

1 TURINYS

2	Studijos apžvalga	3
3	SAULĖS ŠVIESOS ENERGETIKOS GALIMYBĖS	3
3.1	Saulės energija, kaip energijos šaltinis	3
3.2	Saulės energijos panaudojimo potencialas Lietuvoje	5
3.3	Elektros generacija pasaulyje	6
4	ATSINAUJINANČIOS ENERGETIKOS TEISINĖ SPECIFIKA	7
5	Pagrindiniai komponentai	7
5.1	Principinė hibridinės (saulės elektrinės + kaupiklis) elektrinės schema	7
5.2	Fotovoltiniai moduliai	8
5.3	Srovės keitikliai	14
5.4	Tvirtinimo sistemos	16
6	Elektros energijos kaupikliai	16
6.1	Kaupiklių funkcionalumas	16
6.2	Kaupiklių tipai	18
6.2.1	Rūgštiniai švino kaupikliai	18
6.2.2	Ličio jonų kaupikliai	18
6.2.3	Srautiniai kaupikliai	19
6.2.4	Natrio nikelio chlorido kaupikliai	19
6.2.5	Ličio geležies kaupikliai	20
6.3	Pagrindiniai techniniai parametrai apibūdinantys energijos kaupiklius.	20
7	Elektros energijos vartojimas objektuose	23
7.1	Elektros energijos tiekimas ir vartojimas Uosių g. 27, Dumpių k., Dvilų sen., Klaipėdos r. sav.	23
7.2	Elektros energijos vartojimo apžvalga saulės elektrinė galios parinkimui	23
8	Kaupiklio charakterizavimas, pajungimas į vidinį tinklą ir balansavimo paslaugų teikimas	28
9	Energijos kaupiklio ekonominis vertinimas	31
10	Išvados ir rekomendacijos	34

2 STUDIJOS APŽVALGA

Siekiant didinti elektros energijos vartojimo efektyvumą įmonei svarstyтина alternatyva investuoti į atsinaujinančią energetiką, t.y. saulės elektrinę bei elektros energijos kaupiklį. Šioje studijoje bus apžvelgiamos galimos investicijos į antžeminę saulės elektrinę bei elektros energijos kaupiklį, su tikslu, kuo didesnę reikiamos elektros pasigaminti iš atsinaujinančių išteklių. Studijoje analizuojamas objektas:

1. Uosių g. 8, Dumpių k., Dovylių sen., Klaipėdos r. sav.

Studijoje bus vertinama, kokios galios saulės elektrinė bei kokios talpos ir galios elektros energijos kaupiklis būtų tinkami, kad efektyviausiai būtų išnaudojama turima infrastruktūra, bei būtų duodama didžiausia nauda įmonei. Be to bus atsakyta į šiuos klausimus:

- Kokios galios saulės elektrinė būtų optimali, kad kuo mažiau būtų perteklinės elektros, kurią reiktų atiduoti į ESO tinklą?

- Kokių parametrų reikalingas kaupiklis, kad įmonė galėtų dirbti salos režime bent vieną valandą?

- Elektros energijos kaupiklis turi turėti galimybę dalyvauti tinklų balansavimo sistemoje per Telkėją (pvz Fusebox), tad turi būti išskirti pagrindiniai parametrai, kurie reikalingi šiam funkcionalumui užtikrinti.

- Turi būti aprašyta techninė specifikacija saulės elektrinei ir elektros energijos kaupikliui pagal atliktą elektrinės galios ir kaupiklio galios bei talpos parametrus.

- Kas turi būti pakeista (specifikacija) esamuose elektros įrenginiuose, esamuose generatoriuose, komutacijos įrenginiuose, valdikliuose, kad galėtų dirbti salos režime?

- Kokia yra preliminarinė projekto kaina ir koks preliminarus investicijos atsipirkimo laikas.

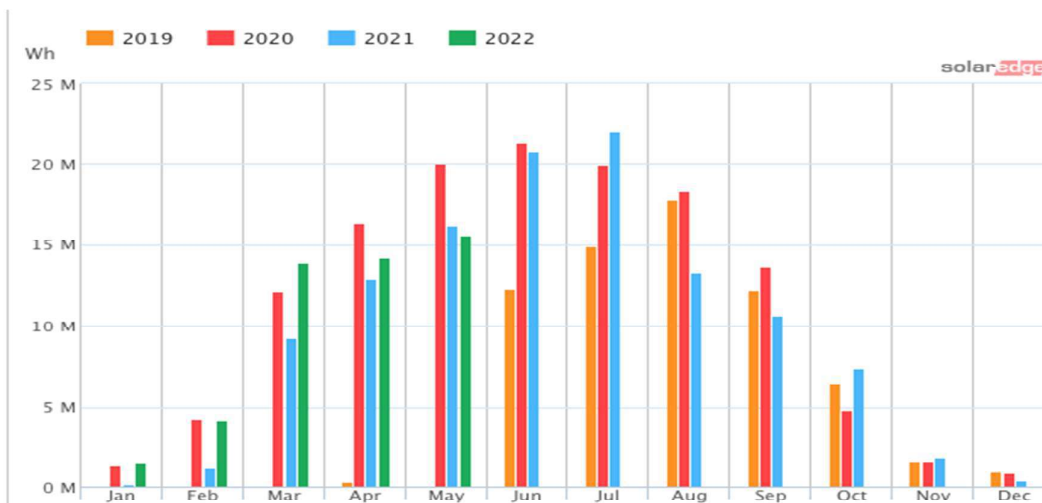
3 SAULĖS ŠVIESOS ENERGETIKOS GALIMYBĖS

3.1 SAULĖS ENERGIJA, KAIP ENERGIJOS ŠALTINIS

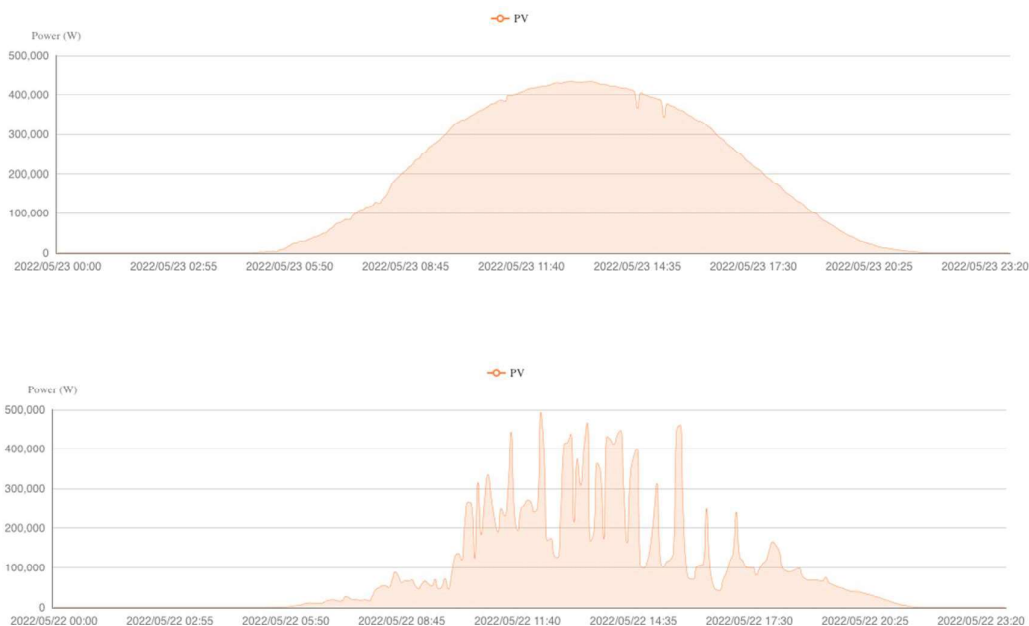
Saulės teikiama šviesa ir šiluma yra panaudojama kaip alternatyvus energijos šaltinis, tačiau šiuolaikinės technologijos dar nėra pritaikytos efektyviai panaudoti šią energiją. 2004 m. tik 0,04 % pasaulio elektros energijos pagaminta iš Saulės energijos.

Saulė yra pats galingiausias atsinaujinančios energijos šaltinis Žemėje. Skaičiuojama, 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 2200 kartų didesnis už teorinį metinį geoterminės energijos potencialą, apie 4500 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 mažiausiai. Tokia padėtis susiklostė neatsitiktinai: pati saulės energija yra išsisklaidžiusi, silpnai koncentruota, o jos parametrai kinta

plačiose ribose priklausomai nuo paros ir metų laiko. Debesuotą dieną šviesos kiekis, patenkantis ant saulės modulių (įrenginys verčiantis šviesos energiją į elektros energiją) labai reaguoja į besikeičiantį debesuotumą (žr. 2 pav. *Saulės šviesos energijos pasiskirstymas dienos metu: a) Esant saulėtai dienai ir b) esant debesuotumui*), o metų eigoje saulės šviesos kiekis, tuo pačiu generuojamos elektros kiekis, sausio ir birželio mėnesį skiriasi 8 kartus (žr. 1 pav. *Saulės šviesos energijos pasiskirstymas metų mėnesiais (palyginimui parodyti kelių metų elektros gamybos rezultatai)*). Be to, saulės elektra generuojama tik dieną, o naktį jos neturime, nors elektros poreikis išlieka ir vakarais, ir naktį.



1 pav. *Saulės šviesos energijos pasiskirstymas metų mėnesiais (palyginimui parodyti kelių metų elektros gamybos rezultatai)*



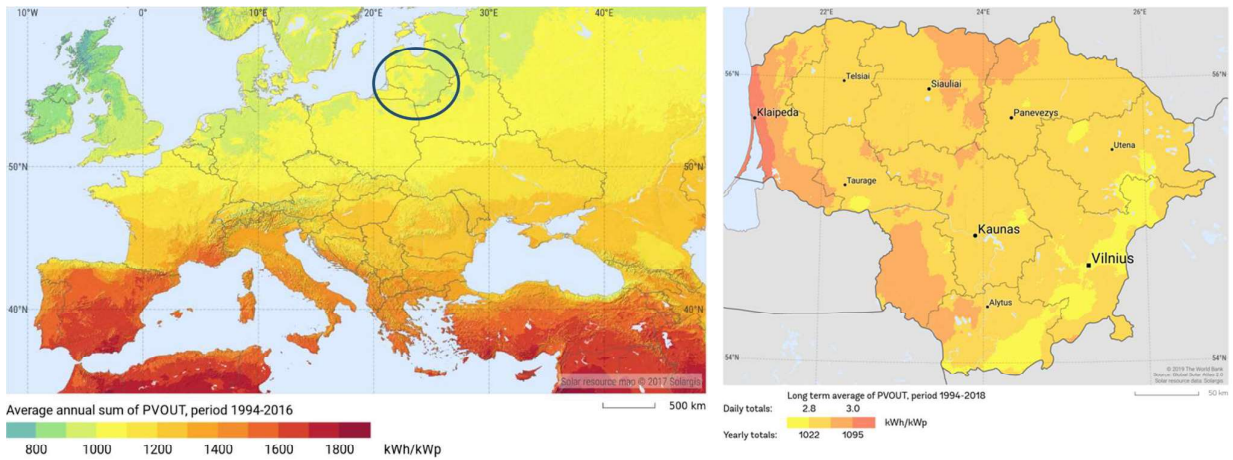
2 pav. *Saulės šviesos energijos pasiskirstymas dienos metu: a) Esant saulėtai dienai ir b) esant debesuotumui*

Saulės energijos panaudojimas ES praktiškai nepriklausė nuo saulės apšvietos intensyvumo potencialo (iš Pietų į Šiaurę), bet greičiau vyko iš vakarų į Rytus. Pagrindinės saulės energetikos rinkos tendencijos negali būti paaiškintos nei saulės spinduliuotės skirtumais, nei energijos rinkos integracija ar technologijų sąnaudų skaičiais. Tai yra fizinių, technologinių ir išteklių charakteristikų svarbiausias ir

labiausiai rinką skatinantis elementas buvo finansinio skatinimo aspektas. Kai tik valstybės narės (Vokietija, Italija, Graikija, Čekija) pradėjo taikyti paramos mechanizmus (specialius elektros supirkimo tarifus (angl. FIT-Feed-in Tariff))(2009-2013), saulės energetikos rinka suklestėjo. Tačiau pasikeitus tokiai skatinimo politikai, privataus kapitalo investicijos iš karto sumažėjo (nuo 2014 m.). „FIT“ schemos patrauklumas kyla iš jos savybės mažinti riziką ir tai suteikia investuotojui stabilų finansų srautą visą skatinamąjį laikotarpį ir garantuota grąža. Tačiau praeityje dažnai įvykę staigūs FIT sąlygų pokyčiai ES, sukėlė netikrumą ir neskatinė investuoti. Tačiau situacija stipriai pradėjo keistis, kai elektros kaina biržoje pradėjo didėti. Ypač tai stipriai pasireiškė po pradėto Rusijos energetinio karo prieš ES. Šis įvykis tapo trigeriu paskatinusiu vis daugiau investicijų nukreipti į atsinaujinančią energetiką, kad ES šalis taptų vis mažiau priklausomos nuo Rusijos ir tuo pačiu gamintųsi elektros energiją iš aplinkos neteršiančių šaltinių. Juos ir apžvelgsime kituose studijos paragrafuose.

3.2 SAULĖS ENERGIJOS PANAUDOJIMO POTENCIALAS LIETUVOJE

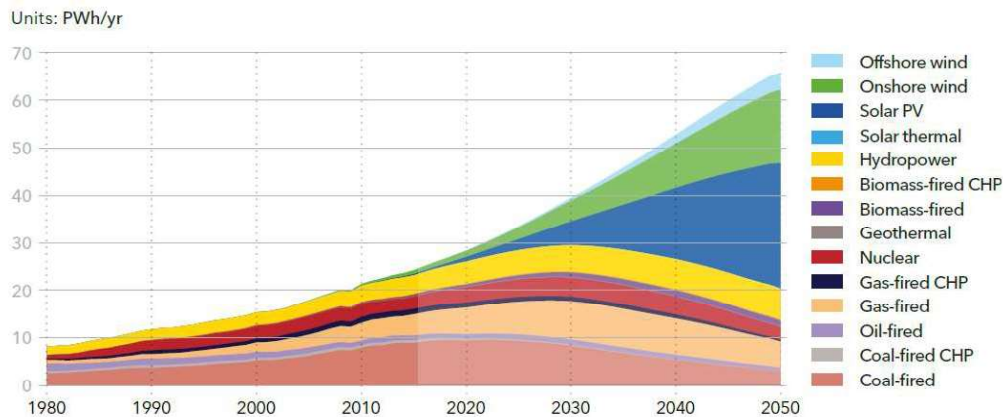
Nepaisant minėtų netolygumų, metinė elektros gamyba iš saulės elektrinių yra gana gerai prognozuojama: Lietuvos sąlygomis iš instaliuoto saulės elektrinės 1 kW vidutiniškai gaunama 950 kWh elektros energijos. Tačiau šis energijos kiekis šiek tiek skiriasi atskiruose Lietuvos regionuose, kadangi šiuose regionuose skiriasi šviesos energijos kiekis, patenkantis į žemės paviršiaus ploto vienetą. 3 pav. pateiktas saulės spinduliuotės pasiskirstymo žemėlapis. Aiškiai matosi, kad pietų šalyse saulės apšvita yra didesnė nei šiaurės šalyse, tačiau reikėtų atkreipti dėmesį, kad saulės modulių efektyvumas yra stipriai įtakojamas aplinkos temperatūros. Kuo saulės modulio temperatūra yra didesnė, tuo jo efektyvumas mažesnis (šie duomenys yra pateikiami visų saulės modulių techninėje specifikacijoje). Lietuvoje apšviestumas yra toks pat ar panašus, kaip Vokietijoje, Olandijoje, Danijoje ar Lenkijoje. Jo pilnai pakanka, kad investicijos būtų atsiperkančios ir patrauklios, ypač dabar, kai elektros kainos išaugo taip stipriai ir bent kol kas nėra ženklų, kad ji mažėtų. Verta atkreipti dėmesį, kad Lietuvoje vienam šalies gyventojui tenka apie 42,8 W saulės elektrinių galios. Tai vienas mažiausių skaičių visoje ES, mažiau saulės elektrinių gyventojui yra tik Suomijoje, Kroatijoje, Airijoje ir Latvijoje. Tuo tarpu jau minėtose Vokietijoje, Olandijoje ar Lenkijoje saulės energetika yra daug sparčiau vystoma. Lietuvoje didžiausias apšviestumas fiksuojamas vakarų regione. Tad elektros gamyba iš instaliuotos 1 kW yra didžiausia, o tai sąlygos ir greitesnę investicijos į saulės elektrines atsipirkimo laiką (ROI). Detaliau ROI bus išanalizuotas kituose studijos skyriuose.



3 pav. Saulės šviesos pasiskirstymas Europoje ir Lietuvoje

3.3 ELEKTROS GENERACIJA PASAULYJE

DVN GL prognozuoja, kad pasaulinė elektros energijos gamyba turėtų padidėti nuo 25 PWh/metus iki 66 PWh/metus. Toks didelis elektros kiekis turėtų būti sugeneruotas 14 skirtingų elektrinių tipų: kūrenamų anglimi, anglimi kūrenamų CHP (kombinuota šiluma ir elektra), kūrenamas dujomis, kūrenamas dujomis CHP, kūrenamas nafta, branduolinis, hidroelektrinės, kūrenamas biomase, kūrenama biomase CHP, saulės fotovoltinės elektrinės, saulės šiluminė energija (CSP), sausumos vėjo jėgainės, jūroje sumontuotos vėjo jėgainės ir geoterminė energija. Branduoliniai ir visi atsinaujinantys energijos šaltiniai, išskyrus biokuru kūrenamų elektrinių, pagamintų numatytą kiekį, nebent pasiūlos perteklius reikalautų apriboti gamybą. 4 pav. *Elektros generacija pasaulyje pagal elektrinių tipus* (šaltinis: DVN GL Energy transition outlook 2018) pateikta pasaulio elektros generacija pagal elektrinių tipą. Regionuose su turima vandeniliui tinkama infrastruktūra manoma, kad dalis elektros energijos bus nukreipta gaminti vandenilį elektrolizės būdu. Vėjo ir saulės energijos gamybos sąnaudos mažėja staigiai. Šie šaltiniai yra konkurencingi jau šiandien, o dažnai net pigesni nei alternatyvūs, todėl jie dominuos papildant pajėgumus ateinančiais metais, ypač po 2025 metais.



4 pav. *Elektros generacija pasaulyje pagal elektrinių tipus* (šaltinis: DVN GL Energy transition outlook 2018)

4 ATSINAUJINANČIOS ENERGETIKOS TEISINĖ SPECIFIKA

Saulės elektrinių įrengimą reglamentuoja LR „Atsinaujinančių išteklių energetikos įstatymas“ ir LR „Energetikos įstatymas“ su juos palydinčiais Energetikos ministro įsakymais.

Pagrindiniai reikalavimai, norint įsirengti saulės elektrinę ir/ar elektros energijos kaupiklį, ir jų įgyvendinimo eiga yra šie:

- gauti ESO išankstines hibridines saulės elektrinės ir kaupiklio prijungimo technines sąlygas
- gauti Valstybinės energetikos reguliavimo tarybos (VERT) „Leidimą plėsti elektros energijos gamybos pajėgumus“;
- gauti iš ESO hibridines saulės elektrinės ir kaupiklio prijungimo sąlygas.
- šiais dokumentais remiantis parengti hibridinės elektrinės elektrotechninį projektą;
- įrengti hibridinę elektrinę ir gauti VERT Akta-pažymą, dėl jos atitikimo elektrotechniniams reikalavimams;
- atlikti elektrinės natūrinius bandymus ir suderinti juos su ESO;
- gauti VERT „Leidimą gaminti elektros energiją“,
- pranešti ESO apie elektrinės įrengimą, kad būtų sumontuota dvipusė apskaita

Atkreiptinas dėmesys, kad aukščiau paminėti žingsniai yra pritaikyti **gamintojui**. Toks statusas dabar yra nagrinėjamo objekto, nes jis jau turi veikiančias kogeneracines jėgaines, kurių didžioji dalis pagamintos elektros energijos yra suvartojama objekto vidiniame tinkle ir tik labai nedidelė dalis yra atiduodama į ESO tinklus. Vadovaujantis atsinaujinančios energetikos įstatymu vienas objektas gali turėti tik vieną statusą: arba gamintojo, arba gaminančio vartotojo. Gaminantis vartotojas - vartotojas, gaminantis elektros energiją iš Atsinaujinančių energijos išteklių elektros energijos gamybos įrenginiuose, valdomuose nuosavybės teise ar kitais teisėtais pagrindais, savo reikmėms ir ūkio poreikiams tenkinti ir turintis teisę pagamintą, bet savo reikmėms ir ūkio poreikiams nesuvargotą elektros energiją pateikti į elektros tinklus Lietuvos Respublikos atsinaujinančių išteklių energetikos įstatymo nustatyta tvarka. Pabrėžtina, kad Gamintojui pasikeisti statusą į gaminantį vartotoją nėra galima, nes tai reglamentuoja Atsinaujinančių išteklių išstatymas.

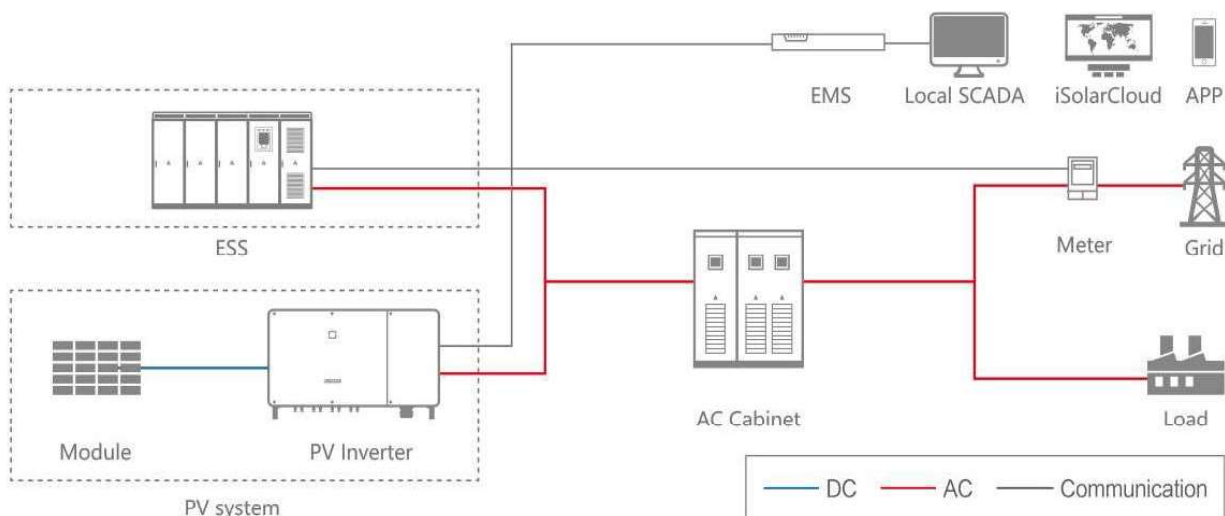
5 PAGRINDINIAI KOMPONENTAI

5.1 PRINCIPINĖ HIBRIDINĖS (SAULĖS ELEKTRINĖS + KAUPIKLIS) ELEKTRINĖS SCHEMA

Kalbant apie hibridines elektrines, nesvarbu kur jos būtų montuojamos (ant stogo, žemės, tvoros ir pan.) visur yra ta pati principinė schema apibrėžianti pagrindinius jos elementus:

- Saulės fotovoltiniai moduliai
- Įtampos keitikliai
- Saulės modulių tvirtinimo konstrukcijos

- Elektros kabeliai ir jungtys sujungiančios modulius su inverteriais.
- Elektros energijos kaupiklis



5 pav. Saulės elektrinės principinė schema

Elektrinės principinė schema pavaizduota 5 pav. Saulės elektrinės principinė schema. Nuolatinės srovės (DC) dalyje saulės moduliai yra sujungti su įtampos keitikliais (inverteriais), kurie nuolatinę srovę (DC) verčia į kintamą (AC), tinkamą standartiniams įrenginiams. Saulės elektrinės galią apibrėžia visų saulės modulių nominalių galių suma, jei jungiamas ir kaupiklis, tada modulių galia yra sumuojama su kaupiklio inverterio galia. Inverteriai dažnu atveju yra parenkami šiek tiek mažesnės galios, kad būtų išlaikytas santykis <1.15 elektrinėms ant žemės ir apie <1.25 elektrinėms ant stogų. Per didelis santykis sąlygos generuojamos elektros maksimalios galios apribojimą t.y. vidurdienį, kai elektrinė dirba didžiausiu pajėgumu, atsiras galios apribojimas, kurį sąlygos per maža inverterio galia, tačiau saulės elektrinė startuos anksčiau, nes bus reikalingas mažesnis apšviestumas, jog būtų sukelta įtampa DC grandinėje iki kritinės vertės, kada elektrinė pradeda dirbti.

Toliau iš keitiklio jau išeina kintama srovė, kuri nukreipta į gamintojo apskaitos spintą (GAS) bei energijos kaupimo sistemą (ESS) jei tokia yra prijungta. Iš GAS jau užmaitinamas visi vidiniame tinkle pajungti elektrą vartojantys įrenginiai ir jei momentiška ne viskas yra suvartojama, tada elektros perteklius paduodamas į išorinį elektros skirstymo operatoriaus tinklą per dvipusę apskaitą arba kraunamas kaupiklis. Reiktų pažymėti, kad pakankamai dažnai kaupiklis turi savo inverterį (AC/DC) ir transformatorių (AC/AC). Ryšio kabeliais yra perduodami signalai elektrinės valdymui bei stebėjimui. Pagal galiojančius reglamentus SCADA privalo būti diegiama elektrinėse, kurių suminė galia viršija 100 kW.

5.2 FOTOVOLTINIAI MODULIAI

Saulės fotovoltiniai moduliai – elektros įrenginys verčiantis saulės šviesos energiją į elektros energiją, dažnai laikomas nuolatinės srovės generatoriumi. Fotovoltinių modulių veikimo spektras

sudaro didžiąją dalį saulės spektro, visoje regimosios šviesos ruože ir iš dalies ultravioletinių ir infraraudonųjų spindulių spektro dalyse.

Pagal tipą fotovoltiniai moduliai gali būti skirstomi:

- Standartiniai – kur priekinė modulio dalis uždengta stiklu, o galinė dalis dažniausiai plėvele.
- stiklas-stiklas (angl. glass-glass / dual glass) – panašus kaip standartinis saulės modulis, tik galinė modulio dalis uždengta stiklu, kaip ir priekinė. Tokio saulės modulio našumo garantija yra 30 metų (t.y. 5 metais ilgesnė nei standartinio modulio), bet dėl didesnio medžiagų kiekio produkte, kaina yra šiek tiek didesnė.
- dvipusiai (bifacial) – tai saulės moduliai, kurie turi aktyvią (elektrą gaminančią) dalį iš abiejų saulės modulių pusių. Jie dažniausiai naudojami elektrinėms ant žemės, kur galima juos pastatyti taip, jog anksti ryte saulė šviestų į modulio nugarinę dalį, o po to jau apšviečia priekinę dalį, bet tuo pačiu atspindžiai nuo žemės paviršiaus duoda papildomą generaciją. Priklausomai nuo atspindinčio paviršiaus, didesnė generacija gali būti ir iki 15% lyginant su standartiniumi moduliu.
- Stiklas- stiklas tipo moduliai rinkoje jau retai naudojami, o dvipusių modulių nauda labiausiai pasireiškia montuojant juos ant žemės, todėl šiuo atveju nagrinėsime standartinius modulius ir jų panaudojimą elektrinei ant stogų.

Pagal technologiją:

- kristalinio silicio (Silicon) – labiausiai paplitusi technologija, jau išbandyta ne vieną dešimtmetį. Modulių efektyvumas vidutiniškai didėja po 0.5% per metus. Tad šiuo metu standartinis efektyvumas yra > 20.5%. Kristalinio silicio moduliai dar skirstomi į polikristalinius (Multi - Si) ir monokristalinius (Mono - Si).

Polikristalinio silicio saulės moduliai:

1. Dažniausiai mėlynos spalvos ir ilgą laiką rinkoje buvo naudojami plačiausiai. Tai lėmė santykinai mažesnė foto elementų gamybos kaina ir aukštas naudingumo koeficientas, pagal kurį nusileidžia monokristalinio tipo saulės moduliams.
2. Turi didelį galios sumažėjimo rodiklį kylant aplinkos temperatūrai, tačiau žemesniu už monokristalinius.
3. Gamybos metu poli kristalai auginami iš daugybės įvairaus dydžio monokristalų mišinio. Išauginti kristalo monolitai pjaustomi į plokšteles, kurios yra pagrindas foto elementams, naudojamiems polikristalinių saulės modulių gamyboje.

Privalumai	Trūkumai
<ul style="list-style-type: none">• Konkurencinga kaina• Didelis efektyvumas• Galima naudoti su bet kuriuo tinklo inverteriu ar įkrovimo valdiklio tipu	<ul style="list-style-type: none">• Margas mėlyno atspalvio paviršius, kuris ne visiems patinka• Dėl didelės pasiūlos ir sąlyginai paprasto gamybos proceso labai lengva įsigyti prastos kokybės produktus, todėl verta rinktis tik patikimų gamintojų produkciją

	<ul style="list-style-type: none"> • Aukštas temperatūrinis galios koeficientas, todėl karštą dieną sumažėja generuojama galia
--	---

Monokristalinio silicio saulės moduliai:

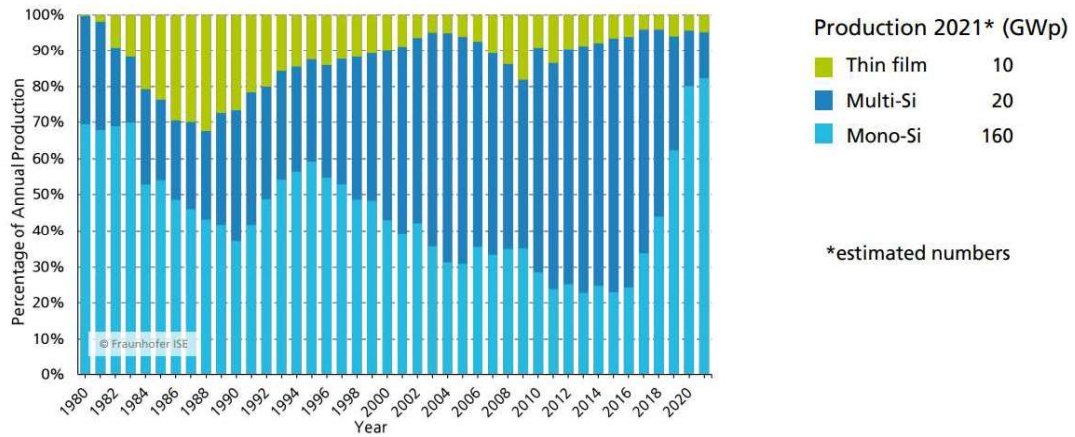
1. Monokristalinio modulio foto elementas (celės) yra gaminamos iš didelių silicio monokristalų; moduliai dažniausiai yra juodo atspalvio
2. Šių modulių kaina laikui bėgant sumažėjo daugiausiai, ir pagal nominalios galios vieneto kainą jau aplenkė polikristalinius modulius
3. Monokristaliniai moduliai išlaikė savo aukščiausią technologinį naudingumo koeficientą, tačiau galios mažėjimo koeficientas nuo temperatūros krenta greičiau nei polikristalinių

Privalumai	Trūkumai
<ul style="list-style-type: none"> • Didelis efektyvumas (iki 26%) • Gražus juodos spalvos paviršius • Didelis tiekėjų pasirinkimas • Galima naudoti su bet kuriuo tinklo inverteriu ar įkrovimo valdiklio tipu • Sąlyginai didelė vieno modulio galia, kas mažina bendrą modulių skaičių ir lengvina montavimo darbus • Geras našumas esant silpnai saulės spinduliutei 	<ul style="list-style-type: none"> • Dėl didelės pasiūlos ir sąlyginai paprasto gamybos proceso labai lengva įsigyti prastos kokybės produktus, todėl verta rinktis tik patikimų gamintojų produkciją • Aukštas temperatūrinis galios koeficientas, todėl karštą dieną sumažėja generuojama galia

Esminio skirtumo tarp jų nėra, tik monokristaliniai saulės moduliai yra šiek tiek efektyvesni.

- Plonaplėveliniai (thin film) - Plonaplėviai moduliai (First solar, Calyxo) yra gaminami užpurškiant metalų plėveles ant stiklo, su aliuminio rėmeliu ar be rėmelio. Pagrindė gaminami moduliai iš CIS ir CIGS, CdTe. Plonaplėvelinių saulės modulių pagrindiniai privalumai: geriau generuoja elektros energiją esant silpnai šviesai, kai apsiniaukęs dangus. Aukštesnėse temperatūrose plonaplėvių modulių efektyvumas krenta daug mažiau nei monokristalinių saulės modulių, kur kiekvienas laipsnis virš 20 C duoda efektyvumo kritimą - apie 0,8% . Jeigu dalis saulės modulio bus uždengta sniegu, ar debesies, medžio šešėlio, kita modulio dalis veiks pilnai, o monokristalinių modulių atveju neveiks didesnė modulio dalis. Tik plonaplėveliniai moduliai šiai dienai neturi tokio efektyvumo, kaip monokristaliniai moduliai, dėl to sumontuoti tokios pat galios elektrinę su plonaplėviais moduliai reiktų iki 30% didesnio ploto.

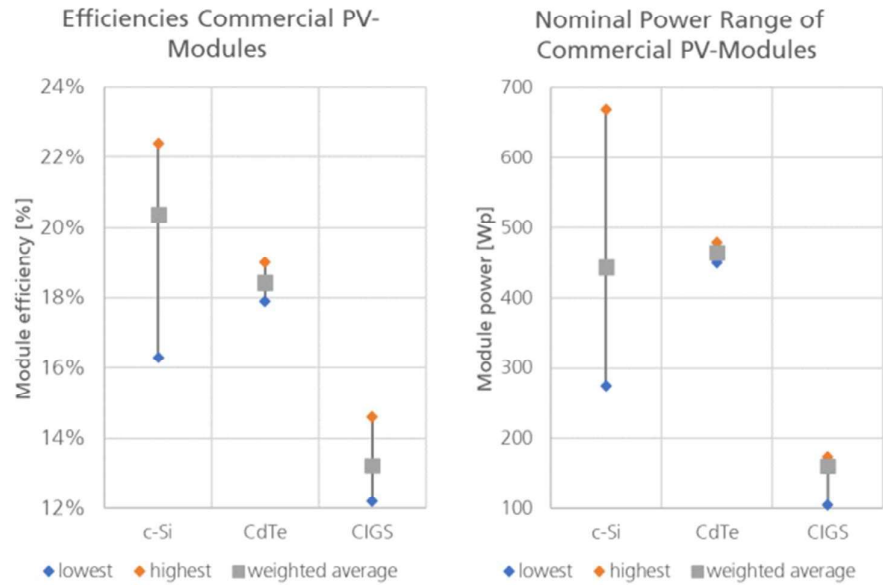
Pagrindinis skirtumas tarp šių saulės modulių tipų yra jų veikimo technologija ir efektyvumas, kuris išreiškiamas procentais. Laikui bėgant, skirtingo technologijos savo efektyvumu vystėsi santykinai vienodai, bet jų naudojimo mastai ir kaina keitėsi skirtingai.



Data: from 2000 to 2009: Navigant; from 2010 to 2021 IHS Markit; from 2022 IEA. Graph: PSE 2022. Date of data: July 2022

6 pav. Fotovoltinių saulės modulių gamyba pagal technologiją.

Kaip matosi iš aukščiau pateikto paveikslo, šiuo metu didžiausią pasaulinės rinkos dalį (82 %) užima monokristalinio silicio fotovoltiniai moduliai. Šio tipo saulės modulių didžiąja dauguma naudoja visi rangovai ir Lietuvoje, todėl jie ir bus vertinami šioje studijoje. Visuose skaičiavimuose ir išdėstymuose bus vertinami monokristaliniai 400 W moduliai T.y. šių dienų rinkos standartas, kur pasirinkimas tarp gamintojų yra labai platus. Pasak Fraunhofer ISE šiuo metu rinkoje kristalinio silicio pagrindu gaminamų modulių efektyvumas ir galia pasiskirstę plačiame rėžyje (7 pav. *Dabartinis saulės modulių efektyvumas ir galia*). Silicio (c-Si) modulių bendras vidutinis svertinis efektyvumas 2021 m. ketvirtąjį ketvirtį buvo 20,4 % (svorio koeficientas yra bendras siuntų skaičius per metus 2020). Žemiausias modulio efektyvumas šioje grupėje yra 16,3%, o didžiausia vertė yra 22,4%. 10 geriausių/didžiausių gamintojų sudaro apie 78 % visų gamintojų siuntų apimtį, o kilmė daugiausia iš Azijos šalių. Ilgą laiką dominuojanti c-Si technologija buvo mono-PERC su pusiau perpjautomis celėmis (half cut cell). Atkreiptinas dėmesys, kad modulio galią reiktų vertinti per celės efektyvumo parametą, nes gali būti, kad modulių efektyvumas yra tas pats, bet galia skiriasi ženkliai. Tai lemia saulės modulių išmatavimai. Galios pasiskirstymas gerai matosi žemiau pateiktame paveiksle (290 - 660W).



Data Source: Company product data sheets; Date of data: 04-Nov. 2021 Fraunhofer ISE

7 pav. Dabartinis saulės modulių efektyvumas ir galia

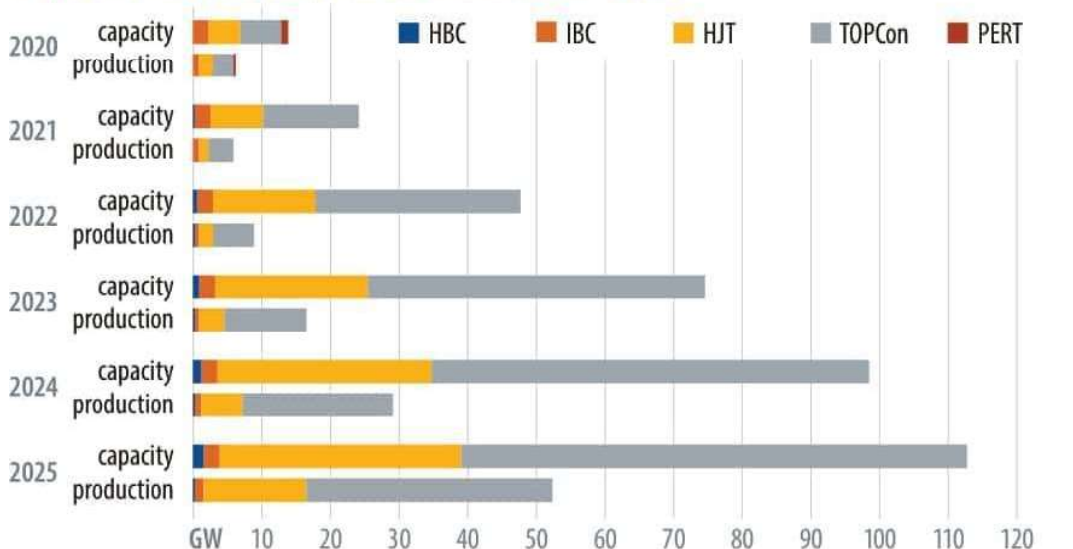
Paskutiniu metu rinkoje atsižvelgiant į krūvio nešėjo tipą c-Si tipo technologijoje atsirado keletas naujų pogrūpių:

- P-type arba PERC: Tai yra viena iš seniausių saulės elementų technologijų. P-tipo saulės elementai yra pagaminti iš silicio, kuriame yra truputis priemaišų, kad būtų sukurtas teigiamas krūvio nešėjas. Krūvio nešėjai yra atsakingi už elektros srovės generavimą. P-tipo saulės elementai yra paprasti, pigūs ir patikimi, tačiau jų efektyvumas yra žemas, taip pat šie moduliai jau retai naudojami rinkoje.

- N-type: N-tipo saulės elementai yra pagaminti iš silicio, kuriame yra truputis priemaišų, kad būtų sukurtas neigiamas krūvio nešėjas. Šie krūvio nešėjai yra atsakingi už elektros srovės generavimą. N-tipo saulės elementai yra efektyvesni nei p-tipo saulės elementai. Nepaisant didesnių kainų, šio tipo elementai sparčiai skinasi kelią rinkoje, kadangi jie gali pasiekti didesnę efektyvumą ir turi geresnius temperatūrinius koeficientus (mažesnius temperatūrinius nuostolius). N-tipo elementai yra gaminami pagal skirtingas technologijas, iš kurių šiuo metu populiariausios yra „HJT“ ir „TOPCon“ HJT (angliškai „heterojunction“) reiškia hetero-sankryžos ar jungties akronimą, o „TOPCon“ - „tuneliuojančio oksido pasyvintą kontaktą“, „HJT“ labai skiriasi nuo populiarios „PERC“ struktūros. Todėl gamybos procesai tarp šių dviejų architektūrų yra labai skirtingi. Palyginti su „n-PERC“ arba „TOPCon“, kuriuos galima atnaujinti iš dabartinių „PERC“ linijų, HJT reikalauja didelių kapitalo investicijų į naują įrangą masinei gamybai pradėti, dėl šios priežasties „TOPCon“, yra populiariesni.

N-type module: capacity and shipment (2020–2025)

Source: PV InfoLink

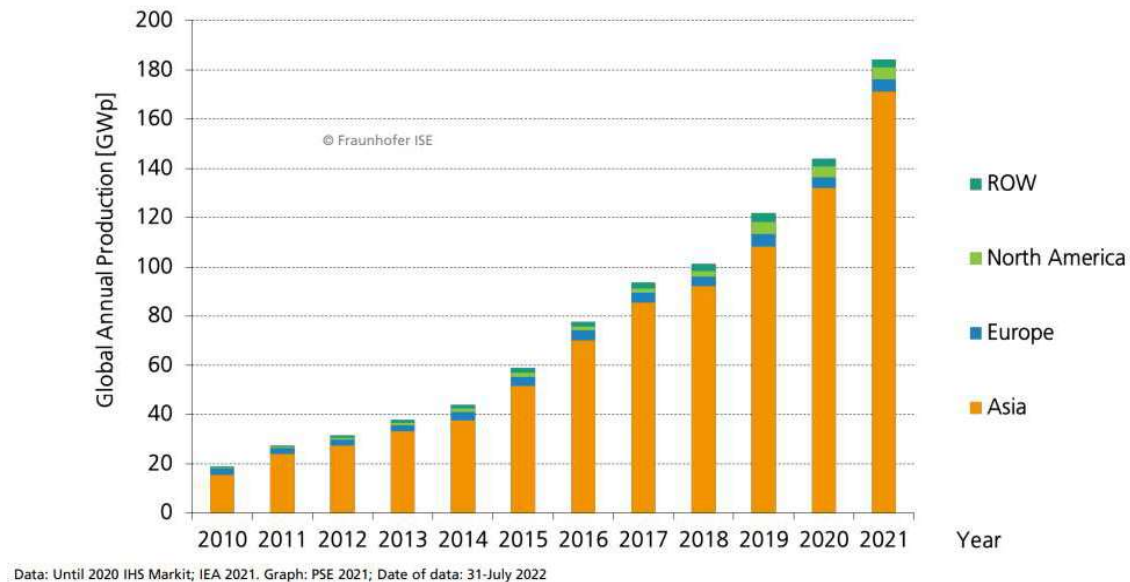


8 Pav. Saulės modulių pasaulinės tendencijos

2023 metais liepos mėnesį didieji PV modulių gamintojai sutarė standartizuoti modulių išmatavimus, kas palengvintų tiekimo klausimus ir padėtų išvengti medžiagų švaistymo. Didiesiems parkams buvo nutarta gaminti 2382 mm x 1134 mm dydžio modulius. Šiame susitarime dalyvavo šie gamintojai: Canadian Solar, Risen Energy, JA Solar, Jinko Solar, LONGi, Trina Solar, Tongwei Solar, DAS Solar ir Astronergy

Vėliau rugpjūčio mėnesį po pakartotinio susitikimo buvo sutarta, kad aukščiau minėti gamintojai pradės naudoti ir standartizuoto dydžio silicio ruošinius, kas dar labiau padės laikytis ankstesnio susitarimo. Tikėtina, kad ilgainiui ir kiti gamintojai prisijungs prie šio susitarimo ir pradės gaminti tokio pačio dydžio modulius.

Rekomenduojame naudoti gamintojų produkciją iš TIER 1 gamintojų sąrašo: <https://www.renuv.com/Tier-1-Solar-Panels-List-2022>, kurių produkcija naudojama visuose finansinių institucijų finansuojamuose projektuose. Taip pat atkreiptinas dėmesys, kad globaliai Azijos šalys pagamina daugiausia saulės fotovoltinių modulių (9 pav. Pasaulinė saulės modulių gamyba.). Dar 2010 metais Azijoje buvo pagaminama apie 82 % visų saulės modulių, o jau 2021 metais ši dalis padidėjo iki 93 %. Vien Kinija pagamino 138 GWp t.y. apie 75%. Per vienuolika metų Azijos šalys padidino saulės modulių metinę gamybą 9.7 karto.



9 pav. Pasaulinė saulės modulių gamyba.

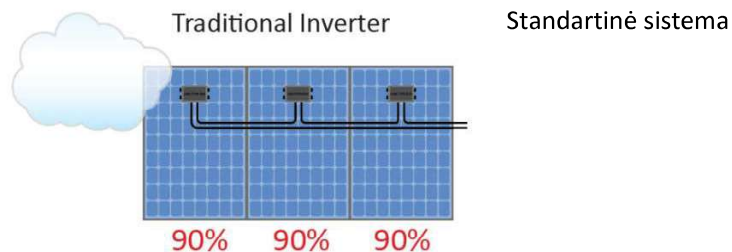
Apibendrinimas:

- Iš esmės nėra jokio didelio skirtumo tarp monokristalinių ir polikristalinių saulės modulių, gaminamų kristalinio silicio pagrindu. Skiriasi tik kaina ir išvaizda (spalva).
- Turint pakankamą plotą, kur būtų montuojami saulės moduliai, kokybės ir efektyvumo prasme nėra ženklaus skirtumo, kokią technologiją pasirinkti.

5.3 SROVĖS KEITIKLIAI

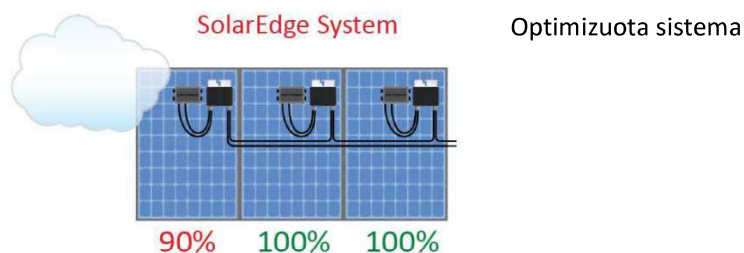
Srovės keitiklis – įrenginys keičiantis nuolatinę elektros srovę (DC) į kintamą elektros srovę (AC). Srovės keitikliai gali būti keturių tipų:

- Standartiniai keitikliai (String inverter). Tai dažniausiai naudojami keitikliai. Šių keitiklių privalumas – santykinai nedidelė kaina, trūkumas – kadangi moduliai jungiami nuosekliai į grupes, sugedę ar šešėliuojami moduliai įtakoja kitų modulių darbą ir mažina bendrą elektros energijos gamybą. Taip pat tokiose sistemose net ir išjungus saulės elektrinę, išlieka pavojinga įtampa ir todėl šalinant gedimus ar aptarnaujant reikia imtis papildomų saugumo priemonių.



- Keitikliai su optimizatoriais. Ši sistema yra brangesnė tačiau turi eilę privalumų. Šiose sistemoje moduliai jungiami prie optimizatorių, kurių dėka galima matyti individualių modulių darbą, kas leidžia

lengviau identifikuoti sugedusius modulius. Taip pat sugedę, ar šešėliuojami moduliai neįtakoja kitų modulių darbo, todėl esant šešėliams ir ilgainiui nevienodai degraduojant moduliams galima tikėtis didesnės elektros energijos gamybos. Taip pat tokia sistema yra saugesnė aptarnavimo ar gaisro rizikos atveju, kadangi įjungus keitiklį įtampa sumažėja iki nepavojingos ribos.



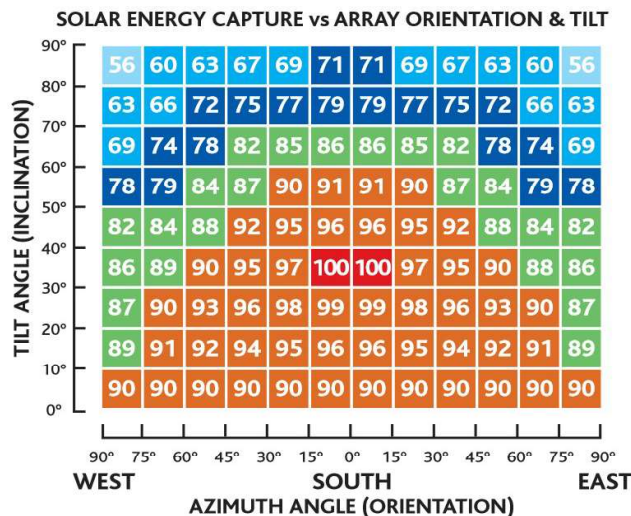
- Mikro keitikliai (micro inverters). Šie keitikliai naudojami retai dėl sudėtingos technologijos ir mažo efektyvumo, ir paprastai tik labai mažose sistemose (Dažniausiai iki 2-3 kW)
- Centriniai keitikliai. Šie keitikliai paprastai naudojami dideliuose parkuose, kurie yra statomi elektrinėms ant žemės. Deja dėl sudėtingo aptarnavimo naudojami vis rečiau ir užleidžia vietą standartiniams srovės keitikliams.

Rinkoje inverterių naudojimo pasiskirstymas yra pateiktas žemiau esančioje lentelėje. Duomenys paimti iš Fraunhofer ISE.

Inverteris	Galia	Efektyvumas	Rinkos dalis	Pastebėjimai
Stringiniai inverteriai	iki 150 kWp	iki 98 % (DC/AC)	64.4 %	3-17 cnt/Wp . • Lengvas pakeitimas
Centriniai inverteriai	galingesnis nei 80 kWp	iki 98.5 % (DC/AC)	33.7 %	3-5 cnt/Wp. • Aukštas patikimumo lygis. • Dažnai parduodamas kartu su aptarnavimo paslauga.
Mikro inverteris	Saulės modulio galios režiuose	iki 90-97 % (DC/AC)	1.4 %	apie 25 cnt/Wp • gerai tinka nedidelės galios elektrinėms (iki 3 kWp). • Sunkiau juos pakeisti gedimo atveju
Inverteriai su galios optimizatoriais	iki 100 kWp	iki 98 % (DC/AC)	5.1 %	apie 9 cnt/Wp • Sunkiau pakeisti galios optimizatorius gedimo atveju • Labai tinkamas sprendimas elektrinėms ant stogų, kur galimi šešėliai ar skirtingi nuolydžiai • Saugi sistema, nes optimizatoriai gali sumažinti DC įtampą iki saugios (<120 V)

5.4 TVIRTINIMO SISTEMOS

Saulės modulių tvirtinimo sistemos yra svarbi elektrinės sudedamoji dalis, nes tik tinkamai pritvirtinti moduliai galės pilnai veikti visus 25 metus t.y. tiek kiek moduliai turėtų pilnai veikti ir išlaikyti našumo garantijas. Optimali saulės modulių orientacija Lietuvos sąlygomis: statmenai pietų kryptiai ir 35 laipsnių kampu į horizontą. Nukrypimai nuo optimalių sąlygų sumažina energijos gamybą tam tikra dalimi (10 pav. *Elektros generacija pagal modulių pasvyrimo kampą*). Atkreiptinas dėmesys, kad statant elektrines ant stogų retai kada galima modulius sumontuoti 35 laipsnių kampu horizonto atžvilgiu ir dar nukreipti juos pietų kryptimi.



10 pav. *Elektros generacija pagal modulių pasvyrimo kampą*

6 ELEKTROS ENERGIJOS KAUPIKLIAI

6.1 KAUPIKLIŲ FUNKCIONALUMAS

Energijos saugojimas yra labai svarbus žingsnis dekarbonizuojant energijos tiekimo sistemą ir sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimą. Taip pat labai svarbu sukurti atsparius, patikimus ir įperkamus elektros tinklus, kurie galėtų atlaikyti kintamą atsinaujinančių energijos šaltinių, pvz., vėjo ir saulės, pobūdį. Elektros energijos saugojimas tampa vis aktualesnis, nes tai padės greičiau atsisakyti išskastinio kuro. Dėl pakankamai didelės elektrifikacijos atsirast tinko perkrovos tam tikromis valandomis, kada elektros vartojimas bus didžiausias. Laba svarbu taps valdyti elektros vartojimus, nes kitaip bus susidurta su nepatikimu elektros tiekimu, o tuo pačiu tai gali sąlygoti ir įrangos sugadinimus. Tinklo operatoriai ieško būdų, kaip subalansuoti tinklą ir vienas iš būdų yra pasitelkti energijos kaupiklius, kurie gali tam tikru laiku pasikrauti (kai tinkle yra elektros perteklius) ir paduoti trūkstamą elektros kiekį, kai jos neužtenka.

Elektros energijos kaupiklis gali atlikti daug funkcijos, kurios išvardintos žemiau esančioje lentelėje:

Nr.	Funkcija	Paslaugos pavadinimas	Apibūdinimas
1	Balansavimas	Priminis rezervas/ dažnio palaikymas (angl. Frequency Containment Reserve - FCR)	Pirminis rezervas užtikrina tinklo stabilumą, jei tam tikru metu sutrinka tinklo dažnis. Visi dalyviai sinchroniškai prijungi į Europos elektros tinklus, turės prisidėti prie šio rezervo.
2	Balansavimas	Antrinis rezervas/ Dažnio atstatymas (angl. Frequency restoration Reserve – aFRR)	Antrinės paskirties rezervas yra skirtas atstatyti bet kokį elektros tinklo dažnio nuokrypį į iki pradinio lygio. Antrinis rezervas turi būti suaktyvintas per 15 minučių nuo tada, kai aktyvuojamas pirminis rezervas.
3	Elektros energijos kaupimas	Energijos kainų arbitražas (angl Energy price arbitrage)	Ši paslaugos pagrindinė funkcija yra elektros tiekimo laiko keitimas. Energijos arbitražas veikia pagal principą užsikrauti elektros energijos tuo metu, kai ji pigiausia ir atiduoti tada, kai kaina yra didžiausia. Tik reikia atkreipti dėmesį, kad baterijos užkrovimas ir iškrovimas trunka tam tikrą laiką, kurį apsprendžia jos techninės charakteristikos
4	Tvarios energetikos integracija	Turimų šaltinių optimizacija/ disbalanso sumažinimas	Ši funkcija naudojama norint sumažinti skirtumą tarp prognozuojamos ir realiai pagamintos elektros energijos iš atsinaujinančių išteklių. Tai prisideda prie sistemos disbalanso mažinimo globaliai.
5	Paslaugos klientui	Personalinis elektros vartojimas (turint saulės, vėjo, kogeneracinę ar kitą elektrinę)	Perteklinės elektros energijos saugojimas, kaip saulės elektrinė pagamina dienos metu daugiau nei klientas suvartoja. Pasaugoma elektra gali būti suvartojama nakties metu arba tuomet, kaip elektrinė negamina pakankamo elektros kiekio.
6	Paslaugos klientui	Elektros įvado galios mažinimas	Energijos kaupiklis gali būti naudojamas įvado galios mažinimui. Didelės galios įvado atvedimas gali kainuoti pakankamai brangiai, tad kaupiklis gali šiuos kaštus sumažinti.
7	Paslaugos klientui	Galios maksimumų sumažinimas (angl. Peak shaving)	Kaupikliai gali paduoti trūkstantį galią didžiausio elektros vartojimo metu, taip apsaugant elektros tinklą nuo momentinių perkrovų.
8	Paslaugos klientui	Atsarginis elektros tiekimas	Tai gali būti atsarginis elektros energijos tiekimo įrenginys dingus elektrai. Ypatingai tai aktualu objektams, kurie turi veikti 24/7 pvz. ligoninės, policijos įstaigos ir pan.
9	Paslaugos klientui	Tinklo stabilumo užtikrinimas	Kaupikliai gali užtikrinti ypatingai stabilų elektros tiekimą be jokių įtampos svyravimų ar mirgėjimų
10	Paslaugo skirstymo ir perdavimo tinklams	Perkrovų valdymas	Kaupikliai gali sumažinti skirstymo ir perdavimo tinklų ar transformatorių perkrovas, nes kai infrastruktūros komponentai pasiekia savo maksimalias ribas tinkle galio atsirasti įtampos problemos

6.2 KAUPIKLIŲ TIPAI

Kaip matyti iš aukščiau pateiktų kaupiklių panaudojimų būdų, svarbu pasirinkti tinkamą kaupiklio tipą savo energijos projektui. Norint rasti tinkamą energijos vartojimo problemų sprendimą, labai svarbu žinoti akumuliatorių tipus ir pasirinkti geriausią. Šioje studijoje apžvelgsime penkis pagrindinius energijos projektuose naudojamų kaupiklių tipus ir apžvelgsime jų privalumus ir trūkumus.

6.2.1 RŪGŠTINIAI ŠVINO KAUPIKLIAI

Švino rūgšties akumulatoriai yra seniausias naudojamas akumuliatorių tipas. Pasak „Solar Quotes“, tai dar visai neseniai buvo vienintelė praktiška baterijų technologija, skirta saugoti saulės energiją. Švino rūgšties akumulatoriai yra plačiai naudojami automobiliuose, kad būtų užtikrinta didelė srovė, reikalinga automobilių paleidimo varikliams. Tai yra to paties tipo akumulatoriai, kuriuos turite savo automobiliuose, tačiau tie, kurie naudojami energijos projektams, paprastai yra daug aukštesni. Šio tipo baterijos taip pat yra įkraunamos, jos įkrovimo / iškrovimo efektyvumas yra nuo 50% iki 95%.

Pagrindiniai švino rūgšties akumuliatorių pranašumai yra šie:

- Technologijos yra daug metų išbandytos, todėl jos yra patikimos energetikos projektams.
- Jie taip pat yra nebrangūs, palyginti su kitų naujesnių tipų baterijomis.
- Švino rūgšties akumulatoriai yra sėkmingiausiai perdirbami akumulatoriai.

Tačiau jos turi ir trūkumų. Pagrindiniai trūkumai yra šie:

- Švino rūgštinių akumulatoriaus dydis yra didelis, todėl jis užima daug vietos.
- Jie taip pat turi mažą galimų pakrovimų/iškrovimų ciklų skaičių. Priklausomai nuo to, kiek kartų juos įkraunate ir iškraunate, jie paprastai tarnauja daugiausia 2 - 8 metus.
 - Jų išsikrovimo gylis yra apie 60%, o tai reiškia, kad išnaudoję 60% jų talpos, turite juos įkrauti.
 - Jie geriausiai veikia esant 20 °C temperatūrai. Jei jų aplinkos temperatūra yra aukštesnė, jų veikimas ir tarnavimo laikas sumažės.
- Taip pat kyla susirūpinimas dėl akumuliatorių viduje naudojamo švino, kurio naudojimas tampa vis mažiau leidžiamas.

6.2.2 LIČIO JONŲ KAUPIKLIAI

Ličio jonų (Li-NMC – Ličio nikelio mangano kobalto oksidų) kaupikliai plačiai naudojamos jūsų išmaniuosiuose telefonuose ir nešiojamuosiuose kompiuteriuose. Jie taip pat gali būti naudojami elektromobiliuose. Ličio jonų akumulatoriai gali būti iškraunami giliau ir ilgiau nei švino rūgštiniai akumulatoriai. Jų iškrovimo efektyvumas yra 80%, o jų tarnavimo laikas yra 13–18 metų.

Pagrindiniai ličio jonų akumuliatorių pranašumai yra šie:

- Be ilgesnės eksploataavimo trukmės ir efektyvumo, tikimasi, kad per kelerius ateinančius metus kaina bus mažesnė, nes tokio tipo akumuliatorių gamyba taps paprastesnė.
- Ličio jonų celės mažai kenkia aplinkai ir žmonėms.
- Jie puikiai tinka šiuolaikinių technologinių projektų įgyvendinimui (elektromobiliai, dronai ir t.t.)

Pagrindiniai ličio jonų akumuliatorių trūkumai yra šie:

- Jie reikalauja ženkliai daugiau apsaugos grandinėse, kad būtų užtikrintas saugus veikimas.
- Technologija nėra visiškai išbandyta. Jei naudojamas netinkamai, kyla gaisro pavojus.
- Nepaisant galimo kainos sumažėjimo ateityje, šios baterijos kaina vis dar yra gana brangi gaminti.

6.2.3 SRAUTINIAI KAUPIKLIAI

Srautiniai kaupikliai yra palyginti naujas baterijų tipas, atsirandantis rinkoje. Remiantis „Solar Quotes“, jie vadinami srautinės baterijomis, nes jų viduje yra vandeninis cinko bromido tirpalas.

Pagrindiniai srautinės baterijų pranašumai yra šie:

- Didžiausias jų pranašumas yra tai, kad jie turi 100% iškrovos gylį. Tai reiškia, kad jie gali būti visiškai iškrauti per ciklą be neigiamo poveikio jų eksploataavimo trukmei.
- Jie puikiai tinka didelės galios objektams nuo kelių kW iki MW. Taikant juos saulės energijai, srauto baterijų talpa iš tikrųjų yra daug žadanti.
- Jie gali toleruoti ekstremalias oro sąlygas iki 50°C
- Kai baigiasi jų tarnavimo laikas, pigu juos atnaujinti.
- Akumuliatoriaus viduje naudojami elektrodai taip pat yra ekologiški.

Pagrindiniai srautinių baterijų trūkumai:

- Kaina yra gana didelė, palyginti su dviem anksčiau minėtais tipais.
- Jo tarnavimo laikas iš tikrųjų yra šiek tiek trumpesnis nei ličio jonų baterijų.
- Sprendimas tinkamas tik didelės galios projektams

6.2.4 NATRIO NIKELIO CHLORIDO KAUPIKLIAI

Natrio nikelio chloridas yra dar vienas naujas akumuliatoriaus tipas. Palyginti su kitų tipų baterijomis, ši yra naujausia ir saugiausia. Dėl šių baterijų viduje naudojamos cheminės medžiagos jis yra gana saugus ir patikimas.

Pagrindiniai natrio nikelio chlorido baterijų pranašumai yra šie:

- Jie gali veikti nuo -20°C iki 60°C
- Jie yra visiškai perdirbami, be toksiškų ar pavojingų cheminių medžiagų žmonėms ir aplinkai.

- Su šiomis baterijomis nėra gaisro pavojaus.
- Didesnė ličio jonų baterijų sistemose būtinas aktyvus aušinimas, tačiau šiems akumulatoriams vidinės aušinimo sistemos nereikia.

Pagrindiniai natrio nikelio chlorido baterijų trūkumai yra šie:

- Numatomas jų ciklo laikas yra apie 3500 ciklų. Nors ličio jonų baterijų ciklo trukmė yra nuo 4 000 iki 10 000.
- Jis turi tik 80% iškrovos gylį, o tai reiškia, kad viduje esančios energijos negalima visiškai išnaudoti.
- Tai taip pat gana brangu naudoti net dideliems projektams. Nepaisant jo teikiamų privalumų, jo kaina už kWh yra daug didesnė nei ličio jonų.

6.2.5 LIČIO GELEŽIES KAUPIKLIAI

Ličio geležis (LFP – ličio geležies fosfato) yra viena iš naujausių baterijų technologijos pažangų. Energetikos įmonės yra ypač sužavėtos galimomis jo taikymo galimybėmis dėl skirtingų jo savybių. Kaip pažymi „Newcastle Systems“, fosfatų pagrindu sukurta technologija turi daug geresnį terminį ir cheminį stabilumą, todėl ji yra saugesnė nei ličio jonų technologija. Ličio fosfato elementai yra nedegūs, jei netinkamai elgiamasi įkrovimo ar iškrovimo metu, jie yra stabilesni perkrovimo ar trumpojo jungimo sąlygomis ir gali atlaikyti aukštą temperatūrą nesuirdami. Kai piktnaudžiaujama, fosfato pagrindu pagaminta katodo medžiaga nesudegs ir nėra linkusi į terminį nutekėjimą. Fosfatų chemija taip pat užtikrina ilgesnį ciklo gyvenimą.

Ličio geležies baterijų pranašumai yra šie:

- Labiausiai stabilus
- Geras galios tankis
- Didelis pakrovimų/iškrovimų ciklų skaičius (dažniausiai gamintojai apteikia apie 7000 garantinių ciklų prie 0.5C)
- Ekonomiškas
- Šiuo metu tai dažniausiai naudojama technologija pramoniniuose elektros energijos kaupikliuose

6.3 PAGRINDINIAI TECHNINIAI PARAMETRAI APIBŪDINANTYS ENERGIJOS KAUPIKLIOUS.

Energijos kaupiklis yra įrenginys, kuris cheminę energiją paverčia elektros energija ir atvirkščiai. Čia pateikiamas įvadas į terminiją, naudojamą apibūdinant, klasifikuojant ir lyginant kaupiklius.

Kaupiklio principai

- **Celės, moduliai ir paketai** – hibridinės ir elektrinės transporto priemonės, arba į įmonių tinklus jungiami energijos kaupikliai turi aukštos įtampos akumuliatorių paketą, kurį sudaro atskiri moduliai ir

celės, išdėstytos nuosekliai ir lygiagrečiai. Celė yra mažiausias kaupiklio elementas, kuris savyje gali turėti nuo vieno iki šešių voltų. Modulis susideda iš kelių celių, paprastai sujungtų nuosekliai arba lygiagrečiai. Tada akumuliatorių blokas surenkamas sujungiant modulius, vėl nuosekliai arba lygiagrečiai

- **Baterijų klasifikacija** – ne visos baterijos yra vienodos, net ir tos pačios cheminės sudėties. Pagrindiniai kaupiklio parametrai yra galia ir energija: baterijos gali būti didelės galios arba didelės talpos (kWh).

- **C ir E rodikliai** – apibūdinant baterijas, iškrovos srovė dažnai išreiškiama kaip C sparta siekiant normalizuoti akumulatoriaus talpą, kuri dažnai labai skiriasi tarp skirtingų baterijų. C greitis yra akumulatoriaus išsikrovimo greičio matas, palyginti su jo kiekio maksimalia talpa. 1C greitis reiškia, kad iškrovos srovė iškraus visą bateriją per 1 val. Akumulatoriui, kurio talpa 100 A val., tai prilygsta 100 amperų srovės iškrovimui. Šios baterijos 5C sparta būtų 500 amperų, o C/2 sparta būtų 50 amperų. Panašiai E norma apibūdina iškrovos galią. 1E greitis yra visos galios iškrova per 1 valandą.

Kaupiklio būklė

Šiame skyriuje aprašomi kai kurie kintamieji, naudojami dabartinei akumulatoriaus būklei apibūdinti.

- **Iškrovimo būseną (SOC) (%)** – esamos akumulatoriaus talpos išraiška procentais nuo didžiausios galimos talpos. SOC paprastai apskaičiuojamas naudojant srovės integraciją nustatant akumulatoriaus talpos pokytį laikui bėgant.

- **Iškrovimo gylis (DOD) (%)** – buvusios akumulatoriaus talpos iškrovos procentas. Iškrova didesnė kaip 80 proc. yra vadinama giliu iškrovimu.

- **Gnybtų įtampa (V)** – įtampa tarp akumulatoriaus gnybtų esant apkrovai. Gnybtų įtampa skiriasi priklausomai nuo SOC ir iškrovimo / įkrovimo srovės.

- **Atviros grandinės įtampa (V)** – įtampa tarp akumulatoriaus gnybtų be apkrovos. Atviros grandinės įtampa priklauso nuo akumulatoriaus įkrovos būsenos

- **Vidinė varža** – akumulatoriaus varža, kuri paprastai skiriasi įkraunant ir iškraunant, taip pat priklauso nuo kaupiklio įkrovimo būsenos. Didėjant vidinei varžai, akumulatoriaus efektyvumas mažėja, o terminis stabilumas mažėja, nes daugiau įkrovimo energijos paverčiama šiluma

- **Pakrovimų/iškrovimų ciklų skaičius** - vienas iš pagrindinių parametru apibrėžiančiu kiek tokių ciklų atlaiko kaupiklis, kad išlaikytų savo technines charakteristikas. Skirtingo tipo kaupikliai turi skirtingą ciklų skaičių, kuris svyruoja nuo kelių tūkstančių iki keliasdešimt tūkstančių.

Visi šie techniniai kaupiklių parametrai sudedami į kompleksinį energijos kaupimo įrenginį, kuris pagal skirtingus poreikius gali būtų įvairios talpos ir galios. Dažniausiai didesnės talpos > 500 kWh kaupikliai būna sudėti į konteinerį, kuriame jau sumontuota visa reikalinga įranga, kad kaupiklis galėtų būti prijungiamas į tinklą. Taip pat jis turi visas reikalingas apsaugas (nuo gaisro ir pan), o mažesnės talpo kaupikliai dažniausiai būna sumontuoti į specializuotas spintas, kurios lengvai gali būti pastatomos tiek patalpoje tiek lauke (11 pav. *Kaupiklis: a) konteinerinis b) sumontuotas spintoje*)



11 pav. Kaupiklis: a) konteinerinis b) sumontuotas spintoje

Pagrindiniai BESS parametrai:

- **Nominali galia** – tai bendra galima momentinė iškrova BESS galia (kilovatais [kW] arba megavatais [MW]), arba didžiausias iškrovos greitis, kurį BESS gali pasiekti, pradedant iš visiškai įkrautos būsenos.
- **Energijos talpa** yra didžiausias sukauptos energijos kiekis (kilovatvalandėmis [kWh] arba megavatvalandėmis [MWh])
- **Ciklų skaičius / eksploataavimo trukmė** yra kaupiklio pagrindinio parametro (talpos) išlaikymas daug kartų pakraunant ir iškraunant, kol stipriai pasireiškia talpos sumažėjimo efektas.
- **Savaiminis išsikrovimas** įvyksta, kai sukauptas krūvis (arba energija) kaupiklyje sumažėja dėl vidinių cheminių reakcijų arba panaudojamas svarbiems procesams palaikyti. Savaiminis išsikrovimas, išreikštas procentais, prarasto per tam tikrą įkrovą laikotarpį, sumažina iškrovimui skirtos energijos kiekį ir yra svarbus parametras, į kurį reikia atsižvelgti naudojant kaupiklius, skirtus ilgesnių procesų naudojimui.
- **Įkrovimo būseną** (SoC – state of charge), išreikšta procentais, rodo kaupiklio įsikrovimo lygį. Įkrovimo lygis svyruoja nuo visiškai iškrauto iki pilnai įkrauto. Įkrovimo būseną turi įtakos kaupiklio gebėjimui bet kuriuo metu teikti elektros energijos arba papildomas paslaugas tinklui.
- **Kaupiklio pakrovimo ir iškrovimo ciklo efektyvumas**, matuojamas procentais, yra santykis Energijos įkrautos į kaupiklį su iškraunamos iš kaupiklio.

7 ELEKTROS ENERGIJOS VARTOJIMAS OBJEKTUOSE

7.1 ELEKTROS ENERGIJOS TIEKIMAS IR VARTOJIMAS UOSIŲ G. 8, DUMPIŲ K., DOVILŲ SEN., KLAIPĖDOS R. SAV.

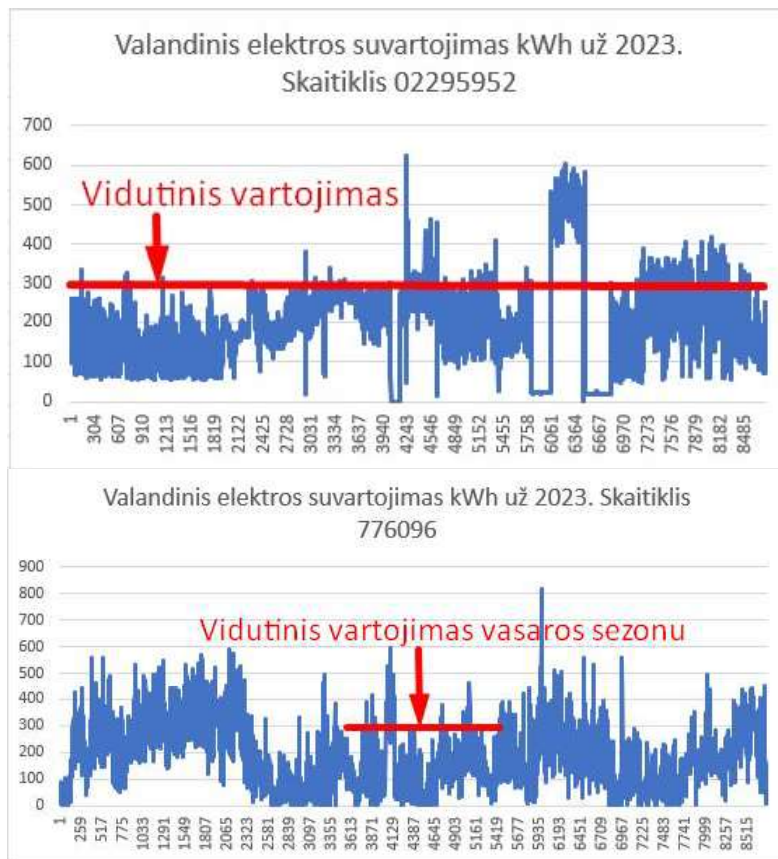
Nagrinėjame objekte yra du ESO įvadai su skaitikliais, kurie fiksuoja elektros suvartojimą skirtinguose taškuose. Bendra įvado galia yra 1000 kW. Objekte yra įrengta 1254 kW galios kogeneracinė elektrinė, kuri per mėn. pagamina ~200000-250000 kWh/mėn. (priklausomai nuo turimų dujų kiekio). Šiuo metu visas pagaminamas elektros kiekis sunaudojamas savo reikmėms. Nors elektrinės įrengtoji galia yra 1254 kW, tačiau leistina generuoti galia į ESO tinklą yra 654 kW. Žemiau pateiktoje lentelėje surašyti kas mėnesį kogeneracinės elektrinės pagaminamas elektros kiekis, nuperkamas elektros kiekis kiekvieną mėnesį iš elektros tiekėjo ir parduodamas perteklinis elektros kiekis, ko objektas nesuvartoja momentiška, kai kogeneracinė elektrinė dirba pilnu pajėgumu. Iš lentelėje pateiktų duomenų akivaizdžiai matosi, kad atiduodama perteklinis elektros kiekis į ESO tinklus yra labai mažas (artimas 0 kWh), lyginant su galima generuoti į ESO tinklą galia. Pabrėžtina, kad analizuojamas Dumpių objektas turi gamintojo statusą, tai reiškia, kad generuojama perteklinė elektra į ESO tinklą yra parduodama elektros tiekėjui už sutartinę kainą.

Data	2022.09	2022.10	2022.11	2022.12	2023.01	2023.02
Pirkta iš elektros tiekėjo (tūkst. kWh)	177.908	170.149	223.467	270.347	213.702	213.673
Biodujų generatoriaus pagaminta (tūkst. kWh)	246.025	273.031	205.204	175.962	249.903	181.733
Parduota į ESO (tūkst. kWh)	1.530	10.679	4.738	0.102	4.355	0.062
Data	2023.03	2023.04	2023.05	2023.06	2023.07	2023.08
Pirkta iš elektros tiekėjo (tūkst. kWh)	291.543	239.594	257.753	242.431	241.912	270.226
Biodujų generatoriaus pagaminta (tūkst. kWh)	204.116	258.096	281.204	212.695	247.938	206.120
Parduota į ESO (tūkst. kWh)	0.000	5.435	11.882	3.566	19.484	1.103

Įmonė yra išsikėlusį tikslą, kuo daugiau reikalingos elektros pasigaminti patiems iš atsinaujinančių energijos išteklių. Konkrečiu atveju bus nagrinėjama hibridinė elektrinė: fotovoltinė saulės elektrinė su elektros energijos kaupikliu.

7.2 ELEKTROS ENERGIJOS VARTOJIMO APŽVALGA SAULĖS ELEKTRINĖ GALIOS PARINKIMUI

Pradžiai svarbu įsivertinti valandinį elektros suvartojimą per visus 2023 metus (12 pav. *Valandiniai elektros suvartojimai už 2023 metus fiksuoti ESO įrengtų skaitiklių*). Vertinami duomenys atskirai kiekvieno skaitiklio.



12 pav. Valandiniai elektros suvartojimai už 2023 metus fiksuoti ESO įrengtų skaitiklių

Iš pateiktų duomenų matoma, kad pirmas skaitiklis (02295952) fiksuoja vidutinį valandinį elektros vartojimą 300 kWh su tam tikrais ekstremumais, kurie pasiekia ir dvigubai didesnę vartojimą. Panašius duomenis rodo ir antrasis skaitiklis (776096). Šio skaitiklio duomenų grafike yra išskirtas vasaros laikotarpis tam, kad matytųsi kokį elektros kiekį galėtų sudengti numatoma hibridinė saulės elektrinė. Išskirtas būtent vasaros laikotarpis, nes tuo metu saulės elektrinė pagamintų didžiausią elektros kiekį, kaip jau buvo detalizuota šios studijos 3-iaame skyriuje. 13 pav. Valandinis elektros suvartojimas vienos paros laikotarpyje yra išskirtas pavyzdinis vienos paros elektros vartojimo valandinis grafikas, kuris turi išreikštą maksimumą apie 13 val., o toks elektros vartojimo pobūdis koreliuoja su saulės elektrinės elektros gamybos grafiku.



13 pav. Valandinis elektros suvartojimas vienos paros laikotarpyje

Tačiau, kaip matosi 12 paveiksle, elektros vartojimas skirtingomis dienomis yra skirtingas, tad optimalios saulės elektrinės galios parinkimui įtrauksime prielaidą, kad galimas perteklinis (ta elektra, kurios momentiška nesuvartojama) elektros kiekis yra apie 10 % tiek viename vartojimo taške, tiek kitame. Iš valandinio elektros suvartojimo grafiko už metus laiko atsižvelgiant į momentinio suvartojimo vertes galime preliminariai konstatuoti, kad saulės elektrinės optimali galia bus apie 800 kW. Tikslesni skaičiavimai bus pateikti kitame skyriuje. Ši preliminarai galia reikalinga tam, kad įsivertinti turimą laisvą plotą saulės elektrinės įrengimui objekto teritorijoje.



14 pav. 800 kWp saulės elektrinės užimamas plotas sklype

14 pav. 800 kWp saulės elektrinės užimamas plotas sklype paveiksle parodyta kiek vietos užimtų 800 kW saulės elektrinė sklype. Detaliai sklypo įvertinimui, reiktų pasidaryti topo nuotrauką ir atsižvelgti į visas apsaugines zonas.

Yra galimi keli saulės elektrinės galios parinkimo scenarijai:

Eil. nr.	Scenarijai	Privalumai	Trūkumai
1.	Viskas kas pagaminta būtų ir suvartojama tuo momentu.	Greičiausias investicijos atsipirkimas, nes pagamintos elektros kaina lieka mažiausia ir neprisideda jokie ESO papildomi mokesčiai.	Esant kintančiam elektros vartojimui, praktiškai visą laiką gausis, kad kažkiek elektros bus momentiška nesuvartojama, todėl dalis perteklinės elektros būtų prarandama.
2.	Į ESO tinklą būtų atiduodama iki 10 % perteklinės pagamintos elektros.	Šiuo atveju gaunamas optimalus elektrinės galios parinkimas vertinant tik per investicijos atsipirkimo laiką.	Perteklinės elektros pardavimo kaina gali būti ir žemesnė, nei pasigaminimo, bet atkreiptinas dėmesys, kad čia kalbama apie labai nedidelius elektros kiekius.

3.	Montuojama tiek, kiek telpa ant stogo/žemės arba kiek leidžia turimas ESO įvadas.	Šiuo atveju gaunama didžiausia galima elektrinės galia, bus pagamintas didžiausias reikiamas elektros kiekis.	Ilgėja investicijos atsipirkimas, nes atsiranda didelis kiekis perteklinės elektros energijos, kuri momentiška nėra suvartojama.
4.	Nuotolinė saulės elektrinė, vėjo jėgainė.	Nereikalingas joks stogo ar žemės sklypo vertinimas, nes elektra būtų tiekama iš nutolusio saulės/vėjo parko	Atsiranda elektros perdavimo ESO tinklais mokestis, kuris peržiūrimas kiekvienais metais, tad tai ilgina investicijos atsiperkamumą.

Pasirinktas yra 2 scenarijus, kai saulės elektrinė į ESO tinklą generuoja apie 10% perteklius elektros nuo viso pagaminto kiekio, bet papildomai pridodamas ir elektros energijos kaupiklis, kuris padėtų subalansuoti vidinio tinklo elektros srautus, padėtų generuoti didesnes pajamas iš perteklinės elektros pardavimo, teiktų Litgrid tinklams balansavimo paslaugas (mFRR, aFRR, FCR ir kt.) bei būtų kaip rezervinis maitinimo šaltinis objektui, jei sutriktų elektros tiekimas iš ESO pusės.

Analizė suskirstyta į dvi dalis, nes objekte yra dvi apskaitos, iš kurių imami duomenys. Skaitiklis 2295952 toliau tekste bus įvardijamas kaip **įvadas 1**, o skaitiklis 776096 kaip **įvadas 2**.

Saulės elektrinės teoriniai generacijos duomenys buvo suskaičiuoti naudojantis SolarEdge programine įranga. Iš šios programos buvo išeportuoti valandiniai elektros pagaminimo duomenys už metus laiko ir panaudoti tolimesnėje analizėje. Įvadui 1 taikant reikalavimą, kad perteklinės elektros kiekis neviršytų 10 % nuo visos pagaminto elektros kiekio ir įvedant dar elektros energijos kaupiklį (toliau BESS – Battery energy storage system) buvo gauta, kad saulės elektrinės galia turi būti apie 450 kWp, o kaupiklio galia ir talpa 600 kW/600 kWh. Žemiau pateikiama lentelė, kurioje yra surašyti suminiai duomenys:

BESS talpa, kWh	600
BESS galia, kW	600
PV elektrinės galia, MWp	0.45

SoC (State of charge)	90%
DoD (Depth of discharge)	10%

Įvado 1 metinis suvartojimas, MWh	1739.57
PV momentinis suvartojimas, MWh	378.24
Energija iš BESS, MWh	30.51
Energija iš ESO tinklo, MWh	1330.82

PV metinė gamyba, MWh	457.11
PV momentinis suvartojimas, MWh	378.24
Energija iš BESS, MWh	30.51
Atiduota elektra į ESO tinklą, MWh	48.36

Įvado 1 su PV suvartojimas, MWh	1361.33
Įvado 1 su BESS suvartojimas, MWh	1330.82

Iš pateiktų duomenų matoma, kad iškeltus reikalavimus įvadui 1 atitiktų hibridinį elektrinę, kur PV galia būtų 450 kWp, o BESS talpa 600 kWh, o galia 600 kW. Toks derinys pilnai galėtų būti įgyvendintas atsižvelgiant ir į turimą elektros tinklų infrastruktūrą, bei reikalingą plotą saulės elektrinei bei kaupikliui.

Įvado 2 suvestiniai rezultatai pateikti žemiau lentelėse:

BESS talpa, kWh	1000
BESS galia, kW	1000
PV elektrinė, MWp	0.26

SoC (State of Charge)	90%
SoD	10%

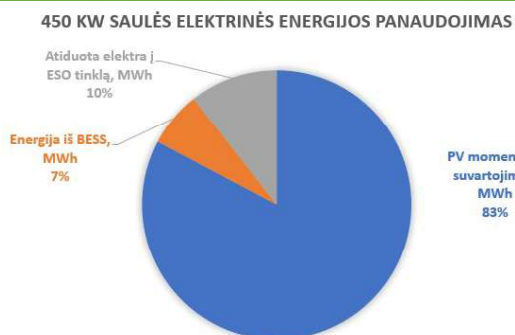
Įvado 2 suvartojimas, MWh	1587.15
PV momentinis suvartojimas, MWh	197.83
Energija iš BESS, MWh	39.83
Energija iš ESO tinklo, MWh	1349.49

PV gamyba, MWh	264.11
PV momentinis suvartojimas, MWh	197.83
Energija iš BESS, MWh	39.83
Atiduota į ESO tinklą, MWh	26.45

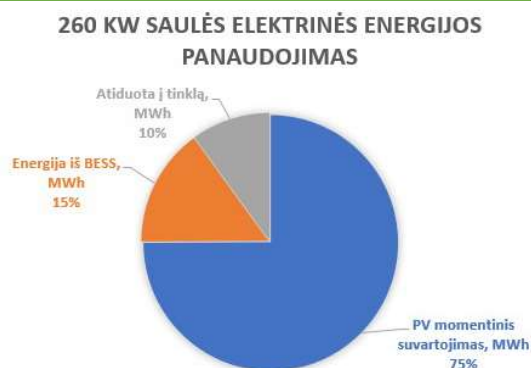
Įvado 2 su PV suvartojimas, MWh	1389.32
Įvado 2 su BESS suvartojimas, MWh	1349.49

Šiam įvadui optimali saulės elektrinė būtų apie 260 kW, o BESS – 1000 kW / 1000 kWh. Susisteminti abiejų įvadų grafikai pavaizduoti 17 paveiksle. Apibendrinant abu skaičiavimus gauname, kad **bendra saulės elektrinės galia būtų 710 kWp** (čia yra įrengtoji bendra saulės modulių galia), o **BESS – talpa 1600 kWh**, o galia galėtų būti ir 800 kW, nes bendra abiejų įvadų vartojimo galia yra apie 600 – 800 kW. Tad pasiūlytų parametrų kaupiklio pilnai užtektų aptarnauti esamą objektą. Vidutiniškai objektas per diena suvartoja nuo 1-2 MWh. Idealiu atveju pasiūlytos talpos BESS pilnai užtektų objektui patiekti reikalingą elektros kiekį visą parą. Kaupiklio detalesnis charakterizavimas, panaudojimas ir pajungimo schema aprašyta sekančiame skyriuje. Iš pateiktų skaičiavimo rezultatų matosi, kad 710 kW saulės elektrinė ir 800 kW/1600 kWh talpos kaupiklis **padengtų apie 19,5%** visos reikalingos (nuperkamos) elektros energijos kiekio. Skaičiavimuose buvo įskaičiuota kogeneracinės elektrinės pagamintas elektros kiekis, kuris praktiškai visas yra suvartojamas įmonės vidiniame tinkle momentiška.

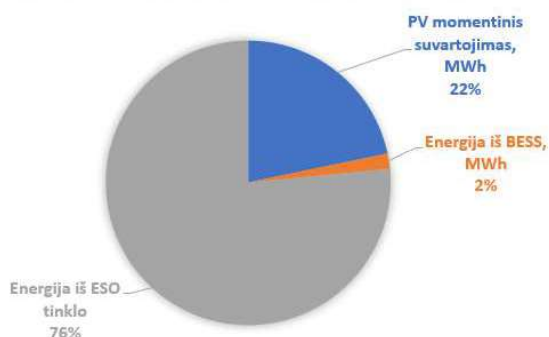
Įvadas 1



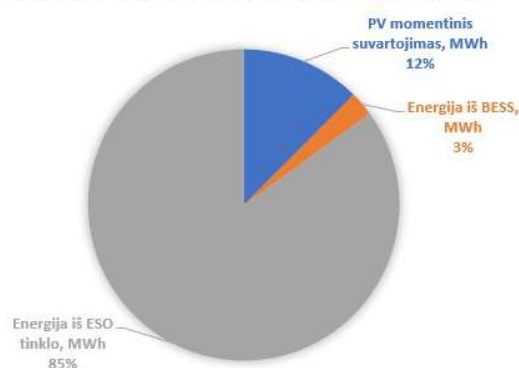
Įvadas 2



ELEKTROS ENERGIJOS POREIKIO STRUKTŪRA



ELEKTROS ENERGIJOS POREIKIO STRUKTŪRA



15 pav. Saulės elektrinės energijos panaudojimas ir viso elektros poreikio struktūra Įvadui 1 ir Įvadui 2.

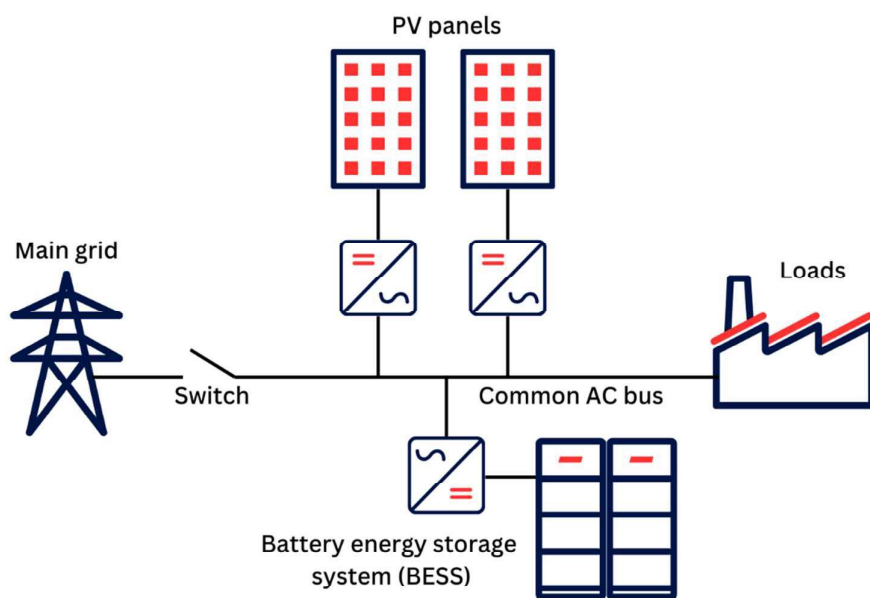
8 KAUPIKLIO CHARAKTERIZAVIMAS, PAJUNGIMAS Į VIDINĮ TINKLĄ IR BALANSAVIMO PASLAUGŲ TEIKIMAS

Ankstesniame skyriuje buvo aptarta variantas, kai BESS panaudojamas saulės elektrinės perteklinės elektros kaupimui ir kai generuojamos elektros kiekis sumažėja, tada kaupiklis išsikrauna į vidinį tinklą, kur ši elektra ir suvartojama. Be šios funkcijos, kaupiklio panaudojimas gali būti ir platesnis: atlikti rezervinio maitinimo šaltinio funkciją, galios viršijimų eliminavimas (jei yra ribota įvado galia, o tam tikri įrenginiai tam tikrais momentais ima iš tinklo didesnę galią), užtikrinti tinklo stabilumą, teikti lankstumo paslaugas elektros perdavimo operatoriui ir kt. Daugiau funkcionalumo aprašyta 6 skyriuje.

BESS gali padidinti tinklo stabilumą greitai reaguodama į pasiūlos ir paklausos svyravimus. Prireikus jie gali greitai tiekti energiją, užkertant kelią įtampos kritimui ir dingimui. Be to, šios sistemos gali veikti kaip dažnio reguliatoriai, palaikydami tinklo dažnį priimtinoje ribose. Jie suteikia tinklo operatoriams vertingą įrankį, užtikrinantį nuoseklų ir patikimą energijos tiekimą vartotojams.

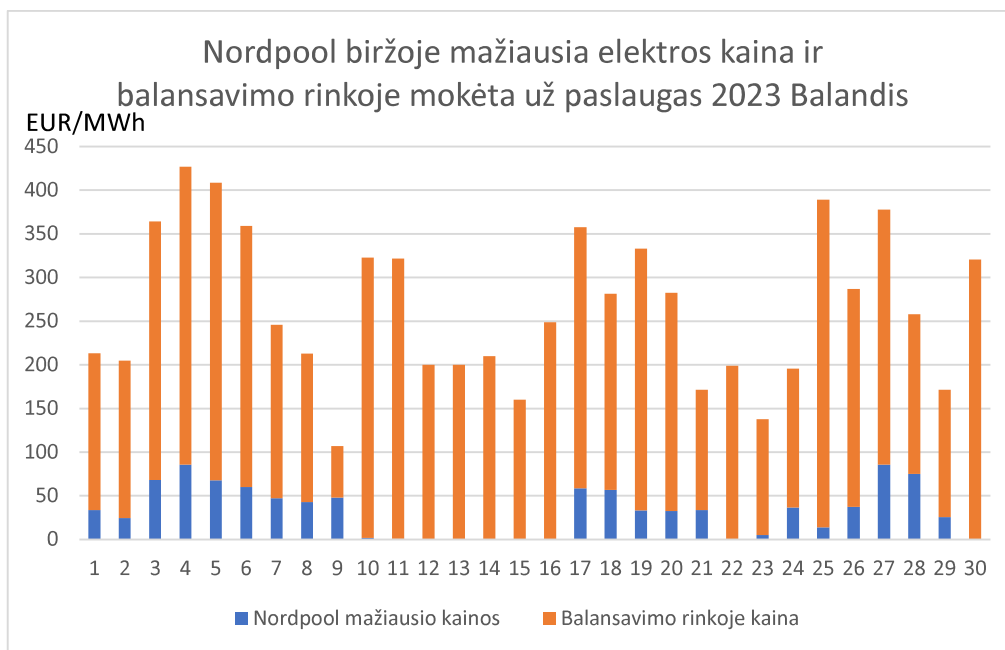
BESS principinė pajungimo į vidinį tinklą schema pateikta 16 pav. *Principinė kaupiklio ir saulės elektrinės ar kito generatoriaus prijungimo schema*. Salos režimo veikimui užtikrinti, turi būti vidinis tinklas pilnai atjungtas nuo išorinio (ESO tinklo). Tai užtikrinti galima mechaniniu atjungimu, arba įdiegus automatinis sprendinius, kurie būtų pakankamai sudėtingi. Atkreiptinas dėmesys, kad dingus DSO (mūsų atveju ESO) tinklui, kaupikliui būtų reikalingas tam tikras laikas.

BESS gali atlikti visas reikalingas funkcijas, kai yra valdomas per EMS (Energy management system). Čia yra kertinė visos sistemos dalis, nes EMS turi nurodyti kaupikliui, kada jis teks balansavimo paslaugas Litgrid tinklui, o kada patieks trūkstamą elektros kiekį į įmonės vidinį tinklą. Be EMS kaupiklis bus tik paprastas daiktas prijungtas prie elektros tinklų.



16 pav. Principinė kaupiklio ir saulės elektrinės ar kito generatoriaus prijungimo schema

BESS prijungtas į vidinį tinklą ar tiesiai į ESO ar Litgrid tinklą gali generuoti savininkui pajamas. Lietuva, kartu su Latvija ir Estija yra vienoje Baltijos šalių perdavimo tinklų balansavimo rinkoje. Visų šių šalių perdavimo operatoriai yra atsakingi iš tinklų balansavimą, t.y. užtikrinti, kad nebūtų elektros trūkumo ar pertekliaus. Operatoriai turi sutartis su rinkos dalyviais, kurie užtikrina, jog tam tikrais momentais perteklinė elektra (pvz, kai pradeda daug elektros gaminto vėjo jėgainės, o vartojimo nėra) būtų iš tinklų paimama, o kai jos trūksta, paduodama (jungiama generatoriai, kurie gali patiekti trūkstamą elektros kiekį). Šiuo metu Baltijos šalyse yra perkamos mFRR paslaugos (aprašyta 6 skyriuje). Įkainiai už MWh kiekvieną valandą svyruoja pakankamai plačiame kainų intervale (kelių šimtų eurų/MWh, kartais pasitaiko ir tūkstančių): https://baltic.transparency-dashboard.eu/node/41?start_date=2024-01-04T00%3A00&end_date=2024-01-06T00%3A00&output_time_zone=EET&mode=chart. Palyginus šiuos elektros įkainius su NordPool biržoje esančiomis kainomis, pastebėta, kad balansavimo rinkoje jos yra 2-3 kartus didesnės. Pavyzdys pateiktas 17 pav. 2023 metų Balandžio mėnesio NordPool mažiausios kainos padieniui bei balansavimo rinkoje mokėta už mFRR paslaugas.



17 pav. 2023 metų Balandžio mėnesio NordPool mažiausios kainos padieniui bei balansavimo rinkoje mokėta už mFRR paslaugas

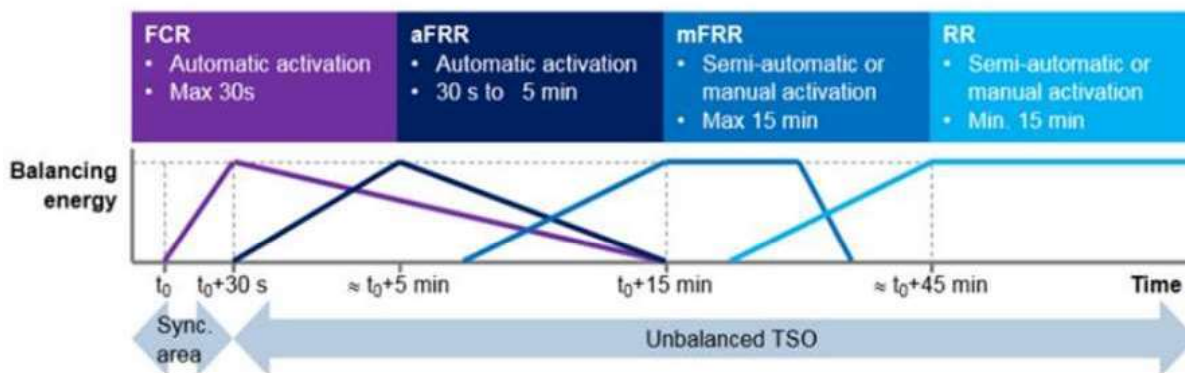
Tai esant geram kaupiklio valdymui, galima organizuoti, kad kaupiklis pasikrautų iš Nordpool biržos tuo metu, kaip elektros kaina yra mažiausia (galima matyti biržoje elektros kainas 24 val į priekį) ir išsikrauti į vidinį tinklą tuo metu, kai Litgrid paprašo sumažinti vartojimą. Už šią paslaugą apmokama pagal tai, kokia buvo aukcione nustatyta kaina. Balansavimo biržoje galima dalyvauti per Tekėją arba tiesiai pačiam, jei kaupiklio galia yra ne mažesnė nei 1 MW.

Baltijos šalių elektros perdavimo sistemos operatorės „Litgrid“, AST ir „Elering“ kuria bendrą balansavimo pajėgumų rinką, kuri pradės veikti nuo 2025 metų. Operatorių skaičiavimu, joje bus užsakoma iki 1512 MW balansavimo pajėgumų, kuri kasmet didės. Nauja rinka kuriama besiruošiant sinchronizacijai su kontinentinės Europos elektros tinklais, po kurios Baltijos šalys veiks kaip bendras dažnio valdymo blokas ir balansavimo pajėgumų paslaugas užsakys kartu.

Be esamų pajėgumų, efektyviai balansavimo paslaugas gali teikti:

- baterijų sistemos, kurios gali ir energiją naudoti, ir ją pateikti į tinklą pagal poreikį;
- jau veikiančios ir naujai vystomos atsinaujinančių išteklių elektrinės su valdymo sistemomis, pritaikytomis balansavimui mažinant gamybą;
- paklausos telkėjai, galintys koreguoti elektros vartojimą.

Balansavimo pajėgumų paslaugos bendroje Baltijos šalių rinkoje bus kasdien perkamos aukciono būdu, nuo sekundžių iki keliolikos minučių periodais rytojaus dienai, priklausomai nuo paslaugos (18 pav. Balansavimo paslaugų tipai ir jų aktyvavimo trukmės)



18 pav. Balansavimo paslaugų tipai ir jų aktyvavimo trukmės

Nuo 2025 metų rinkoje bus perkamos automatinio dažnio atkūrimo rezervo (aFRR) paslaugos, o po sinchronizacijos su kontinentinės Europos tinklais – ir dažnio išlaikymo rezervas (FCR). Šie rezervai skiriasi savo reakcijos greičiu ir trukme – dažnio išlaikymo rezervas turi būti aktyvuotas per 30 sekundžių, automatinis dažnio atkūrimo rezervas – per 5 minutes, o rankinis – per 15 minučių (šiuo metu galima tiekti tik mFRR paslaugas).

Būtina atkreipti dėmesį į skirtingus reagavimo laikus skirtingose rinkos dalyse, FCR rinkoje reagavimo laikas bus tik 30sek, ko pasėkoje eliminuos kitus lanksčius klientus, kurie negali taip greitai sureaguoti į prašymą subalansuoti tinklą, **tai yra kertinis baterijų sistemų privalumas.**

Prognozuojama, jog 2025 metais suminis balansavimo pajėgumų poreikis išaugs daugiau nei 2,5 karto lyginant su 2023 metais.

Autonimiam sistemos veikimui (dingus įtampai iš ESO tinklo) analizuojama sistema: Saulės elektrinė, kaupiklis, kogeneracinė elektrinė ir visi įmonėje elektrą vartojantys įrenginiai galėtų veikti nuolat jei būtų užtikrintas automatinis įmonės tinklo atjungimas nuo ESO tinklo ir automatinis prijungimas, kaip ESO tinklas atstatomas. Kaupiklio funkcionalume turėtų būti numatytas veikimas salos režime (island mode). Tarp kaupiklio ir elektros įvado turėtų būti sumontuotas nepertraukiamos srovės šaltinis (angl. UPS – uninterruptible power supply), kuris užtikrintų, jog dingus ESO tinkui suveiktų automatinis jungtuvas atjungiantis įvadą nuo ESO tinklo ir duodantis signalą kaupikliui persijungti į salos režimą. Tada kaupiklis palaikytų elektros tinklą su reikalingais parametrai leidžiančiais toliau dirbti tiek kogeneracinei, tiek saulės elektrinėms.

9 ENERGIJOS KAUPIKLIO EKONOMINIS VERTINIMAS

Dar 6 skyriuje buvo išvardintos galimos kaupiklių funkcijos. Dumpių objektas turi gamintojo statusą su galima perteklinės elektros generacija į ESO tinklą **675 kW** ir vartojimui **1000 kW**. Tai sudaro sąlygas teikti balansavimo paslaugas abiem kryptimis: mažinti arba didinti vartojimą, taip pat parduoti perteklinę elektrą tuo metu, kaip Nordpool biržoje elektros kaina šią parą yra didžiausia. Kaip matoma,

BESS gali generuoti pajamas iš skirtingų paslaugų, kas daro jį patrauklia investicija. Tiksliai suskaičiuoti investicijos atsipirkimą yra pakankamai sudėtinga, nes kaip buvo minėta sutaupymai ir pajamos gaunamos tiek iš Nordpool biržos (elektrą užsikrauti naktį arba tuo metu, kai jį biržoje yra pigi ir išsikrauti į vidinį įmonės tinklą tuo metu, kai elektros kaina biržoje yra didžiausia). Jei per parą atliekami keli kaupiklio užkrovimo ir iškrovimo ciklai, tada investicija į kaupiklį atsipirks per mažiau nei 10 metų. Taip pat labai svarbu pabrėžti, kad investicijos atsipirkimą pagrįde lemia kainos skirtumas tarp to už kiek kaupiklis yra užkraunamas ir už kiek poto ši elektra parduodama, įvertinus dar vieno ciklo savikainą. Skirtumas turėtų būti ne mažesnis kaip 140 eurų/MWh.

Investicijos atsipirkimo skaičiavimas iš mFRR paslaugų suteikia daugiau optimizmo. Žemiau pateikta lentelė su prielaidomis, prie kurių atlikti skaičiavimai. Didžiausią įtaką investicijos atsipirkimui daro planuojamas ciklų skaičius per parą bei kainos skirtumas tarp to už kokią kainą buvo pasikrauta elektros ir už kokią kainą pavyktų išsikrauti. Jei kainos skirtumas pesimistiniu atveju yra 120 eurų/MWh, tai investicija atsipirks per 16 metų, tačiau kainai pasidarius 160 eurų/MWh investicijos atsipirkimo laikas sutrumpėja iki 10 metų. Taip pat padidinus kaupiklio naudojimo ciklų skaičių nuo 1,5 iki 2,5 prie 160 eurų/MWh investicijos atsipirkimo laikas tampa 6,4 metų. Reiktų pabrėžti, kad čia skaičiuojama tik mFRR paslaugos, kur BESS turi konkuruoti su dideliais rinkos žaidėjais, tokiais kaip Ignitis gamyba Kruonio hidroelektrinė, šiluminės elektrinės ir panašiai, kurie gali suteikti mFRR paslaugas už sąlyginai nedidelę kainą, tačiau kai nuo 2025 metų bus perkamos aFRR ir FCR paslaugos, čia jau bus elektros energijos kaupiklių pagrindinis konkurencinis pranašumas, nes bus reikalingas greitas reagavimas, ką gali atlikti tik kaupikliai. Jei vadovautis Vakarų bei Skandinavijos šalių praktika, įkainiai už aFRR ir FCR paslaugas turėtų būti ženkliai didesni nei mFRR.

Kaupiklio parametrai			
Elementai	vnt	Tipas	Vertė
Galia	[kW]	[input]	800
Nominali kaupiklio talpa	[kWh]	[calculation]	1,600
Naudojama kaupiklio talpa	[kWh]	[input]	1,440
Baterijos iškrovimo lygis	[%]	[input]	90%
Garantinis ciklų skaičius	[# of cycles]	[input]	6,000
Sudedamųjų dalių tarnavimo laikas	[years]	[input]	10
Investicija	[EUR]	[calculation]	930,000
, of which time-limited components	[EUR]	[input]	930,000
, of which yearly battery (cycle based) components	[EUR]	[input]	0
Sistemos nuostoliai	[%]	[input]	10%
Telkėjui mokestis nuo sugeneruoto pelno	[%]	[input]	15%

skaičiavimų prielaidos					
	Vienetai	Tipas	Pesimistinis	Normalus	Optimistinis
Tinklų mokestis	[EUR/MWh]	[input]	34.0	34.0	34.0
tikėtinas ciklų skaičius per dieną	[# of cycles]	[input]	1.5	2.5	3.0
Tikėtinas ciklų skaičius per metus	[# of cycles]	[calculation]	548	913	1,095
Parduotos elektros kiekis	[MWh]	[calculation]	788	1,314	1,577
Energijos nuostoliai	[MWh]	[calculation]	88	146	175
Nupirkto elektros kiekis	[MWh]	[calculation]	876	1,460	1,752

Vidutinė perkamos elektros kaina	[EUR/MWh]	[input]	40.0	40.0	40.0
Kainų skirtumas (pakrovimas UP, iškrovimas DOWN), EUR/MWh	[EUR/MWh]	[input]	120.0	160.0	200.0
Grynosios pajamos per metus	[EUR]	[calculation]	94,608	210,240	315,360
Tinklų mokestis	[EUR]	[calculation]	-29,784	-49,640	-59,568
Energijos nuostoliai	[EUR]	[calculation]	-3,504	-5,840	-7,008
Telkėjui mokestis	[EUR]	[calculation]	-9,198	-23,214	-37,318
Viso pinigų srautas	[EUR]	[calculation]	52,122	131,546	211,466
Atsipirkimo laikotarpis	[years]	[calculation]	17.8	7.1	4.4
IRR	[%]	[calculation]	-9.3%	6.8%	16.9%

Tuo tarpu investicija į saulės elektrinę skaičiuojama šiek tiek kitaip. Pagrindinis parametras lemiantis elektrinės atsiperkamumą yra mokama kaina už elektrą. Skaičiavimuose buvo daryta prielaida, kad perkamos elektros kaina iš elektros tiekėjo yra 0.1 eur/kWh be PVM ir elektrinės 90% pagamintos elektros bus suvartojama vidiniame tinkle, o likę 10 % parduodama į ESO tinklą, kaip perteklius. Esant tokiai prielaidai investicija atsipirktų per 5,8 metų. Elektros kainai pasikeitus 2 cent/kWh investicijos atsipirkimo laikas keičiasi per 1 metus.

Instaliuota galia kWp		710		IRR (Be banko)			14.0%	
Metinis našumas kWh/kWp		1050		Įrangos ir darbų kaina 1kWp		€ 1,000.00		
Elektros kaina Eur/kWh	€	0.100		Paramas intensyvumas			0.0%	
Elektros pardavimas Eur/kWh į tinklą	€	0.080		Elektra sau %			90.0%	
Aptarnavimas Eur/kWp	€	5.00		Elektra į tinklą %			10.0%	
Investicija	€	461,500.000						
Metai		0	1	2	3	4	5	6
Pagaminamas elektros kiekis, kWh		745,500.00	741,772.50	738,063.64	734,373.32	730,701.45	727,047.95	
Suvartojamos elektros vertė		67,095.00	66,759.53	66,425.73	66,093.60	65,763.13	65,434.32	
Į tinklą atiduodamos elektros vertė	€	5,964.000	€ 5,934.180	€ 5,904.509	€ 5,874.987	€ 5,845.612	€ 5,816.384	
Viso pajamos/santaupos	€	73,059.000	€ 72,693.705	€ 72,330.236	€ 71,968.585	€ 71,608.742	€ 71,250.699	
Aptarnavimo kaštai	€	3,550.00	€ 3,585.50	€ 3,621.36	€ 3,657.57	€ 3,694.14	€ 3,731.09	
Sutaupoma suma	€	69,509.000	€ 69,108.205	€ 68,708.881	€ 68,311.017	€ 67,914.598	€ 67,519.613	
Pinigų srautas	-€	461,500.000	€ 69,509.000	€ 69,108.205	€ 68,708.881	€ 68,311.017	€ 67,914.598	€ 67,519.613
Suminis pinigų srautas	-€	461,500.000	-€ 391,991.000	-€ 322,882.795	-€ 254,173.914	-€ 185,862.897	-€ 117,948.299	-€ 50,428.686

1. Įvertinus valandinius elektros suvartojimus Dumpių objekte rekomenduojama įsirengti **710 kWp** saulės elektrinė ant žemės kartu su elektros energijos kaupikliu, kurio galia apie 800-1000 kW, o talpa apie 1600 kWh. Tokios hibridinės elektrinės sugeneruota elektra būtų suvartojama įmonės vidiniame tinkle ir tik 10 % nuo pagamintos elektros būtų parduodama elektros tiekėjui, kaip perteklinė elektra.

2. 710 kW saulės elektrinė su įrengimu kainuotų apie 461500 eurų be PVM, o LFP (Ličio geležies fosfato) kaupiklis, kurio talpa 1600 kWh, kainuotų apie 930 000 eurų be PVM su įrengimu.

3. Elektros energijos kaupiklis atliktų kelias funkcijas:

a) Galėtų būti kaip rezervinis maitinimo šaltinis, jei sutriktų elektros tiekimas iš ESO pusės

b) Stabilizuotų įtampos svyravimus įmonės vidiniame tinkle

c) Užtikrintų, kad perteklinė elektros energija iš saulės elektrinės ar kogeneracinės jėgainės būtų pasaugoma ir poto atiduodama į įmonės vidinį tinklą ir tik apie 10 % visos pagamintos elektros būtų galima parduoti elektros tiekėjui.

d) Teikti tinklų balansavimo paslaugas Litgrid operatoriui per Telkėją ir iš to gauti pajamas.

e) Kai elektros generacija sumažėjas (pvz žiemą, kada saulės elektrinė nedirba), kaupiklis galėtų užsikrauti pigia elektra iš Nordpool biržos ir atiduoti šią elektrą į įmonės vidinį tinklą tada, kai biržoje elektros kaina tą parą yra didžiausia.

4. **Investicija** į kaupiklį atsipirktų per 16-4 metus, priklausomai kokias paslaugas teiks ir kiek ciklų bus atliekama per parą. Tinklo stabilumo ir rezervinio maitinimo užtikrinimo kaina čia neįvertinta.

Elektros energijos kaupikliai pasiteisintų, jei juos būtų galima užkrauti, kada NORPOOL biržoje elektros kaina yra mažiausia ir iškrauti į vidinį tinklą, kai kaina biržoje yra didžiausia ir tai turėtų būti atliekama du kartus per parą. Tokiu atveju investicijos atsiperkamumas bus apie 10 metų. *Kaupiklio įdarbinimas tiek Nordpool, tiek balansavimo biržoje duotų didžiausią naudą ir greičiausią investicijos atsipirkimą.*

5. Visos sistemos (Saulės elektrinės ir kaupiklis kaip vieningas sprendinys) investicija atsipirktų per 4-10 metų laikotarpyje, priklausomai kokia bus perkamos elektros kaina, bei kiek bus mokama už aFRR, FCR ir mFRR paslaugas dalyvaujant tinklų balansavime.