



Kauno technologijos universitetas

Elektros ir elektronikos fakultetas

Tarpsisteminių jungčių pralaidumų įtakos elektros energijos biržos kainai Lietuvoje tyrimas

Baigiamasis magistro projektas

Viktoras Osipišenas

Projekto autorius

Lekt. Aistija Vaišnorienė

Vadovė

Kaunas, 2022



Kauno technologijos universitetas

Elektros ir elektronikos fakultetas

Tarpsisteminių jungčių pralaidumų įtakos elektros energijos biržos kainai Lietuvoje tyrimas

Baigiamasis magistro projektas

Energijos technologijos ir ekonomika (kodas 6211EX073)

Viktoras Osipišenas

Projekto autorius

Lekt. Aistija Vaišnorienė

Vadovė

Lekt. Eimantas Neniškis

Recenzentas

Kaunas, 2022



Kauno technologijos universitetas

Elektros ir elektronikos fakultetas

Viktoras Osipišenas

Tarpsisteminių jungčių pralaidumų įtakos elektros energijos biržos kainai Lietuvoje tyrimas

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad:

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

Viktoras Osipišenas

Patvirtinta elektroniniu būdu

Osipišenas, Viktoras. Tarpsisteminių jungčių pralaidumų įtakos elektros energijos biržos kainai Lietuvoje tyrimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovė lekt. dr. Aistija Vaišnorienė; Kauno technologijos universitetas, Elektros ir elektronikos fakultetas.

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

Reikšminiai žodžiai: tarpsisteminių jungčių pralaidumai, elektros rinkos kaina, perkrovų valdymas.

Kaunas, 2022. 48 p.

Santrauka

Baigiamajame magistro projekte vertinama tarpsisteminių jungčių pralaidumų įtaka elektros energijos biržos kainai Lietuvoje. Vertinami ir pateikiami aktualių, anksčiau atliktų studijų rezultatai, Nacionalinės energetinės nepriklausomybės strategijos tikslai, Lietuvos perdavimo tinklo operatoriaus plėtros planai. Atliekama Lietuvos bei kaimyninių šalių energetinės sistemos apžvalga bei vertinama jos įtaka elektros rinkoms. Sudaroma tarpsisteminių jungčių pralaidumų skaičiavimo analizė, taip pat skirtingų pralaidumo skaičiavimo metodikų taikymo regione įtaka elektros energijos kainai Lietuvos prekybinėje zonoje, bei didmeninės elektros energijos kainos skirtumo, susidarancio, analizuojamuose pjūviuose, veiksnių analizė. Pateikiami apibendrinti analizės rezultatai, išvados bei pasiūlymai.

Osipišenas, Viktoras. Research of Cross-Border Capacity Impact on Electricity Market Price in Lithuania. Master's Final Degree Project / supervisor lect. dr. Aistija Vaišnorienė; Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Kaunas University of Technology.

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

Keywords: cross-border capacity, electricity market price, congestion management.

Kaunas, 2022. 48 p.

Summary

The final master's project evaluates the impact of interconnection capacity on the price of the electricity exchange in Lithuania. Topicalities, results of previous studies, goals of the National Energy Independence Strategy, development plans of the Lithuanian network operator are evaluated and presented. An overview of the energy system of Lithuania and neighboring countries is performed and its impact on the electricity markets is assessed. The analysis of interconnection capacity calculation is performed, as well as the influence of various application of capacity calculation methodologies in the region on the price of electricity in the Lithuanian trading zone, and the analysis of the factors of the wholesale electricity price difference in the analyzed sections. Summary results, conclusions and suggestions of the analysis are presented.

Turinys

Lentelių sąrašas	8
Paveikslų sąrašas	9
Santrumpų ir terminų sąrašas	10
Įvadas.....	11
Temos aktualumas:	11
1. Lietuvos ir kaimyninių energetinių sistemų apžvalga.....	12
1.1. Lietuvos elektros energijos rinka.....	12
1.1.1. NENS (Nacionalinė energetinės nepriklausomybės strategija).....	14
Nacionalinėje energetinės nepriklausomybės strategijoje.....	14
1.1.2. Didmeninė prekyba elektros energijos sektoriuje	15
1.1.3. Elektros energijos importo ribojimas.	16
1.1.4. Kainų skirtumas didmeninėje elektros energijos rinkoje.	16
1.1.5. Tarpsisteminiai pralaidumai.	16
1.1.6. Lietuvos PSO tinklo plėtros scenarijus 2050 – iesiems metams.	17
1.2. Regiono elektros rinka.....	18
1.2.1. Latvijos elektros energijos sistema.....	18
1.2.2. Estijos elektros energijos sistema.....	19
1.2.3. Lenkijos elektros energijos rinka.....	20
1.2.4. Rusijos elektros energijos sistema.....	20
1.3. Kitų regionų ir valstybių patirtis.....	21
1.3.1. Tarpsisteminių jungčių įtaka Šveicarijos elektros energijos kainai	21
1.3.2. Šiaurės vakarų Europos modelis	22
2. Metodologinė dalis.....	23
2.1. Tarpsisteminių jungčių pralaidumų skaičiavimo analizė	23
2.1.1. Poslinkio koeficientas.....	23
2.1.2. Taisomieji veiksmai:	23
2.1.3. Didžiausio perdavimo pralaidumo (TTC) apskaičiavimo metodika:	24
2.1.4. Perdavimo patikimumo atsargos (TRM) apskaičiavimo metodika.....	25
2.1.5. Koordinuoto grynojo pralaidumo (NTC) ir prieinamo pralaidumo (ATC) apskaičiavimo metodika	25
2.1.6. Tarpsisteminių jungčių skirtingų pralaidumo skaičiavimo metodikų taikymo regione įtaka elektros energijos kainai Lietuvos prekybinėje zonoje.....	26
2.2. Tarpsisteminių jungčių skirtingo darbo režimo įtakos didmeninei elektros energijos kainai analizė.....	26
2.3. Perkrovų susidarymo ir paskirstymo analizė.....	27
3. Tyrimo rezultatai.....	28
3.1. Tarpsisteminių jungčių pralaidumų skaičiavimo įtaka didmeninei elektros energijos kainai Lietuvoje.....	28
3.1.1. Tarpsisteminė jungtis LT – LV (Lietuva - Latvija).....	28
3.1.2. Tarpsisteminė jungtis LT – BY (Lietuva - Baltarusija).....	31
3.1.3. Tarpsisteminė jungtis LT – KAL (Lietuva - Rusija).....	33
3.2. Tarpsisteminių jungčių darbo režimo įtaka didmeninei elektros energijos kainai Lietuvoje...	35
3.2.1. Tarpsisteminė jungtis LT-SE (Lietuva – Švedija).....	35
3.2.2. Tarpsisteminė jungtis PL – LT (Lenkija – Lietuva).....	37

3.3. Perkrovų susidarymo ir paskirstymo analizė.....	40
3.3.1. Perkrovų susidarymas Lietuvos prekybinėje zonoje	40
3.3.2. Perkrovų susidarymas ir paskirstymas tarpsisteminėje jungtyje Lietuva - Lenkija	42
3.3.3. Perkrovų susidarymas ir paskirstymas tarpsisteminėje jungtyje Lietuva - Švedija	42
3.3.4. Perkrovų susidarymas ir paskirstymas tarpsisteminėje jungtyje Lietuva - Latvija	43
3.3.5. Pralaidumų įtakos perkrovų susidarymui analizė.....	44
Išvados	45
Literatūros sąrašas	46

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Lietuvos elektros energijos gamyba, importas/eksportas, bendras šalies poreikis.	13
2 lentelė. Tarpsisteminių jungčių pralaidumai su kaimyninėmis šalimis.	16
3 lentelė. Estijos elektros energijos gamybos pasiskirstymas pagal kuro rūšį 2019 metai.	19
4 lentelė. Lenkijos elektros energijos gamybos pasiskirstymas pagal kuro rūšį 2019 metai.	20
5 lentelė. Lietuvos tarpsisteminių jungčių perkrovų suma 2018-2021 m.	41
6 lentelė. Perkrovų susidarymas LT-LV ir LT – SE tarpsisteminiuose jungtyse, esant skirtingiems scenarijams.	44

Paveikslų sąrašas

1.1 pav. Lietuvos elektros perdavimo tinklo schema. [1].....	12
1.2 pav. Elektros energijos gamyba, importas, eksportas ir bendras šalies elektros energijos poreikis 2017-2020 metais. [3].....	13
1.3 pav. Energetinė evoliucija Lietuvoje 2030 – 2050 m.....	14
1.4 pav. Nord Pool biržos kainos sudarymo principas.	15
1.5 pav. Esami ir planuojami elektros energijos, importo, eksporto pralaidumai su kaimyninėmis šalimis.....	18
1.6 pav. Latvijos elektros energijos gamybos ir suvartojimo santykis 2017-2018 m. [14].....	19
1.7 pav.. Sumodeliuotos vidutinės elektros kainos nuo 2020 iki 2050 m. Norvegijoje, Didžiojoje Britanijoje ir likusiose tyrimo šalyse.	22
3.1 pav. Tarpsisteminių jungčių suskaičiuoti pralaidumai ir jų išnaudojimas komerciniams srautams.	28
3.2 pav. Tarpsisteminės jungties Lietuva – Latvija perkrovų metu susidaręs kainų skirtumas 2018-2021m.	30
3.3 pav. Elektros energijos kainų skirtumas susidaręs pjūvyje Lietuva – Latvija.....	31
3.4 pav. Tarpsisteminės jungties Lietuva – Baltarusija srautų pasiskirstymas 2018-2021 m.	33
3.5 pav. Tarpsisteminės jungties Lietuva – Rusija (Karaliaučiaus kraštas) pralaidumų išnaudojimas 2018-2021m.....	34
3.6 pav. Tarpsisteminės jungties Lietuva – Rusija (Karaliaučiaus kraštas) techniniai ir komerciniai srautai 2018-2021 m.	35
3.7 pav. Tarpsisteminėje jungtyje SE4-LT (NordBalt) elektros energijos kainos skirtumas esant skirtingiems jungties veikimo režimams.	36
3.8 pav. Tarpsisteminėje jungtyje SE4-LT (NordBalt) darbo režimo pasiskirstymas pagal laiką. ...	37
3.9 pav. Tarpsisteminėje jungtyje LT - PL (LitPol Link) elektros energijos kainos skirtumas esant skirtingiems jungties veikimo režimams.	39
3.10 pav. Tarpsisteminėje jungtyje LT-PL (LitPol Link) darbo režimo pasiskirstymas pagal laiką. 40	
3.11 pav. Elektros energijos perkrovų susidarymas.	41
3.12 pav. Tarpsisteminėje jungtyje LT – PL (Lietuva - Lenkija) perkrovų pajamų pasiskirstymas. 42	
3.13 pav.. Tarpsisteminėje jungtyje SE4-LT (NordBalt) perkrovų pajamų pasiskirstymas.....	43
3.14 pav. Tarpsisteminėje jungtyje LT – LV perkrovų pajamų pasiskirstymas.....	43
3.15 pav. Perkrovų pasiskirstymas LT – LV ir LT - SE esant skirtingiems scenarijams.....	44

Santrumpų ir terminų sąrašas

Santrumpos:

BRELL – Baltijos šalių, Baltarusijos Respublikos ir Rusijos Federacijos (centrinė ir šiaurės vakarinė dalys) elektros energijos sistemų perdavimo tinklai;

ACER – ES energetikos reguliavimo institucijų bendradarbiavimo agentūra;

CEER – Europos energetikos reguliavimo institucijų taryba;

AEI – atsinaujinantys energijos šaltiniai;

PSO – perdavimo tinklo operatorius;

VERT – Valstybinė energetikos reguliavimo taryba;

ENTSO-E - Europos elektros perdavimo sistemos operatorių asociacija;

CACM - Europos Komisijos reglamentas, kuriuo nustatomos pralaidumo paskirstymo ir perkrovos valdymo gairės;

TTC – Maksimalus nurodytų tarpsisteminių jungčių perdavimo pralaidumas – didžiausia perduotina aktyvioji galia, leistina Tarpsisteminiuose perdavimo jungtyse;

NTC – Grynasis nurodytų tarpsisteminių jungčių pralaidumas yra maksimalus tarpsisteminiuose jungtyse leidžiamas pralaidumas, skirtas elektros energijos prekybai;

TRM – Perdavimo patikimumo riba, kuri reiškia tarpzoninio pralaidumo sumažinimą, siekiant išlyginti pralaidumų skaičiavimo neapibrėžtumus;

ATC – galimas pralaidumas - tarpsisteminių jungčių pralaidumas, prieinamas rinkai po kiekvienos perdavimo pralaidumo paskirstymo procedūros

Įvadas

Elektros sistema yra kritinė šalies socialinio ir ekonominio vystymosi infrastruktūra, turinti stiprią koreliaciją tarp elektros vartojimo ir ekonomikos augimo. Po 2009 m. Ignalinos atominės elektrinės uždarymo Lietuvos elektros gamybos ir importo balansas pasikeitė iš esmės, dar labiau išaugo Lietuvos priklausomybė nuo vienintelio išorinio energijos išteklių tiekėjo Rytuose. Vietinė gamyba tapo nekonkurencinga ir galėjo užtikrinti tik apie 30% šalies elektros energijos poreikio.

2015 m. Lietuva įgyvendino „LitPol Link“ (Lietuva – Lenkija) ir „NordBalt“ (Lietuva – Švedija) tarpsisteminių jungčių projektus, kurie sujungė Baltijos valstybių, Vakarų Europos ir Skandinavijos elektros rinkas. Tai sustiprino šalies ir regiono energetinę nepriklausomybę, padidino elektros energijos tiekimo patikimumą ir saugumą regione, bei prisidėjo prie bendros integruotos ES (Europos Sąjungos) elektros energijos rinkos plėtojimo.

Temos aktualumas:

Lietuva nuo 2012 metų elektros energija prekiauja „Nord Pool“ elektros biržoje. Vidutiniškai 70% elektros energijos biržoje įsigytos elektros į šalį patenka per tarpsistemines jungtis, likusi dalis pagaminama šalies viduje. Stipri gretimų energetinių sistemų integracija ir gerai išvystytos jungtys užtikrina sąžiningą konkurenciją ir rinkos skaidrumą. Esminės priežastys, kodėl importas sudaro du trečdalius viso poreikio, yra ekonominės, importuojama iš ten, kur elektra pigiausia. Todėl svarbu nustatyti ir įvertinti tarpsisteminių jungčių įtaką didmeninei elektros energijos kainai.

Darbo tikslas: Nustatyti tarpsisteminių jungčių darbo režimo ir pralaidumų skaičiavimo metodikų įtaką didmeninei elektros kainai Lietuvoje.

Darbo uždaviniai:

- Atlikti elektros energijos kainodaros ir perkrovų skaičiavimo apžvalgą.
- Atlikti tarpsisteminių jungčių darbo režimo įtakos didmeninei elektros energijos kainai tyrimą;
- Atlikti tarpsisteminių pralaidumų skaičiavimo metodikų įtakos didmeninei elektros energijos kainai tyrimą;
- Nustatyti tarpsisteminių jungčių perkrovų susidarymo priežastis ir atlikti perkrovų pajamų/išlaidų analizę.

Tyrimo metodika: mokslinės literatūros ir teisinių dokumentų analizė, statistinių duomenų analizė, skaičiavimo rezultatų lyginamoji analizė.

Darbo apimtis: 48 puslapiai, darbe yra 22 paveikslėliai, 6 lentelės ir 41 literatūros šaltinis.

1. Lietuvos ir kaimyninių energetinių sistemų apžvalga

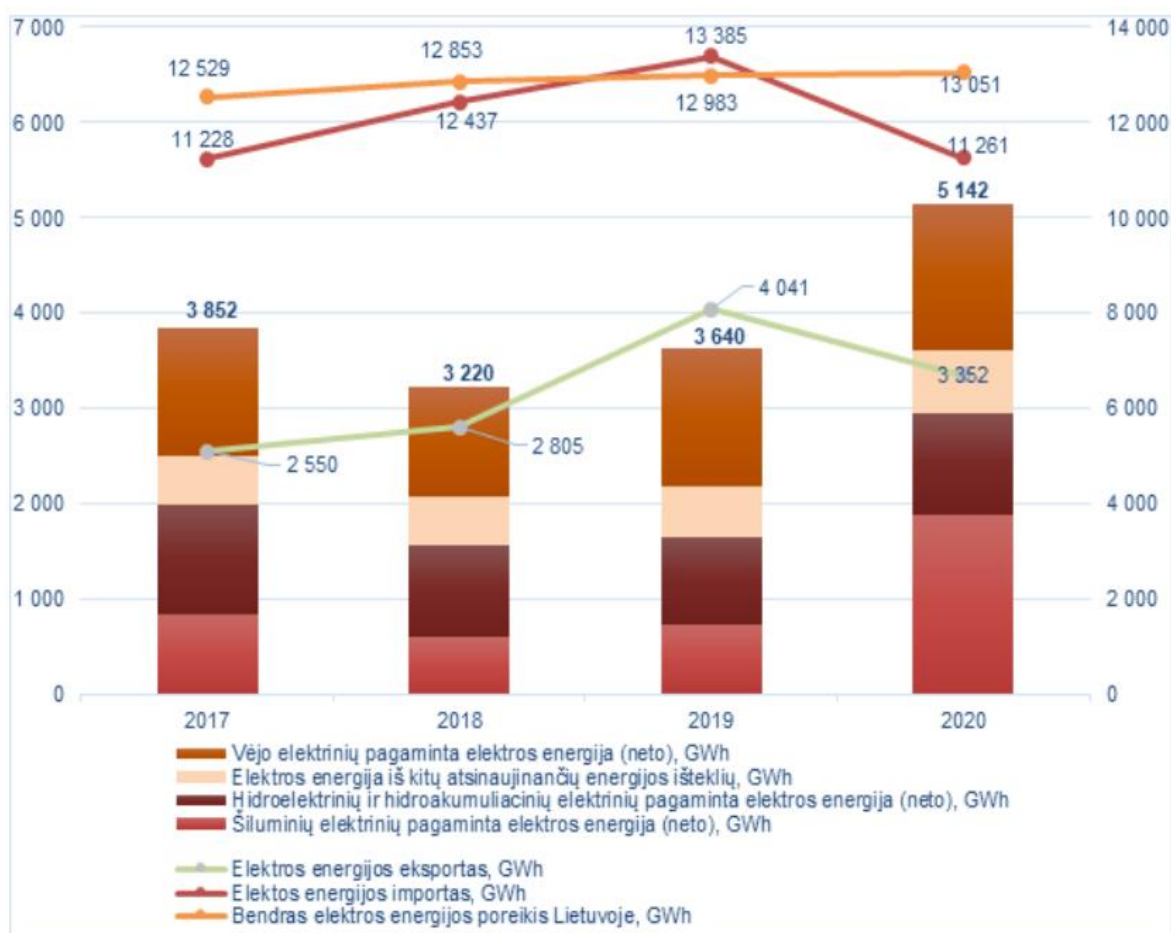
1.1. Lietuvos elektros energijos rinka

Lietuvos elektros sistema, tarpsisteminėmis jungtimis yra sujungta su Lenkijos, Švedijos, Latvijos, Rusijos, Baltarusijos energetinėmis sistemomis. Šiuo metu Lietuvos, Latvijos, Estijos ir Baltarusijos elektros sistemos veikia sinchroniškai su IPS/UPS sistema ir sistemos dažnis valdomas centralizuotai. Baltijos regiono šalys – Lietuva, Latvija ir Estija, siekia sinchronizuoti elektros energetikos sistemas ir dirbti vienoje sinchroninėje zonoje su Vakarų Europos tinklais.



1.1 pav. Lietuvos elektros perdavimo tinklo schema. [1]

2021 metais Lietuvos elektros sistemoje elektrinių bendra įrengtoji galia sudarė 3669 MW. Dėl nekonkurencingos vietinės gamybos pajėgumų didžioji dalis elektros energijos yra importuojama. 2019 metais tik 29,9 proc. visos šalyje suvartotos elektros energijos buvo pagaminta Lietuvoje veikiančiose elektrinėse ir tai didesnė dalis nei 2018 m. (26,6 proc.). Elektros energijos importas 2019 metais sudarė 103,1 proc. bendro elektros energijos poreikio šalyje (2018 m. šis rodiklis siekė 96,77 proc., 2017 m. - 89,61 proc., 2016 m. – 82,48 proc.). 2019 metais šalyje buvo pagaminta 3,64 TWh elektros energijos, elektros energijos importas sudarė 13,385 TWh, o eksportas – 4,041 TWh. (1.2 pav.) Elektros energijos suvartojimas šalyje 2019 metais sudarė 12,153 TWh. Galimas importuoti elektros energijos kiekis priklauso nuo vykdomų remontų perdavimo tinkle. 2019 m. į Lietuvą kas valandą vidutiniškai buvo galima importuoti 3,430 GWh. Prognozuojama, kad Lietuvos bendras elektros energijos suvartojimas 2028 m. išaugs iki 14,63 TWh (vidutiniškai apie 2 proc. metinis augimas), o galutinis elektros energijos suvartojimas išaugs iki 13,54TWh.[2]



1.2 pav. Elektros energijos gamyba, importas, eksportas ir bendras šalies elektros energijos poreikis 2017-2020 metais. [3]

Nacionalinio elektros energijos gamybos, vartojimo, importo/eksporto balanso duomenys pateikti 1 lentelėje. Galutinis elektros energijos suvartojimas – tai importuota ir šalyje pagaminta elektros energija, atėmus eksportą, Kruonio HAE užkrovimui skirtą elektros energiją ir elektrą reikalingą technologinėms perdavimo ir skirstymo tinklų reikmėms.

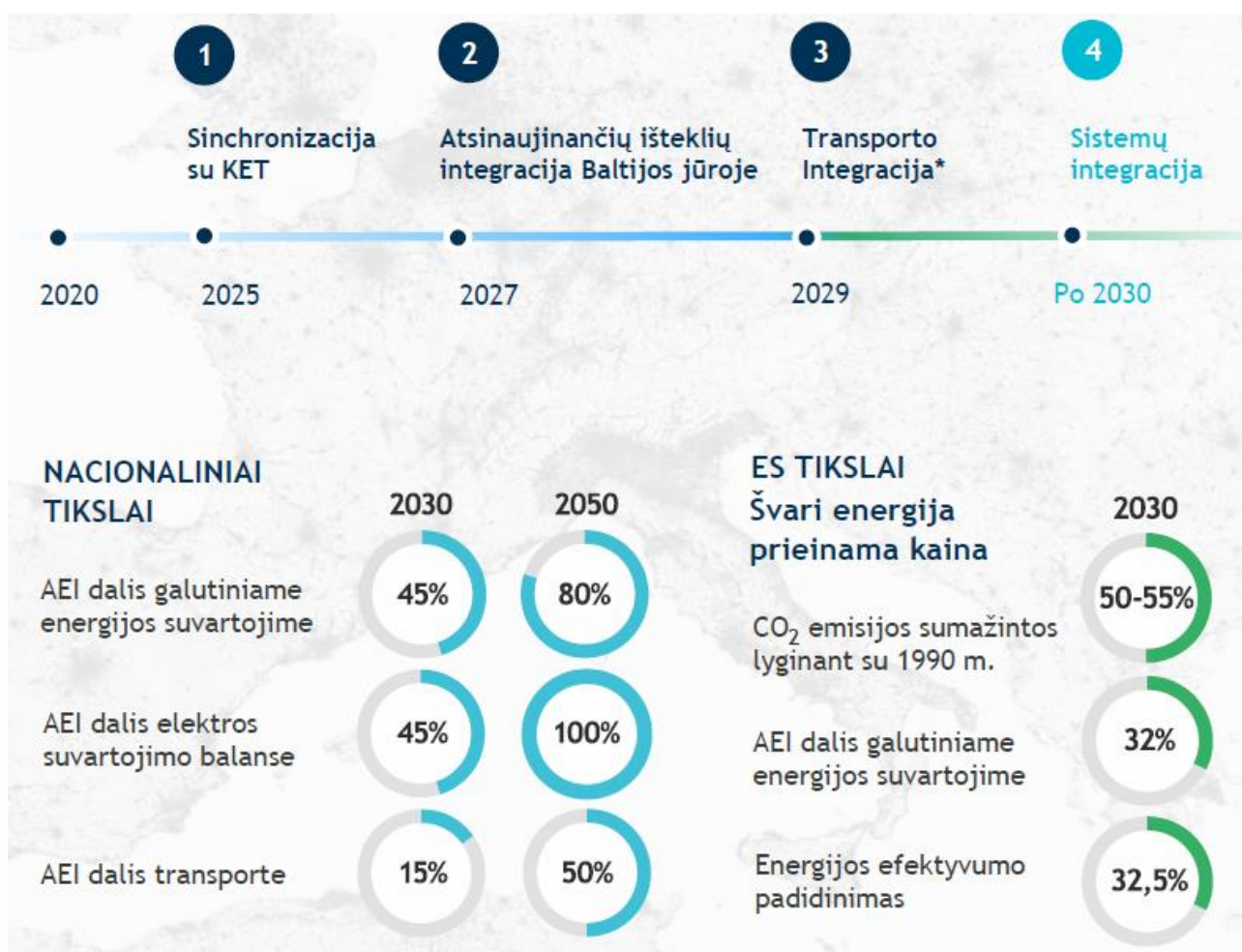
1 lentelė. Lietuvos elektros energijos gamyba, importas/eksportas, bendras šalies poreikis [4].

TWh	2021m.	2020 m.	2019 m.	2018 m.
Elektros energijos gamyba (Neto)	4,693	5,142	3,64	3,22
Šiluminės elektrinės	1,723	1,948	0,726	0,607
Kruonio HAE	0,699	0,768	0,584	0,521
Hidroelektrinės	0,38	0,297	0,342	0,426
Vėjo elektrinės	1,356	1,544	1,453	1,139
Kiti atsinaujinantys energijos ištekliai	0,536	0,585	0,535	0,527
Komercinis sistemos balansas (-Importas/+eksportas)	-9,044	-7,908	-9,344	-9,632
Importas	11,916	11,261	13,385	12,437
Eksportas	2,872	3,352	4,042	2,805
Bendras elektros energijos poreikis Lietuvoje	13,737	13,051	12,983	12,852
Bendras elektros energijos suvartojimas Lietuvoje	12,76	11,973	12,154	12,107
Galutinis elektros energijos suvartojimas Lietuvoje	11,836	10,977	11,145	11,176

1.1.1. NENS (Nacionalinė energetinės nepriklausomybės strategija).

Vienas svarbiausių energetikos sektoriui keliamų uždavinių yra didinti šalies ekonomikos konkurencingumą ir užtikrinti energijos ir energijos išteklių tiekimą konkurencingomis rinkos kainomis, kurios būtų vienos iš mažiausių regione. Lietuvoje išlaidos energijai ir energijos ištekliams sudaro reikšmingą pramonės sąnaudų ir namų ūkių biudžetų dalį, pramonės sektoriuje energijos sąnaudos vertinant gaminio savikainą išlieka didelės ir yra 20 proc. didesnės negu ES vidurkis. Mažesnės išlaidos energijos ištekliams ir teigiamas energijos išteklių ir technologijų importo-eksporto balansas didintų šalies ekonomikos konkurencingumą. [5].

Lietuvos ekonomikos konkurencingumui ir užsienio investicijų pritraukimui svarbu, kad vidutinė galutinė elektros energijos kaina verslo ir pramonės vartotojams būtų mažesnė, palyginti su kitomis Skandinavijos bei Vidurio ir Rytų Europos šalimis ES narėmis. 2017 metų Eurostat duomenimis, Lietuva užėmė 9 vietą pagal žemiausią vidutinę galutinę elektros energijos kainą verslo ir pramonės vartotojams Skandinavijos bei Vidurio ir Rytų Europos šalyse (ES narėse). Lietuvai svarbu gerinti šį rodiklį ir pakilti į 1–3 vietą. [5]

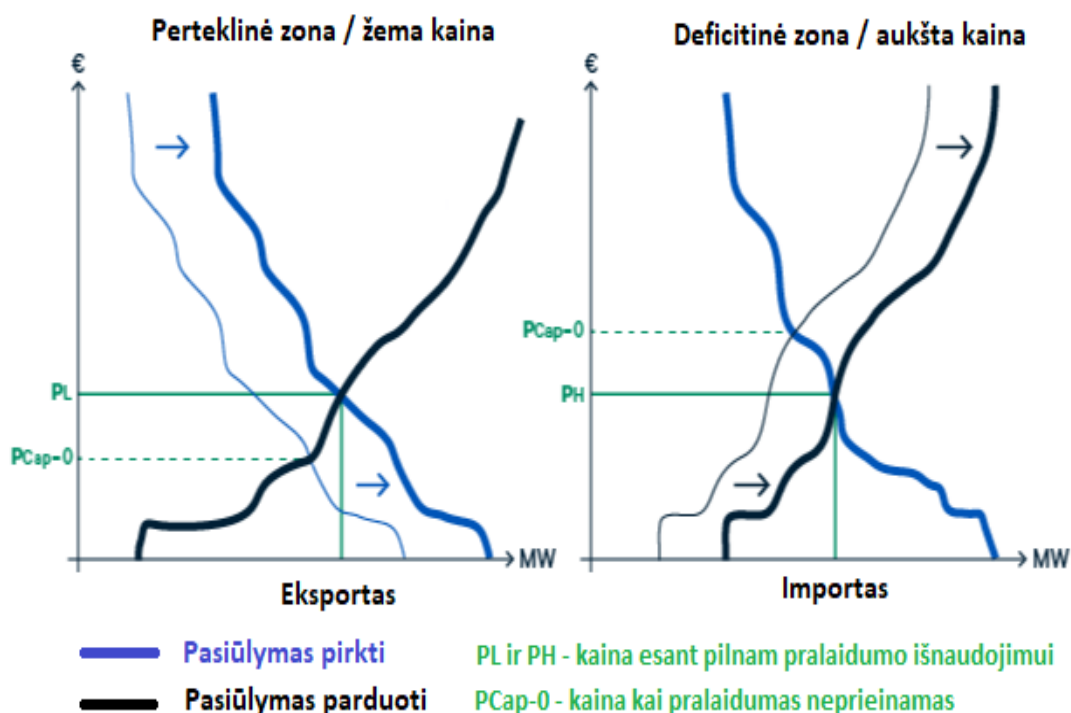


1.3 pav. Energetinė evoliucija Lietuvoje 2030 – 2050 m.

Nacionalinėje energetinės nepriklausomybės strategijoje numatyta, kad elektros energijos importą pakeis vidaus elektros energijos gamybos pajėgumai: planuojama, kad 2030 m. elektros energijos gamyba Lietuvoje sudarys 70 proc. viso galutinės elektros energijos suvartojimo (importas sudarys 30 %).

1.1.2. Didmeninė prekyba elektros energijos sektoriuje

Didmeninė prekyba Lietuvos elektros rinkoje vykdoma dviem būdais – prekyba dvišaliais sandoriais ir prekyba elektros biržoje. Nuo 2012 metų Lietuva prisijungė prie „Nord Pool Spot“ biržos, tai atvėrė didelę rinką ir naujas galimybes. Lietuvos elektros rinka tapo Šiaurės Europos šalių elektros biržos dalimi ir veikia vadovaujantis tokiais pačiais principais, kokiais vadovaujasi ir kitos regiono šalys. Elektros biržoje prekyba vyksta tarptautiniu mastu, kuri yra išankstinė: elektros energijos tiekimo sandoriai sudaromi prieš vartojimo momentą – rinkos dalyviai gali rinktis iš dviejų prekybos biržoje būdų: „dienos prieš“ ir „dienos eigos“ prekybą [6]. Dažniausiai naudojama „dienos prieš“ prekyba, nes dvišaliai sandoriai ar „dienos eigos“ prekyba lemia didesnę elektros energijos kainą. Prekyba biržoje vyksta atskirai kiekvienai ateinančio laikotarpio valandai (valandinė prekyba).



1.4 pav. Nord Pool biržos kainos sudarymo principas.

Kaina prekybinėje zonoje formuojama pasiūlos ir paklausos principu. Kai tik baigiasi klientų užsakymų pateikimo terminas, visi pirkimo ir pardavimo užsakymai sujungiami į dvi kreives, kiekvienai pristatymo valandai, kaip parodyta 1.4 pav. Prekybinėje zonoje gali būti elektros energijos balansas, deficitas arba perteklius. Elektra tekės iš zonų, kuriose yra mažesnės kainos pasiūlymų, į zonas, kuriose paklausa didelė ir siūloma kaina didesnė. Jei perdavimo pralaidumo tarp kainų zonų nepakanka, kad visose prekybinėse zonose būtų pasiekta visiška kainų konvergencija, susidaro kainų skirtumas [7]. Jei elektros energijos srautas tarp prekybinių zonų neviršija perdavimo sistemos operatorių nustatytų pralaidumo ribų, kainos šiose skirtingose prekybinėse zonose yra vienodos.

Stipriai integruotos elektros rinkos užtikrina skaidrią didmeninės elektros kainą ir prekybą, sudaro galimybę įsigyti pigesnę, kitose šalyse pagamintą, elektrą ir vienodas prekybos sąlygas visiems rinkos dalyviams.

1.1.3. Elektros energijos importo ribojimas.

Baltarusijoje paleista Astravo AE kelia grėsmę Lietuvos nacionaliniam saugumui bei aplinkai ir visuomenės sveikatai. Tai sąlygoja poreikį imtis atsakomųjų veiksmų, skirtų apsisaugoti nuo nesaugios branduolinės elektrinės. Energetikos ministro įsakymu pakeistos Prekybos elektros energija taisyklės ir Elektros energijos importo ir eksporto tvarkos aprašas. Naujoji tvarka numato, kad nuo elektros energijos gamybos Astravo AE technologinių bandymų pradžios jungiamųjų linijų tarp Lietuvos ir Baltarusijos pralaidumai prekybai bus lygūs 0 MW. Tai reiškia, kad Lietuva nepirks elektros energijos iš Baltarusijos. Taisyklės taip pat numato, kad elektros energijos importas per 4 jungiamąsias linijas tarp Lietuvos ir Kaliningrado srities dabar esamų pralaidumų ribose galės būti vykdomas tik tokia apimtimi, kuri Kaliningrado srityje gali būti pagaminta ir nesuvartota. Taip bus užkirstas kitas kelias galimam Baltarusijoje pagamintos elektros energijos patekimui į Lietuvos rinką, pasinaudojant atitinkamomis prekybinėmis schemomis su Kaliningrado sritimi. [8]

Iki 2014 metų didžiausia elektros energijos dalis buvo importuota iš Rusijos Federacijos. Dėl naujo kabelio tarp Estijos ir Suomijos, Suomijos elektros energijos importas į Lietuvą didėja ir yra ribojamas tik Estijos ir Latvijos perdavimo linijų pajėgumų. [9]

1.1.4. Kainų skirtumas didmeninėje elektros energijos rinkoje.

2016 metais kainų skirtumas prekybinėje rinkoje tarp Lietuvos ir Švedijos sudarė 7,1 Eur/MWh skirtumą (Švedijos pusėje elektra pigesnė), tarp Lietuvos ir Lenkijos – 6,1 Eur/MWh (Lietuvos pusėje elektra pigesnė), tarp Lietuvos ir Latvijos – 0,5 Eur/MWh (Latvijos pusėje elektra pigesnė). Siekiama šį skirtumą, tarp skirtingų prekybinių rinkų, sumažinti iki 2 Eur/MWh. [10] Norint tai įgyvendinti reikia didinti energetinių sistemų integraciją ir vystyti techninį jungčių pralaidumą, leidžiantį elektrai iš pigesnės zonos tekėti į brangesnę. Tokiu būdu galima suvienodinti ir sumažinti elektros energijos kainas kaimyninėse elektros rinkose.

1.1.5. Tarpsisteminiai pralaidumai.

Lietuvos elektros sistema turi labai gerai išvystytas jungtis su Latvija, Baltarusija ir Rusijos Federacija (Kaliningrado sritis). Tarpsisteminių jungčių Lietuva – Latvija pralaidumas Lietuvos kryptimi siekia 1300 MW, iš Baltarusijos į Lietuvą – 1350 MW, o iš Rusijos (Kaliningrado sritis) į Lietuvą – 680 MW. 2016 metais pradėjusi veikti tarpsisteminė jungtis Lietuva – Švedija (NordBalt) užtikrino 700 MW pralaidumą abiem kryptimis. Tais pačiais metais paleista jungtis tarp Lietuvos – Lenkijos (LitPol Link) sujungė Lietuvą su kontinentine Europa ir užtikrino 500 MW pralaidumą.

2 lentelė. Tarpsisteminių jungčių pralaidumai su kaimyninėmis šalimis.

Tarpsisteminių jungčių pralaidumai, MW	Kryptis į LT	Kryptis iš LT
Lietuva - Latvija	1500	1300
Lietuva - Baltarusija	1300	1350
Lietuva - Rusija (Kaliningrado sritis)	680	680
Lietuva - Švedija (NordBalt)	700	700
Lietuva - Lenkija (LitPol Link)	500	500

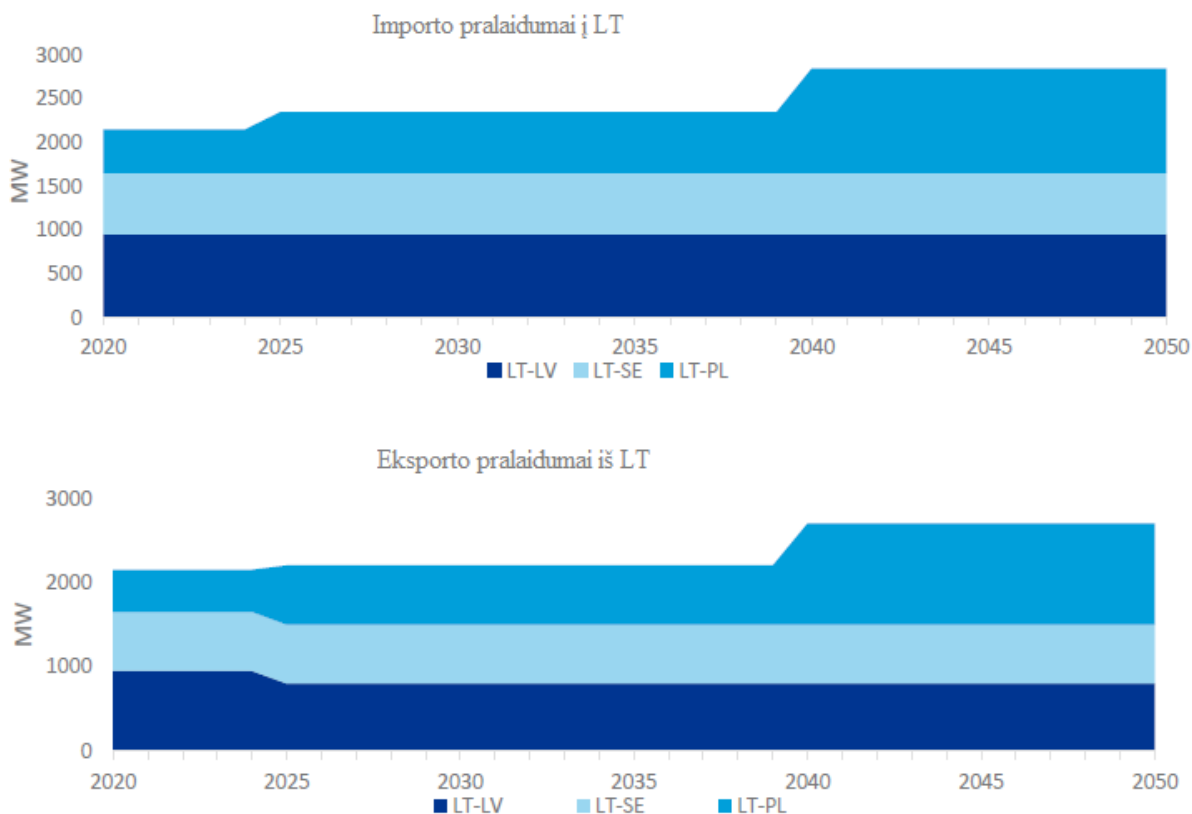
Per 2018 metus dėl pralaidumų trūkumo ir jungties neprieinamumo, prekyba buvo apribota (darant prielaidą, kad tarp sisteminės jungties riboja prekybą, jeigu jų pralaidumas prekybai buvo pilnai išnaudotas) šiose tarp sisteminėse jungtyse [11]:

- Lietuva–Latvija tarp sisteminėje jungtyje 49 valandas (iš Lietuvos į Latviją – 5 valandos, iš Latvijos į Lietuvą – 44 valandos);
- Lietuva–Baltarusija tarp sisteminėje jungtyje 3.329 valandas (iš Baltarusijos į Lietuvą);
- Lietuva–Švedija tarp sisteminėje jungtyje 5.284 valandų (iš Švedijos į Lietuvą – 3.610 valandos, iš Lietuvos į Švediją – 1.674 valandos);
- Lietuva–Lenkija tarp sisteminėje jungtyje 5.036 valandas (iš Lenkijos į Lietuvą – 2.835 valandos, iš Lietuvos į Lenkiją – 2.201 valanda);
- Lietuva–Rusija tarp sisteminėje jungtyje 375 valandas (iš Rusijos į Lietuvą).

1.1.6. Lietuvos PSO tinklo plėtros scenarijus 2050 – iesiems metams.

Lietuvai pereinant prie didesnio AEI (atsinaujinančių energijos išteklių) elektros energijos kiekio panaudojimo elektros energijos gamybos derinyje, elektros tinklų integracija vaidins pagrindinį vaidmenį užtikrinant, kad šalis galėtų eksportuoti gamybos perteklių ir importuoti elektros energiją, kad pašalintų deficitą. Pagrindinis tikslas - iki 2025 metų įgyvendinti sinchronizaciją su Europos energetikos sistema. Artimiausiu metu tai bus pagrindinis investicijų į jungiamąjį tinklą variklis, ypač didinant pajėgumus kontinentinės Europos kryptimi.

Padidėjęs tarp sisteminėse jungčių pralaidumas laikomas vienu iš lankstumo sprendimų, užtikrinančių sistemos tinkamumą 2040 metams. Prognozuojama, kad pralaidumai jungtyje į Lenkiją padidės nuo 500 iki 1000 MW, atspindėdami, kaip didėjantys elektros energijos srautai tarp dviejų rinkų bus pagrindiniai veiksniai, palengvinantys stabilų prognozuojamą atsinaujinančių energijos šaltinių gamybos padidėjimą Lietuvos rinkoje. Didėjančio tinklų pralaidumo, skirto palaikyti sistemos tinkamumą, mastas pavaizduotas 1.5 paveiksle. Tačiau tai, kiek naujų sujungimo pajėgumų turėtų būti įgyvendinta, kad būtų pasiektas optimalus jungčių lankstumo pajėgumų derinys, priklausys nuo elektros energijos gamybos situacijos [12]. Laikotarpiais, kai Lietuvoje generacija iš atsinaujinančių šaltinių bus nedidelė, greičiausiai tokia pat padėtis bus ir kaimyninėse šalyse, o tai reiškia sumažėjusias importo galimybes. Tai atsispindės jungčių naudojimo santykiuose ir rinkos kainose tarp sujungtų prekybinių zonų.



1.5 pav. Esami ir planuojami elektros energijos, importo, eksporto pralaidumai su kaimyninėmis šalimis.

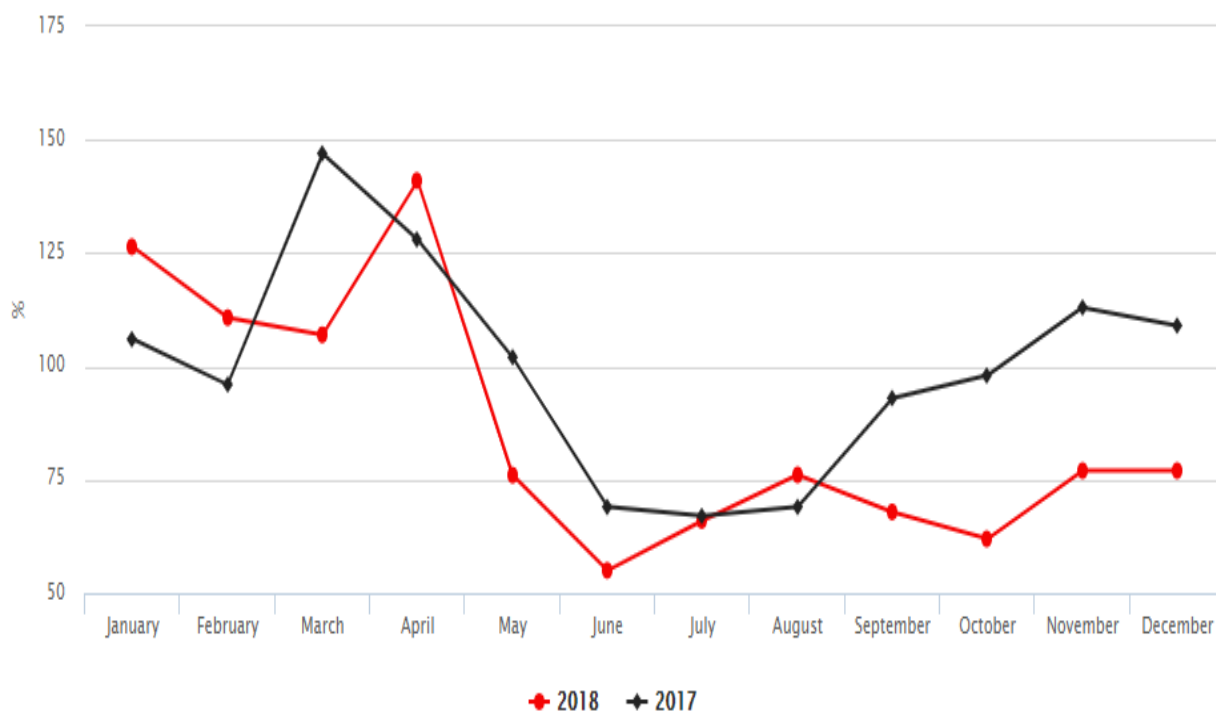
2018 metais atliktas tyrimas „The Baltic Sea Region: storage, grid exchange, and flexible electricity generation for the transition to a 100% renewable energy system” parodė kad 100% atsinaujinančios energijos sistemą Baltijos jūros regione galima pasiekti gerokai anksčiau nei 2050 metais. Be to, tai yra mažiausiai lėšų reikalaujantis sprendimas, remiantis šiame tyrime naudojamomis prielaidomis. Pirmą kartą taip pat galima vizualizuoti perėjimą prie 100% atsinaujinančios Baltijos jūros regiono energijos sistemos. Šį perėjimą įgalina nebrangi atsinaujinanti ir lanksti energijos gamyba, kaupimo technologijos ir tarpsisteminiai sujungimai. [12]

1.2. Regiono elektros rinka

1.2.1. Latvijos elektros energijos sistema

Lietuvos ir Latvijos tarpsisteminių jungčių maksimalus komercinis pralaidumas siekia 1234 MW energijos importui iš Latvijos į Lietuvą bei 684 MW eksportui iš Lietuvos į Latviją, tai parodo jog abiejų šalių elektros energijos rinkos yra stipriai integruotos, tai leidžia išlaikyti minimalų kainų skirtumą tarp Lietuvos ir Latvijos prekybinių zonų.

2017 metais grynasis elektros energijos suvartojimas Latvijoje sudarė 7 282 170 MWh, o vietinė gamyba vidutiniškai sudarė 101% šalies vartojimo. 2018 metais grynasis elektros energijos suvartojimas Latvijoje sudarė 7 410 215 MWh, kai vietinė gamyba vidutiniškai sudarė 87,7% šalies vartojimo. [13]



1.6 pav. Latvijas elektros enerģijas gamybos ir suvartojimo santykis 2017-2018 m. [14]

1.2.2. Estijos elektros enerģijas sistema

2020 metais Estijoje elektros enerģijas suvartojimas su tinklo nuostoliais buvo 8,44 TWh per metus. Iki 2021 metų sausio mėn. Estijos elektros sistemos grynoji instaliuota galia buvo 2337 MW. Tačiau reali galima grynoji gamyba yra mažesnė, nes tai priklauso nuo įrangos remonto ir avarinių situacijų bei nuo vėjo, saulės ir hidroenerģijos gamybos. Didžiausią elektros enerģijos dalis buvo pagaminta iš kastiųjų kurų naudojančiose elektrinėse ir sudarė ~82%. Pagrindinis šių elektrinių kuras yra skalūnai, likusią elektros enerģijos gamybos dalį sudarė – 18% biokuro ir 9% vėjo elektrinės. [15]

3 lentelė. Estijos elektros enerģijos gamybos pasiskirstymas pagal kuro rūšį 2019 metai.

2019 m.	GWh	%
Iškastinis kuras	5473	72
Atsinaujinantys šaltiniai:	2143	28
Hidroelektrinės	19	0
Vėjo elektrinės	74	1
Saulės elektrinės	687	9
Biokuro elektrinės	1363	18
Viso:	7616	100

Lietuva neturi tiesioginių tarpusisteminių jungčių su Estija, tačiau jungtis su Suomija ir sąlyginai pigi vietinė elektros enerģijos gamyba leidžia nukreipti elektros enerģijos eksportą į Latviją ir Lietuvą. Estijos elektros enerģijos kaina yra stipriai priklausoma nuo taršos leidimų kainos, kylant kainai Estijos vietinė gamyba gali tapti nekonkurencinga. Padėti galėtų sušvelninti AEI plėtra. [16]

1.2.3. Lenkijos elektros energijos rinka

Lenkija didžiąją dalį elektros energijos pasigamina iš iškastinio kuro – akmens anglis ir lignitas (rudoji anglis). 2019 metais net 74% pagamintos elektros energijos sudarė iškastinis kuras. [17]

4 lentelė. Lenkijos elektros energijos gamybos pasiskirstymas pagal kuro rūšį 2019 metai.

2019 m.	TWh	%
Elektros energijos gamyba (Neto)	159	
Atsinaujinantys šaltiniai	23,9	15
Iškastinis kuras:	132	83
Akmens anglis	71,6	45
Rudoji anglis	46,1	29
Gamtinės dujos	14,3	9
Importas	3,2	2
Viso:	159	100

2016 metais pradėta eksploatuoti 500 MW Lietuvos ir Lenkijos elektros jungtis (LitPol Link), 2022 metais bus išplėsta iki 1000 MW, tai leis intensyvinti prekybą elektros energija su Lenkija ir net Vokietija.

Išanalizavus mokslinę literatūrą galima daryti išvadą, kad elektros rinkos kainos Lenkijoje buvo stabilesnės, palyginti su „Nord Pool“ kaina pastaraisiais metais. Viena iš to priežasčių yra anglies ir lignito dominavimas Lenkijos elektros energijos gamyboje. Vidutinė metinė elektros kaina Lenkijos elektros biržoje 2011 metais buvo 48 Eur / MWh, 2012 metais - 41,6 Eur/ MWh ir 2013 metais - 36,7 Eur / MWh. Tačiau remiantis ARE SA atlikta analize, elektros kaina Lenkijos didmeninėje rinkoje galėtų žymiai išaugti. Tokią išvadą lėmė su šiltnamio efektą sukeliančių dujų apyvartinių taršos leidimų ženkliu kainų padidėjimu, taip pat su sąnaudomis, susijusiomis su investicijomis į energetikos sektoriaus infrastruktūrą, atsinaujinančius energijos šaltinius ir aplinkosaugos reikalavimus. Tačiau Lenkijos vyriausybės prašymą 2013–2019 metais suteikti elektrinėms nemokamus šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimo leidimus patvirtino Europos Komisija. Susirūpinimas dėl galimo dramatiško elektros kainų padidėjimo buvo išspręstas bent artimiausiam laikotarpiui. ARE SA prognozuojama, kad iki 2030 metų elektros gamybos struktūra pasikeis iš esmės. Gamtinių dujų ir atsinaujinančių energijos šaltinių dalis, turėtų išaugti ir pakeisti dalį anglies ir rusvosios anglies elektrinių. [18]

1.2.4. Rusijos elektros energijos sistema

Rusijos energetikos sektorių sudaro daugiau nei 440 šiluminių ir hidroelektrinių bei 30 branduolinių reaktorių, bendra elektros energijos gamybos galia – 203 GW. Iš jų 139 GW pagaminama šiluminėse elektrinėse, naudojant naftą, gamtines dujas ir anglis. Tai sudaro 68% šalies elektros energijos gamybos pajėgumų. Hidroelektrinės pagamina apie 44 GW ir tai sudaro 21,5% visos įrengtos galios. Dešimtajame dešimtmetyje Rusija uždarė kelis branduolinius reaktorius, todėl per pastarąjį dešimtmetį šalies elektros energijos gamybos pajėgumai sumažėjo nuo 213 GW 1992 metais iki 203 GW. Nepaisant to, Rusija vis dar turi pakankamą gamybos potencialą aprūpinti ne tik vidaus vartotojus, bet ir eksportuoti elektros energiją.

Lietuva turi tarpsisteminę jungtį su Rusijos Kaliningrado sritimi, kurią sudaro trys 330 kV ir dvi 110 kV linijos, kurių bendras pralaidumas Rusijos kryptimi – 680 MW, o Lietuvos kryptimi siekia iki 600 MW.

1.3. Kitų regionų ir valstybių patirtis.

Naujausi pasaulinių ir regioninių energetikos sistemų moksliniai tyrimai rodo, kad sujungtos energetikos sistemos gali padėti sutaupyti daugiau sąnaudų, kartu pasiekiant aukštą atsinaujinančių energijos išteklių, atsparumo ir tvarumo lygį. Tokia jungčių ir sektorių integracijos nauda taip pat pastebėta Europai apskritai ir Šiaurės šalių regionui. [19]

Elektros sistemų sujungimas atneša panašią naudą kaip pasaulinis ekonominis bendradarbiavimas. Jei šalis gali gaminti elektrą pigiau nei kaimynai, atsiranda galimybė eksportuoti energiją. Tačiau yra daug veiksnių, turinčių įtakos šiems potencialiems mainams. Natūralu, kad ekonominė nauda yra viena iš jų, bendradarbiavimo stabilumas taip pat yra pagrindinis veiksnys užtikrinant praktinį jungčių įgyvendinamumą. Tai labai svarbu, kai bendradarbiauja kelios šalys (pvz., Šiaurės Rytų Azijos ar Pietų Amerikos šalys), kur abipusis pasitikėjimas nebūtinai buvo stipriai įtvirtintas praeityje. [20]

Bet koks bendradarbiavimas turi būti ekonomiškai efektyvus nors kai kurie dalyviai galiausiai gali patirti nuostolių. Be to, elektros tinklų sujungimai suteikia techninių pranašumų, tokių kaip gamybos efektyvumas ir tiekimo valdomumas, tai ypač svarbu vykdant didžiulę atsinaujinančios energijos integraciją. [21]

Šiaurės rytų Azijos atvejo analizė pagrįsta tik elektros energijos sąnaudų palyginimu dviem scenarijais: kiekviena šalis parengia savo plėtros planą savo sienose ir visiškai suderintą planą (visos regiono šalys bendradarbiauja, siekdamos optimaliai investuoti į tarpvalstybinį tinklą - tarpsistemines jungtis). Šių scenarijų palyginimas parodė naudą, kurią visas regionas galėjo gauti bendradarbiaujant. [22]

1.3.1. Tarpsisteminių jungčių įtaka Šveicarijos elektros energijos kainai

Šveicarija, turi išvystytas tinklo jungtis su Vokietijos, Austrijos, Prancūzijos ir Italijos elektros tinklais, kurių bendra galia didesnė kaip 7 GW. [21] Prekyba elektros energija su kaimyninėmis šalimis vykdoma netiesioginiuose ir atviruose aukcionuose, tokiu būdu apkrova ir kaimyninių šalių elektros energijos gamyba, taip pat elektros paklausa, daro įtaką Šveicarijos elektros energijos kainai rinkoje.

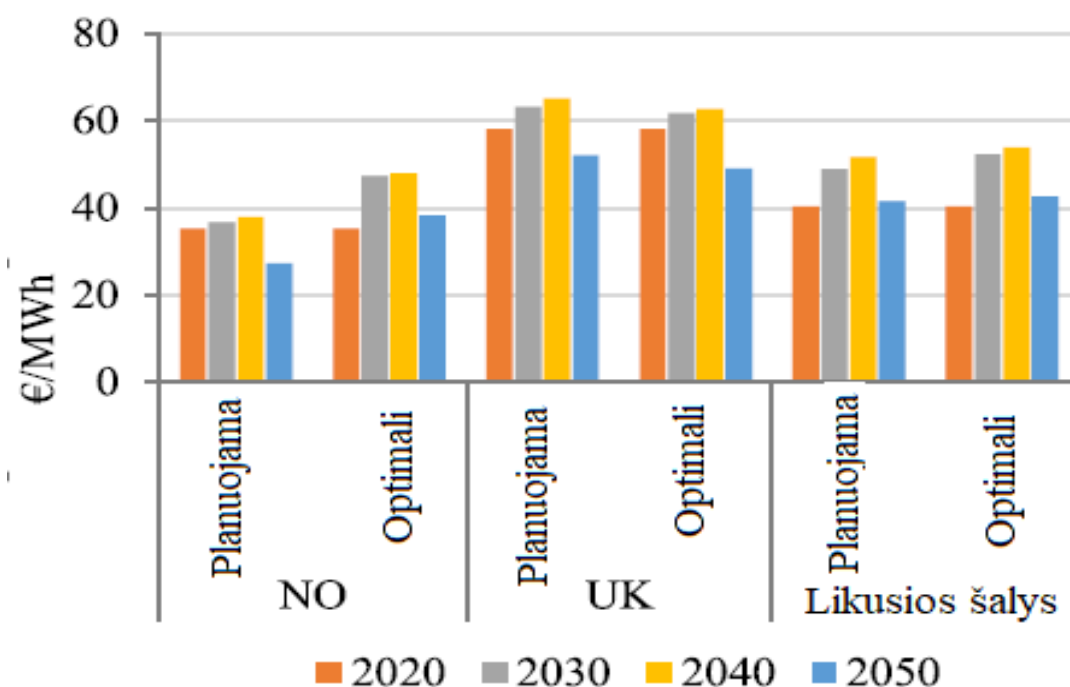
Nagrinėtas Šveicarijos atvejis parodė kai kaimyninės elektros energijos rinkos vis stipriau jungiasi viena su kita, tarpvalstybinis vienos rinkos ypatumų poveikis kainoms kitose rinkose tampa vis aktualesnis. Dėl šios priežasties šiame tyrime analizuojama hipotezė, kad veiksniai, darantys įtaką vienos šalies elektros kainoms, taip pat turi įtakos elektros kainų pokyčiams kaimyninėse šalyse. Remiantis Šveicarijos elektros rinkos pavyzdžiu, tarpsisteminių jungčių įtaka tampa vis reikšmingesnė, nes Šveicarija yra gerai integruota su didelių kaimyninių elektros rinkų elektros tinklais, o tai savo ruožtu leidžia vykdyti didelės apimties tarpvalstybinę prekybą.

Šių tarpvalstybinių jungčių analizė rodo, kad rinkų susiejimas ir dideli tarpvalstybiniai perdavimo pajėgumai vaidina lemiamą vaidmenį apsprendžiant vidaus elektros rinkos kainas. Paaiškėjo, kad Šveicarijos elektros kaina stipriai sąveikauja su kaimyninių energijos rinkų apkrova. Tačiau šie santykiai keičiasi skirtingais metų laikais. Pavasarį ir vasarą yra stipri koreliacija tarp Vokietijos,

Prancūzijos ir Šveicarijos elektros kainų, o Šveicarijos elektros kainą žiemą riboja Prancūzijos ar Italijos elektros kaina. Kainų koreliacija atspindi skirtingų apkrovos veiksnių įtaką. [23]

1.3.2. Šiaurės vakarų Europos modelis

Tarpsisteminio elektros perdavimo vaidmuo atsinaujinančiose energijos sistemose - Šiaurės vakarų Europos modelio analizė parodė papildomą 76 GW tarpsisteminio perdavimo pajėgumo išplėtimą 2030–2050 metais, o tai yra beveik keturis kartus daugiau nei planuojama plėtra (21 GW) iki 2030 metų. Tyrimas parodė, kad kalbant apie regionus, Vakarų Europos šalyse sumažėja gamintojų pajamos ir vartojimo išlaidos, o Šiaurės Europai – priešingai, elektros energijos kainos kyla. Vidutiniškai Vakarų vartotojai už elektros energijos vienetą moka 6% mažiau, tačiau šiaurinių vartotojų kainos yra 21% didesnės [24]. Tyrimas parodo, kad asimetriška nauda ir sąnaudos tarptautiniu mastu gali būti pagrindinė kliūtis ateityje didesnei tarpsisteminių jungčių integracijai. [23]



1.7 pav.. Sumodeliuotos vidutinės elektros kainos nuo 2020 iki 2050 m. Norvegijoje, Didžiojoje Britanijoje ir likusiose tyrimo šalyse.

2. Metodologinė dalis

2.1. Tarpsisteminių jungčių pralaidumų skaičiavimo analizė

Kiekviena tarpsisteminė jungtis yra unikali savo pralaidumų skaičiavimo metodika. Nors principai yra panašūs, tarpzoniniai pralaidumai apskaičiuojami vadovaujantis bendra koordinuoto pralaidumo metodika, visgi skiriasi jungčių paskirtis ir pralaidumų skaičiavimas. [26]

2.1.1. Poslinkio koeficientas

Energijos gamybos ir apkrovos poslinkio koeficientai (toliau „GAPK“) yra tiksliausios prognozės apie ryšį tarp prekybos zonos grynosios pozicijos pokyčio ir konkretaus gamybos ar apkrovos pokyčio taikant bendro tinklo modelį.

$$K_g(n, a) = G(a) \frac{P_g(n, a)}{\sum_i P_g(i, a)} \quad 2-1$$

Padalos n reikšmė poslinkyje tarp gamybos padalų (GPK)

$$K_l(n, a) = L(a) \frac{P_g(n, a)}{\sum_i P_g(i, a)} \quad 2-2$$

Padalos n reikšmė poslinkyje tarp apkrovos padalų (APK)

Pastaba: G(a) ir L(a) suma kiekvienai zonai yra lygi 1 (t. y., 100 %).

„NordBalt“ ir „LitPol Link“ jungtims iš Baltijos sinchroninės zonos bei Europos kontinentinės dalies („PSE) pusių, poslinkio strategija vykdoma tokiu būdu, kad būtų įvertintas kritinis poveikis sistemos saugumui, todėl „NordBalt“ ir „LitPol Link“ jungtims taikoma GAPK reitingo strategija. GPK reitingo strategija reiškia, kad jei konkretūs generatoriai, darantys didelę įtaką konkrečios AĮNS jungties TTC, yra prieinami, didžiausia šių generatorių gamybos vertė yra pirmoji vertė, naudojama apskaičiuojant pralaidumą. Toks metodas leidžia maksimaliai padidinti konkrečios AĮNS jungties TTC naudojant prieinamą vidinį perskirstymą ir užtikrina, kad nediskriminuojami vidiniai ar tarpzoniniai perdavimai.

2.1.2. Taisomieji veiksmai:

Konkretūs PSO pateikia atitinkamiems pralaidumo apskaičiuotojams informaciją apie galimus ir taikytinus taisomuosius veiksmus, kurie bus naudojami apskaičiuojant pralaidumą, pvz., informaciją apie prieinamus energijos rezervus nepaprastosios padėties atveju, prieinamus balansavimo rezervus, taip pat ir apie galimybę pakeisti AĮNS jungčių energijos srautą. Nebaigtinis galimų taisomųjų veiksmų Baltijos PAR, kurie bus naudojami apskaičiuojant pralaidumą, sąrašas:

- Tinklo topologijos pokyčiai. Tokių taisomųjų veiksmų taikymo pralaidumo apskaičiavimui pavyzdys yra „įjungimas“ linijų, kurias įprastai yra numatyta „išjungti, paliekant parengties būsenoje“ valandomis, kai apkrova yra nedidelė (įtampos padidėjimo rizika);
- Elektros energijos sistemos balanso pakeitimai (pvz., pakeičiant generatorių) – apkrovų perskirstymas ir kompensacinė prekyba. (2), (5) ir (6) formulės yra tokių taisomųjų veiksmų taikymo pralaidumo apskaičiavimui pavyzdys, kai atsižvelgiama į garantuotos rezervinės energijos kiekį nepaprastosios padėties atveju, kad būtų padidintas pralaidumas.

2.1.3. Didžiausio perdavimo pralaidumo (TTC) apskaičiavimo metodika:

Maksimalus pralaidumas yra standartinis, o laikini nuokrypiai nuo šio pralaidumo turi būti išsamiai pateisinti pagal eksploatacinio saugumo ir ekonominio efektyvumo kriterijus. Kiekvienas koordinuotas pralaidumo apskaičiuotojas apskaičiuodamas ir patvirtindamas pralaidumą bendradarbiauja su kaimyniniais koordinuotais pralaidumo skaičiuotojais. PSO ir pralaidumo skaičiuotojas negali apriboti tarpzoninių perdavimų dėl vidinių kritinių tinklo elementų, išskyrus atvejus, kai atliktus nenumatyto atvejo analizę nustatoma grėsmė eksploataciniam saugumui ar kai eksploatacinio saugumo analizė parodo, kad eksploatuojant perdavimo sistemą viršijami stabilumo limitai.

Tarpvalstybinio TTC apskaičiavimas atliekamas naudojant šiuos bendrai koordinuojamus duomenis ir informaciją:

- Bazinis atvejis – bendro tinklo modelis, į kurį įeina BRELL žiedo energijos
- perdavimo įrangos modelis ir scenarijus, kuriame aprašytos kiekvieno Baltijos PSO valdymo rajono ir Rusijos / Baltarusijos elektros energijos sistemų grynosios pozicijos, tinkamos konkrečioms skaičiavimo tikslams;
- Gamyba, atsinaujinanti gamyba ir apkrovos poslinkio koeficientas;
- Kritiniai tinklo elementai;
- Atjungimo atvejai;
- Nenumatytų atvejų sąrašas;
- Taisomieji veiksmai;
- Eksploatacinio saugumo apribojimai;
- Apskaičiuodami TTC vertes, PSO ir pralaidumo apskaičiuotojas gali atsižvelgti į įvairių metų laikų aplinkos temperatūrą valdymo rajone bei į faktinius elektros energijos rezervus nenumatytiems atvejams Baltijos PSO valdymo rajonuose ir Rusijos / Baltarusijos elektros energijos sistemose, kad būtų užtikrintas eksploatacinis saugumas;
- Jei pralaidumo patvirtinimo proceso metu su kaimynais PSO nustato skirtingas TTC vertes tai pačiai tarpvalstybinei jungčiai, žemiausia vertė bus naudojama kaip koordinuota vertė.

Didžiausio perdavimo pralaidumo (TTC) apskaičiavimas tarpvalstybiniais tinklams su AĮNS jungtimis:

Kiekvieno tarpvalstybinio tinklo, sudaryto vien tik iš AĮNS jungčių, TTC riboja aktualias prekybos zonas jungiančių AĮNS jungčių reitingų suma. Siekiant apibrėžti TTC ribą, susijusią su gretimais kintamosios srovės tinklais, naudojant bendro tinklo modelius atliekamos nenumatytų atvejų analizės pagal N-1 kriterijų (pvz., vieno elektros energijos sistemos elemento neteikimas). Atliekant nenumatytų atvejų analizės po N-1 kriterijaus pritaikymo, būtina neviršyti šių limitų:

- - konkrečių tinklo elementų temperatūros limitai, atitinkantys aplinkos temperatūrą, pvz., didžiausias elektros srovės kiekis, galintis tekėti konkrečiu tinklo elementu nepažeidžiant to elemento ar saugumo reikalavimų;
- - grandinės mazgų įtampos limitai, t. y., mažiausia ir didžiausia įtampa, leistina konkrečiame grandinės mazge nepažeidžiant infrastruktūros ar siekiant išvengti įtampos griūtis; - rotorius kampo stabilumo limitai, susiję su sinchronizuotais sujungtos sistemos galimybėmis grįžti į stabilų darbo režimą po trukdžių.

Didžiausias leistinas AĮNS sistemos pralaidumas apriojamas, kai trūksta prieinamų

elektros energijos rezervų, galinčių kompensuoti AĮNS jungties gedimą.

Kai atitinkama šalis atlieka nenumatytų atvejų analizę, patikrinama, ar kiekvienos grandies didžiausias pralaidumas kiekviena kryptimi gali būti tiekiamas rinkai. Jei nenumatytų atvejų analizė parodo, kad tinklo saugumas neužtikrinamas kai AĮNS jungtys veikia didžiausia apkrova kuria nors kryptimi, tos jungties ar krypties pralaidumas sumažinamas kol tinklo parametrai analizės metu yra leistinose ribose.

AĮNS jungties TTC yra mažiausia pralaidumo vertė, gauta aktualioms šalims atlikus nenumatytų atvejų analizę iš abiejų jungties pusių.

2.1.4. Perdavimo patikimumo atsargos (TRM) apskaičiavimo metodika

Perdavimo patikimumo apsauga (toliau „TRM“) – pralaidumo atsarga, reikalinga užtikrinti saugų sujungtų elektros energijos sistemų veikimą atsižvelgiant į planavimo klaidas, įskaitant klaidas, sukeltas netikslios informacijos iš trečiųjų šalių, panaudotos apskaičiuojant perdavimo pralaidumą. AĮNS jungčių TRM vertė yra 0 MW.

TRM nustatymo metodas:

TRM gaunamas sudėjus aritmetinio vidurkio vertę ir standartinį nuokrypį. Apskaičiuojamas anksčiau nurodyto statistinių duomenų rinkinio aritmetinis nuokrypio vidurkis ir sudedamas su to paties duomenų rinkinio standartiniu nuokrypiu:

$$TRM = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} + \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad 2-3$$

kur:

X_i – i-tojo elemento duomenų rinkiniai, apibrėžti kaip faktinio elektros energijos srauto nuokrypis nuo planuoto elektros energijos srauto per tarpvalstybines jungtis;

$$\frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad 2-4$$

\bar{X} – X_i aritmetinis vidurkis n ;

n – duomenų rinkinio elementų skaičius.

2.1.5. Koordinuoto grynojo pralaidumo (NTC) ir prieinamo pralaidumo (ATC) apskaičiavimo metodika

NTC ir ATC apskaičiavimo procesas:

- PSO ir pralaidumo apskaičiuotojas apskaičiuoja NTC vertę kitos dienos rinkai;
- PEERO pateikia kitos dienos rinkos rezultatus atsižvelgdamas į NTC ir paskirstymo apribojimus;
- ATC vertė apskaičiuojama einamosios dienos rinkai.

Jei dėl laiko apribojimų pralaidumo apskaičiuotojas negali apskaičiuoti ir PSO patvirtinti PP vertės prieš einamosios dienos tarpzoninės prekybos pradžią, PSO nurodo savo ribų ATC einamosios dienos laikotarpiui pagal kitos dienos NTC ir kitos dienos rinkos susiejimo rezultatus, bei PSO įvertintą eksploataavimo saugumą. Jei kaimyniniai PSO gauna kitokias PP vertes perdavimui į atitinkamą ribą, žemiausia vertė naudojama kaip koordinuota vertė ir pateikiama einamosios dienos rinkai paskirstymui. Atnaujintos ATC vertės pateikiamos einamosios dienos rinkai kaip įmanoma greičiau po to, kai sėkmingai užbaigiami apskaičiavimas ir patvirtinimas.

AİNS jungtims einamosios ir kitos dienos prekybos metu taikomi didžiausio kitimo greičio apribojimai (informacija apie kitimo greičio vertes yra nurodyta ENTSO-E Skaidrumo platformoje). Didžiausio kitimo greičio apribojimas – tai didžiausias galimas aktyvios elektros energijos pokytis tarp nuoseklios prekybos laikotarpių. Šie apribojimai reiškia, kad visų AİNS jungčių prekybos planai gali būti pakeisti ne daugiau, nei iš anksto nustatytas didžiausio kitimo greičio tarp dviejų prekybos laikotarpių apribojimas.

2.1.6. Tarpsisteminių jungčių skirtingų pralaidumo skaičiavimo metodikų taikymo regione įtaka elektros energijos kainai Lietuvos prekybinėje zonoje.

Analizės tikslas nustatyti šalių, su kuriomis Lietuva prekiauja elektros energija, tarpsisteminių pralaidumų skaičiavimo ir komercinių bei techninių srautų apkrovos įtaka elektros energijos kainai Lietuvoje.

Vertinami duomenys:

Vertinami tarpsisteminių jungčių techninių ir komercinių srautų, suskaičiuotų tarpsisteminių jungčių pralaidumų koreliacija, bei įtaka kainai Lietuvos prekybinėje zonoje.

$$Jungties_{Tech. sraut} \leftrightarrow Jungties_{pralaid.} \leftrightarrow Jungties_{komerc.sraut.} = \Delta kaina_{LT} \quad 2-5$$

Elektros energijos kainų skirtumo pjūvyje priklausomybė, nuo gretimų pjūvių srautų/pralaidumų santykio.

$$\frac{Jungties_{sraut.}}{Jungties_{pralaid.}} \leftrightarrow \Delta kaina_{LT} ; kai \frac{Jungties_{gret. sraut.}}{Jungties_{gret. pralaid.}} \geq 1 \quad 2-6$$

Elektros energijos srautų pasiskirstymas pjūvyje, esant skirtingam pjūvio pralaidumų skaičiavimui.

$$Jungties_{Tech. sraut} \leftrightarrow Jungties_{komerc sraut.} \quad 2-7$$

2.2. Tarpsisteminių jungčių skirtingo darbo režimo įtakos didmeninei elektros energijos kainai analizė.

Šiame skyriuje vertinama tarpsisteminių jungčių išnaudojimo įtaka Lietuvos elektros energijos rinkos kainai, atsižvelgiant į įvairius jungties veikimo režimus.

Vertinami režimai:

- jungtis neveikia, planiniai atjungimai (MTTR, dienos);
- jungtis neveikia, gedimai (FOR, %);
- jungtis apkrauta pilnai;

$$\Delta \textit{kaina}, \textit{kai srautas}=\textit{pralaidumas,eksportas}-0 = \frac{\textit{kaina}_{int}}{\textit{kaina}_{ext}} \quad 2-8$$

Reikšmės:

$Kaina_{int}$ – kaina Lietuvos prekybinėje zonoje;

$Kaina_{ext}$ - kaina jungties išorinėje zonoje.

- jungtis apkrauta dalinai;

$$\Delta \textit{kaina}, \textit{kai srautas}<\textit{pralaidumas} = \frac{\textit{kaina}_{int}}{\textit{kaina}_{ext}} \quad 2-9$$

Reikšmės:

$Kaina_{int}$ – kaina Lietuvos prekybinėje zonoje;

$Kaina_{ext}$ - kaina jungties išorinėje zonoje.

2.3. Perkrovų susidarymo ir paskirstymo analizė

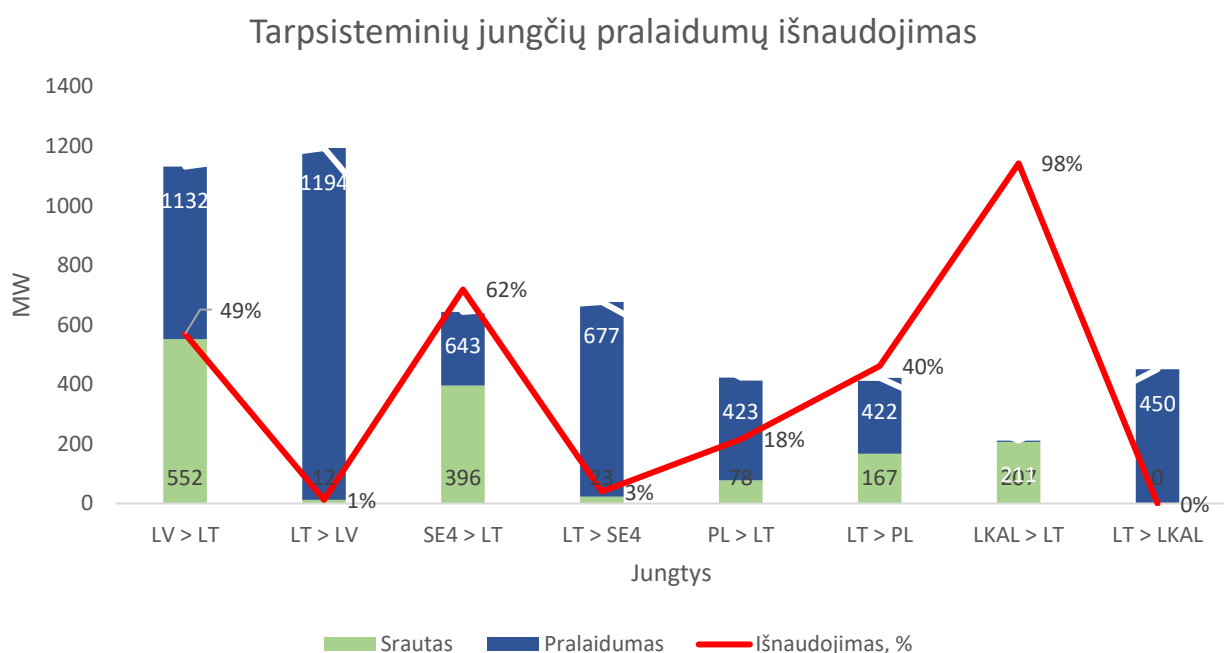
Šiame skyriuje analizuojama perkrovų susidarymas ir paskirstymas Lietuvos prekybinėje zonoje.

Vertinami parametrai:

- Perkrovų susidarymas Lietuva – Lenkija; Lietuva – Švedija ir Lietuva – Latvija pjūviuose;
- Perkrovų paskirstymas tarp Lietuvos ir kaimyninių šalių elektros energijos tiekėjų;
- Perkrovų dalis tenkanti Lietuvos perdavimo tinklo operatoriui;
- Skaičiuojama pralaidumų pokyčio įtaka perkrovų susidarymui.

3. Tyrimo rezultatai

3.1. Tarpsisteminių jungčių pralaidumų skaičiavimo įtaka didmeninei elektros energijos kainai Lietuvoje



3.1 pav. Tarpsisteminių jungčių suskaičiuoti pralaidumai ir jų išnaudojimas komerciniams srautams.

Tarpsisteminių jungčių analizė parodė, kad labiausiai išnaudojama jungtis yra Lietuva – Rusija (Karaliaučiaus sritis) Lietuvos kryptimi jungties pralaidumo komerciniams srautams išnaudojimas siekia 98-99 %. Tarpsisteminės jungties Lietuva – Švedija (NordBalt) išnaudojimas analizuojamu periodu, Lietuvos kryptimi siekė 60-80 %, Švedijos kryptimi sudarė 2-6 % komercinio pralaidumo. Tarpsisteminiame pjūvyje Lietuva – Lenkija (LitPol Link) tarpsisteminės jungties išnaudojimas svyravo 40-60 % komercinio pralaidumo Lenkijos kryptimi. Jungtis Lietuva – Latvija, kaip ir jungtis Lietuva – Rusija, bei Lietuva – Baltarusija, vadovaujantis Stabilumo nustatymo BRELL žiede metodiniais nurodymais, yra skirtos ne tik komerciniams pralaidumams, bet ir tinklo patikimumo rodiklių užtikrinimui. Jungtyje Lietuva – Baltarusija nuo 2020-11-09 yra nustatytas 0 MW komercinis pralaidumas [7], jungtis atlieka tinklo patikimumo užtikrinimo f-ją.

3.1.1. Tarpsisteminė jungtis LT – LV (Lietuva - Latvija)

Jungties pralaidumai apskaičiuojami vadovaujantis bendra koordinuoto pralaidumo skaičiavimo metodika Baltijos pralaidumo skaičiavimo regionui: [27]

PSO ir pralaidumo apskaičiuotojas apskaičiuoja Latvijos-Lietuvos tarpsisteminės jungties NTC vertes, atsižvelgdami į garantuotos avarinės energijos rezervą, reikalingą PSO užtikrinti normalų darbą įvykus (N-1) situacijai naudojant šią formulę:

$$NTC = (TTC_l + \sum_{i=1}^n K_i \cdot P_i) - TRM \quad 3-1$$

reikšmės:

$$(TTC_l + \sum_{i=1}^n K_i \cdot P_i) \leq TTC$$

3-2

reikšmės:

TTC1 – maksimali galima perduoti aktyvioji galia įvykus (N-1) situacijai pagal faktinę energijos sistemų tinklo būseną, kaip nurodyta Lygiagretaus tarpstemininių jungčių tarp Lietuvos ir Latvijos veikimo instrukcijoje.

P_i – visas elektros energijos sistemai prieinamas garantuotos avarinės energijos rezervas i (kurį PSO nurodo kitiems metams iki gruodžio 1 d. ir pateikia pralaidumo apskaičiuotojui ir kitiems PSO);

K_i – rezervinės energijos paskirstymo koeficientai atsižvelgiant į garantuoto avarinės energijos rezervo vietą ir P_i gamybos sumažinimą pagal 2 šios metodikos lentelę

n – elektros energijos sistemų skaičius;

TTC – maksimali galima perduoti aktyvioji galia pagal faktinę energijos sistemų tinklo būseną, kaip nurodyta Lygiagretaus tarpstemininių jungčių tarp Lietuvos ir Latvijos veikimo instrukcijoje.

Latvijos – Lietuvos tarpstemininės jungties prieinamo pralaidumo (ATC) skaičiavimas:

Lietuvos kryptimi:

Jei ATC kryptis, sutampa su AAC kryptimi:

$$ATC = \min(NTC - P_{PF}; NTC - AAC + TRM) \quad 3-3$$

Jei ATC kryptis, nesutampa su AAC kryptimi:

$$ATC = NTC - P_{PF} \quad 3-4$$

Latvijos kryptimi:

ATC Latvijos kryptimi apskaičiuojamas atsižvelgiant į blogiausią galimą einamos dienos prekybos scenarijų, dėl kurio gali padidėti tarpstemininių jungčių perkrova:

$$ATC_{LT \rightarrow LV} = \min(NTC - P_{PF}; NTC - AAC + TRM; (NTC_{coord} - P_{PF})_{EE \rightarrow LV}) \quad 3-5$$

Reikšmės:

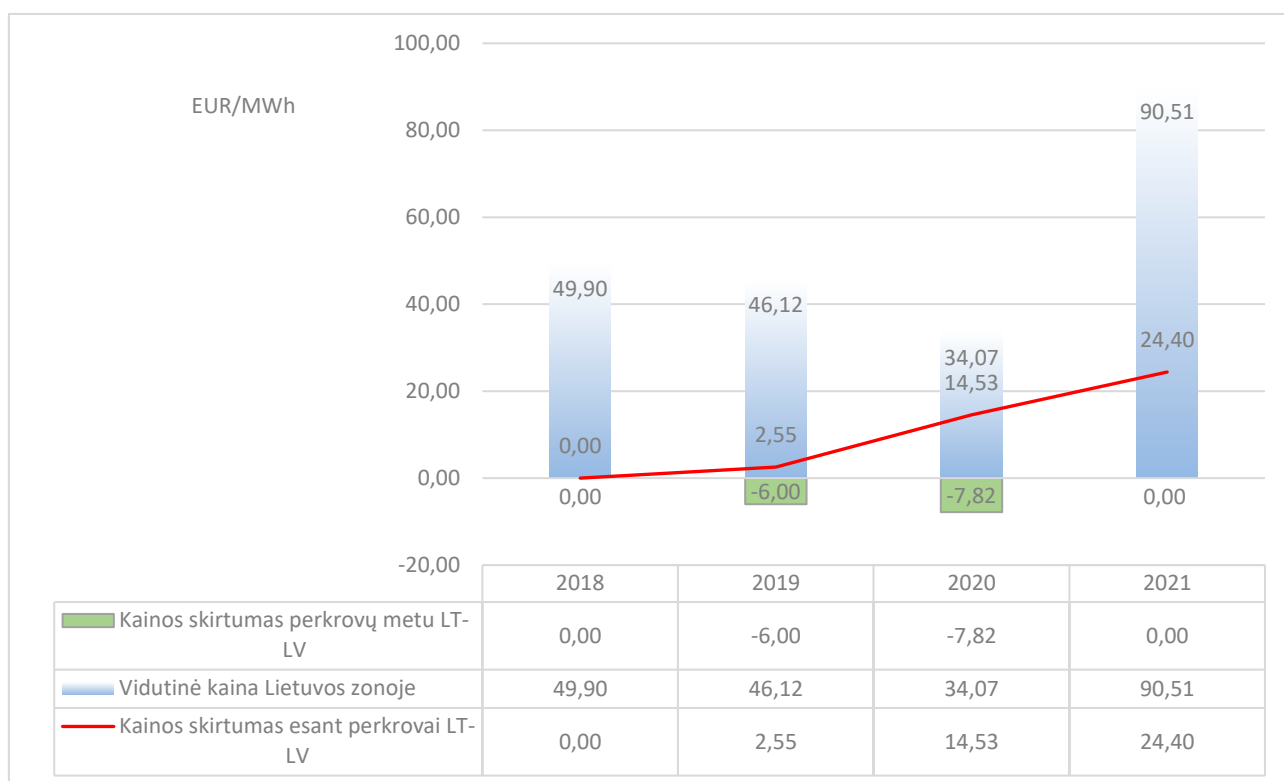
P_{PF} – apskaičiuotas tarpstemininių jungčių elektros energijos srautas pagal D-1 BTM;

AAC – po ankstesnių pralaidumo paskirstymo etapų jau paskirstytas tarpstemininių jungčių pralaidumas;

TRM – koordinuota TRM vertė, gauta iš koordinuotų TTC ir NTC verčių;

(NTCcoord – PPF) EE-->LV – apskaičiuotas pralaidumo likutis po ankstesnių pralaidumo paskirstymo etapo, atsižvelgiant į Estijos-Latvijos tarpsteminės jungties elektros energijos srauto skaičiavimus kryptimi iš Estijos į Latviją.

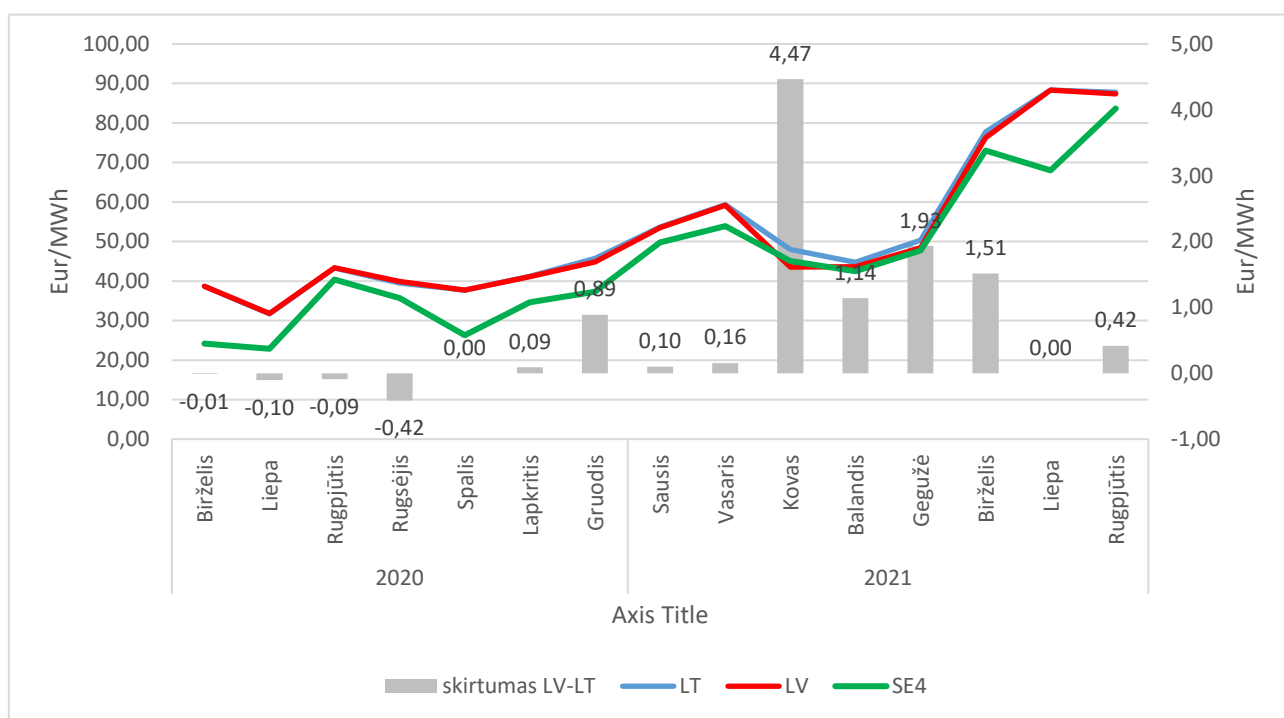
Lietuva ir Latvija turi gerai išvystytas tarpsteminės jungtis, kurių maksimalus komercinis pralaidumas siekia 1302/1334 MW [26], tai leidžia išlaikyti minimalius elektros energijos kainos skirtumus Lietuvos ir Latvijos elektros rinkose. 2018 metais vidutinis kainų skirtumas tarp Lietuvos ir Latvijos elektros rinkų sudarė – 0,10ct/MWh, 2019 metais – 0,16ct/MWh., maksimalus kainų skirtumas siekė 9,29 Eur/MWh. 2020 m. IV ketvirtį kainų skirtumas pikinėmis valandomis sudarė 48 Eur/MWh, o 2021 m. pikinėmis valandomis kainų skirtumas tarp Lietuvos ir Latvijos prekybinių zonų siekė – 212 Eur/MWh.



3.2 pav. Tarpsteminės jungties Lietuva – Latvija perkrovų metu susidaręs kainų skirtumas 2018-2021m.

Duomenų analizė parodė, kad 2021 I ir II ketvirčius susidaręs kainų skirtumas 3.3 pav., atsirado dėl vieningos tarpsteminėjų srautų skaičiavimo metodikos su trečiosiomis šalimis nebuvimo tarp Lietuvos, Latvijos ir Estijos šalių. Lietuva naudoja vienašalę tarpsteminėjų srautų skaičiavimo su trečiosiomis šalimis metodiką, kuri visų pirma skirta apsaugoti nuo nesaugios branduolinės elektros energijos patekimo į Lietuvos prekybinę zoną ir skiriasi nuo Latvijos ir Estijos tarpsteminėjų srautų su trečiosiomis šalimis skaičiavimo metodikos. Lietuvai, pagal taikoma metodiką, rugsėjo viduryje sumažinus maksimalų pralaidumą (TTC) tarp Lietuvos ir Baltarusijos, Latvija prekybai su Rusija gali išduoti tik tokius pralaidumus, kurie atitinka Latvijos-Rusijos jungties pralaidumą. Latvija ir Estija taiko iki tol galiojusią metodiką, kurioje vertinamas maksimalus Baltarusijos-Lietuvos jungčių pralaidumas. Lietuvos – Latvijos pjūvyje komerciškai išnaudotas pralaidumas sudarė sąlygas tam tikromis valandomis susiformuoti komercinei perkrovai Lietuvos – Latvijos jungtyje Lietuvos kryptimi, todėl kainų skirtumas tarp Lietuvos ir Latvijos prekybinių zonų tam tikromis valandomis siekė 54,47 Eur/MWh, o bendras jungties neprieinamumas laikotarpiu nuo

2021-01-01 iki 2021-06-31 dienos sudarė 417 valandų. Tai lėmė jog 2021 m. I ir II ketvirčius Lietuvos elektros energijos tiekėjai patyrė 6 mln. Eurų perkrovos išlaidų.



3.3 pav. Elektros energijos kainų skirtumas susidaręs pjūvyje Lietuva – Latvija.

Kaip parodė tyrimas Baltijos šalių elektros energijos rinkos yra stipriai integruotos, todėl labai svarbu, kad būtų pasiektas trišalis Baltijos šalių sprendimas dėl prekybos su trečiosiomis šalimis metodikos, kuris leistų užtikrinti sąžiningą konkurenciją tarp rinkos dalyvių.

3.1.2. Tarp sisteminė jungtis LT – BY (Lietuva - Baltarusija)

Europos Komisijos reglamentas (ES) 2015/1222 nustato pralaidumo paskirstymo ir perkrovos valdymo gairės bendrai koordinuoto pralaidumo skaičiavimo metodikai Baltijos pralaidumų skaičiavimo regionui [29]. 2017 m. birželio 15 d. priimtas įstatymas „Dėl branduolinės elektrinės, statomos Baltarusijos respublikoje, Astravo rajone, pripažinimo nesaugia, keliančia grėsmę Lietuvos respublikos nacionaliniam saugumui, aplinkai ir visuomenės sveikatai“ išskyrė Baltijos šalių požiūrį į pralaidumų skaičiavimo algoritmų su trečiosiomis šalimis taikymą.

Pagal 2018 m. trišaliu sprendimu patvirtintą „Tarpzoninio pralaidumo skaičiavimo, skyrimo ir paskirstymo su trečiosiomis šalimis sąlygos, nuostatos ir metodika“ metodiką, pralaidumai skirti elektros energijos prekybai iš trečiųjų šalių, nustatomi atsižvelgiant į tarp sisteminių jungčių: Lietuvos-Baltarusijos, Rusijos – Estijos, Estijos – Latvijos kartu su Rusijos – Latvijos ir Lietuvos – Latvijos, NTC.

Lietuvos ir Baltarusijos Tarp sisteminės jungties pralaidumas, naudojamas grynojo pralaidumo su trečiosiomis šalimis skaičiavimui, iki 2021 metų buvo nustatomas vadovaujantis šiomis formulėmis [30]:

$$NTC_{BY-LT} = TTC_{BY-LT} - TRM$$

čia:

NTC_{BY-LT} – Lietuvos ir Baltarusijos Tarpsisteminės jungties grynasis pralaidumas atitinkama kryptimi;

TTC_{BY-LT} – Maksimalus Lietuvos ir Baltarusijos tarpsisteminės jungties perdavimo pralaidumas atitinkama kryptimi pagal lygiagretaus eksploatavimo tarpsisteminėje jungtyje BRELL nurodymą;

TRM – Tarpsisteminės jungties perdavimo patikimumo riba.

Jei atlikus pradinius skaičiavimus, fiziniai galios srautai neviršija aukščiau paminėtų jungčių NTC reikšmių, pralaidumai, skirti elektros energijos prekybai iš trečiųjų šalių, nustatomi mažinant gamybą Lietuvos ir Latvijos elektros energijos sistemose pagal koeficientą:

$$K_i = \frac{P_{\text{load}(i)} - P_{\text{gen}(i)}}{\sum_{i=n}^1 (P_{\text{load}(i)} - P_{\text{gen}(i)})} \quad 3-7$$

kur:

$K_{(i)}$ – deficitinės elektros energijos sistemos i gamybos sumažinimo koeficientas;

$P_{\text{load}(i)}$ – deficitinės elektros energijos sistemos i paklausa;

$P_{\text{gen}(i)}$ – deficitinės elektros energijos sistemos i gamyba;

i – deficitinė Baltijos šalių elektros energijos sistema;

Pralaidumas, skirtas kitos paros elektros energijos prekybai iš Baltijos valstybių elektros energijos sistemų trečiosioms šalims, nustatomas pagal šią formulę [30]:

$$NTC_{LT-BY} = TTC_{LT-BY} - TRM \quad 3-8$$

čia:

NTC_{LT-BY} – Lietuvos ir Baltarusijos tarpsisteminės jungties grynasis pralaidumas;

TTC_{LT-BY} – Maksimalus Lietuvos ir Baltarusijos tarpsisteminės jungties grynasis pralaidumas Baltarusijos kryptimi;

TRM – Tarpsisteminės jungties perdavimo patikimumo riba.

2021 m. neradus bendro trišalio sprendimo tarp Lietuvos, Latvijos ir Estijos PSO, Lietuvos Valstybinė energetikos reguliavimo taryba vienašališkai patvirtino metodiką prekybai su trečiosiomis šalimis [31].

Pakeitimai:

- LT-BY tarpsisteminėje jungtyje grynasis pralaidumas prekybai (NTC) nustatomas 0 MW.
- LT-BY tarpsisteminėje jungtyje Lietuvos elektros energijos perdavimo sistemos operatorius (PSO) AB „Litgrid“ nustatys maksimalų techninį pralaidumą (TTC) tik ta apimtimi, kuri būtina patekti techniniam srautui.
- LT-BY tarpsisteminės jungties pralaidumo nustatymas neribos Latvijos ir Rusijos elektros energijos prekybos.

Tarpsisteminės jungties Lietuva–Baltarusija TTC į Lietuvos ES pusę realaus laiko valdymo metu nustatomas formulę:

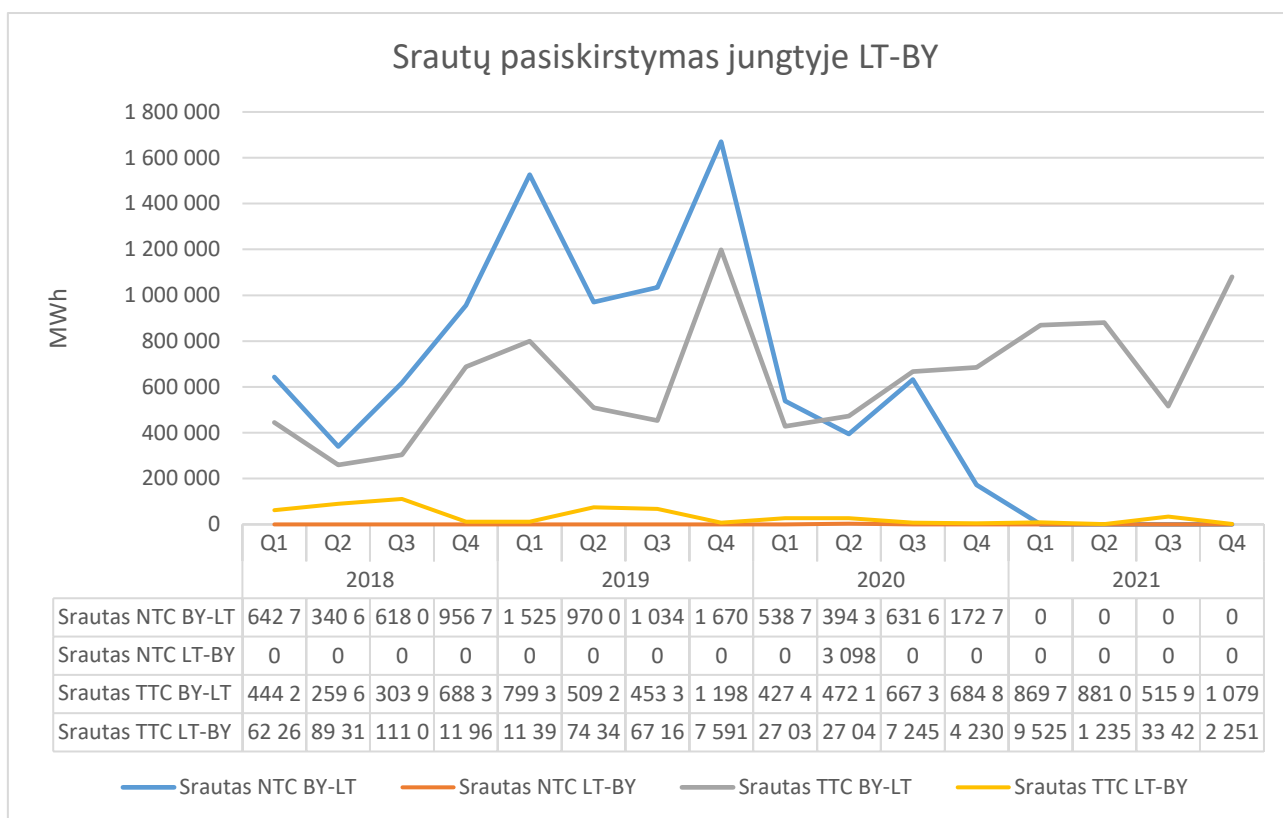
$$TTC_{BY>LT(\text{fakt.})} = \text{MIN} [TP_{(\text{fakt.})}; (P_{\text{tech}(\text{fakt.})} + P_{\text{rez}})] \quad 3-9$$

Kur:

TTC_{BY>LT(i)} – tarpsisteminės jungties Lietuva–Baltarusija TTC į Lietuvos ES pusę faktinę valandą;

$P_{\text{tech(fakt.)}}$ – Techninio srauto a), b) ir c) dedamųjų suma tarpvietinėje jungtyje Lietuva–Baltarusija faktinę valandą.

Jeigu faktinio fizinio srauto kryptis į Baltarusijos ES pusę, tuomet $P_{\text{tech(fakt.)}}=0$ MW;



3.4 pav. Tarpvietinės jungties Lietuva – Baltarusija srautų pasiskirstymas 2018-2021 m.

Pralaidumų su trečiosiomis šalimis skaičiavimo metodikų ir tarpvietinių elektros energijos srautų duomenų analizė parodė 3.4 pav., kad 2020-11-09 nustatius 0 MW komercinį pralaidumą (NTC), tarpvietiniame pjūvyje Lietuva – Baltarusija, išaugo techninis elektros energijos srautas Lietuvos kryptimi nuo 472 tūkst. MWh 2020 metų II ketvirtį iki 881 tūkst. MWh. 2021 metų II ketvirtį, o komercinis srautas minėtu laikotarpiu sumažėjo nuo 394 tūkst. MWh iki 0 MWh. Tai leidžia daryti prielaidą, kad iki 2021 m. galiojusi pralaidumų skaičiavimo metodika, skaičiuojant techninį srautą (TTC) sudarė sąlygas neefektyviai naudoti Lietuvos perdavimo tinklą. Atnaujinta pralaidumų skaičiavimo metodika leidžia skaidresnį ir konkurencingesnį pralaidumų paskirstymą.

3.1.3. Tarpvietinė jungtis LT – KAL (Lietuva - Rusija)

Tarpvietinės jungties Lietuva – Rusija (Karaliaučiaus kraštas) pralaidumai, skirti elektros energijos prekybai Lietuvos kryptimi, nustatomi įvertinant generacijos galios ir vartojimo santykį Kaliningrado srityje ir skaičiuojami vadovaujantis pateiktomis formulėmis [30]:

$$NTC_{RU-LT} = \min((TTC_{RU-LT} - TRM); (G_{RU} - P_{RU}))$$

3-10

Kur:

NTC_{RU-LT} – Lietuvos ir Rusijos (Karaliaučiaus krašto) tarpvietinės jungties grynasis pralaidumas;

TTC_{RU-LT} – Maksimalus perdavimo pralaidumas Lietuvos kryptimi pagal lygiagretaus eksploatavimo Lietuvos ir Rusijos (Karaliaučiaus krašto) tarpsteminėje jungtyje nurodymą;

TRM – Lietuvos ir Rusijos PSO bendrai nustatyta perdavimo patikimumo riba jungtyje;

G_{RU} – Rusijos (Karaliaučiaus krašto) gamyba pagal D-2 balanso planus;

P_{RU} – Rusijos (Karaliaučiaus krašto) apkrova pagal D-2 balanso planus.

2018 metais atnaujinta tarpsteminė jungčių pralaidumo nustatymo ir paskirstymo su trečiosiomis šalimis metodiką buvo papildyta:

Jei praėjusią dieną faktinis galios srautas iš Kaliningrado srities viršijo maksimalaus perdavimo pralaidumo ribas Lietuvos–Rusijos tarpsteminėje jungtyje arba apsikeitimas grynąja galia su Karaliaučiaus sritimi dėl rinkos dalyvių veiksmų yra mažesnis nei kitos paros rinkoje iš Karaliaučiaus į Lietuvą paskirstytas pralaidumas, tuomet kitos paros tarpsteminės jungties pralaidumai Lietuvos kryptimi nustatomi pagal pateiktą formulę [31]:

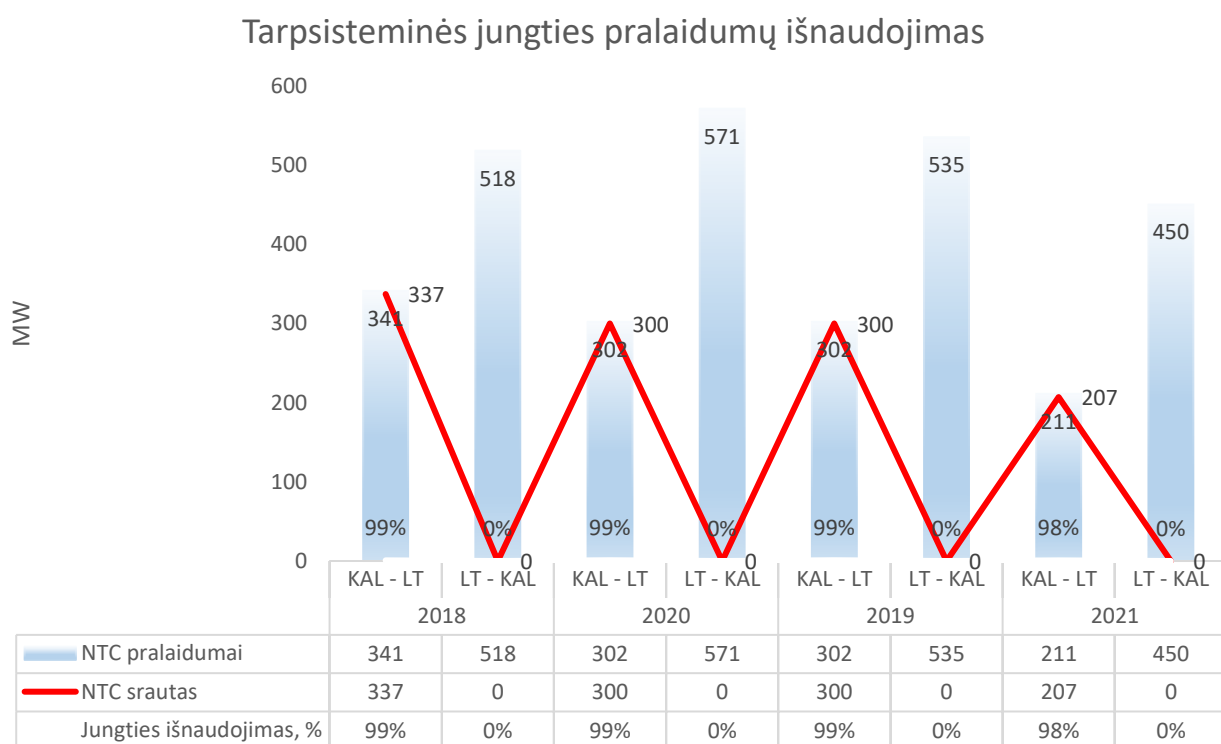
$$NTC_{RU-LT} = \min((TTC_{RU-LT} - TRM); (G_{RUactual} - P_{RUactual}))$$

3-11

Kur:

$G_{RUactual}$ – Rusijos (Karaliaučiaus krašto) gamyba pagal praėjusios dienos faktinius duomenis;

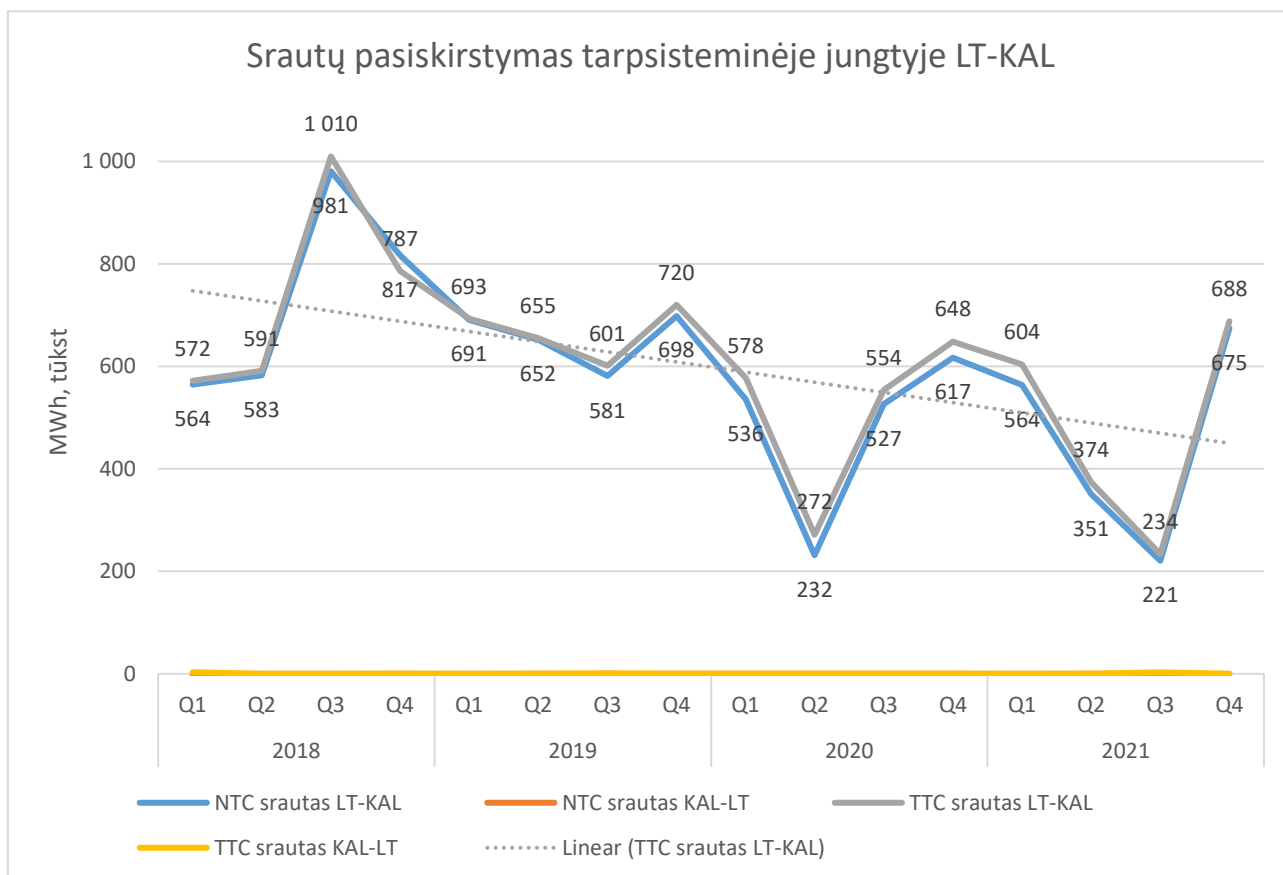
$P_{RUactual}$ – atitinkamai naudojama Rusijos (Karaliaučiaus krašto) apkrova pagal paskutinės darbo dienos, šeštadienio, sekmadienio ar šventinės dienos faktinius duomenis.



3.5 pav. Tarpsteminės jungties Lietuva – Rusija (Karaliaučiaus kraštas) pralaidumų išnaudojimas 2018-2021m.

Iš pateiktų duomenų matome jog analizuojamu laikotarpiu tarpsteminės jungties išnaudojimas kryptimi KAL - LT siekia beveik 100%, tai labiausiai išnaudojama Lietuvos tarpsteminė jungtis.

Tai leidžia daryti prielaidą, jog elektros energijos kaina patenkanti iš Rusijos yra konkurencinga. Taip pat iš žemiau pateikto grafiko matome, kad pralaidumų skaičiavimo su trečiosiomis šalimis metodikos atnaujinimas leido užtikrinti, kad pūvyje Lietuva – Rusija elektros energijos prekybos apimtys Lietuvos kryptimi neviršys Kaliningrado srities perteklinės gamybos galios.



3.6 pav. Tarp sisteminės jungties Lietuva – Rusija (Karaliaučiaus kraštas) techniniai ir komerciniai srautai 2018-2021 m.

3.2. Tarp sisteminė jungčių darbo režimo įtaka didmeninei elektros energijos kainai Lietuvoje

3.2.1. Tarp sisteminė jungtis LT-SE (Lietuva – Švedija)

Pralaidumo prekybai apskaičiavimas tarp Lietuvos ir Švedijos elektros sistemų [27]:

Pralaidumas prekybai apskaičiuojamas pagal formulę (iš abiejų jungties pusių):

$$NTC = TTC - TRM \quad 3-12$$

Rinkai paskirstomas NTC tarp Švedijos ir Lietuvos apskaičiuojamas:

$$NTC_{SE-LT} = \min (SE NTC_{SE-LT}; LT NTC_{SE-LT}) \quad 3-13$$

Kur:

$SE NTC_{SE-LT}$ – NTC tarp SE ir LT prekybos zonų, nustatomas pagal Baltijos PAR PSO sinchroninių zonų eksploatavimo saugumo apribojimus ar pagal techninius AİNS jungties apribojimus (iš Švedijos pusės);

Tos pačios dienos pralaidumas prekybai per Lietuva-Švedija tarpvietinę jungtį paskirstomas pagal formulę:

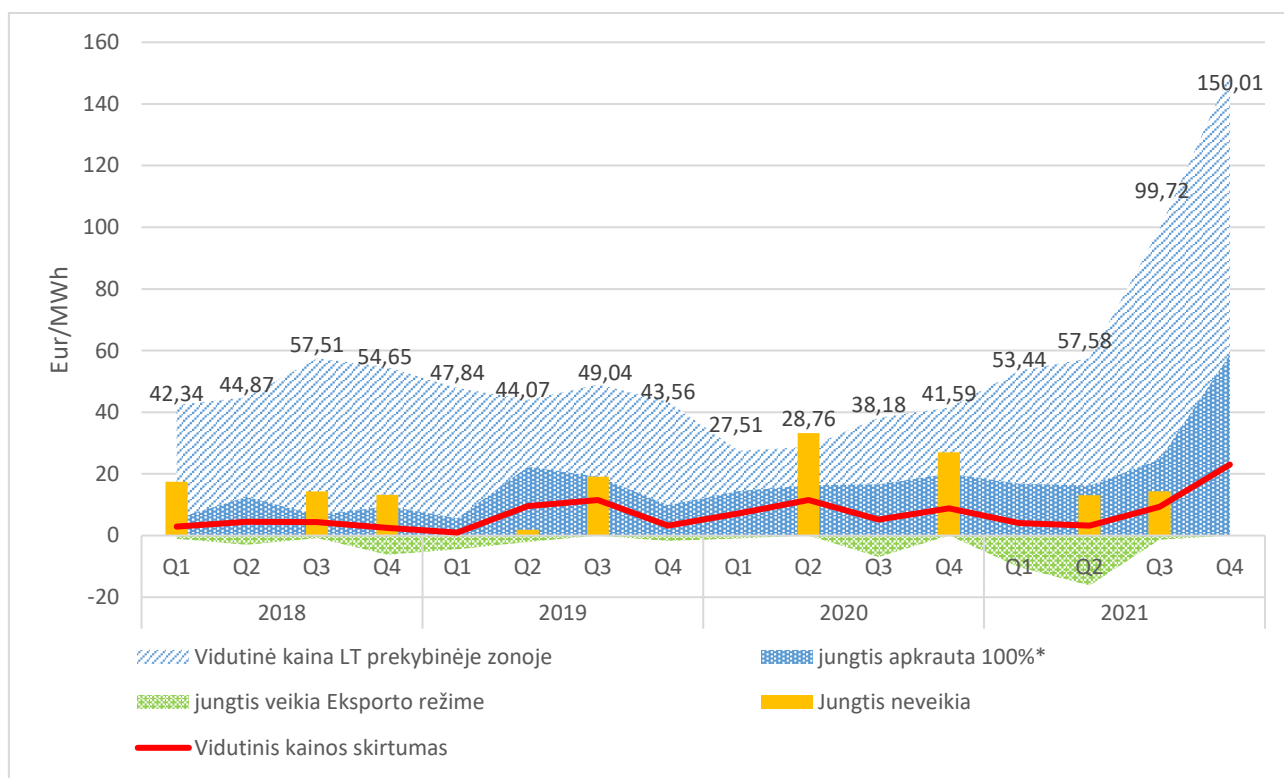
$$ATC_{LT-SE} = \min(LT\ NTC_{LT-SE}; SE\ NTC_{LT-SE}) - AAC$$

3-14

Kur:

LT NTC_{LT-SE} – NTC tarp LT ir SE prekybos zonų, nustatomas pagal Baltijos PAR PSO sinchroninių zonų eksploatavimo saugumo apribojimus ar pagal techninius AİNS jungties apribojimus (iš Lietuvos pusės);

SE NTC_{LT-SE} – NTC tarp LT ir SE prekybos zonų, nustatomas pagal Baltijos PAR PSO sinchroninių zonų eksploatavimo saugumo apribojimus ar pagal techninius AİNS jungties apribojimus (iš Švedijos pusės).

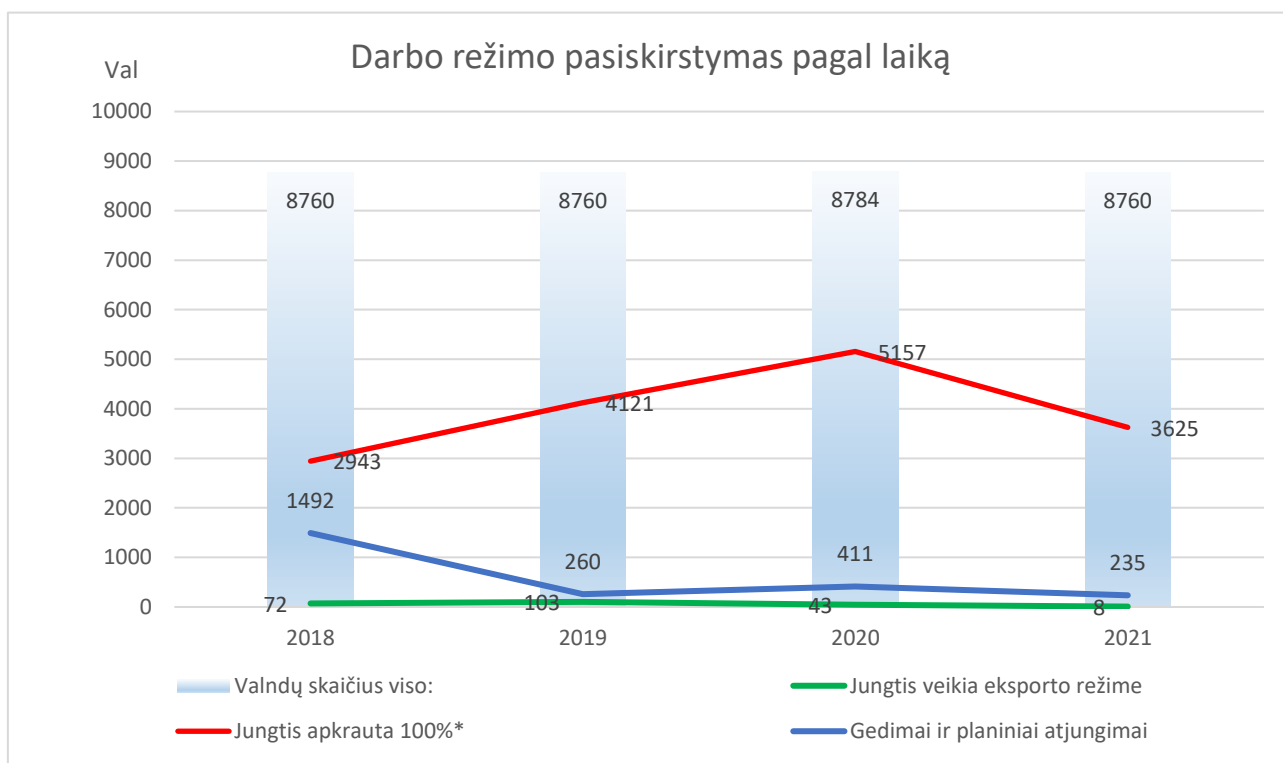


3.7 pav. Tarpvietinėje jungtyje SE4-LT (NordBalt) elektros energijos kainos skirtumas esant skirtingiems jungties veikimo režimams.

Tarpvietinė jungtis LT – SE4 (Lietuva – Švedija) yra skirta tik komerciniams (NTC) srautams [33]. Elektros energijos importas per šią jungtį sudaro 30-40 % viso šalies elektros energijos importo. Jungties skirtingų darbo režimų analizė parodė kad 2018 metais dėl pralaidumų trūkumo, prekyba pjūvyje, buvo apribota 2943 valandas ir vidutinis kainų skirtumas esant pralaidumų trūkumui tarp prekybinių zonų sudarė 11,44 Eur/MWh. 2019 ir 2020 metais prekyba dėl pralaidumų trūkumo buvo apribota atitinkamai 4121 ir 5157 valandas, vidutinis kainų skirtumas augo iki 17,69 Eur/MWh. 2021 metais jungties neprieinamumas susidarė 3625 valandas, o vidutinis kainų skirtumas pjūvyje siekė 32,43 Eur/MWh. Tai lėmė išaugusias perkrovų išlaidas.

Jungtis eksporto režime, analizuojamu laikotarpiu (2018-2021 metais), veikė tik 226 valandas ir vidutinis kainų skirtumas buvo 3,43 Eur/MWh.

Dėl planinių remontų ar jungties gedimų didžiausias vidutinis kainos skirtumas susidarė 2020 metais ir siekė 30,92 Eur/MWh.



3.8 pav. Tarpsisteminėje jungtyje SE4-LT (NordBalt) darbo režimo pasiskirstymas pagal laiką.

3.2.2. Tarpsisteminė jungtis PL – LT (Lenkija – Lietuva)

„LitPol link“ tarpsisteminė jungtis tarp Lietuvos ir Lenkijos pradėjo veikti 2015 m. [33], tai svarbus projektas sujungęs Lietuvos, Latvijos ir Estijos elektros energetinę sistemą su Vakarų Europos energetine sistema, kuris prisidėjo prie bendros integruotos Europos sąjungos elektros energijos rinkos kūrimo.

Iki sinchronizacijos su kontinentinės Europos tinklais (KET) jungties pralaidumas naudojamas komerciniams srautams (NTC) [25]:

Pralaidumas prekybai apskaičiuojamas pagal formulę (iš abiejų jungties pusių):

$$NTC = TTC - TRM \quad 3-15$$

Kryptimi iš Lietuvos į Lenkiją:

Veikia dvi Elk Bis-Alytus 400kV grandinės:

$$NTC_{LT-PL} = \min (PL NTC_{LT-PL}; LT NTC_{LT-PL}; 488 \text{ MW}) \quad 3-16$$

Veikia viena Elk Bis-Alytus 400kV grandinė:

$$NTC_{LT-PL} = \min (PL NTC_{LT-PL}; LT NTC_{LT-PL}; 485 \text{ MW}) \quad 3-17$$

Reikšmės:

PL NTC_{LT-PL} NTC tarp LT ir PL prekybos zonų, nustatomas pagal Baltijos PAR PSO sinchroninių zonų eksploatavimo saugumo apribojimus ar pagal techninius AİNS jungties apribojimus (iš Lenkijos pusės); jei apskaičiuotas NTC tarp LT ir PL prekybos zonų yra mažesnis nei 50 MW, naudojama 0 MW $PL NTC_{LT-PL}$ vertė.

LT NTC_{LT-PL} NTC tarp LT ir PL prekybos zonų, nustatomas pagal Baltijos PAR PSO sinchroninių zonų eksploatavimo saugumo apribojimus ar pagal techninius AİNS jungties apribojimus (iš Lietuvos pusės); jei apskaičiuotas NTC tarp LT ir PL prekybos zonų yra mažesnis nei 50 MW, naudojama 0 MW $LT NTC_{LT-PL}$ vertė.

488 MW - techninis jungties pralaidumas atsiskaitymo punkte $NTC_{SettlementPoint}$ kai veikia abi Elk Bis-Alytus linijos grandinės (t. y. dėl techninių AİNS keitiklio nuostolių sumažėjusi 500 MW „back to back“ intarpo įėjimo galia, dvi 400 kV linijos grandinės ir šuntiniai reaktoriai);

485 MW - techninis jungties pralaidumas atsiskaitymo punkte $NTC_{SettlementPoint}$ kai veikia viena Elk Bis-Alytus linijos grandinė (t. y. dėl techninių AİNS keitiklio praradimų sumažėjusi 500 MW „back to back“ intarpo įėjimo galia, viena 400 kV linija ir šuntiniai reaktoriai).

Kryptimi iš Lenkijos į Lietuvą:

Veikia dvi arba viena Elk Bis-Alytus 400kV grandinės:

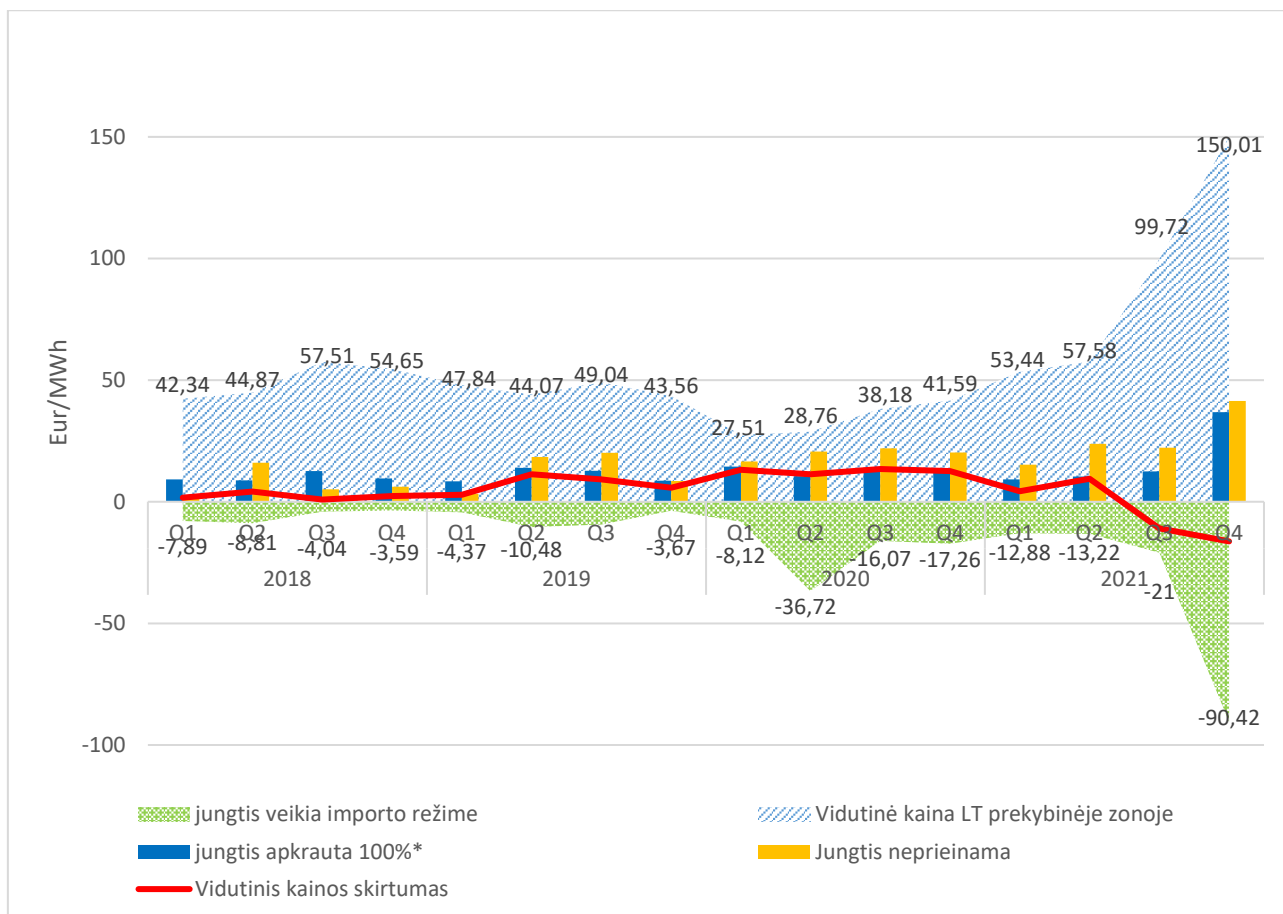
$$NTC_{LT-PL} = \min (PL NTC_{LT-PL}; LT NTC_{LT-PL}; 492 \text{ MW}) \quad 3-18$$

Reikšmės:

PL NTC_{LT-PL} NTC tarp LT ir PL prekybos zonų, nustatomas pagal Baltijos PAR PSO sinchroninių zonų eksploatavimo saugumo apribojimus (iš Lenkijos pusės); jei apskaičiuotas NTC tarp LT ir PL prekybos zonų yra mažesnis nei 50 MW, naudojama 0 MW $PL NTC_{LT-PL}$ vertė.

LT NTC_{LT-PL} NTC tarp LT ir PL prekybos zonų, nustatomas pagal Baltijos PAR PSO sinchroninių zonų eksploatavimo saugumo apribojimus (iš Lietuvos pusės); jei apskaičiuotas NTC tarp LT ir PL prekybos zonų yra mažesnis nei 50 MW, naudojama 0 MW $LT NTC_{LT-PL}$ vertė.

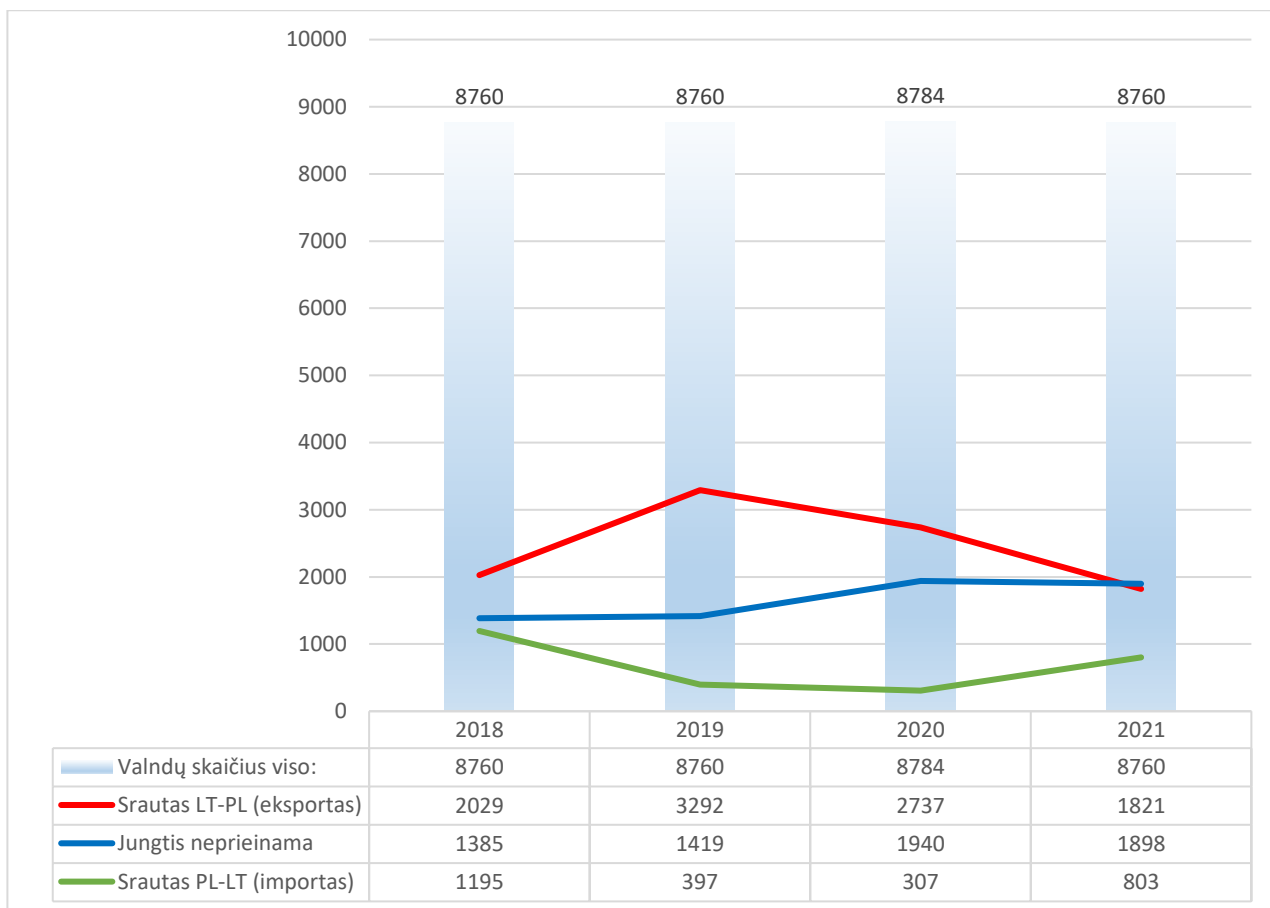
492 MW - techninis jungties pralaidumas atsiskaitymo punkte $NTC_{SettlementPoint}$ kai veikia abi arba viena Elk Bis-Alytus linijos grandinės (t. y. dėl techninių praradimų sumažėjusi 500 MW „back to back“ intarpo įėjimo galia).



3.9 pav. Tarpssysteminėje jungtyje LT - PL (LitPol Link) elektros energijos kainos skirtumas esant skirtingiems jungties veikimo režimams.

Per tarpssysteminę LitPol Link (Lietuva – Lenkija) jungtį Lietuva eksportuoja daugiausiai elektros energijos. 2018 metais eksportas vyko 6180 valandų, iš jų, dėl pralaidumų trūkumo, prekyba pjūvyje buvo apribota 223 valandas Lenkijos kryptimi ir vidutinis kainų skirtumas prekybinėse zonose sudarė 7,81 Eur/MWh (2018 metais Lenkijos prekybinėje zonoje elektros kaina buvo pateikiama Lenkijos zlotais, kainai nustatyti buvo naudojamas valiutų konvertavimas [35; 36]). 2019-2020 metais pagrindinė elektros energijos srauto kryptis išliko iš Lietuvos į Lenkiją. Prekyba dėl pralaidumų trūkumo buvo apribota atitinkamai 3292 ir 2737 valandas, vidutinis kainų skirtumas augo iki 12,67 Eur/MWh. (Lietuvos prekybinėje zonoje kaina žemesnė). Kryptimi Lenkija – Lietuva vidutinis kainų skirtumas, esant apribotai prekybai dėl pralaidumų trūkumo, prekybinėse zonose sudarė – 8,59 Eur/MWh ir 30,96 Eur/MWh, tačiau toks režimas truko tik 397 valandas 2019 metais ir 307 valandas 2020 metais. 2021 metais, esant pralaidumų trūkumui, vidutinis kainų skirtumas pjūvyje buvo -3,35 Eur/MWh (Lietuvos prekybinėje zonoje kaina buvo aukštesnė.)

Jungties neprieinamumas dėl planinių remontų ar jungties gedimų analizuojamu laikotarpiu vidutiniškai truko 1660 valandų ir tai leido 2018 metais susidaryti 7,30 Eur/MWh, o 2021 metais net 25,68 Eur/MWh kainų skirtumui. Skaičiavimai rodo, kad 2021 metais dėl jungties neprieinamumo Lietuvos perdavimo tinklo operatorius galėjo negauti 6,21 mln. Eur perkrovų pajamų.



3.10 pav. Tarpsisteminėje jungtyje LT-PL (LitPol Link) darbo režimo pasiskirstymas pagal laiką.

3.3. Perkrovų susidarymo ir paskirstymo analizė

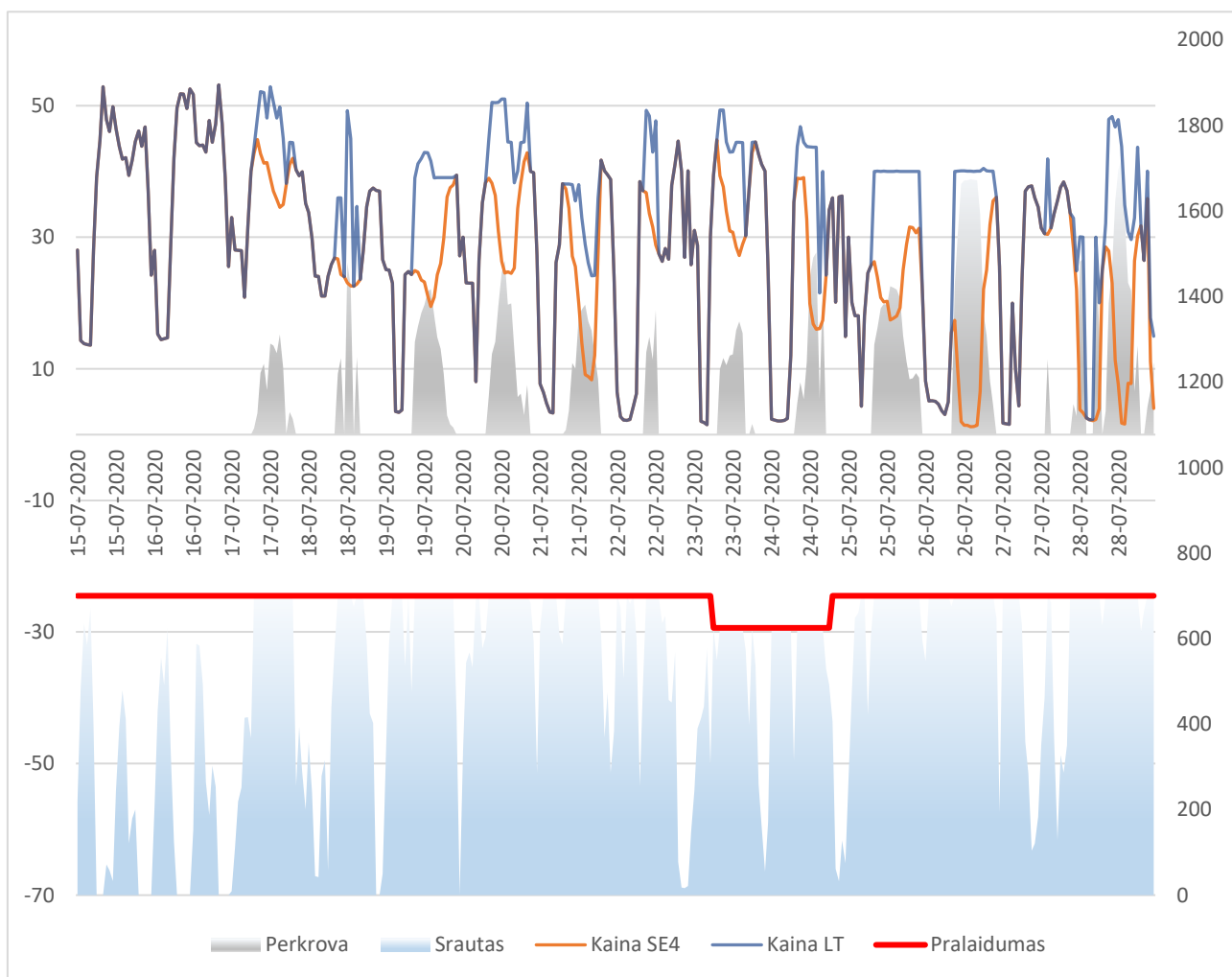
3.3.1. Perkrovų susidarymas Lietuvos prekybinėje zonoje

Formuojant biržos kainą nepakankamas jungties pralaidumas formuoja jungties neprieinamumą, kuris lemia susidarantį kainų skirtumą tarp prekybinių zonų. Atsiradęs kainų skirtumas formuoja perkrovas, kurias dengia importuojančios šalies elektros energijos tiekėjai. Periodais kai elektros energijos srautas neviršija jungties komercinio pralaidumo, kainų skirtumas ir perkrovos nesusidaro 3.11 pav.

Lietuvoje perkrovos skaičiuojamos jungtyse su Švedija, Lenkija ir Latvija [40]. 2018 metais bendra perkrovų suma buvo 23 mln. Eur iš kurių perkrova jungtyje su Švedija sudarė 57%. 2019 metais palyginus su 2018 metais perkrovų suma išaugo daugiau nei dvigubai ir sudarė 54,7 mln. Eur. 2020 metais perkrovos augo 15% ir sudarė 64,8 mln. Eur. 2021 metais sumažėjusi elektros energijos generacija regione, bei apriboti komerciniai srautai su Trečiosiomis šalimis (Baltarusija ir Rusija), išaugino elektros energijos paklausą, kuri įtakojo išaugusias elektros energijos kainas Lietuvos prekybinėje zonoje. Perkrovų suma išaugo 43% ir sudarė 100,2 mln. Eur.

5 lentelė. Lietuvos tarpvietinių jungčių perkrovų suma 2018-2021 m.

Tarpvietinė jungtis	2018	2019	2020	2021
Lietuva - Švedija	13 028 006	33 651 348	41 874 072	56 997 942
Lietuva - Lenkija	9 975 695	20 320 018	21 847 630	27 607 016
Lietuva - Latvija	0	760 300	1 040 168	15 618 938
Viso, Eur:	23 003 701	54 731 666	64 761 870	100 223 896

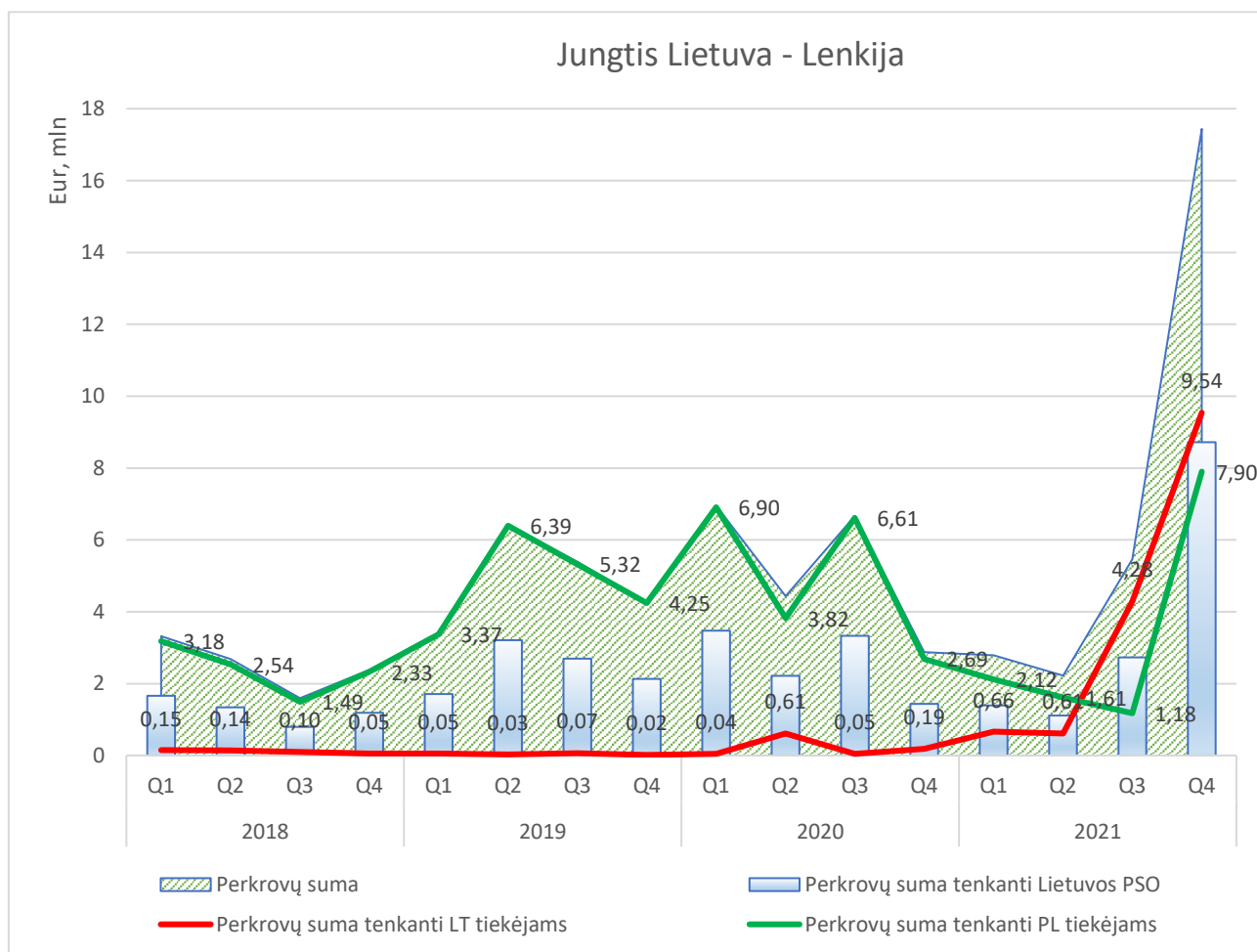


3.11 pav. Elektros energijos perkrovų susidarymas.

Lietuvos perdavimo tinklo operatorius, vadovaujantis Europos komisijos pralaidumo paskirstymo ir perkrovos valdymo gairėmis, 2018-2021 metų laikotarpiu gavo 121,3 mln. Eur perkrovų pajamų [37]. Vadovaujantis EK Reglamentu Nr. 1228/2003 [29] ir siekiant sumažinti susidarančias perkrovas, šios pajamos gali būti skiriamos paskirstytų pajėgumų prieinamumo didinimui ir investicijoms į naujas jungiamąsias linijas ar esamų linijų pajėgumų didinimą.

3.3.2. Perkrovų susidarymas ir paskirstymas tarpsteminėje jungtyje Lietuva - Lenkija

3.12 pav. pateikta LT – PL pjūvyje susidariusi perkrovų suma ir jos paskirstymas 2018-2021 metais. Verta atkreipti dėmesį, kad 2018 metais perkrovų našta tenkanti Lietuvos elektros energijos tiekėjams sudarė 5% visos susidariusios perkrovų sumos ir siekė 441 tūkst. Eur. 2019 metais elektros energijos importas per jungtį sudarė 1% todėl perkrovų suma tenkanti Lietuvos elektros energijos tiekėjams sudarė – 160 tūkst. Eur. 2020 ir 2021 metais perkrovų suma augo ir atitinkamai siekė 21,8 mln. Eur. Ir 27,6 mln. Eur iš kurių Lietuvos elektros tiekėjai dengė 890 tūkst. Eur 2020 metais ir 13,9 mln. Eur. 2021 metais.

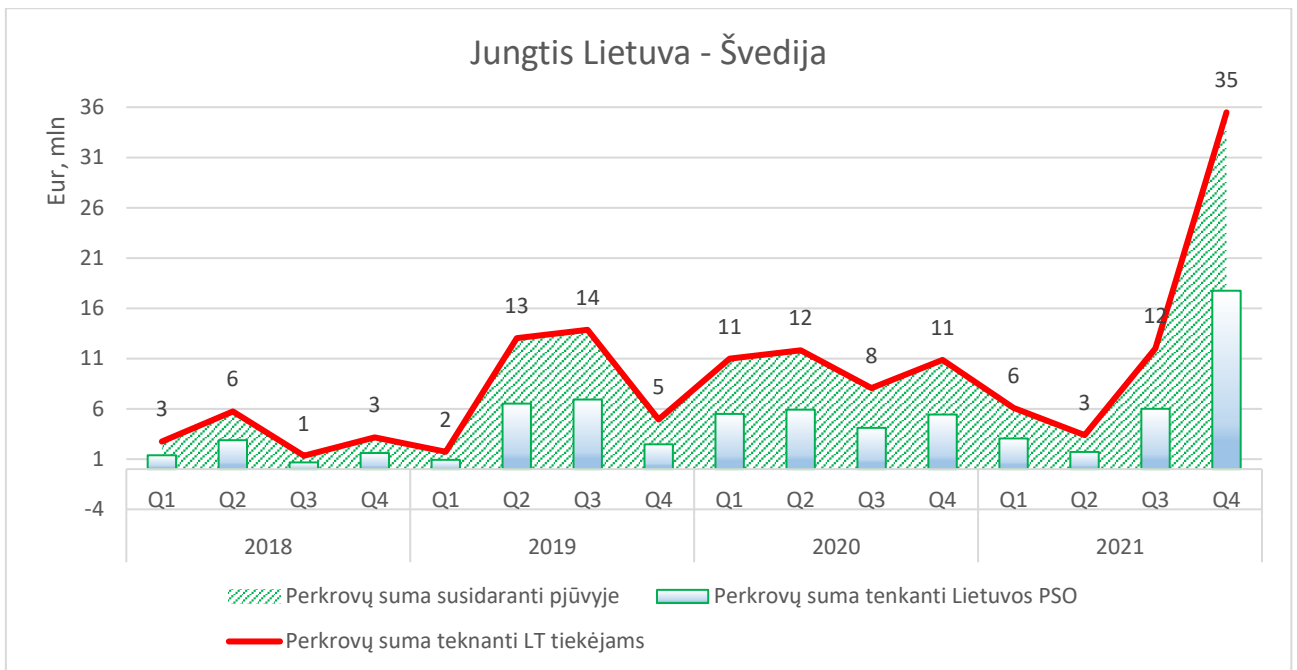


3.12 pav. Tarpsteminėje jungtyje LT – PL (Lietuva - Lenkija) perkrovų pajamų pasiskirstymas.

3.3.3. Perkrovų susidarymas ir paskirstymas tarpsteminėje jungtyje Lietuva - Švedija

Tarpsteminė jungtis Lietuva – Švedija didžiąją laiko dalį veikia importo režimu, todėl didžioji perkrovų sumos dalis tenka Lietuvos elektros energijos tiekėjams 3.14 pav. 2018 metais perkrovų suma sudarė 13 mln. Eur, 2019 metais perkrovų suma augo iki 33,7 mln. Eur, 2020 metais iki 41,9 mln. Eur, o 2021 metais siekė 57 mln. Eur.

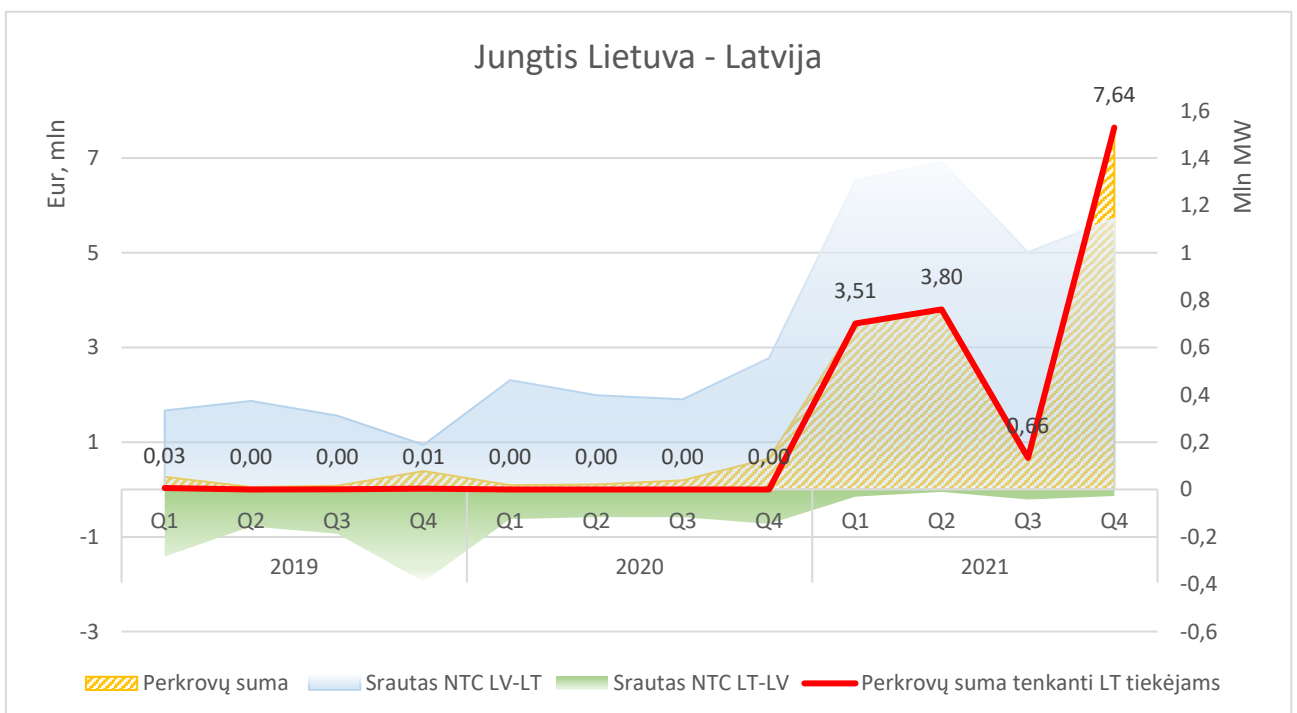
Tiriamu laikotarpiu susidariusi perkrovų suma – 145,6 mln. Eur jungtyje (Lietuva – Švedija) viršijo suminę likusių jungčių (Lietuva - Lenkija ir Lietuva - Latvija) perkrovų sumą 33%. Tai leidžia daryti išvadą, kad Lietuvos ir Švedijos energetinės sistemos yra silpnai integruotos ir esamos jungties nepakankamas pralaidumas sudaro didžiausią nebūtinų išlaidų dalį tenkančių Lietuvos elektros energijos tiekėjams.



3.13 pav.. Tarpssysteminėje jungtyje SE4-LT (NordBalt) perkrovų pajamų pasiskirstymas.

3.3.4. Perkrovų susidarymas ir paskirstymas tarpssysteminėje jungtyje Lietuva - Latvija

3.14 pav. atvaizduota susidariusi perkrovų suma ir jos paskirstymas 2019-2021 metais. Lietuvos ir Latvijos energetinės sistemos yra stipriai integruotos – komerciniai pralaidumai siekia 1302/1334 MW [38]. Kaip matome iš 5 lentelėje pateiktų duomenų 2019-2020 metais perkrovos susidariusios šioje jungtyje sudarė tik 2,5% bendros perkrovų sumos. 2020 metų IV ketvirtį ir 2021 metais išaugusias perkrovas lėmė sumažėjęs gamybinių pajėgumų regione prieinamumas, bei skirtingos ir nesuderintos tarpssysteminių jungčių pralaidumų skaičiavimo metodikos tarp Lietuvos, Latvijos ir Estijos perdavimo tinklo operatorių.



3.14 pav. Tarpssysteminėje jungtyje LT – LV perkrovų pajamų pasiskirstymas.

3.3.5. Pralaidumų įtakos perkrovų susidarymui analizė

Šioje dalyje lyginami du perkrovų susidarymo modeliai:

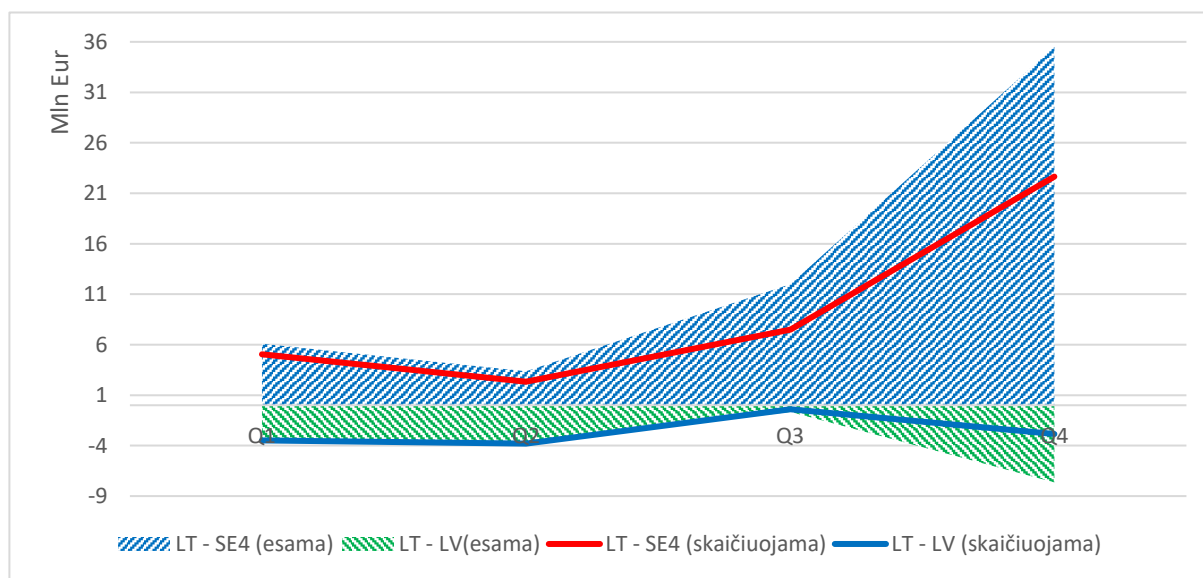
- Esamas, 2021 metais susidariusios perkrovos jungtyse Lietuva – Lenkija; Lietuva – Švedija ir Lietuva – Latvija.
- Skaičiuojamas, tarpsteminės jungties Lietuva – Lenkija pralaidumo padidinimas iki 1700 MW. (Prijimame, kad dėl daugiau nei trys kartus išaugusio pralaidumo ir LT importo poreikio, šioje jungtyje perkrovos Lietuvos kryptimi nesudarys).

Vertinamas perkrovų susidarymas jungtyse Lietuva – Švedija (NordBalt) ir Lietuva – Latvija.

6 lentelė. Perkrovų susidarymas LT-LV ir LT – SE tarpsteminėse jungtyse, esant skirtingiems scenarijams.

Susidariusi perkrovų suma tarpsteminėse jungtyse, Eur	Q1	Q2	Q3	Q4	Viso
Lietuva - Švedija (faktinė)	6094744	3383710	11999816	35519672	56997942
Lietuva - Švedija (skaičiuojama)	5054837	2331915	7494679	22648938	37530369
Pokytis, %	17,00%	31,00%	37,50%	36,20%	34,10%
Lietuva - Latvija (faktinė)	3496927	3807744	667180	7647087	15618938
Lietuva - Latvija (skaičiuojama)	3491736	3801744	400387	2859080	10552947
Pokytis, %	0,10%	0,00%	39,80%	62,60%	32,40%

Skaičiavimai parodė, kad padidinus komercinį pralaidumą vienoje jungtyje, pasikeičia bendras srautų balansas prekybinėje zonoje. Padidėjęs pralaidumas vienoje tarpsteminėje jungtyje sumažina perkrovų valandų skaičių kitose prekybinės zonos jungtyse. Sulyginus kainas Lenkijos – Lietuvos prekybinėse zonose, jungtyje Lietuva – Švedija, vidutinis kainų skirtumas nukrito nuo 32,43 Eur/MWh iki 24,90 Eur/MWh ir tai sudarė 34,10% sumažėjusią perkrovų sumą, o jungtyje Lietuva – Latvija vidutinis kainų skirtumas tarp prekybinių zonų nukrito nuo 24,40 Eur/MWh iki 18,95 Eur/MWh, kas sudarė 32,40% pokytį (6 lentelė).



3.15 pav. Perkrovų pasiskirstymas LT – LV ir LT - SE esant skirtingiems scenarijams

Išvados

1. Mokslinės literatūros analizė parodė, kad tarp sisteminių jungčių pralaidumų didinimas ar jungčių plėtra leidžia ženkliai sumažinti susidarusias komercines perkrovas. Atlikti skaičiavimai tai patvirtino, padidintas pralaidumas LT - PL jungtyje iki lygio kai jungties neprieinamumas nebesusidaro, bendra perkrovų suma likusiose jungtyse vidutiniškai sumažino 32%.
2. Duomenų analizė parodė, kad tarp sisteminių jungčių skirtų tik komerciniams srautams (NTC) fizinio prieinamumo ribojimas (planiniai atjungimai ar jungčių gedimai) turi tiesioginę įtaką elektros energijos kainai Lietuvos prekybinėje zonoje, ypač atsižvelgiant į tai, kad didžiausi importo srautai teka silpnai integruotuose tarp sisteminiuose jungtyse (LT – SE ar LT - PL), o gerai išvystytose jungtyse prekyba ribojama arba draudžiama ir vietinė gamyba yra nekonkurencinga. Skaičiavimai parodė, kad jungčių neveikimo laikotarpiu vidutinis kainos skirtumas tarp prekybinių zonų svyravo nuo 13,68 Eur/MWh iki 30,92 Eur/MWh., o maksimalus skirtumas siekė 221 Eur/MWh.
3. Tarp sisteminių jungčių veikimas užtikrinta konkurencija tarp skirtingų rinkų, sudaro galimybę importuoti elektros energiją iš rinkos, siūlančios mažiausią elektros kainą. Tyrimas parodė, kad plati elektros importo šaltinių įvairovė ir pakankami jungiamųjų linijų pajėgumai padėjo užtikrinti tinklo stabilumą ir išlaikyti stabilų kainų lygį Lietuvos prekybinėje zonoje. 2020 metais uždraudus (jungtis LT – BY) ir apribojus (jungtis LT- KAL) komercinius srautus, ir tuo pačiu sumažinus importo šaltinių įvairovę, kainų šuoliai Lietuvos prekybinėje zonoje siekė 1000 Eur/MWh, o susidaręs kainų skirtumas tarp Lietuvos ir Švedijos prekybinių zonų sudarė 710,89 Eur/MWh. Perkrovų suma, susidaranti Lietuvos prekybinėje zonoje išaugo 53%, nuo 77,7 mln. Eur (2018-2019 m.) iki 165 mln. Eur (2020-2021 m.)
4. Vienoje prekybinėje zonoje elektros energija prekiaujančioms šalims labai svarbu turėti ir naudoti bendrą koordinuoto pralaidumo skaičiavimo metodiką, kuri užtikrintų prekybinių procesų skaidrumą, išlaikytų elektros energijos tiekimo saugumą, didintu konkurencingumą ir užtikrintų, kad visi vartotojai galėtų įsigyti elektros energiją konkurencingomis kainomis. Tyrimas parodė, kad šalims taikant skirtingas metodikas atsiranda galimybė dirbtinai sukurti jungčių pralaidumų trūkumą, kas lemia perkrovų susidarymą. 2021 metais I ir II ketvirčius dėl LT- LV jungtyje dirbtinai sukulto pralaidumo trūkumo Lietuvos elektros energijos tiekėjai patyrė ~6,5 mln. Eur perkrovos išlaidų, kai 2019-2020 metais perkrovos jungtyje viso sudarė 1,8 mln. Eur.

Literatūros sąrašas

1. Litgrid plėtros planas 2022-2029. [žiūrėta 2021 m. balandžio 19d.] <https://www.litgrid.eu/index.php/tinklo-pletra/lietuvos-elektros-perdavimo-tinklu-10-metu-pletros-planas-/3850>
2. 2020 m. Lietuvos Respublikos energetikos ministerijos 2020 metų veiklos ataskaita., [interaktyvus], [žiūrėta 2021 m. birželio 16d.] <https://enmin.lrv.lt/lt/administracine-informacija/veiklos-ataskaitos-1>
3. VERT - rinkos stebėseną [žiūrėta 2021 m. birželio 16d.] <https://www.regula.lt/elektra/Puslapiai/elektros-rinkos-apzvalga/rinkos-stebesena.aspx>
4. Litgrid AB ketvirtiniai duomenys [žiūrėta 2022 m. balandžio 14d.] <https://www.litgrid.eu/index.php/energetikos-sistema/elektros-energetikos-sistemas-informacija/elektros-gamybos-ir-vartojimo-balanso-duomenys/2287>
5. Nacionalinis energetikos ir klimato srities veiksmų planas 2021-2030 m. [žiūrėta 2021 m. birželio 16d.] <https://am.lrv.lt/lt/veiklos-sritys-1/klimato-kaita/nacionalinis-energetikos-ir-klimato-srities-veiksmu-planas-2021-2030-m>
6. Lietuvos respublikos energetikos ministerija [žiūrėta 2021 m. spalio 18d.] <https://enmin.lrv.lt/lt/veiklos-sritys-3/elektra/elektros-energijos-rinka>
7. Nord Pool – price calculation [žiūrėta 2021 m. spalio 18d.] <https://www.nordpoolgroup.com/en/trading/Day-ahead-trading/Price-calculation/>
8. LRS – Įstatymas dėl branduolinės elektrinės, statomos baltarusijos respublikoje, astravo rajone, pripažinimo nesaugia [žiūrėta 2022 m. gegužės 10d.] <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/5aacf1d2558e11e78869ae36ddd5784f>
9. Future of Lithuanian energy system Electricity import or local generation., [žiūrėta 2021 m. gegužės 6d.] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X16300098>
10. Egidijus Norvaiša, Arvydas Galinis, (2016) Future of Lithuanian energy system: Electricity import or local generation., [žiūrėta 2021 m. balandžio 19d.] https://service.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/31734/supporthub/publishing/
11. Lietuvos Respublikos elektros energijos ir gamtinių dujų rinkų metinė ataskaita Europos komisijai., [žiūrėta 2021 m. birželio 16d.] https://www.regula.lt/SiteAssets/naujienu-medziaga/2020/2020-07/VERT%20Metine%20ataskaita%20EK%202019_LT.pdf
12. Scenario Building for the Evolution of Lithuanian Power Sector for 2020 – 2050., [žiūrėta 2021 m. birželio 16d.], https://lsta.lt/wp-content/uploads/2020/12/201217-Scenario-building-for-Lithuanian-electric-power-sector_final-report.pdf
13. Latvian electricity market overview., [žiūrėta 2021 m. birželio 16d.], <https://www.ast.lv/en/electricity-market-review?year=2018&month=13>.
14. Latvijos perdavimo tinklo operatorius – Latvijos Estijos jungtis. [žiūrėta 2021 m. gruodžio 6d.] <https://www.ast.lv/en/transmission-network-projects/latvia-estonia-third-interconnection>
15. Elering.ee, [žiūrėta 2021 m. birželio 18d.], <https://elering.ee/en/electricity-consumption-and-production>
16. Elering – Synchronisation with continental Europe [žiūrėta 2022 m. gegužės 10d.] <https://elering.ee/en/synchronization-continental-europe>

17. Lenkijos elektros energijos gamybos miškas [žiūrėta 2021 m. birželio 19d.]
<https://wysokienapiecie.pl/en/26023-electricity-production-lowest-decade-smallest-share-coal-history/>
18. Dr. A. Galinis, (2015) Lietuvos energetikos sektoriaus plėtros tyrimas. 1 dalis. [žiūrėta 2021 m. balandžio 19d.]
<Http://www.esparama.lt/documents/10157/490675/4.+Tyrimo+ataskaita.pdf/371cd8c6-b121-4a01-9361-470f702bacf0>
19. The Baltic Sea Region Storage grid exchange and flexible electricity generation for the transition to a renewable energy system., [žiūrėta 2021 m. birželio 16d.]
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187661021830986X>
20. Can cross-border transmission expansion lead to fair and stable cooperation? Northeast Asia case analysis. [žiūrėta 2021 m. birželio 19d.]
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988319302798>
21. The potential of electricity imports to meet future electricity requirements in India., [žiūrėta 2021 m. birželio 19d.]
https://www.researchgate.net/publication/316891200_The_potential_of_electricity_imports_to_meet_future_electricity_requirements_in_India
22. Electricity system scenario development of India with import independence in 2030., [žiūrėta 2021 m. birželio 19d.], <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096014811931746X>
23. Cross-border effects in interconnected electricity markets - an analysis of the Swiss electricity prices, [žiūrėta 2021 m. balandžio 19d.], <https://www.journals.elsevier.com/energy-economics>.
24. The role of cross-border power transmission in a renewable- rich power system – A model analysis for Northwestern Europe., [žiūrėta 2021 m. birželio 18d.]
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479720301304>
25. Home-made or imported On the possibility for renewable electricity autarky on all scales in Europe., [žiūrėta 2021 m. birželio 17d.]
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X19300811>
26. Lietuvos tarpsisteminių pralaidumai prekybai. [žiūrėta 2021 m. gruodžio 6d.]
<https://www.litgrid.eu/index.php/elektros-rinka-ir-pletra/tarpsisteminiai-pralaidumai-prekybai/2095>
27. Bendro koordinuoto pralaidumo skaičiavimo metodika baltijos pralaidumo skaičiavimo regionui [žiūrėta 2021 m. spalio 18d.] https://www.regula.lt/SiteAssets/posedziai/2018-11-16/2_litgrid_nut_proj.pdf
28. Nord Pool birža [žiūrėta 2021 m. balandžio 19d.] <https://www.nordpoolgroup.com/en/Market-data1/data-downloads/historical-market-data2/>
29. Europos parlamento ir tarybos reglamentas – Dėl prieigos prie tarpvalstybinių elektros energijos mainų tinklo sąlygų. [žiūrėta 2021 m. gegužės 10d.] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/HTML/?uri=CELEX:32009R0714&from=EN#d1e1038-15-1>
30. Tarpsisteminių jungčių pralaidumo nustatymo ir paskirstymo su trečiosiomis šalimis metodika [žiūrėta 2021 m. spalio 18d.] https://www.litgrid.eu/uploads/files/dir583/dir29/dir1/8_0.php
31. Tarpsisteminių jungčių pralaidumo nustatymo ir paskirstymo su trečiosiomis šalimis metodika [žiūrėta 2021 m. spalio 18d.] https://www.litgrid.eu/uploads/files/dir605/dir30/dir1/17_0.php
32. VERT – elektra, dėl kainų ir tarifų [žiūrėta 2021 m. spalio 18d.]
<https://www.regula.lt/Puslapiai/naujienos/2021-metai/2021-liepa/2021-07-22/vert-kainu->

- [skirtumas-tarp-lietuvos-ir-latvijos-susidare-del-latvijos-ir-estijos-taikomos-pralaidumu-skaiciavimo-metodikos.aspx](#)
33. Svenska Kraftnat – New nordic balancing model. (NBM) [žiūrėta 2022 m. balandžio 14d.] <https://www.svk.se/utveckling-av-kraftsystemet/systemansvar--elmarknad/ny-nordisk-balanseringsmodell-nbm/>
 34. Epexspot – elektros energijos birža [žiūrėta 2021 m. birželio 19d.] https://www.epexspot.com/en/market-data?market_area=PL&trading_date=2022-05-17&delivery_date=2022-05-18&underlying_year=&modality=Auction&sub_modality=DayAhead&product=60&data_mode=table&period=
 35. Ensto-e duomenų portalas. [žiūrėta 2021 m. spalio 20d.] <https://transparency.entsoe.eu/>
 36. Europos centrinis bankas – valiutų kursai [žiūrėta 2022 m. vasario 3d.] https://sdw.ecb.europa.eu/quickview.do;jsessionid=1ECDFBC16620124EBD88BC4701BCB331?SERIES_KEY=120.EXR.D.PLN.EUR.SP00.A&start=01-01-2018&end=31-12-2021&submitOptions.x=0&submitOptions.y=0&trans=MF
 37. AB „Litgrid“ 2021 metų perkrovos pajamų ataskaita [žiūrėta 2022 m. gegužės 10d.] <https://www.regula.lt/SiteAssets/Perkrovos+pajam%C5%B3+ataskaita+u%C5%BE+2021.pdf>
 38. Litgrid energetikos sistema – gamybos ir vartojimo balansas. [žiūrėta 2021 m. balandžio 19d.] <https://www.litgrid.eu/index.php/energetikos-sistema/elektros-energetikos-sistemas-informacija/elektros-gamybos-ir-vartojimo-balanso-duomenys/2287>
 39. Acer – Implementation of guideline on capacity allocation and congestion management [žiūrėta 2022 m. gegužės 10d.] <https://www.acer.europa.eu/electricity/market-rules/capacity-allocation-and-congestion-management/implementation>
 40. Litgrid AB bendrovės finansinės ataskaitos. [žiūrėta 2022 m. balandžio 14d.] <https://ml-eu.globenewswire.com/Resource/Download/852f65f9-8ee6-49a1-a7d7-242ab95cec02>
 41. Cigre – Energy transition New Studies for new challenges in System Operation. [žiūrėta 2022 m. balandžio 14d.] <https://electra.cigre.org/321-april-2022/technology-e2e/energy-transition-new-studies-for-new-challenges-in-system-operation.html>