininkų mokamą šilumos kainą – 0,0492 Eur/kWh be PVM:

4.8 lentelė. Perteklinės energijos panaudojimo šilumos kaupikliui atveju gaunamos pajamos

Mėnuo	Šilumos kaina, Eur/kWh	Pagaminamas šilumos kiekis, kWh	Pajamos*, Eur	Išlaidos likusiai šilumos energijai įsigyti, Eur	Išlaidos šilumos energijai, jei nebūtų šilumos kaupiklio, Eur
1	0,0583	0,0	0,00	3 285,3	3 285,3
2		0,0	0,00	2 757,3	2 757,3
3		3 673,7	214,25	1 814,3	2 028,6
4		15 316,5	893,29	362,4	1 255,7
5		23 055,5	1 344,64	0,0	93,7
6		23 159,3	1 350,69	0,0	60,3
7		21 327,9	1 243,88	0,0	80,8
8		16 501,1	962,38	0,0	68,0
9		7 208,3	420,40	0,0	80,2
10		0,0	0,00	0,0	1 070,1
11		0,0	0,00	0,0	1 882,9
12		0,0	0,00	521,7	2 507,7
Per metus		110 242,3	6 429,55	8 741,1	15 170,7

*Perteklinės energijos panaudojimo šilumos kaupikliui atveju pajamomis laikoma suma, kuri gaunama panaudojant perteklinę elektros energiją šilumos energijos gamybai – sugeneruotas šilumos kiekis nėra perkamas iš šilumos tiekėjo, t. y. neperkant šilumos energijos, o panaudojant saulės elektrinės sugeneruotą nemokamą perteklinę energiją yra sutaupoma.

Pagal gautus duomenis, šilumos kaupiklio atvejis per metus sugeneruoja 6 429,55 Eur pajamas. Bendros projekto pajamos siekia 10 458,46 Eur (kartu su elektros suvartojimo padengimo pajamomis (žr. 4.2 lentelė)). Šilumos kaupiklio atveju išlaidomis laikomi likusios saulės elektrinės nepagamintos elektros energijos įsigijimo kaštai (žr. 4.2 lentelė).

3) Pagal 4.7 lentelėje ir 4.8 lentelėje pateiktus duomenis apskaičiuojamas reikiamas šilumos kaupiklio tūris (žr. 2.1.1 punkto 2.1 formulę) ir įvertinama jo kaina. Tūris skaičiuojamas atsižvelgiant į maksimalų sukauptą šilumos kiekį – 84 685,1 kWh (žr. 4.7 lentelė). Šilumos

kaupiklio kaina apima visus būtinus įrenginius ir darbus [22]. Gauti duomenys pateikiami 4.9 lentelėje:

4.9 lentelė. Šilumos kaupiklio parametrai

Q, kWh	Q, kJ	ρ , kg/m ³	C_p , kJ/kg ^o C	Δt , °C	V, m ³	Šilumos kaupiklio kaina, Eur/m ³	Šilumos kaupiklio kaina, Eur
84 685,1	304 866 501,77	1 000,00	4,19	60,00	1 212,68	50,00	60 633,75

Gauta šilumos kaupiklio kaina yra įtraukiama į šilumos kaupiklio atvejo pradinių investicijų sumą – bendra projekto investicija lygi 150 633,75 Eur.

5) Vertinant modulių nusidėvėjimą, apskaičiuojama susidaranti perteklinė energija per metus ir per mėnesį (žr. priedą Nr.1). Pagal mėnesio perteklinę energiją, įvertinamas sugeneruojamas šilumos kiekis ir gaunamos pajamos per projekto gyvavimo laikotarpį. Taip pat įvertinama sutaupoma pinigų suma, kai elektros energija yra neperkama iš elektros tinklų bei likusios nepagamintos elektros energijos išsigijimo kaštai. Gauti rezultatai pateikiami 4.10 lentelėje, o priede Nr. 3 pateikiami viso projekto gyvavimo laikotarpiu gauti rezultatai.

4.10 lentelė. Perteklinės energijos panaudojimo šilumos kaupikliui atvejo projekto gyvavimo laikotarpiu susidaranti pajamos ir išlaidos

Šilumos energija, kWh	Šilumos kaina, Eur/kWh	Pajamos iš pagamintos šilumos energijos panaudojant perteklinę saulės elektrinės sugeneruotą energiją, Eur	Pajamos iš elektros energijos gamybos, Eur	Visos pajamos, Eur	Išlaidos likusiai energijai pirkti, Eur
3 667 684,3	0,0583	213 906,7	134 039,11	34 7945,8	50 583,37

6) Apskaičiuotas pinigų srautas pagal 3.6 formulę [36].

$$CF = 10\,458,46 - 1\,379,34 = 9\,079,13 \text{ Eur}$$

7) Tolimesni skaičiavimai atliekami pagal 3.3 skyriuje nurodytus projekto vertinimo etapus. Atlikti skaičiavimai pateikiami priede Nr. 4, 4.11 lentelėje ir 4.12 lentelėje.

4.11 lentelė. Šilumos kaupiklio atvejo išlaidos, diskontuotos išlaidos, pajamos ir diskontuotos pajamos per projekto gyvavimo laiką

Išlaidos, Eur	Išlaidos disk., Eur	Pajamos, Eur	Pajamos disk., Eur
50 583,37	29 539,75	347 945,79	206 988,47

4.12 lentelė. Šilumos kaupiklio atvejo ekonominis vertinimas

NPV, Eur	26 814,97
B/C	6,88
PI	7,01
IRR, %	4,51
PP, metai	17,12
PP _m	25,98

Pagal gautus rezultatus matome, kad:

- pagal NPV projektas yra priimtinas, kadangi $NPV > 0 - 26\,814,97 > 0$;

2. pagal B/C projektas yra teigiamas, kadangi $6,88 > 1$;
3. pagal PI projektas yra efektyvus, kadangi $7,01 > 1$;
4. pagal IRR projektas yra efektyvus, kadangi $4,51 > 3,285$ (žr. 4 skyriuje apskaičiuotą WACC reikšmę);
5. pagal atsipirkimo laiką – 17,12 metų – projektas priskiriamas pelningam, kadangi pradinės investicijos padengiamos iki projekto gyvavimo laiko pabaigos (35-ių metų).

4.3. PERTEKLINĖS ENERGIJOS PANAUDOJIMO TECHNOLOGIJŲ EKONOMINIS PALYGINIMAS

4.1 ir 4.2 poskyriuose apskaičiuoti perteklinės energijos panaudojimo technologijų ekonominio vertinimo rodikliai pateikiami 4.13 lentelėje:

4.13 lentelė. Perteklinės energijos panaudojimo technologijų ekonominis palyginimas

Rodiklis	Perteklinės elektros energijos pardavimas	Perteklinės elektros energijos panaudojimas šilumos kaupikliui	Skirtumas
NPV, Eur	50 676,05	26 814,97	23 861,08
B/C	5,66	6,88	1,22
PI	5,76	7,01	1,25
IRR, %	6,95	4,51	2,44
PP, metai	12,77	17,12	-4,35*
PP _m	16,91	25,98	-9,07*

* Neigiamas ženklas (minusas) parodo, kad perteklinės elektros energijos pardavimo technologija atsiperka greičiau nei perteklinės elektros energijos panaudojimo šilumos kaupikliui technologija.

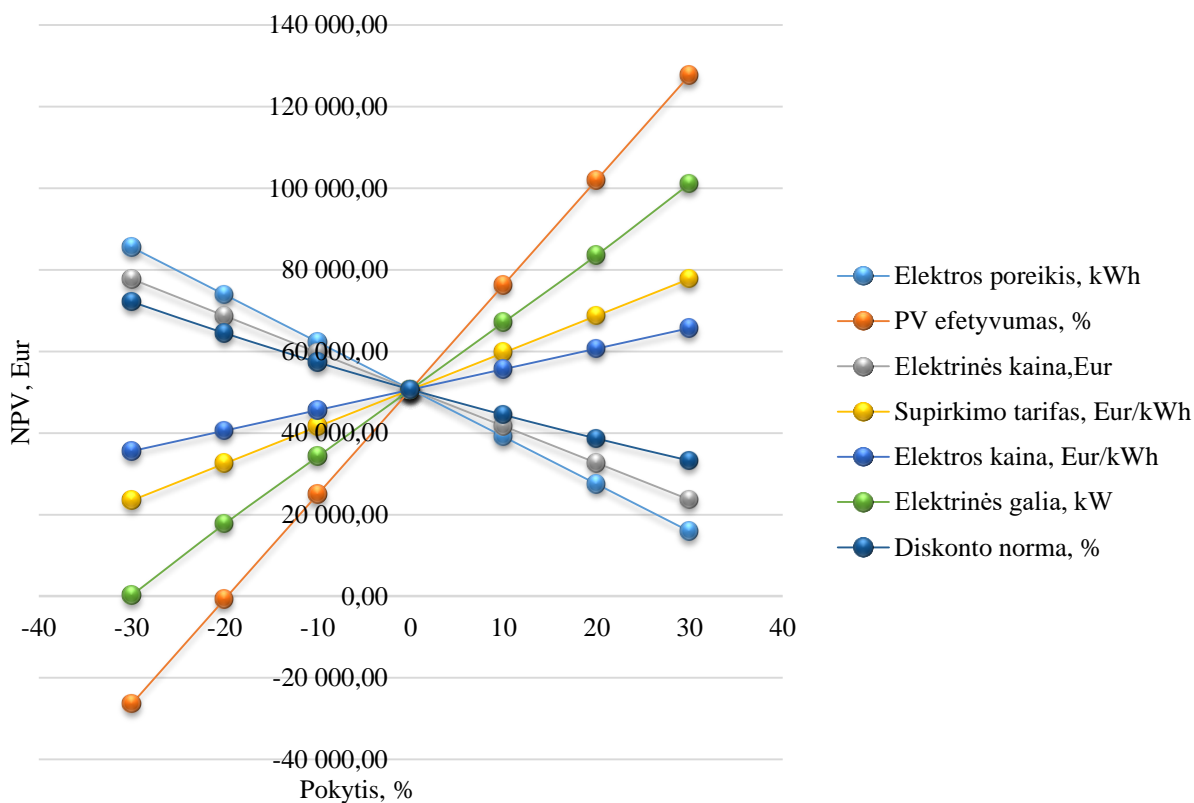
Pagal 4.13 lentelėje pateiktus duomenis, perteklinės elektros energijos pardavimo atvejis yra ekonomiškai pranašesnis už perteklinės elektros energijos panaudojimą šilumos kaupikliui pagal grynąją dabartinę vertę (NVP), vidinę grąžos normą (IRR), atsipirkimo laiką (PP) ir diskontuotų pinigų srautų atsipirkimo laiką (PP_m). Perteklinės elektros energijos panaudojimas šilumos kaupikliui yra pranašesnis pagal du ekonominius rodiklius – pajamų ir išlaidų santykį (B/C) ir pelningumo indeksą (PI). Pagal pasirinktą tyrimo situaciją – perteklinės energijos panaudojimo atvejai yra tarpusavyje nesuderinami, o finansavimo šaltiniai yra riboti – ekonomiškai efektyvesnis atvejis pasirenkamas pagal didesnę IRR reikšmę (žr. 3.1 lentelė). Pagal gautus rezultatus perteklinės energijos pardavimo IRR yra lygi 6,95 % ir yra 2,44 % didesnė už perteklinės energijos panaudojimo šilumos kaupikliui atvejo IRR (4,51 %).

4.4. JAUTRUMO ANALIZĖ

Pagal 3.4 poskyryje nurodytus rodiklius atliekama jautrumo analizė perteklinės elektros energijos pardavimo ir jos panaudojimo šilumos kaupikliui atvejais. Pasirinkti rodikliai yra keičiami ribose nuo -30 % iki 30 %. Gauti rezultatai pateikiami prieduose Nr. 5 ir Nr. 6. Žemiau pateikta kiekvieno tiriamo rodiklio įtaka pagrindiniams parametrams – NPV, IRR, PP ir PP_m.

1. Perteklinės elektros energijos pardavimo atvejis

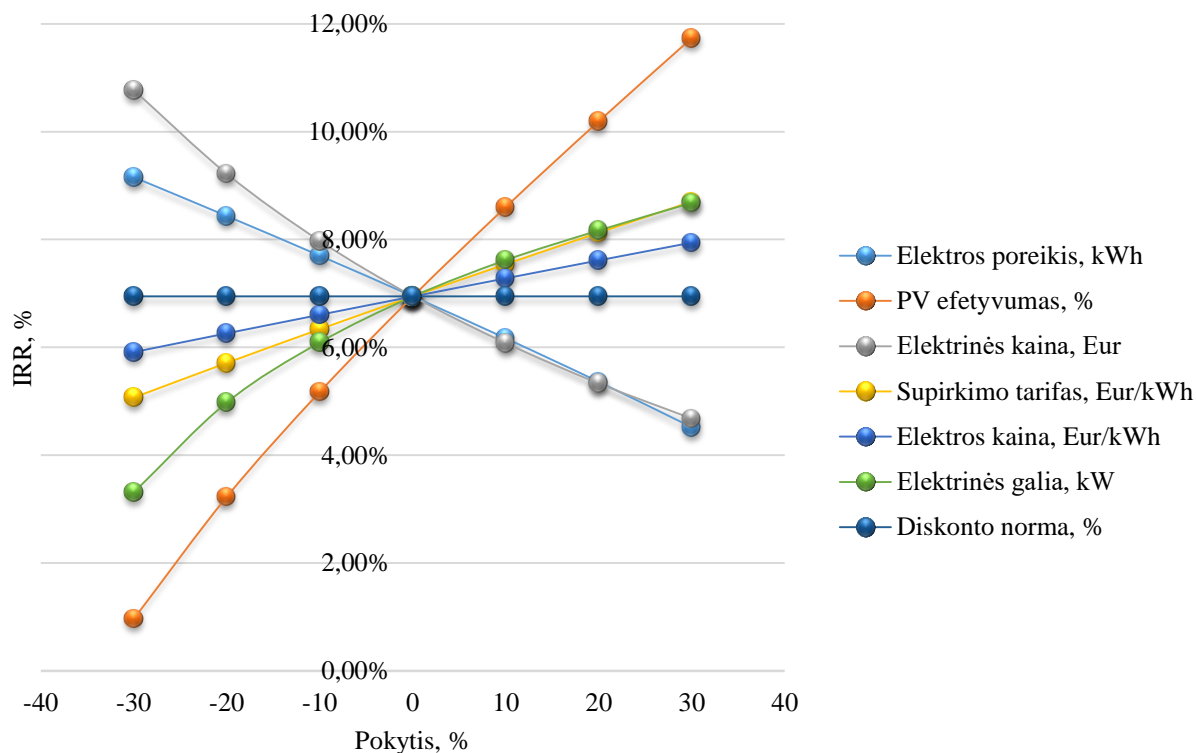
1.1. Tiriamų rodiklių pasikeitimo įtaka grynajai dabartinei vertei (NPV):



4.2 pav. Vertinamų rodiklių pokyčio įtaka perteklinės energijos pardavimo atvejo NPV

Pagal 4.2 pav. ir priede Nr. 5 pateiktus duomenis matoma, kad perteklinės elektros energijos pardavimo atveju padidinus PV efektyvumą, elektrinės galią, elektros supirkimo tarifą ar elektros kainą gaunama didesnė NPV vertė – sukuriama didesnė projekto vertė. Didžiausią teigiamą įtaką turi padidintas saulės foto-modulio efektyvumas – NPV padidėja nuo 50 676,05 Eur iki 127 661,74 Eur. Toks pokytis susidaro todėl, kad didinant foto-modulio efektyvumą didėja sugeneruojamas elektros energijos kiekis, o kartu ir perteklinės energijos kiekis, už kurį gaunamos pajamos (žr. 4.3 lentelė). Priešingu atveju, sumažinus PV efektyvumą, elektrinės galią, elektros supirkimo tarifą ar elektros kainą kartu sumažėja ir projekto NPV. Didžiausią neigiamą įtaką taip pat turi PV efektyvumo sumažėjimas – NPV reikšmė nuo 50 676,05 Eur sumažėja iki -26 306,07 Eur – projektas nesukuria teigiamos NPV vertės, t. y. nepadengia pradinių investicijų ir yra laikomas atmestiniu. Didinant elektros poreikį, elektrinės kainą ar diskonto normą, projektas sukuria mažesnę NPV vertę. Didžiausią neigiamą įtaką turi elektros poreikio padidėjimas – NPV sumažėja nuo 50 676,05 Eur iki 15 894,47 Eur. Toks pokytis susidaro todėl, kad didinant elektros poreikį mažėja perteklinės energijos kiekis, o kartu ir pajamos iš jos pardavimo. Priešingu atveju, sumažinus šiuos rodiklius NPV parametras padidėja – didžiausią teigiamą įtaką turi elektros poreikio sumažėjimas – NPV nuo 50 676,05 Eur padidėja iki 85 458,92 Eur.

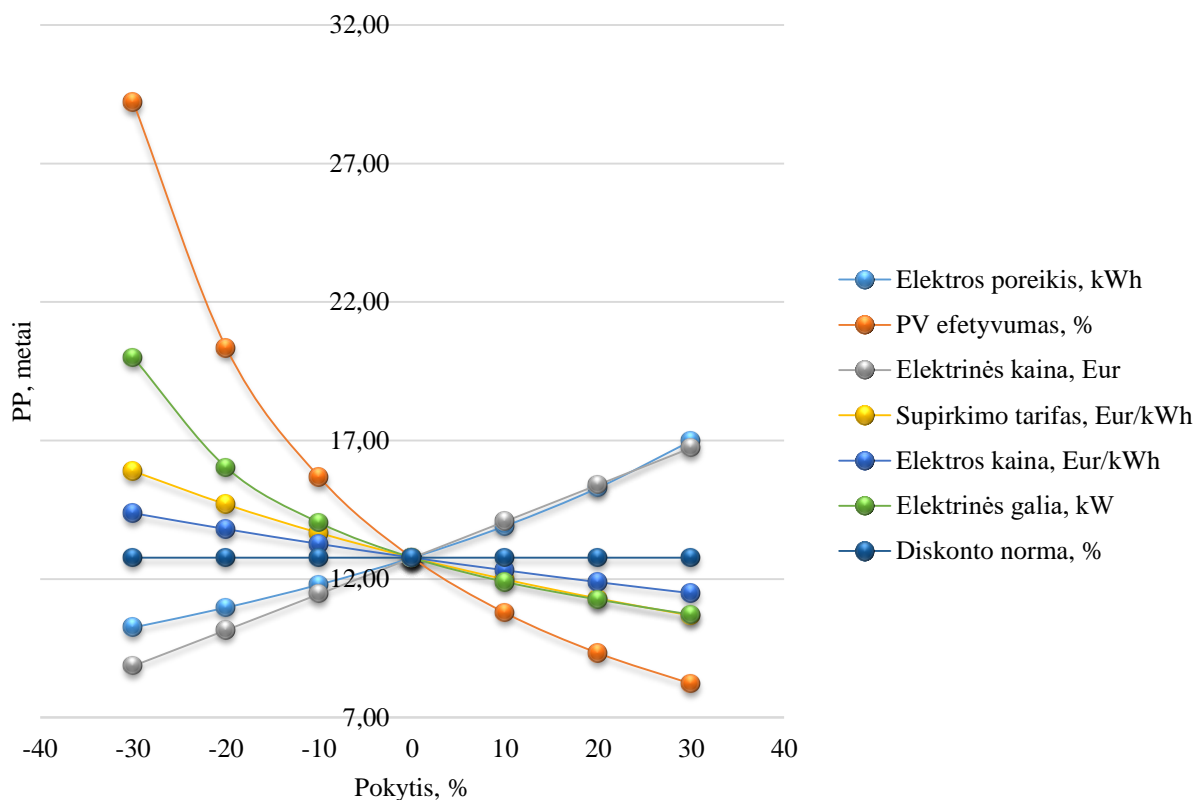
1.2. Tiriamų rodiklių pasikeitimo įtaka vidinei gražos normai (IRR):



4.3 pav. Vertinamų rodiklių pokyčio įtaka perteklinės energijos pardavimo atvejo IRR

Pagal 4.3 pav. ir priede Nr. 5 pateiktus duomenis matoma, kad perteklinės elektros energijos pardavimo atveju padidinus PV efektyvumą, elektrinės galią, elektros supirkimo tarifą ar elektros kainą gaunama didesnė IRR vertė – projektas yra efektyvus, rentabilus ir mažesnės rizikos ($IRR > WACC$). Didžiausią teigiamą įtaką turi padidintas saulės foto-modulio efektyvumas – IRR padidėja nuo 6,95 % iki 11,74 %. Toks pokytis susidaro todėl, kad didinant foto-modulio efektyvumą didėja sugeneruojamas elektros energijos kiekis ir susidaranti perteklinės energijos kiekis, o pradinės investicijos ir elektros poreikis išlieka vienodas – projektas kasmet uždirba daugiau ir investuoti pinigai susigrąžinami greičiau. Priešingu atveju, sumažinus PV efektyvumą, elektrinės galią, elektros supirkimo tarifą ar elektros kainą kartu sumažėja ir projekto IRR. Didžiausią neigiamą įtaką taip pat turi PV efektyvumo sumažėjimas – IRR reikšmė nuo 6,95 % sumažėja iki 0,97 % – projekto IRR tampa mažesnė už diskonto normą, t. y. projektas yra neefektyvus. Didinant elektros poreikį ar elektrinės kainą, projekto IRR mažėja. Didžiausią neigiamą įtaką turi elektros poreikio padidėjimas – IRR sumažėja nuo 6,95 % iki 4,52 %. Toks pokytis susidaro todėl, kad didinant elektros poreikį mažėja perteklinės energijos kiekis, o kartu ir pajamos iš jos pardavimo. Priešingu atveju, sumažinus šiuos rodiklius IRR parametras padidėja – didžiausią teigiamą įtaką turi elektrinės kainos sumažėjimas – IRR nuo 6,95 % padidėja iki 10,77 %. Diskonto normos pokytis neturi įtakos IRR vertei, kadangi skaičiuojant IRR vertinami nediskontuoti pinigų srautai.

1.3. Tiriamų rodiklių pasikeitimo įtaka perteklinės energijos pardavimo atvejo atsipirkimo laikui (PP):

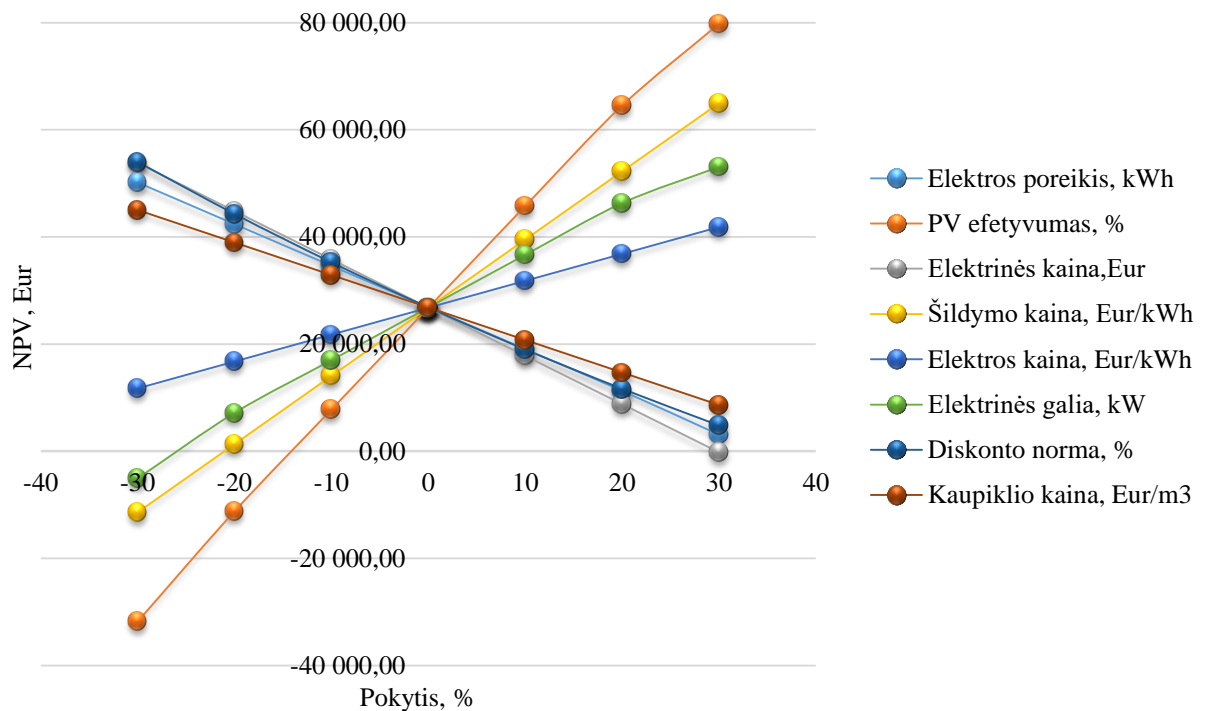


4.4 pav. Vertinamų rodiklių pokyčio įtaka perteklinės energijos pardavimo atvejo PP

Pagal 4.4 pav. ir priede Nr. 5 pateiktus duomenis matoma, kad perteklinės elektros energijos pardavimo atveju padidinus PV efektyvumą, elektrinės galią, elektros supirkimo tarifą ar elektros kainą gaunama mažesnė PP vertė – projektas atsiperka per trumpesnę laikotarpį. Didžiausią teigiamą įtaką turi padidintas saulės foto-modulio efektyvumas – PP sumažėja nuo 12,77 metų iki 8,22 metų. Toks pokytis susidaro todėl, kad didinant foto-modulio efektyvumą didėja sugeneruojamas elektros energijos kiekis ir susidaranti perteklinės energijos kiekis, o pradinės investicijos ir elektros poreikis išlieka vienodas – projektas kasmet uždirba daugiau ir investuoti pinigai susigrąžinami greičiau. Priešingu atveju, sumažinus PV efektyvumą, elektrinės galią, elektros supirkimo tarifą ar elektros kainą kartu padidėja ir projekto PP. Didžiausią neigiamą įtaką taip pat turi PV efektyvumo sumažėjimas – PP reikšmė nuo 12,77 metų padidėja iki 29,20 metų. Didinant elektros poreikį ar elektrinės kainą, projekto PP didėja. Didžiausią neigiamą įtaką turi elektros poreikio padidėjimas – PP padidėja nuo 12,77 metų iki 16,99 metų. Toks pokytis susidaro todėl, kad didinant elektros poreikį mažėja perteklinės energijos kiekis, o kartu ir pajamos iš jos pardavimo. Priešingu atveju, sumažinus šiuos rodiklius PP parametras sumažėja – didžiausią teigiamą įtaką turi elektrinės kainos sumažėjimas – PP nuo 12,77 metų sumažėja iki 8,87 metų.

2. Perteklinės elektros energijos panaudojimo šilumos kaupikliui atvejis:

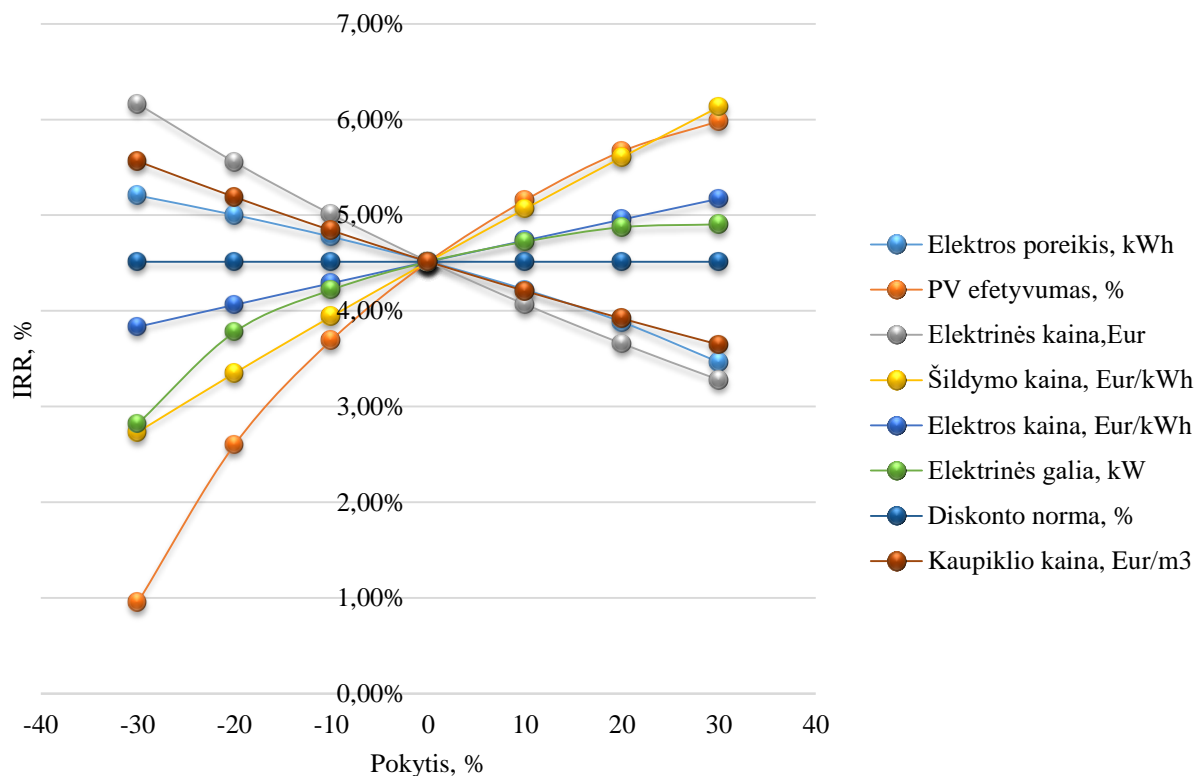
2.1. Tiriamų rodiklių pasikeitimo įtaka grynajai dabartinei vertei (NPV):



4.5 pav. Vertinamų rodiklių pokyčio įtaka šilumos kaupiklio atvejo NPV

Pagal 4.5 pav. ir priede Nr. 6 pateiktus duomenis matoma, kad perteklinės elektros energijos panaudojimo šilumos kaupikliui atveju padidinus PV efektyvumą, šildymo kainą, elektrinės galią ar elektros kainą gaunama didesnė NPV vertė – sukuriama didesnė projekto vertė. Didžiausią teigiamą įtaką turi padidintas saulės foto-modulio efektyvumas – NPV vertė padidėja nuo 26 814,97 Eur iki 79 804,41 Eur. Toks pokytis susidaro todėl, kad didinant foto-modulio efektyvumą didėja sugeneruojamas elektros energijos kiekis, o kartu ir perteklinės energijos kiekis, kuris panaudojamas šiluminės energijos gamybai. Priešingu atveju, sumažinus PV efektyvumą, šildymo kainą, elektrinės galią ar elektros kainą, sumažėja ir projekto NPV. Didžiausią neigiamą įtaką taip pat turi PV efektyvumo sumažėjimas – NPV reikšmė nuo 26 814,97 Eur sumažėja iki -31 733,25 Eur – projektas nesukuria teigiamos NPV vertės, t. y. nepadengia pradinų investicijų ir yra laikomas atmestinu. Didinant elektros poreikį, elektrinės kainą, kaupiklio kainą ar diskonto normą, projektas sukuria mažesnę NPV vertę. Didžiausią neigiamą įtaką turi elektrinės kainos padidėjimas – NPV sumažėja nuo 26 814,97 Eur iki -185,03 Eur – projektas yra atmestinas. Toks pokytis susidaro todėl, kad didinant elektros poreikį mažėja perteklinės energijos kiekis, o kartu ir pagaminamas šilumos kiekis bei pajamos. Priešingu atveju, sumažinus šiuos rodiklius NPV parametras padidėja – didžiausią teigiamą įtaką turi diskonto normos sumažėjimas – NPV nuo 26 814,97 Eur padidėja iki 53 967,66 Eur.

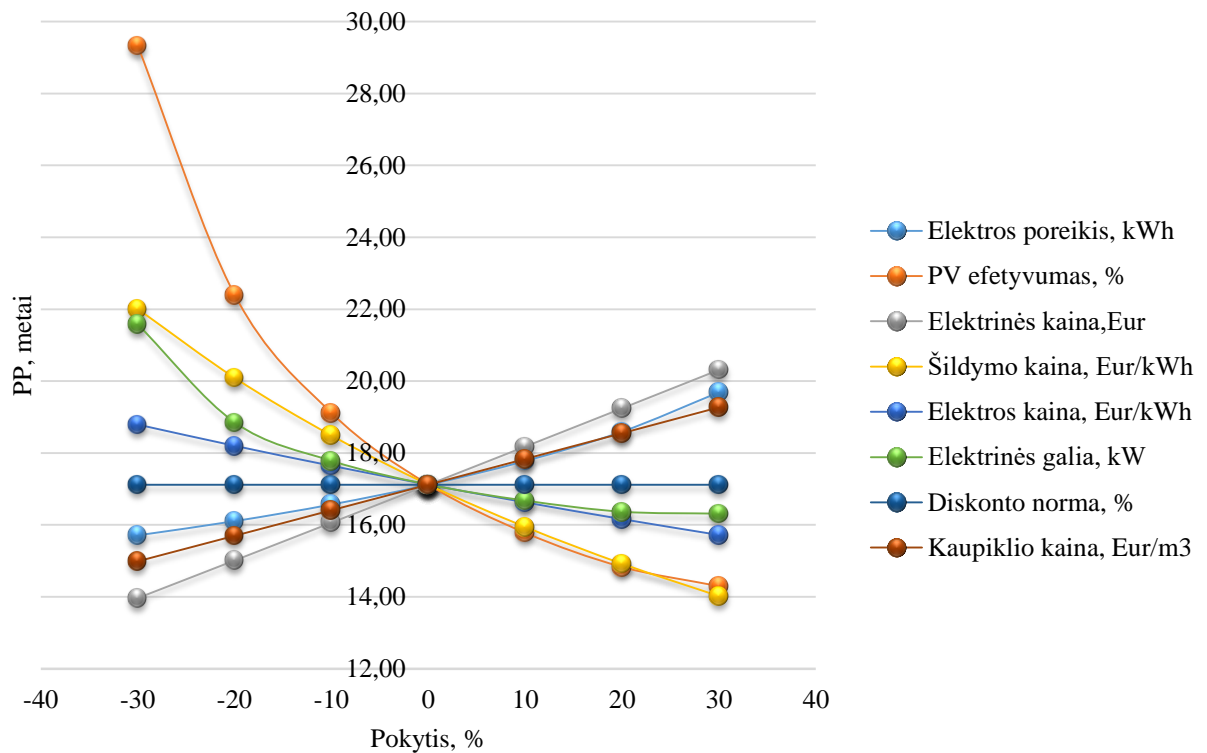
2.2. Tiriamų rodiklių pasikeitimo įtaka vidinei gražos normai (IRR):



4.6 pav. Vertinamų rodiklių pokyčio įtaka šilumos kaupiklio atveju IRR

Pagal 4.6 pav. ir priede Nr. 6 pateiktus duomenis matoma, kad perteklinės elektros energijos panaudojimo šilumos kaupikliui atveju padidinus PV efektyvumą, šildymo kainą, elektrinės galią ar elektros kainą gaunama didesnė IRR vertė – projektas yra efektyvus, rentabilus ir mažesnės rizikos ($IRR > WACC$). Didžiausią teigiamą įtaką turi padidinta šilumos kaina – IRR padidėja nuo 4,51 % iki 6,13 %. Toks pokytis susidaro todėl, kad didinant šilumos kainą pajamomis laikoma sutaupyta suma tarp atvejo su šilumos kaupikliu ir be kaupiklio yra didesnė. Priešingu atveju, sumažinus PV efektyvumą, šildymo kainą, elektrinės galią ar elektros kainą kartu sumažėja ir projekto IRR. Didžiausią neigiamą įtaką taip pat turi PV efektyvumo sumažėjimas – IRR reikšmė nuo 4,51 % sumažėja iki 0,95 % – projekto IRR tampa mažesnė už diskonto normą, t. y. projektas yra neefektyvus. Didinant elektros poreikį, kaupiklio kainą ar elektrinės kainą, projekto IRR mažėja. Didžiausią neigiamą įtaką turi elektrinės kainos padidėjimas – IRR sumažėja nuo 4,51 % iki 3,28 %. Toks pokytis susidaro todėl, kad didinant elektrinės kainą didėja pradinė investicija, o gaunamos pajamos nedidėja – projektas tampa mažiau rentabilus ir atsiperka per ilgesnį laiką. Priešingu atveju, sumažinus šiuos rodiklius IRR parametras padidėja – didžiausią teigiamą įtaką turi elektrinės kainos sumažėjimas – IRR nuo 4,51 % padidėja iki 6,16 %. Diskonto normos pokytis neturi įtakos IRR vertei, kadangi skaičiuojant IRR vertinami nediskontuoti pinigų srautai.

2.3. Tiriamų rodiklių pasikeitimo įtaka šilumos kaupiklio atveju atsipirkimo laikui (PP):



4.7 pav. Vertinamų rodiklių pokyčio įtaka šilumos kaupiklio atveju PP

Pagal 4.7 pav. ir priede Nr. 6 pateiktus duomenis matoma, kad perteklinės elektros energijos panaudojimo šilumos kaupikliui atveju padidinus PV efektyvumą, šildymo kainą elektrinės galią ar elektros kainą gaunama mažesnė PP vertė – projektas atsiperka per trumpesnę laikotarpį. Didžiausią teigiamą įtaką turi padidinta šilumos kaina – PP sumažėja nuo 17,22 metų iki 14,29 metų. Toks pokytis susidaro todėl, kad didinant šilumos kainą projekto pajamos kasmet yra didesnės ir projektas atsiperka per trumpesnę laiką. Priešingu atveju, sumažinus PV efektyvumą, šildymo kainą elektrinės galią ar elektros kainą kartu padidėja ir projekto PP. Didžiausią neigiamą įtaką turi PV efektyvumo sumažėjimas – PP reikšmė nuo 17,22 metų padidėja iki 29,33 metų. Didinant elektros poreikį, elektrinės kainą ar kaupiklio kainą projekto PP didėja. Didžiausią neigiamą įtaką turi elektrinės kainos padidėjimas – PP padidėja nuo 17,22 metų iki 20,32 metų. Toks pokytis susidaro todėl, kad didinant elektrinės kainą, o projekto uždirbamoms pajamoms išlikus vienodoms, projekto pradinė investicija atperkama per ilgesnį laiką. Priešingu atveju, sumažinus šiuos rodiklius PP parametras sumažėja. Didžiausią teigiamą įtaką turi elektrinės kainos sumažėjimas – PP nuo 17,22 metų sumažėja iki 13,97 metų.

3. Ribinės tiriamų parametru vertės

Siekiant tiksliau išsiaiškinti nagrinėjamų parametru įtaką perteklinės elektros energijos panaudojimo technologijų ekonominiams rodikliams, surandamos ribinės parametru reikšmės – t. y. vertės, kurioms esant grynoji dabartinė vertė (NPV) yra lygi 0. Šie duomenys leidžia įvertinti perteklinės energijos pardavimo ir perteklinės energijos panaudojimo šilumos kaupikliui

technologijų diegimo riziką prognozuojant parametru kitimą laike. Ribinės tiriamų parametru vertės yra apskaičiuojamas pagal 4.1 ir 4.2 poskyrius bei 4.3 poskyryje pateiktus jautrumo analizės grafikus (žr. 4.2 pav. ir 4.5 pav.).

3.1. Perteklinės elektros energijos pardavimo atvejis – ribinės vertės pateiktos 4.14 lentelėje:

4.14 lentelė. Perteklinės elektros energijos pardavimo atvejo ribinės parametru kitimo vertės

Parametras	Parametro pokytis, %	Parametro vertė	NPV, Eur	Parametro pokytis, %	Parametro vertė	NPV, Eur
Elektros poreikis, kWh/metus	0	75 119,80	50 676,05	43,71	107 954,66	0,00
Saulės modulio (PV) efektyvumas, %	0	15,72	50 676,05	-19,75	12,62	0,00
Elektrinės kaina, Eur	0	1 200	50 676,05	56,31	1 875,72	0,00
Supirkimo tarifas, Eur/kWh	0	0,15	50 676,05	-56,01	0,066	0,00
Elektrinės galia, kW	0	75	50 676,05	-30,81	51,89	0,00
Diskonto norma, %	0	3,285	50 676,05	81,59	5,97	0,00

Pagal gautus rezultatus 4.14 lentelėje galima teigti, kad didžiausią įtaką NPV pasikeitimui turi saulės modulio (PV) efektyvumo pasikeitimas – NPV=0 pasiekiamas sumažinus PV efektyvumą tik 19,75 % (nuo 15,72 % iki 12,62 %). Mažiausią įtaką NPV pasikeitimui turi diskonto normos pasikeitimas - tam, kad perteklinės energijos pardavimo atvejis būtų nerentabilus, reikia diskonto normą padidinti 81,59 % (nuo 3,285 % padidinti iki 5,97 %). Perteklinės elektros energijos pardavimo atveju nėra vertinama elektros energijos kainos ribinė vertė, kai atvejo NPV=0, nes elektros kaina gali būti lygi 0,00 Eur/kWh, tačiau projektas vis tiek bus rentabilus – bus gaunamos pajamos iš perteklinės energijos pardavimo ir projektas atsipirks.

3.2. Perteklinės elektros energijos panaudojimo šilumos kaupikliui atvejis – ribinės vertės pateiktos 4.15 lentelėje:

4.15 lentelė. Perteklinės elektros energijos panaudojimo šilumos kaupikliui atvejo ribinės parametru kitimo vertės

Parametras	Parametro pokytis, %	Parametro vertė	NPV, Eur	Parametro pokytis, %	Parametro vertė	NPV, Eur
Elektros poreikis, kWh/metus	0	75 119,80	26 814,97	34,50	101 036,13	0,00
Saulės modulio (PV) efektyvumas, %	0	15,72	26 814,97	-14,12	13,50	0,00
Elektrinės kaina, Eur	0	1 200	26 814,97	29,79	1 557,48	0,00
Šilumos kaina, Eur/kWh	0	0,0583	26 814,97	-21,07	0,046	0,00
Elektrinės galia, kW	0	75	26 814,97	-27,29	54,54	0,00
Diskonto norma, %	0	3,285	26 814,97	34,17	4,41	0,00
Kaupiklio kaina, Eur/m ³	0	50,00	26 814,97	44,22	72,11	0,00
Elektros kaina, Eur/kWh	0	0,071995	26 184,97	-27,29	0,052	0,00

Pagal gautus rezultatus 4.15 lentelėje galima teigti, kad didžiausią įtaką NPV pasikeitimui turi saulės modulio (PV) efektyvumo pasikeitimas – NPV=0 pasiekiamas sumažinus PV efektyvumą tik 14,12 % (nuo 15,72 % iki 13,5 %). Mažiausią įtaką NPV pasikeitimui turi kaupiklio kainos pasikeitimas - tam, kad perteklinės energijos panaudojimo šilumos kaupikliui atvejis būtų nerentabilus, reikia kaupiklio kainą padidinti daugiau nei 44,22 % (nuo 50 Eur/m³ padidinti iki 72,11 Eur/m³).

Iš 4.14 lentelėje ir 4.15 lentelėje pateiktų duomenų matoma, kad perteklinės energijos panaudojimo šilumos kaupikliui atveju NPV reikšmė pasiekia 0 esant mažesniai parametro pokyčiui nei perteklinės energijos pardavimo atveju. Todėl galima daryti išvadą, kad perteklinės elektros energijos pardavimo atvejis, esant bet kurio iš pasirinktų nagrinėti parametru pasikeitimui, turės didesnę NPV reikšmę – bus pelningesnis.

IŠVADOS

Siekiant kuo efektyviau išnaudoti saulės energijos potencialą, svarbu tinkamai pritaikyti energijos vartojimo schemą prie saulės elektrinės veikimo parametrų – susidarančios perteklinės energijos pavasario – vasaros metu ir trūkumo rudens – žiemos metu. Efektyviai sistemai pasiekti, saulės elektrinės pagaminta energija gali būti parduodama arba kaupiama. Kaupimas vykdomas taikant dvipusės apskaitos schemą kaupimui tinkluose arba panaudojant ją šilumos kaupiklio sistemoje. Pagrindiniai šilumos kaupikliai – protingas šilumos kaupiklis, požeminis kaupiklis ir agregatinės būsenos keitimo pritaikymas šilumos gamybai. Požeminis šilumos kaupiklis papildomai skirstomas į požeminio gręžinio, vandeningojo sluoksnio, duobės tipo ir rezervuaro tipo šilumos kaupiklius.

Pagrindiniais investicinio projekto vertinimo kriterijais laikomi finansiniai ir nefinansiniai rodikliai – socialiniai, aplinkosauginiai, politiniai. Perteklinės energijos panaudojimo technologijos turi teigiamą poveikį aplinkosaugai, kadangi aplinka mažiau teršiama – išmetama mažiau CO₂ dujų, nenaudojamas iškastinis kuras, kuriama švaresnė ateitis, tačiau dideli pradiniai investiciniai kaštai mažina šių technologijų patrauklumą. Pagrindiniai finansiniai projekto vertinimo kriterijai yra: grynoji dabartinė vertė (NPV), pajamų ir išlaidų santykis (B/C), pelningumo indeksas (PI), vidinė grąžos norma (IRR), atsipirkimo laikas (PP) ir diskontuotų pinigų srautų atsipirkimo laikas (PP_m). Pagal investicinių projektų vertinimo kriterijus, esant nesuderinamiems projektams ir ribotiems finansavimo šaltiniams, didžiausią reikšmę sprendimui turi IRR vertė.

Remiantis pasirinkto objekto metiniais elektros energijos vartojimo duomenimis (metinis suvartojimas 75 119,8 kWh) ir atsižvelgiant į elektrinės montavimo vietą, apšvietą bei tinkamiausią saulės foto-modulių posvyrio kampą, apskaičiuota reikalinga elektrinės galia – tai 75 kW saulės elektrinė, kurią sudaro 242 saulės foto-moduliai. Ši elektrinė per metus vidutiniškai pagamins 86 429,9 kWh elektros energijos. Per metus susidaranti perteklinė energija lygi 11 310,0 kWh, tačiau vertinant kiekvieno mėnesio elektros energijos vartojimą ir saulės elektrinės pagaminamą elektros energijos kiekį, per metus gauname 30 468,9 kWh perteklinės elektros energijos.

Pagal atlikto tyrimo ekonominio vertinimo rezultatus matoma, kad abi perteklinės energijos technologijos (elektros pardavimas ir panaudojimas šilumos kaupikliui) yra priimtinas investicinis projektas, nes: gaunama NPV yra didesnė už 0 (atitinkamai 50676,05 > 0 ir 26 814,97 > 0), B/C > 1 (atitinkamai 5,66 > 1 ir 6,88 > 1), PI > 1 (atitinkamai 5,76 > 1 ir 7,01 > 1) ir todėl, kad IRR > WACC (atitinkamai 6,95 % > 3,285 % ir 4,51 % > 3,285 %). Pagal PP ir PP_m abu atvejai yra priskiriami pelningiems, kadangi atsipirkimo laikas yra mažesnis nei projekto gyvavimo laikas – 35 metai.

Vertinant gautus ekonominės analizės rezultatus, perteklinės energijos pardavimo atvejis yra tinkamesnis pasirinkimas pagal pagrindinį projekto vertinimo kriterijų IRR – perteklinės elektros energijos pardavimo atveju ji lygi 6,95 %, o perteklinės energijos panaudojimo šilumos kaupikliui atveju – 4,51 %. Didesnė IRR vertė parodo, kad projekto rizika yra mažesnė – investuoti pinigai yra susigražinami greičiau. Perteklinės energijos pardavimo atvejis taip pat pranašesnis už šilumos kaupiklio atvejį pagal NPV (23 861,08 Eur didesnė NPV), atsipirkimo laiką (4,35 metais trumpesnis laikas) ir pagal diskontuotų pinigų srautų atsipirkimo laiką (9,07 metais trumpesnis atsipirkimo laikas). Perteklinės energijos panaudojimo šilumos kaupikliui atvejis yra tinkamesnis pagal B/C santykį (1,22 didesnė vertė) ir pagal PI rodiklį (1,25 didesnė vertė).

Remiantis atliktos jautrumo analizės rezultatais matoma, kad didžiausią įtaką abiejų tirtų technologijų ekonominiams rodikliams turi saulės foto-modulio efektyvumas – didėjant efektyvumui, pasiekiamą didžiausia NPV reikšmė (atitinkamai 127 661,74 Eur ir 79 804,41), taip pat gaunama didžiausia IRR vertė (atitinkamai 11,74 % ir 6,13 %) ir labiausiai sumažėja atsipirkimo laikas (atitinkamai 8,22 metai ir 14,29 metai). Saulės foto-modulio efektyvumas turi didžiausią įtaką, nes išliekant tokiai pačiai pradinei investicijai yra sugeneruojama daugiau elektros energijos, kuri generuoja projekto pajamas. Apskaičiuotos ribinės vertintų parametru vertės leidžia nustatyti, iki kokios ribos pasikeitus parametru perteklinės energijos pardavimo atvejis dar yra rentabilus projektas (NPV=0). Perteklinės energijos pardavimo atveju projektas yra priimtinas, kai elektros poreikis padidėja 43,71 %, saulės foto-modulio efektyvumas sumažėja 19,75 %, supirkimo tarifas sumažėja 56,31 % ir diskonto norma padidėja 81,59 %. Atitinkamai perteklinės energijos panaudojimo šilumos kaupikliui atveju, projektas yra rentabilus, kai elektros poreikis padidėja 34,50 %, saulės foto-modulio efektyvumas sumažėja 14,12 %, šilumos kaina sumažėja 21,07 %, diskonto norma padidėja 34,17 % ir elektros kaina sumažėja 27,29 %. Pagal gautus rezultatus pagrindžiama išvada, kad perteklinės energijos pardavimo atvejis yra efektyvesnis investicinis projektas, nes NPV = 0 reikšmė pasiekiamą esant didesniam parametru pasikeitimui nei perteklinės energijos panaudojimo šilumos kaupikliui atveju.

INFORMACIJOS ŠALTINIŲ SĄRAŠAS

1. Europos Parlamentas ir Europos Sąjungos Taryba. *Direktyva 2009/28/EB dėl skatinimo naudoti atsinaujinančių išteklių energiją*. 2009 m. balandžio 23 d. [interaktyvus], [žiūrėta 2017 m. balandžio 2 d.]. Prieiga per internetą: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/?uri=CELEX%3A02009L0028-20130701>;
2. EPIA Solar Photovoltaics Competing in the Energy Sector. *On the Road to Competitiveness*. 2011 m., rugsėjis. [interaktyvus], [žiūrėta 2017 m. balandžio 2 d.]. Prieiga per internetą: https://web.archive.org/web/20130226222413/http://www.epia.org/fileadmin/user_upload/Publications/Competing_Full_Report.pdf;
3. Lietuvos Respublikos Vyriausybė. *Statybos techninis reglamentas STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“*. 2016 m. lapkričio 11 d. [interaktyvus], [žiūrėta 2017 m. balandžio 2 d.]. Prieiga per internetą: www.vtpsi.lt/sites/default/files/teisine-info/2%20bandymas.doc;
4. Lietuvos Respublikos Vyriausybė. *Dėl atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo energijai gaminti skatinimo tvarkos aprašo patvirtinimo*. 2012 m. Liepos 4 d., Vilnius;
5. Lietuvos Respublikos Vyriausybė. *Atsinaujinančių išteklių energetikos įstatymas*. 2011 m. Gegužės 12 d., Vilnius;
6. Kytra, S. *Atsinaujinantys energijos šaltiniai*. Technologija, 2006 m., Kaunas;
7. Petrauskas, G. ir Adomavičius, V. *Saulės elektros naudojimas elektrai gaminti*. Technologija, 2012 m., Kaunas;
8. AB „Litgrid“. *Ataskaitos apie elektros energiją, kurios gamybai naudojami atsinaujinantys energijos ištekliai* [interaktyvus], [žiūrėta 2017 m. balandžio 3 d.]. Prieiga per internetą: http://www.litgrid.eu/uploads/files/dir276/dir13/7_0.php;
9. ViaSolis. *ViaSolis Prime 280-310 72 celių stiklas/stiklas modulis*. Techninė specifikacija. [interaktyvus], [žiūrėta 2017 m. balandžio 3 d.]. Prieiga per internetą: http://www.viasolis.eu/data/ckfinder/files/LT_PRIME_280-310_compressed.pdf;
10. SolarEdge. *8 Ways Power Optimizers are Better by Design. Microinverters & Power Optimizers – a Technical Comparison*. [interaktyvus], [žiūrėta 2017 m. balandžio 5 d.]. Prieiga per internetą: https://www.solaredge.com/sites/default/files/technical_comparison_microinverters_power_optimizers-na.pdf;
11. Fronius International. *The Superflex Design of the Fronius Symo Inverter Series*. [interaktyvus]. [žiūrėta 2017 m. balandžio 5 d.]. Prieiga per internetą: file:///C:/Users/hp5320/Downloads/SE_TEA_SuperFlex_Design_Fronius_Symo_EN.pdf;

12. FARANDA, Roberto, Sonia LEVA. Energy comparison of MPPT techniques for PV Systems [interaktyvus]. TRANSACTIONS on POWER SYSTEMS. WSEAS, 2008, 6(3), 446-455 [žiūrėta 2017 m. balandžio 5 d.]. ISSN 1790-5060. Prieiga per internetą: <http://wseas.us/e-library/transactions/power/2008/27-545.pdf>;
13. Bushong S., *Advantages and disadvantages of a solar tracker system*. Solar Power World, 2016 Gegužės 9 d. [interaktyvus], [žiūrėta 2017 m. balandžio 5 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.solarpowerworldonline.com/2016/05/advantages-disadvantages-solar-tracker-system/>;
14. NREL – Systems Advisor Model (SAM). *Levelized Cost of Energy (LCOE)*. [interaktyvus], [žiūrėta 2017 m. balandžio 8 d.]. Prieiga per internetą: https://www.nrel.gov/analysis/sam/help/html-php/index.html?mtf_lcoe.htm;
15. U.S. Department of Energy. *Levelized Cost of Energy (LCOE)*. DOE Office of Indian Energy, 2015 m. Rugpjūtis [interaktyvus], [žiūrėta 2017 m. balandžio 8 d.]. Prieiga per internetą: <https://energy.gov/sites/prod/files/2015/08/f25/LCOE.pdf>;
16. Trabish. K. H., *NV Energy Buys Utility-scale Solar at Record Low Price Under 4 cents/kWh*. UtilityDive, 2015 m., Liepos 9 d. [interaktyvus], [žiūrėta 2017 m. balandžio 12 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.utilitydive.com/news/nv-energy-buys-utility-scale-solar-at-record-low-price-under-4-centskwh/401989/>;
17. Shumkov I., *Update – Abu Dhabi confirms USD 24.2/mWh bid in solar tender*. Renewables Now, 2016 m., Rugsėjo 20 d. [interaktyvus], [žiūrėta 2017 m. balandžio 12 d.]. Prieiga per internetą: <https://renewablesnow.com/news/update-abu-dhabi-confirms-usd-24-2-mwh-bid-in-solar-tender-540324/>;
18. Solaray. *10 kW Solar System – The Key Numbers*. Solaray -Renewing Our Future. 2017 m., Vasario 18 d. [interaktyvus], [žiūrėta 2017 m. balandžio 12 d.]. Prieiga per internetą: <http://solaray.com.au/10kw-solar-system-the-key-numbers/>;
19. Stark C., Pless J., Logan J., *Renewable Electricity: Insights for the Coming Decade*. Joint Institute for Strategic Energy Analysis, 2015 m. vasaris, DE-AC36-08GO28308. [interaktyvus], [žiūrėta 2017 m. balandžio 15 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.nrel.gov/docs/fy15osti/63604.pdf>;
20. The International Renewable energy Agency (IRENA). *Thermal Energy Storage. Technology Brief*. 2013 m. [interaktyvus], [žiūrėta 2016 m. balandžio 15 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA-ETSAP%20Tech%20Brief%20E17%20Thermal%20Energy%20Storage.pdf>;

21. Linah Ruwa T., Hugh Adun H., Abbasoglu S. *Thermal Energy storage for solar power plant applications*. Department of Energy Systems Engineering, Cyprus International University. 2016 m.;
22. Siegel RP. *The Pros and Cons of Energy Storage Systems*. TriplePundit, 2013 m. vasario 25 d. [interaktyvus], [žiūrėta 2017 m. balandžio 19 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.triplepundit.com/special/energy-options-pros-and-cons/energy-storage-systems-pros-cons/>;
23. The Engineering Toolbox. Heat storage in Materials [interaktyvus], [žiūrėta 2017 m. balandžio 19 d.]. Prieiga per internetą: http://www.engineeringtoolbox.com/sensible-heat-storage-d_1217.html;
24. Farm and Small Business. Purdue University, Cooperative Extension Service. *Solar Energy Heat Storage for Home*. [interaktyvus], [žiūrėta 2017 m. balandžio 19 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.extension.purdue.edu/extmedia/ae/ae-89.html>;
25. Solar Reserve. *Solar energy with integrated storage*. [interaktyvus], [žiūrėta 2017 m. balandžio 20 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.solarreserve.com/en/technology>;
26. Kun Sang Lee. *Underground Thermal Energy storage*. Springer-Verlag, London, 2013;
27. Underground Energy, LCC. *BTES – Borehole Thermal Energy Storage*. [interaktyvus], [žiūrėta 2017 m. balandžio 20 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.underground-energy.com/BTES.html>;
28. Underground Energy, LLC, *ATES – Aquifer Thermal Energy Storage*. [interaktyvus], [žiūrėta 2017 m. balandžio 20 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.underground-energy.com/ATES.html>;
29. Landolina S., *Introduction to cross-cutting technology*. EUREC Agency, Global CCS Institute. [interaktyvus], [žiūrėta 2017 m. balandžio 29 d.]. Prieiga per internetą: <https://hub.globalccsinstitute.com/publications/strategic-research-priorities-cross-cutting-technology/32-sensible-heat-storage>;
30. Sanner B., Angelino L., De Gergorio M., *Strategic reaserch and inovation agenda for renewable heating & cooling*. Publication Office of the European Union, 2013. ISBN 978-92-79-30657-0. [interaktyvus], [žiūrėta 2017 m. balandžio 29 d.]. Prieiga per internetą: <https://hub.globalccsinstitute.com/publications/strategic-research-and-innovation-agenda-renewable-heating-cooling/strategic-research-and-innovation-agenda-renewable-heating-cooling>;
31. Mangold D., Deschaintre L., *Seasonal thermal energy storage. Report on state of the art and necessary further R+D*. Stuttgart, Germany, 2015. [interaktyvus], [žiūrėta 2017 m. balandžio

- 29 d.]. Prieiga per internetą: http://task45.iea-shc.org/data/sites/1/publications/IEA_SHC_Task45_B_Report.pdf;
32. Lietuvos Respublikos Vyriausybė. *Nutarimas dėl nacionalinės atsinaujinančių energijos išteklių plėtros 2016-2020 metų programos patvirtinimo*. 2015 m. gruodis, registracijos numeris 15-10562(2). [interaktyvus], [žiūrėta 2017 m. gegužės 5 d.]. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAP/431c897097fa11e5a69681f9674b7edd?positionInSearchResults=8&searchModelUUID=cdf16339-f8c4-4181-8f3b-ceabc8ed29f1>;
33. AB „ESO“, *Perteklinės energijos supirkimas verslo klientams*. [interaktyvus], [žiūrėta 2017 m. gegužės 5 d.]. Prieiga per internetą: http://www.eso.lt/lt/verslui/elektra_99/elektros-gamintojams/elektos-energijos-supirkimas/perteklines-energijos-supirkimas.html;
34. The Grid, *How to Calculate the Output of a Solar Photovoltaic System - A Detailed Guide*. [interaktyvus], [žiūrėta 2017 m. gegužės 14 d.]. Prieiga per internetą: http://thegrid.rexel.com/en-us/energy_efficiency/w/solar_renewable_and_energy_efficiency/72/how-to-calculate-the-output-of-a-solar-photovoltaic-system---a-detailed-guide;
35. JRC European Commission. *Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps*. [interaktyvus], [žiūrėta 2017 m. gegužės 14 d.]. Prieiga per internetą: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>;
36. Norvaišienė R., Krušinskas R., *Projektų ekonominis ir socialinis vertinimas*. Mokomoji knyga. 2008 m., leidykla „Vitaė Litera“;
37. Cooper&Hunter. *Industrial heat pump for heating and HWS systems*. Techninė specifikacija. [interaktyvus], [žiūrėta 2017 m. gegužės 19 d.]. Prieiga per internetą: <http://cooperandhunter.eu/lt/catalogue/industrial-heat-pump-for-heating-and-hws-systems/>;
38. Aleknavičienė V., *Įmonės finansų valdymas*. Vadovėlis, 2009 m., leidykla „Spalvų kraitė“, Kaunas;
39. Valstybinė kainų ir energetikos kontrolės komisija. *Elektros energiją gaminančių vartotojų naudojimosi elektros tinklais paslaugų kainos* [interaktyvus], [žiūrėta 2017 m. gegužės 19 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.regula.lt/atsinaujinantys-istekliai/Puslapiai/tarifai.aspx>;

PRIEDAI

1. Perteklinės energijos pardavimo atvejo apskaičiuoti parametrai – pagal sugeneruojamą elektros energijos kiekį ir susidarantią perteklinę energiją, įvertinant mėnesio elektros energijos suvartojimą, gaunamas pajamos iš perteklinės energijos pardavimo ir iš pagrindinio elektros vartojimo padengimo ir patiriamos išlaidos likusio, iš saulės elektrinės nepadengto, elektros energijos kiekio įsigijimui;
2. Perteklinės energijos pardavimo atvejo viso projekto gyvavimo laikotarpiu gaunamos pajamos ir patiriamos išlaidos, įvertinant diskonto normą;
3. Perteklinės energijos panaudojimo šilumos kaupikliui atvejo apskaičiuoti parametrai – pagal sugeneruojamą elektros energijos kiekį ir susidarantią perteklinę energiją, įvertinant mėnesio elektros energijos suvartojimą, gaunamos pajamos iš perteklinės energijos panaudojimo šilumos gamybai, suminės atvejo pajamos ir patiriamos išlaidos;
4. Perteklinės energijos panaudojimo šilumos kaupikliui atvejo viso projekto gyvavimo laikotarpiu gaunamos pajamos ir patiriamos išlaidos, įvertinant diskonto normą;
5. Jautrumo analizė perteklinės energijos pardavimo atveju;
6. Jautrumo analizė perteklinės energijos panaudojimo atveju šilumos kaupikliui.

PRIEDAS NR. 1 PERTEKLINĖS ENERGIJOS PARDAVIMO ATVEJO PAJAMOS IR IŠLAIDOS

Saulės elektrinės nusidėvėjimas iki 35 metų ne daugiau 10%									
Metai	Pagaminamas kiekis, kWh	Elektros poreikiai, kWh	PE*, kWh / mėn.	Likusi energija, kWh / mėn.	PE supirkimo kaina, Eur/kWh	Pajamos, parduodant PE, Eur / mėn.	Sutaupoma iš padengimo, Eur	Išlaidos likusiai pirkti energijai, Eur	Viso pajamų iš PE pardavimo, Eur (kasmet)
1	86429,9	75119,8	11310,1	30468,9	0,15004	4571,5	4028,91	1379,34	8600,46
2	86170,07		11050,27	30377,27		4557,8	4016,80	1383,10	8574,61
3	85911,06		10791,26	30285,96		4544,1	4004,73	1386,87	8548,83
4	85652,83		10533,03	30194,93		4530,4	3992,69	1390,65	8523,14
5	85395,38		10275,58	30104,17		4516,8	3980,69	1394,44	8497,52
6	85138,70		10018,90	30013,68		4503,3	3968,73	1398,25	8471,98
7	84882,79		9762,99	29923,47		4489,7	3956,80	1402,06	8446,51
8	84627,65		9507,85	29833,53		4476,2	3944,90	1405,88	8421,13
9	84373,28		9253,48	29743,85		4462,8	3933,05	1409,72	8395,81
10	84119,67		8999,87	29654,45		4449,4	3921,22	1413,56	8370,58
11	83866,83		8747,03	29565,32		4436,0	3909,44	1417,41	8345,42
12	83614,75		8494,95	29476,45		4422,6	3897,69	1421,28	8320,33
13	83363,42		8243,62	29387,85		4409,4	3885,97	1425,16	8295,32
14	83112,85		7993,05	29299,52		4396,1	3874,29	1429,04	8270,39
15	82863,03		7743,23	29211,45		4382,9	3862,65	1432,94	8245,53
16	82613,96		7494,16	29123,64		4369,7	3851,04	1436,85	8220,75
17	82365,64		7245,84	29036,11		4356,6	3839,46	1440,76	8196,04
18	82118,07		6998,27	28948,83		4343,5	3827,92	1444,69	8171,40
19	81871,24		6751,44	28861,82		4330,4	3816,41	1448,63	8146,84
20	81625,15		6505,35	28775,06		4317,4	3804,94	1452,58	8122,35
21	81379,81		6260,01	28688,57		4304,4	3793,51	1456,54	8097,94
22	81135,20		6015,40	28602,34		4291,5	3782,10	1460,52	8073,60
23	80891,32		5771,52	28516,37		4278,6	3770,73	1464,50	8049,33
24	80648,18		5528,38	28430,66		4265,7	3759,40	1468,49	8025,14
25	80405,77		5285,97	28345,20		4252,9	3748,10	1472,50	8001,01
26	80164,09		5044,29	28260,00		4240,1	3736,84	1476,51	7976,97
27	79923,14		4803,34	28175,06		4227,4	3725,60	1480,54	7952,99
28	79682,91		4563,11	28090,37		4214,7	3714,40	1484,57	7929,08
29	79443,40		4323,60	28005,94		4202,0	3703,24	1488,62	7905,25
30	79204,61		4084,81	27921,76		4189,4	3692,11	1492,68	7881,49
31	78966,54		3846,74	27837,83		4176,8	3681,01	1496,75	7857,80
32	78729,18		3609,38	27754,16		4164,2	3669,95	1500,83	7834,18
33	78492,54		3372,74	27670,73		4151,7	3658,92	1504,93	7810,63
34	78256,61		3136,81	27587,56		4139,2	3647,92	1509,03	7787,16
35	78021,39		2901,59	27504,64		4126,8	3636,95	1513,14	7763,75
Viso:	2875460,91		246267,9	1013677,3		152092,15	134039,11	50583,37	286131,26

*PE – perteklinė saulės elektrinės sugeneruojama elektros energija.

**PRIEDAS NR. 2 PERTEKLINĖS ENERGIJOS PARDAVIMO ATVEJO VISO
PROJEKTO GYVAVIMO LAIKOTARPIO PAJAMOS IR IŠLAIDOS**

Metai	Išlaidos	Išlaidos, disk.	Pajamos	Pajamos, disk.	CF	Suminiai CF
0	-90000,00				-90000,00	
1	1379,34	1335,47	8600,46	8326,92	7221,12	-84707,24
2	1383,10	1296,52	8574,61	8037,85	7191,51	-79434,02
3	1386,87	1258,71	8548,83	7758,81	7161,96	-74180,28
4	1390,65	1222,00	8523,14	7489,46	7132,49	-68945,99
5	1394,44	1186,36	8497,52	7229,46	7103,08	-63731,09
6	1398,25	1151,76	8471,98	6978,49	7073,73	-58535,53
7	1402,06	1118,16	8446,51	6736,23	7044,45	-53359,27
8	1405,88	1085,55	8421,13	6502,38	7015,24	-48202,26
9	1409,72	1053,89	8395,81	6276,64	6986,10	-43064,44
10	1413,56	1023,16	8370,58	6058,75	6957,02	-37945,78
11	1417,41	993,32	8345,42	5848,42	6928,00	-32846,22
12	1421,28	964,35	8320,33	5645,39	6899,05	-27765,72
13	1425,16	936,22	8295,32	5449,40	6870,17	-22704,23
14	1429,04	908,92	8270,39	5260,23	6841,35	-17661,70
15	1432,94	882,41	8245,53	5077,62	6812,59	-12638,09
16	1436,85	856,67	8220,75	4901,34	6783,90	-7633,35
17	1440,76	831,69	8196,04	4731,19	6755,27	-2647,43
18	1444,69	807,43	8171,40	4566,95	6726,71	2319,71
19	1448,63	783,88	8146,84	4408,40	6698,21	7268,12
20	1452,58	761,02	8122,35	4255,36	6669,77	12197,84
21	1456,54	738,82	8097,94	4107,64	6641,40	17108,93
22	1460,52	717,28	8073,60	3965,04	6613,08	22001,42
23	1464,50	696,36	8049,33	3827,39	6584,83	26875,36
24	1468,49	676,05	8025,14	3694,52	6556,65	31730,80
25	1472,50	656,33	8001,01	3566,27	6528,52	36567,78
26	1476,51	637,19	7976,97	3442,46	6500,45	41386,35
27	1480,54	618,61	7952,99	3322,96	6472,45	46186,55
28	1484,57	600,56	7929,08	3207,60	6444,51	50968,43
29	1488,62	583,05	7905,25	3096,24	6416,63	55732,03
30	1492,68	566,04	7881,49	2988,76	6388,81	60477,39
31	1496,75	549,53	7857,80	2885,00	6361,05	65204,56
32	1500,83	533,51	7834,18	2784,85	6333,35	69913,59
33	1504,93	517,95	7810,63	2688,17	6305,71	74604,51
34	1509,03	502,84	7787,16	2594,85	6278,13	79277,38
35	1513,14	488,18	7763,75	2504,77	6250,60	83932,22
	50583,37	29539,75	286131,26	170215,80		

PRIEDAS NR. 3 PERTEKLINĖS ENERGIJOS PANAUDOJIMO ŠILUMOS KAUPIKLIUI ATVEJO PAJAMOS IR IŠLAIDOS

Metai	Sugeneruojamas kiekis, kWh	Pagrindinio poreikio padengimas, kWh	Sutaupoma iš padengimo, Eur	Išlaidos likusiai pirkti energijai, Eur	SE pagaminama šiluma, kWh	Sutaupoma esant kaupikliui, kWh	Viso pajamų iš šilumos kaupiklio atvejo, Eur
1	86429,9	55961,0	4028,91	1379,34	110242,30	6429,55	10458,46
2	86170,07	55792,80	4016,80	1383,10	109910,94	6410,23	10427,03
3	85911,06	55625,10	4004,73	1386,87	109580,57	6390,96	10395,69
4	85652,83	55457,90	3992,69	1390,65	109251,20	6371,75	10364,44
5	85395,38	55291,21	3980,69	1394,44	108922,81	6352,60	10333,29
6	85138,70	55125,02	3968,73	1398,25	108595,42	6333,50	10302,23
7	84882,79	54959,32	3956,80	1402,06	108269,00	6314,46	10271,26
8	84627,65	54794,13	3944,90	1405,88	107943,57	6295,48	10240,39
9	84373,28	54629,43	3933,05	1409,72	107619,12	6276,56	10209,61
10	84119,67	54465,22	3921,22	1413,56	107295,64	6257,70	10178,92
11	83866,83	54301,51	3909,44	1417,41	106973,13	6238,89	10148,32
12	83614,75	54138,30	3897,69	1421,28	106651,59	6220,13	10117,82
13	83363,42	53975,57	3885,97	1425,16	106331,02	6201,44	10087,41
14	83112,85	53813,33	3874,29	1429,04	106011,42	6182,80	10057,09
15	82863,03	53651,58	3862,65	1432,94	105692,77	6164,21	10026,86
16	82613,96	53490,32	3851,04	1436,85	105375,08	6145,69	9996,72
17	82365,64	53329,54	3839,46	1440,76	105058,35	6127,21	9966,67
18	82118,07	53169,24	3827,92	1444,69	104742,57	6108,80	9936,72
19	81871,24	53009,42	3816,41	1448,63	104427,73	6090,43	9906,85
20	81625,15	52850,09	3804,94	1452,58	104113,85	6072,13	9877,07
21	81379,81	52691,23	3793,51	1456,54	103800,90	6053,88	9847,38
22	81135,20	52532,86	3782,10	1460,52	103488,90	6035,68	9817,78
23	80891,32	52374,95	3770,73	1464,50	103177,84	6017,54	9788,27
24	80648,18	52217,53	3759,40	1468,49	102867,71	5999,45	9758,85
25	80405,77	52060,57	3748,10	1472,50	102558,51	5981,42	9729,52
26	80164,09	51904,09	3736,84	1476,51	102250,24	5963,44	9700,27
27	79923,14	51748,08	3725,60	1480,54	101942,90	5945,51	9671,12
28	79682,91	51592,54	3714,40	1484,57	101636,49	5927,64	9642,05
29	79443,40	51437,46	3703,24	1488,62	101330,99	5909,83	9613,07
30	79204,61	51282,85	3692,11	1492,68	101026,41	5892,06	9584,17
31	78966,54	51128,71	3681,01	1496,75	100722,75	5874,35	9555,36
32	78729,18	50975,03	3669,95	1500,83	100420,00	5856,70	9526,64
33	78492,54	50821,81	3658,92	1504,93	100118,16	5839,09	9498,01
34	78256,61	50669,05	3647,92	1509,03	99817,23	5821,54	9469,46
35	78021,39	50516,75	3636,95	1513,14	99517,20	5804,04	9441,00
	2875460,9	1861783,5	134039,1	50583,4	3667684,3	213906,7	347945,8

PRIEDAS NR. 4 PERTEKLINĖS ENERGIJOS PANAUDOJIMO ŠILUMOS KAUPIKLIUI ATVEJO VISO PROJEKTO GYVAVIMO LAIKOTARPIO PAJAMOS IR IŠLAIDOS

Metai	Išlaidos	Išlaidos, disk.	Pajamos	Pajamos, disk.	CF	Suminiai CF
0	-150633,75				-150633,75	
1	1379,34	1335,47	10458,46	10125,83	9079,13	-141554,62
2	1383,10	1296,52	10427,03	9774,31	9043,93	-132510,69
3	1386,87	1258,71	10395,69	9434,99	9008,82	-123501,88
4	1390,65	1222,00	10364,44	9107,45	8973,79	-114528,09
5	1394,44	1186,36	10333,29	8791,28	8938,84	-105589,25
6	1398,25	1151,76	10302,23	8486,09	8903,98	-96685,27
7	1402,06	1118,16	10271,26	8191,49	8869,20	-87816,06
8	1405,88	1085,55	10240,39	7907,12	8834,51	-78981,56
9	1409,72	1053,89	10209,61	7632,62	8799,89	-70181,67
10	1413,56	1023,16	10178,92	7367,65	8765,36	-61416,31
11	1417,41	993,32	10148,32	7111,88	8730,91	-52685,40
12	1421,28	964,35	10117,82	6864,99	8696,54	-43988,86
13	1425,16	936,22	10087,41	6626,67	8662,25	-35326,60
14	1429,04	908,92	10057,09	6396,62	8628,05	-26698,56
15	1432,94	882,41	10026,86	6174,56	8593,92	-18104,64
16	1436,85	856,67	9996,72	5960,21	8559,87	-9544,76
17	1440,76	831,69	9966,67	5753,30	8525,91	-1018,85
18	1444,69	807,43	9936,72	5553,57	8492,02	7473,17
19	1448,63	783,88	9906,85	5360,78	8458,22	15931,39
20	1452,58	761,02	9877,07	5174,67	8424,49	24355,87
21	1456,54	738,82	9847,38	4995,03	8390,84	32746,71
22	1460,52	717,28	9817,78	4821,63	8357,27	41103,98
23	1464,50	696,36	9788,27	4654,24	8323,77	49427,75
24	1468,49	676,05	9758,85	4492,67	8290,36	57718,11
25	1472,50	656,33	9729,52	4336,71	8257,02	65975,14
26	1476,51	637,19	9700,27	4186,16	8223,76	74198,90
27	1480,54	618,61	9671,12	4040,83	8190,58	82389,48
28	1484,57	600,56	9642,05	3900,55	8157,47	90546,95
29	1488,62	583,05	9613,07	3765,14	8124,44	98671,40
30	1492,68	566,04	9584,17	3634,44	8091,49	106762,89
31	1496,75	549,53	9555,36	3508,26	8058,61	114821,50
32	1500,83	533,51	9526,64	3386,47	8025,81	122847,30
33	1504,93	517,95	9498,01	3268,91	7993,08	130840,39
34	1509,03	502,84	9469,46	3155,43	7960,43	138800,81
35	1513,14	488,18	9441,00	3045,89	7927,85	146728,66
	50583,37	29539,75	347945,79	206988,47		

PRIEDAS NR. 5 JAUTRUMO ANALIZĖ PERTEKLINĖS ENERGIJOS PARDAVIMO ATVEJU

Keičiamas rodiklis	NPV	IRR	PP
	EUR	%	Metai
El. Poreikis +30	15.894,47	4,52%	16,99
El. Poreikis +20	27.487,47	5,36%	15,30
El. Poreikis +10	39.081,76	6,17%	13,92
El. Poreikis 0	50.676,05	6,95%	12,77
El. Poreikis -10	62.270,34	7,70%	11,80
El. Poreikis -20	73.864,63	8,44%	10,97
El. Poreikis -30	85.458,92	9,16%	10,25
PV efektyvumas +30%	127.661,74	11,74%	8,22
PV efektyvumas +20%	101.999,84	10,19%	9,33
PV efektyvumas +10%	76.337,95	8,61%	10,78
PV efektyvumas 0	50.676,05	6,95%	12,77
PV efektyvumas -10%	25.014,16	5,18%	15,68
PV efektyvumas -20%	-647,42	3,23%	20,34
PV efektyvumas -30%	-26.306,07	0,97%	29,20
Elektrinės kaina +30%	23.676,05	4,68%	16,74
Elektrinės kaina +20%	32.676,05	5,33%	15,41
Elektrinės kaina +10%	41.676,05	6,08%	14,08
Elektrinės kaina 0	50.676,05	6,95%	12,77
Elektrinės kaina -10%	59.676,05	7,97%	11,46
Elektrinės kaina -20%	68.676,05	9,22%	10,16
Elektrinės kaina -30%	77.676,05	10,77%	8,87
Supirkimo kaina +30%	77.819,35	8,70%	10,68
Supirkimo kaina +20%	68.771,59	8,13%	11,29
Supirkimo kaina +10%	59.723,82	7,54%	11,99
Supirkimo kaina 0	50.676,05	6,95%	12,77
Supirkimo kaina -10%	41.628,29	6,34%	13,66

Keičiamas rodiklis	NPV	IRR	PP
	EUR	%	Metai
Supirkimo kaina -20%	32.580,52	5,71%	14,70
Supirkimo kaina -30%	23.532,75	5,07%	15,90
Elektros kaina +30%	65.735,57	7,94%	11,48
Elektros kaina +20%	60.715,73	7,61%	11,88
Elektros kaina +10%	55.695,89	7,28%	12,31
Elektros kaina 0	50.676,05	6,95%	12,77
Elektros kaina -10%	45.656,21	6,61%	13,26
Elektros kaina -20%	40.636,37	6,26%	13,80
Elektros kaina -30%	35.616,54	5,92%	14,37
Elektrinės galia +30%	101.085,90	8,68%	10,72
Elektrinės galia +20%	83.575,68	8,17%	11,26
Elektrinės galia +10%	67.125,87	7,62%	11,90
Elektrinės galia 0	50.676,05	6,95%	12,77
Elektrinės galia -10%	34.226,24	6,10%	14,03
Elektrinės galia -20%	17.776,70	4,98%	16,02
Elektrinės galia -30%	269,84	3,32%	19,99
Diskonto norma +30%	33.246,41	6,95%	12,77
Diskonto norma +20%	38.665,81	6,95%	12,77
Diskonto norma +10%	44.464,73	6,95%	12,77
Diskonto norma 0	50.676,05	6,95%	12,77
Diskonto norma -10%	57.335,90	6,95%	12,77
Diskonto norma -20%	64.483,99	6,95%	12,77
Diskonto norma -30%	72.164,00	6,95%	12,77

PRIEDAS NR. 6 JAUTRUMO ANALIZĖ PERTEKLINĖS ENERGIJOS PANAUDOJIMO ŠILUMOS KAUPIKLIUI ATVEJU

Keičiamas rodiklis	NPV	IRR	PP
	EUR	%	Metai
El. Poreikis +30	3.081,78	3,46	19,69
El. Poreikis +20	11.269,14	3,88	18,60
El. Poreikis +10	19.042,05	4,22	17,78
El. Poreikis 0	26.814,97	4,51	17,12
El. Poreikis -10	34.587,89	4,77	16,57
El. Poreikis -20	42.360,80	5,00	16,11
El. Poreikis -30	50.133,72	5,20	15,71
PV efektyvumas +30%	79.804,41	5,98	14,29
PV efektyvumas +20%	64.532,04	5,67	14,83
PV efektyvumas +10%	45.799,19	5,16	15,78
PV efektyvumas 0	26.814,97	4,51	17,12
PV efektyvumas -10%	7.830,75	3,69	19,11
PV efektyvumas -20%	-11.162,57	2,60	22,40
PV efektyvumas -30%	-31.733,25	0,95	29,33
Elektrinės kaina +30%	-185,03	3,28	20,32
Elektrinės kaina +20%	8.814,97	3,66	19,25
Elektrinės kaina +10%	17.814,97	4,07	18,18
Elektrinės kaina 0	26.814,97	4,51	17,12
Elektrinės kaina -10%	35.814,97	5,01	16,06
Elektrinės kaina -20%	44.814,97	5,55	15,01
Elektrinės kaina -30%	53.814,97	6,16	13,97
Šildymo kaina +30%	64.990,07	6,13	14,02
Šildymo kaina +20%	52.265,04	5,61	14,92
Šildymo kaina +10%	39.540,00	5,07	15,94
Šildymo kaina 0	26.814,97	4,51	17,12
Šildymo kaina -10%	14.089,94	3,94	18,49
Šildymo kaina -20%	1.364,90	3,35	20,09
Šildymo kaina -30%	-11.360,13	2,73	22,00

Keičiamas rodiklis	NPV	IRR	PP
	EUR	%	Metai
Kaupiklio kaina +30%	8.624,84	3,65	19,27
Kaupiklio kaina +20%	14.688,22	3,92	18,55
Kaupiklio kaina +10%	20.751,59	4,21	17,83
Kaupiklio kaina 0	26.814,97	4,51	17,12
Kaupiklio kaina -10%	32.878,35	4,84	16,41
Kaupiklio kaina -20%	38.941,72	5,19	15,70
Kaupiklio kaina -30%	45.005,10	5,56	14,99
Elektros kaina +30%	41.874,49	5,17	15,72
Elektros kaina +20%	36.854,65	4,96	16,16
Elektros kaina +10%	31.834,81	4,74	16,63
Elektros kaina 0	26.814,97	4,51	17,12
Elektros kaina -10%	21.795,13	4,29	17,64
Elektros kaina -20%	16.775,29	4,06	18,20
Elektros kaina -30%	11.755,45	3,83	18,79
Elektrinės galia +30%	53.056,84	4,90	16,31
Elektrinės galia +20%	46.279,60	4,87	16,36
Elektrinės galia +10%	36.642,30	4,72	16,67
Elektrinės galia 0	26.814,97	4,51	17,12
Elektrinės galia -10%	16.987,64	4,22	17,78
Elektrinės galia -20%	7.152,28	3,78	18,85
Elektrinės galia -30%	-5.067,32	2,82	21,57
Diskonto norma +30%	4.794,78	4,51	17,12
Diskonto norma +20%	11.641,05	4,51	17,12
Diskonto norma +10%	18.967,25	4,51	17,12
Diskonto norma 0	26.814,97	4,51	17,12
Diskonto norma -10%	35.229,94	4,51	17,12
Diskonto norma -20%	44.262,41	4,51	17,12
Diskonto norma -30%	53.967,66	4,51	17,12