



Kauno technologijos universitetas

Ekonomikos ir verslo fakultetas

**Veiksnių, darančių įtaką Lietuvos elektros energijos kainai,
tyrimas**

Baigiamasis magistro projektas

Rimantas Brindza

Projekto autorius

Prof. dr. Daiva Dumčiuvienė

Vadovė

Kaunas, 2019



Kauno technologijos universitetas

Ekonomikos ir verslo fakultetas

Veiksnių, darančių įtaką Lietuvos elektros energijos kainai, tyrimas

Baigiamasis magistro projektas

Ekonomika (6211JX040)

Rimantas Brindza

Projekto autorius

Prof. dr. Daiva Dumčiuvienė

Vadovė

Doc. dr. Akvilė Čibinskienė

Recenzentė

Kaunas, 2019



Kauno technologijos universitetas

Ekonomikos ir verslo fakultetas

Rimantas Brindza

Veiksnių, darančių įtaką Lietuvos elektros energijos kainai, tyrimas

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad mano, Rimanto Brindzos, baigiamasis projektas tema „Veiksnių, darančių įtaką Lietuvos elektros energijos kainai, tyrimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Brindza, Rimantas. Veiksnių, darančių įtaką Lietuvos elektros energijos kainai, tyrimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovė prof. dr. Daiva Dumčiuvienė; Kauno technologijos universitetas, Ekonomikos ir verslo fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypties grupė): Ekonomika (L100), Socialiniai mokslai.

Reikšminiai žodžiai: elektros energijos kaina, elektros energijos rinka, elektros energija, rinkos kaina, didmeninė elektros energijos rinka.

Kaunas, 2019. 74 p.

Santrauka

Baigiamajame magistro projekte yra tiriami ir analizuojami Lietuvos elektros energijos kainai įtaką darančys veiksniai. Ši tema nagrinėjama, nes elektros energija yra labai svarbi prekė. Ji naudojama gaminant daugelį kitų prekių ir teikiant įvairias paslaugas. Elektros energija taip pat kasdien yra vartojama beveik visuose namų ūkiuose. Dėl elektros energijos plataus naudojimo, jos kaina yra svarbi daugeliui ūkio subjektų. Elektros energijos kaina nuolat kinta, todėl yra svarbu suprasti, kokie veiksniai ją sąlygoja ir koks yra jų poveikis. Projekto objektas yra elektros energijos kainai įtaką darančys veiksniai. Tyrimo tikslas – nustatyti Lietuvos elektros energijos kainai įtaką darančius veiksnius ir iširti jų poveikį. Siekiant šio tikslo, reikia įvykdyti uždavinius: aptarti elektros energijos kainos problematiką, atlikti Lietuvos elektros energetikos sektoriaus ir elektros energijos rinkos struktūros analizę, teoriškai išanalizuoti elektros kainai įtaką darančius veiksnius, parengti šių veiksnių nustatymo metodologiją, ją naudojant įvardinti Lietuvos elektros energijos kainai įtaką darančius veiksnius ir nustatyti jų poveikį. Atliekant teorinę analizę, nustatoma, kad literatūroje aptariama daug skirtingų elektros kainai įtaką darančių veiksnių. Išskiriami trys dažniausiai minimi veiksniai: rinkos struktūra ir konkurencija rinkoje, energijos suvartojimas ir paklausos išteklių panaudojimas bei elektros gamyba iš atsinaujinančių energijos išteklių. Atliekama koreliacinė ir regresinė analizė panaudojant 2013–2018 m. vidutinės didmeninės elektros energijos kainos ir devynių galimai jai įtaką darančių veiksnių ketvirtinius duomenis. Yra nustatoma, kad elektros energijos kaina tiesiškai reikšmingai koreliuoja su importuojamų gamtinių dujų kaina, biokuro kaina ir pagamintu iš atsinaujinančių energijos išteklių elektros kiekiu. Sukuriamas dvilypis tiesinis regresijos modelis, kuriame nepriklausomi kintamieji yra biokuro kaina ir gamyba iš atsinaujinančių energijos išteklių. Taip pat sukuriama penki vienalypiai netiesiniai regresiniai modeliai, kuriuose nepriklausomi kintamieji yra elektros energijos gamyba šalyje, grynasis importas, importuojamų gamtinių dujų kaina, biokuro kaina ir elektros gamyba iš atsinaujinančių energijos išteklių. Nustatoma, kad biokuro kainos didėjimas lemia elektros energijos kainos augimą, o vietinės generacijos ir elektros energijos gamybos iš atsinaujinančių energijos išteklių augimas sąlygoja elektros kainos kritimą. Taip pat pastebima, jog grynojo importo ir gamtinių dujų kainos kitimo poveikis elektros energijos kainai tiriamuoju laikotarpiu yra sudėtingesnis ir gali būti dvejopas priklausomai nuo šių nepriklausomų kintamųjų reikšmių. Be to, išsiaiškinama, kad gamintojų skaičius, nepriklausomų tiekėjų skaičius, bendras elektros energijos suvartojimas ir elektros energijos biržoje nupirkta suvartojamos energijos dalis neturi įtakos metų ketvirčio vidutinei didmeninei elektros kainai Lietuvoje. Nustatoma, kad iš visų sudarytų regresijos modelių tiksliausias yra dvilypis tiesinis regresijos modelis, kuris paaiškina 40,3 % elektros energijos kainos reikšmių.

Brindza, Rimantas. Investigation of Factors Affecting the Price of Electricity in Lithuania. Master's Final Degree Project / supervisor Prof. Dr. Daiva Dumčiuvienė; School of Economics and Business, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Economics (L100), Social Sciences.

Keywords: electricity price, electricity market, electrical energy, market price, wholesale electricity market.

Kaunas, 2019. 74 pages.

Summary

The master's final thesis focuses on analysing the factors that affect electricity price in Lithuania. This topic has been chosen because electricity is a good of a very high importance. It is used to produce many different goods as well as to provide various services. Electrical energy is also being consumed by almost every household on a daily basis. Because electricity has a broad range of uses its price is important for most agents. Electricity price is constantly fluctuating. Therefore, it is important to understand what factors affect it and how. Factors that affect electrical energy price are the object of this project. The purpose of this thesis is to find and to analyse the factors affecting the electricity price in Lithuania. To achieve said purpose certain tasks need to be carried out. They are: discussing the problems of electricity price, analysing the structure of Lithuanian electricity sector and electricity market, performing a theoretical analysis of the factors affecting electricity price, preparing a methodology for establishing these factors in practice and using said methodology to find the factors affecting electricity price in Lithuania as well as to report their exact effect. Through theoretical analysis it is observed that a large amount of factors affecting electricity price are mentioned in literature. The three factors that are discussed the most are market structure and competition in the market, energy consumption and the usage of supply resource, and electricity generation from renewable energy sources. Using quarterly data of medium wholesale electricity price and nine factors that could possibly affect it from the year 2013 to 2018 a correlation and regression analysis is carried out. Pearson correlation between electricity price and imported natural gas price, biomass price and amount of electricity generated from renewables is observed. A multiple linear regression model with biomass price and electricity generation from renewable energy sources as independent variables is created. Five simple nonlinear regression models with country's electricity generation, net import, natural gas price, biomass price and renewable electricity energy generation as independent variables are also created. Because of those models' equations it is claimed that an increase in price of biomass makes electricity price go up while an increase in national electricity production or electricity generation from renewable energy sources makes electricity price go down. It is observed that during the research period the effect of net import and price of natural gas on the price of electricity is more complex and can vary depending on the values of those independent variables. It is stated that no regression models could be made with number of electricity producers, number of independent suppliers and total consumption of electricity as well as the share of consumed electricity traded through an exchange as independent variables which means that these factors do not affect quarterly medium wholesale electricity price in Lithuania. It is claimed that the created multiple regression model is the most accurate of all the aforementioned models as it explains 40,3 % of electricity price values during the research period.

Turinys

Lentelių sąrašas	7
Paveikslų sąrašas	8
Įvadas.....	9
1. Elektros energijos kainos problematika.....	11
1.1. Elektros energijos kainos nepastovumas	11
1.2. Elektros energijos kainai įtaką darančių veiksnių nustatymo svarba ir problematika.....	15
2. Veiksnių, darančių įtaką elektros energijos kainai, teorinė analizė	18
2.1. Lietuvos elektros energetikos sistema ir elektros energijos rinka	18
2.2. Rinkos struktūros ir konkurencijos rinkoje įtaka elektros energijos kainai	22
2.3. Elektros energetikos sistemos ir elektros rinkos efektyvumas. Paklausos išteklių įtaka elektros energijos kainai.....	28
2.4. Elektros gamybos iš atsinaujinančių energijos išteklių kompleksinis poveikis elektros energijos kainai	35
2.5. Kiti elektros energijos kainai įtaką darantys veiksniai	41
3. Veiksnių, darančių įtaką Lietuvos elektros energijos kainai, tyrimo metodologija	46
3.1. Veiksnių, galimai darančių įtaką Lietuvos elektros energijos kainai, parinkimas ir koreliacinės analizės eiga.....	46
3.2. Veiksnių, darančių įtaką Lietuvos elektros energijos kainai, regresinės analizės eiga	48
4. Veiksnių, darančių įtaką Lietuvos elektros energijos kainai, tyrimo rezultatai ir diskusija.....	50
4.1. Duomenų tinkamumo koreliacinei ir regresinei analizei įvertinimas. Veiksnių, darančių įtaką Lietuvos elektros energijos kainai, tyrimas taikant koreliacinę analizę	50
4.2. Veiksnių, darančių įtaką Lietuvos elektros energijos kainai, tyrimas taikant regresinę analizę	57
Išvados ir rekomendacijos	69
Literatūros sąrašas	71
Priedai.....	75
1 priedas. Lietuvos elektros energijos kainos, suvartojimo, gamintojų skaičiaus, vietinės gamybos ir grynojo importo duomenys 2013–2018 m.	75
2 priedas. Lietuvos importuojamų gamtinių dujų kainos, biokuro kainos, elektros gamybos iš atsinaujinančių energijos išteklių, suprekiautos biržoje energijos dalies ir nepriklausomų tiekėjų skaičiaus duomenys 2013–2018 m.	76

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Atsinaujinančius energijos išteklius naudojančių elektrinių įrengtoji galia (MW) Lietuvoje 2013–2017 m.	40
2 lentelė. Elektros energijos kainai įtaką darantys veiksniai ir jų klasifikavimas	45
3 lentelė. Empiriniai tiesinio koreliacijos koeficiento vertinimai.....	47
4 lentelė. Kintamųjų normalumo tikrinimo rezultatai	50
5 lentelė. Kintamojo „Suvartotos energijos dalis, nupirkta biržoje“ funkcinio keitimo rezultatai....	51
6 lentelė. Tiesinės koreliacijos tarp nepriklausomų kintamųjų ir priklausomo kintamojo (elektros kainos) koeficientų matrica	52
7 lentelė. Pirminio daugialypės tiesinės regresijos modelio parametrų ir daugiakolinearumo vertinimas	58
8 lentelė. Patobulinto daugialypės tiesinės regresijos modelio parametrų ir daugiakolinearumo vertinimas	58
9 lentelė. Daugialypio tiesinio regresijos modelio tinkamumo ir reikšmingumo rodikliai	59
10 lentelė. Tiksliausi netiesiniai regresijos modeliai, sudaryti su kiekvienu nepriklausomu kintamuoju.....	60
11 lentelė. Sudarytų netiesinių regresijos modelių parametrų reikšmingumo vertinimas.....	61
12 lentelė. Liekamųjų paklaidų normalumo tikrinimas.....	61

Paveikslų sąrašas

1 pav. Elektros energijos suvartojimas Lietuvoje 2002–2017 m.	11
2 pav. Vidutinė elektros kaina Lietuvos, Latvijos, Estijos bei bendroje Šiaurės ir Baltijos šalių „diena prieš“ rinkoje 2013–2018 m.	13
3 pav. Vidutinės Lietuvos „diena prieš“ elektros rinkos kainos kitimas metų eigoje	14
4 pav. Elektros energijos kaina ir nupirkta kiekis Lietuvos dienos eigos rinkoje 2019 m. vasario 27 d.	14
5 pav. Lietuvos elektros energijos prekybos su kitomis šalimis srautai 2019 m. vasarį	19
6 pav. Elektros energijos fizinis ir komercinis srautas Lietuvos elektros energetikos sektoriuje	21
7 pav. Elektros energijos gamintojų ir nepriklausomų tiekėjų skaičius Lietuvoje 2013–2018 m.	23
8 pav. Lietuvoje pagaminto elektros energijos kiekio dalis (procentais), kurią pagamina didžiausias elektros gamintojas šalyje 2002–2016 m.	24
9 pav. Vidutinės visuomeninės elektros energijos kainos Lietuvoje dedamosios 2019 m.	27
10 pav. Tipiniai vidutinių platumų klimato juostos šalių apkrovos grafikai sausio, balandžio, liepos ir rugsėjo mėnesį	31
11 pav. Elektros energijos vartojimas Lietuvoje 2019 m. kovo mėnesį	32
12 pav. Elektros naudojimo laiko ir realiojo laiko kainodaros pavyzdžiai	33
13 pav. Lietuvoje suvartoto elektros energijos kiekio dalis (procentais), pagaminta iš atsinaujinančių energijos išteklių 2004–2017 m.	36
14 pav. Elektros gamybos vėjo elektrinėse ir bendro šalies vartojimo palyginimas Lietuvoje 2019 m. kovo mėnesį	38
15 pav. Lietuvos elektros energijos importas ir eksportas 2002–2017 m.	43
16 pav. Kintamojo „Suvartotos energijos dalis, nupirkta biržoje“ stačiakampė diagrama	51
17 pav. Lietuvoje pagaminto elektros energijos kiekio dalis (procentais), pagaminta iš gamtinių dujų ir biokuro 2002–2017 m.	52
18 pav. Su Lietuva elektra prekiaujančiose šalyse pagaminto elektros energijos kiekio dalis (procentais), kuriai gaminti panaudotos gamtinės dujos, 2015 m.	53
19 pav. Grynojo importo iš Latvijos, Baltarusijos ir Rusijos santykis (procentais) su Lietuvos elektros energijos suvartojimu 2010–2017 m.	54
20 pav. Lietuvoje pagaminto elektros energijos kiekio dalis (procentais), kuriai gaminti panaudoti atsinaujinantys energijos išteklių, 2002–2017 m.	55
21 pav. Didžiausią dalį elektros iš atsinaujinančių energijos išteklių gaminančiose Europos valstybėse pagaminto elektros energijos kiekio dalis (procentais), kuriai gaminti panaudoti atsinaujinantys energijos išteklių, 2017 m.	56
22 pav. Lietuvoje iš atsinaujinančių energijos išteklių pagamintos elektros energijos dalis pagal elektrinės tipą 2002–2017 m.	57
23 pav. Liekamųjų paklaidų sklaidos diagrama	62
24 pav. Liekamųjų paklaidų autokoreliacijos grafikas	62
25 pav. Lietuvoje suvartojamo elektros energijos kiekio dalis, pagaminta šalies viduje 2018 m.	63
26 pav. Nebuitinių vartotojų mokamos vidutinės elektros energijos kainos dedamosios Lietuvoje 2017 m. II pusmetį	67

Įvadas

Temos aktualumas. Energetika yra labai svarbi bet kurios šalies ūkiui sritis. Nuo jos vystymosi tiesiogiai priklauso ekonomikos vystymasis ir konkurencingumas. Tinkamai valdomas, prižiūrimas ir plečiamas energetikos sektorius leidžia išnaudoti visą šalies ekonomikos augimo potencialą. Tuo tarpu apleistas energetikos sektorius daro neigiamą poveikį ekonomikos augimui (Zweifel, Praktiknjo ir Erdmann, 2017). Viena esminių energetikos šakų – elektros energetika. Elektros energetikos sistema yra apibrėžiama kaip „elektros įrenginių, skirtų elektrai gaminti, perduoti ir skirstyti visuma“ (Svinkūnas ir Navickas, 2014, p. 6). Šių laikų elektros energetikos sistema yra didžiulis įvairių technologiškai pažangių konstrukcijų ir įrenginių junginys, kuris gali apimti visos šalies ar net žemyno teritoriją. Elektros energetikos sistema yra labai sudėtinga, nes joje vykstantys procesai gali trukti vos kelias sekundes ar net sekundės dalis, o energija tinklais yra perduodama akimirksniu. Tuo tarpu sistemos plėtra ir pokyčiai yra planuojami daug metų prieš juos įgyvendinant. Tokia sudėtinga sistema reikalinga, nes be elektros energijos neįsivaizduojama pasaulio kasdienybė, o pati elektra bei ją vartojantys prietaisai yra tiesiogiai siejami su tuo, ką šiais laikais žmonės laiko civilizacija (Svinkūnas ir Navickas, 2014). Elektros energetiką, kaip ir bet kokią kitą sektorių galima nagrinėti ekonomine prasme. Elektros energija yra unikali prekė ne tik dėl to, kad ją akimirksniu galima perduoti dideliu atstumu, bet ir dėl to, kad ją kaupti yra sudėtinga ir ekonomiškai nenaudinga (Bhattacharyya, 2011). Dėl šios priežasties kiekvieną akimirką elektros turi būti pagaminama tiek, kiek tuo metu jos nori gauti vartotojai (Bačauskas, 2010; Stasiukynas ir Patapas, 2006). Jei gamybos ir vartojimo balansas nepasiekiamas, elektros energijos sistemoje gali įvykti avarija (Svinkūnas ir Navickas, 2014). Vadinasi, bet kurią akimirką elektros energijos pasiūla turi būti lygi paklausai. Tai nulemia ne tik elektros energetikos sistemos technologinį sudėtingumą, bet ir elektros energijos rinkos ypatybes. Ši rinka išskirtinė tuo, kad elektros energijos komercinis srautas (pardavimo kelias) nuo gamintojo iki galutinio vartotojo gerokai skiriasi nuo jos fizinio srauto, t. y. kelio, kuriuo energija realiai pasiekia vartotoją. Elektros fizinis srautas visur yra vienodas, o komercinis srautas priklauso nuo rinkos struktūros. Skirtingų šalių elektros rinkos skiriasi. Vienose šalyse jos visiškai monopolizuotos, kitose – elektros gamintojai ir tiekėjai veikia konkurencijos sąlygomis. Bet kuri elektros rinka yra priklausoma nuo šalyje esančių gamintojų pajėgumo bei įvairovės, vartotojų poreikių, tinklo struktūros ir tarpsisteminių jungčių kiekio bei pralaidumo. Kadangi elektra yra būtina daugelio prekių gamybai, įvairių paslaugų teikimui ir namų ūkių kasdieniam vartojimui, tai elektros energijos kaina daro įtaką visam ūkiui. Didelės elektros energijos panaudojimo galimybės rodo ne tik tai, kad elektros energetikos sistemos ir elektros energijos rinkos tinkamas funkcionavimas yra labai svarbus ekonomikai bei jos vystymuisi, bet ir tai, kad elektros energijos kainą yra būtina tirti. Siekiant geriau suprasti Lietuvos ūkio tendencijas yra naudinga nagrinėti šalies elektros energetikos sistemą, elektros rinką ir energijos kainą joje. Norint paaiškinti elektros energijos kainos pokyčius Lietuvoje, reikia nustatyti, kokie veiksniai daro įtaką elektros energijos kainai šalyje ir koks konkrečiai yra jų poveikis.

Problema. Elektros energija yra labai plačiai naudojama visuose ūkio sektoriuose. Dėl to jos kaina turi didelę svarbą įvairiems ūkio subjektams ir visai valstybės ekonomikai. Elektros kainos dydis ir jo pokyčiai yra aktualūs tiek įmonėms, tiek buitiniams vartotojams. Nepaisant to, elektros energijos kaina nuolat svyruoja. Norint suprasti šių svyravimų priežastis ir siekiant sumažinti elektros kainą, reikia išsiaiškinti, kokie veiksniai daro jai įtaką. Taigi, nuo ko priklauso elektros energijos kaina? Yra atlikta daug tyrimų, nagrinėjančių šią problemą įvairių pasaulio šalių rinkose, tačiau konkrečiai Lietuvos atvejis nėra pakankamai nuodugniai ištirtas.

Tyrimo objektas – veiksniai, darantys įtaką Lietuvos elektros energijos kainai.

Tyrimo tikslas – nustatyti Lietuvos elektros energijos kainai įtaką darančius veiksnius ir ištirti jų poveikį.

Tyrimo uždaviniai:

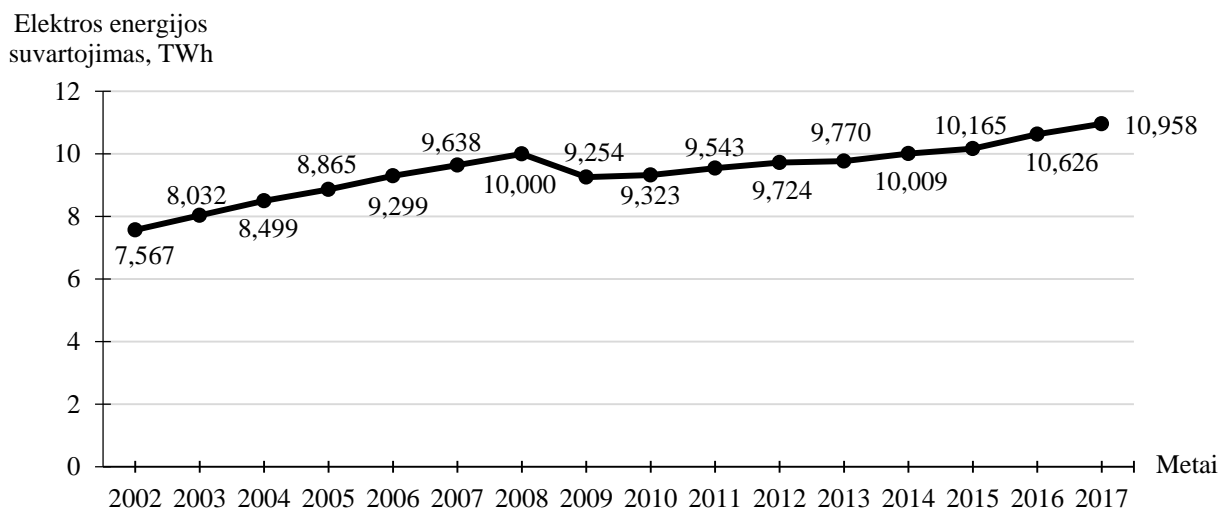
1. atskleisti elektros energijos kainos problematiką;
2. išanalizuoti Lietuvos elektros energetikos sektoriaus ir elektros energijos rinkos struktūrą;
3. atlikti elektros kainai įtaką darančių veiksnių teorinę analizę;
4. parengti didmeninei elektros energijos kainai Lietuvoje įtaką darančių veiksnių nustatymo metodologiją;
5. atlikti statistinių duomenų analizę ir nustatyti veiksnius, kurie daro įtaką elektros energijos kainai Lietuvos elektros energijos didmeninėje rinkoje;
6. ištirti nustatytų veiksnių poveikį didmeninei Lietuvos elektros energijos kainai.

Tyrimo metodai: mokslinės literatūros ir teisės aktų analizė, statistinių duomenų analizė, koreliacinė analizė, daugialypė tiesinė ir vienalypė netiesinė regresinė analizė.

1. Elektros energijos kainos problematika

1.1. Elektros energijos kainos nepastovumas

Elektros energija yra labai svarbi prekė, vartojama gaminant kitas prekes, teikiant paslaugas ir atliekant daugybę kasdienių veiklų buityje. Tai patvirtina nuolat augantis elektros energijos vartojimas ir gamyba. Lietuvos elektros energijos vartojimo kitimas 2003–2017 m. pateikiamas 1 paveiksle:



1 pav. Elektros energijos suvartojimas Lietuvoje 2002–2017 m. (sudaryta autoriaus pagal Eurostat (2019) duomenis)

Iš grafiko matyti, kad elektros energijos vartojimas Lietuvoje mažėjo tik 2009 m., kai vyko ekonomikos nuosmukis, o visais kitais metais augo. Vertinant visą grafike vaizduojamą laikotarpį, matyti, kad elektros energijos suvartojimas Lietuvoje pakilo nuo 8,032 TWh 2003 m. iki 10,958 TWh 2017 m. Kadangi elektros energija yra labai plačiai naudojama, jos kaina yra itin svarbi tiek kiekvienam šalies gyventojui, tiek visai valstybės ekonomikai. Augant elektros energijos vartojimui, jos kaina darosi vis svarbesnė.

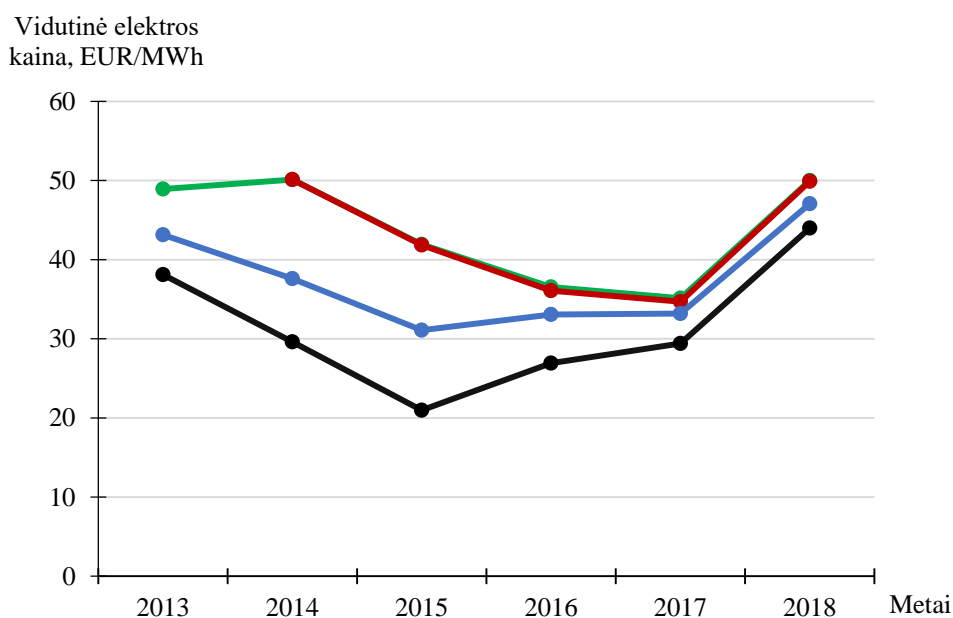
Prekyba elektros energija yra sudėtingas procesas. Didmeninę prekybą elektra Lietuvoje galima vykdyti dviem būdais. Tai prekyba dvišaliais sandoriais ir prekyba elektros energijos biržoje. Importuoti ar eksportuoti elektros energiją leidžiama tik prekiaujant elektros biržoje. Nuo 2012 m. birželio 18 d. didmeninę elektros energijos prekybą Lietuvos elektros biržoje administruoja Šiaurės ir Baltijos šalių elektros biržų operatorė „Nord Pool“ (Lietuvos Respublikos energetikos ministerija, 2018). Jos administruojamoje rinkoje iš viso prekiauja net 360 įmonių iš 20 pasaulio šalių (Nord Pool, 2019a). Bendroje Šiaurės ir Baltijos šalių rinkoje galima prekiauti elektra Lietuvoje, Latvijoje, Estijoje, Suomijoje, Švedijoje, Norvegijoje ir Danijoje. Biržoje yra du prekiavimo būdai: prekyba „diena prieš“ rinkoje ir prekyba dienos eigos rinkoje. Šiaurės ir Baltijos šalių rinkoje didžioji dalis elektros energijos yra parduodama „diena prieš“ rinkoje, kuri vadinama „Elspot“. Joje yra parduodama net daugiau nei 80 % visos regione pagaminamos elektros energijos (Lundin ir Tangerås, 2017). Šioje rinkoje kasdien iki 12 val. dienos rinkos dalyviai pateikia savo pasiūlymus kiekvienai iš 24 kitos paros valandų. Kiekvienas rinkos dalyvis gali pateikti iki 62 pasiūlymų su skirtingomis perkamo ar parduodamo elektros energijos kiekio ir kainos kombinacijomis. Prekybos platformos operatorius sujungia visus kiekio ir kainos poras (pasiūlymus) naudodamas tiesinę interpoliaciją ir

tokiu būdu sukurdamas sistemos valandines pasiūlos ir paklausos kreives. Rinkos dalyviai taip pat gali pateikti blokinius pasiūlymus, kurie nuo įprastinių skiriasi tuo, kad yra pateikiami dviem ar daugiau valandų iš eilės. Be to, jie gali būti tik pilnai (o ne dalinai) priimami arba atmetami. Rinkos operatorius naudoja iteracinį algoritimą, kad rastų tokią blokinių pasiūlymų kombinaciją, su kuria rinkos perteklius (perviršis) būtų didžiausias. Kai skaičiuojama valandinė rinkos kaina sistemoje, visa priimtų blokinių pasiūlymų ir eksporto (daugiausiai į kontinentinės Europos sistemą) apimtis traktuojama kaip vienas neelastingas (nelankstus) pasiūlymas. Lundin'o ir Tangerås'o (2017) pateikiamais duomenimis vidutiniškai 5 % priimamų pardavimo pasiūlymų ir 1 % priimamų pirkimo pasiūlymų yra blokiniai. Tuo tarpu grynasis eksportas sudaro maždaug 6 % visos parduodamos elektros energijos. Elektros kaina sistemoje yra lygi pasiūlos ir paklausos pusiausvyros kainai, jeigu nėra jokių elektros energetikos sistemos suvaržymų. Vis dėlto, jeigu perdavimo tinklų operatorių pateikta informacija apie esamas tinklų galimybes rodo, kad tinklai negalės perduoti apskaičiuotų energijos srautų ir patenkinti paklausos su pasirinktais energijos šaltiniais, biržos operatorius privalo perskaičiuoti šiuos srautus (ir rinkos kainą). „Elsport“ rinka šiuo metu yra padalinta į 15 nevienodų kainų regionų, kurių kiekviename kaina skaičiuojama atskirai. Pats rinkos padalijimas į skirtingų kainų regionus gali keistis laikui bėgant. Pavyzdžiui, iki 2011 m. spalio visoje Švedijoje elektros rinkos kaina buvo vienoda, o nuo 2011 m. lapkričio nuspręsta padalinti šią šalį į keturis regionus su skirtingomis elektros kainomis.

Prekyba „diena prieš“ biržoje yra vykdoma pagal ateities elektros energijos vartojimo ir gamybos prognozes. Šios prognozės priklauso nuo daugybės veiksnių ir turi būti atnaujinamos, kai tik atsiranda naujos informacijos. Net naudojant pažangiausius prognozavimo metodus, nėra įmanoma numatyti elektros gamybos ir vartojimo pokyčius visiškai tiksliai. Svarbi prognozavimo klaidų priežastis yra nepastovi vėjo elektrinių ir saulės fotovoltinių elektrinių generacija. Net pačios geriausios „diena prieš“ bendrosios pasiūlos prognozės reguliariai būna klaidingos. Turint omenyje, kokie dideli gali būti elektros gamybos pajėgumai, kartais tokios klaidos gali viršyti net keletą tūkstančių megavatų. Aišku, kad prognozės, atliekamos likus, pavyzdžiui, valandai iki parduodamos energijos persiuntimo tinklais, gerokai tikslesnės nei prognozės atliekamos diena anksčiau. Dėl to egzistuoja dienos eigos rinka, leidžianti atlikti sandorius iki valandos prieš jų įgyvendinimą. Ji gerai tinka kompensuoti skirtumus tarp diena anksčiau darytų prognozių ir sandorio įgyvendinimo dieną atliekamų prognozių. Vadinasi, dienos eigos rinkoje atliekama prekyba yra skirta tam, kad pasikeitus prognozuojamam vartojimui ar gamybai, vis tiek būtų pasiektas pasiūlos ir paklausos balansas. Nors prognozės atliekamos dienos eigoje yra tikslesnės nei gautos prieš dieną, jos vis tiek gali šiek tiek skirtis nuo realaus vartojimo ar gamybos dydžio. Dėl to yra būtinas nepriklausomas elektros energetikos sistemos balansavimo mechanizmas. Kiekvienas elektros tiekėjas (prekybininkas) turi su tinklo operatoriumi pasirašyti sutartį, įgaliojančią tiekėją laikytis tinklo apribojimų, pateikti numatomą apkrovos grafiką ir pirkti balansavimo (gamybos ir vartojimo išlyginimo) paslaugą, jei šio grafiko nesilaikoma. Naudojant šią paslaugą yra užtikrinamas balansas tarp elektros gamybos ir vartojimo, kad ir kiek šie dydžiai realybėje besiskirtų nuo paskutinės dienos eigoje atliktos prognozės. Tai reikalinga, nes tiekėjai iš anksto sudaro sutartis su vartotojais pagal prognozuojamą jų ateities suvartojimą. Jei vartotojai pradeda vartoti daugiau energijos negu buvo prognozuojama, reikia greitai jos gauti (didinti gamybą arba panaudoti elektrą sukauptą energijos kaupyklose). Tuo tarpu, jei vartotojai vartoja mažiau negu buvo prognozuota, papildomą pagamintą energiją reikia kur nors panaudoti (vartoti arba kaupti). Gaminamos ir vartojamos energijos kiekių skirtumui kompensuoti naudojama energija yra vadinama balansavimo energija. „Balansavimo energija – tai elektros energija, kuri yra suvartojama (nesuvartojama) ar pagaminama (nepagaminama) nesilaikant

balansavimo energijos tiekėjų grafikuose, sudarytuose Lietuvos Respublikos energetikos ministerijos patvirtintose Prekybos elektros energija taisyklėse nustatyta tvarka ir sąlygomis, nurodytų elektros energijos kiekių“ (Lietuvos Respublikos elektros energetikos įstatymas, 2000). Dėl balansavimo energijos poreikio egzistuoja balansavimo energijos tiekėjai, kurie prekiauja balansavimo elektros energija su perdavimo sistemos operatoriumi. Visi elektros energijos tiekėjai yra atsakingi už tai, kad pagamintas ir perduotas vartotojams elektros kiekis atitiktų realų energijos suvartojimą. Dėl to, jeigu elektros tiekėjai patys nėra balansavimo energijos tiekėjai (neturi balansavimo energijos pirkimo-pardavimo sutarties su perdavimo tinklo operatoriumi), jie privalo sudaryti balansavimo elektros energijos pirkimo-pardavimo sutartį su kitu, atitinkamą sutartį su perdavimo sistemos operatoriumi turinčiu, balansavimo energijos tiekėju.

Toks sudėtingas rinkos mechanizmas yra reikalingas dėl elektros energijos, kaip prekės, savitumo bei gamybos ir vartojimo prognozių svarbos. Elektros energija pasižymi tuo, kad jos kaina yra nepastovi. Elektros kainos kitimas Lietuvos, Latvijos, Estijos bei bendroje Šiaurės ir Baltijos šalių „diena prieš“ rinkoje „Elspot“ pavaizduotas 2 paveiksle:



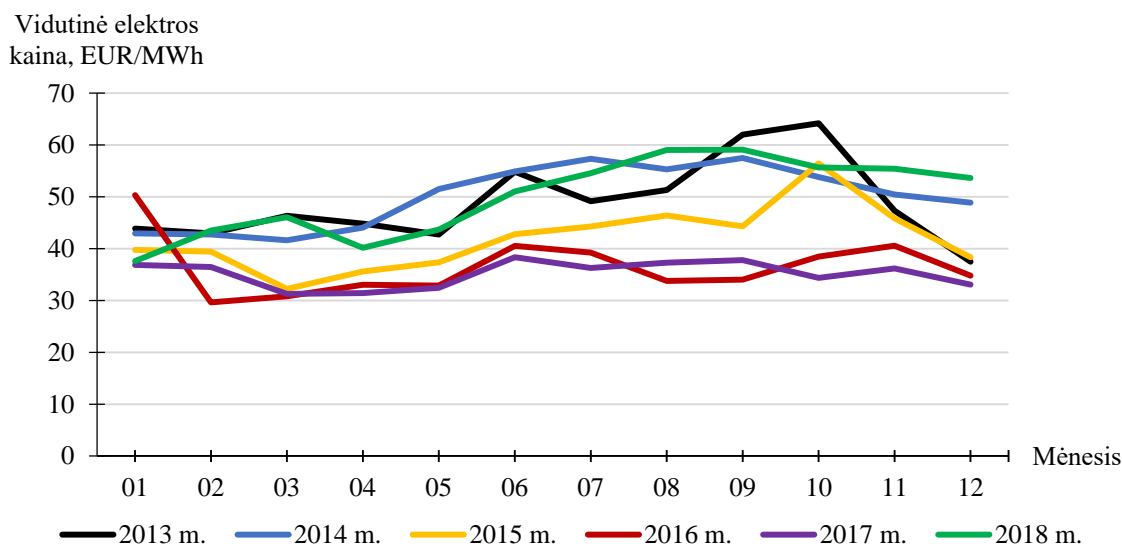
—●— Lietuva	48,93	50,13	41,92	36,54	35,13	50
—●— Latvija	—	50,12	41,85	36,09	34,68	49,9
—●— Estija	43,14	37,61	31,08	33,06	33,2	47,07
—●— „Elsport“	38,1	29,61	20,98	26,91	29,41	43,99

2 pav. Vidutinė elektros kaina Lietuvos, Latvijos, Estijos bei bendroje Šiaurės ir Baltijos šalių „diena prieš“ rinkoje 2013–2018 m. (sudaryta autoriaus pagal Nord Pool (2019b) duomenis)

Paveiksle pateikiami 2013–2018 m. duomenys, nes būtent 2013 m. buvo pirmieji metai, kai visus metus Lietuvos rinką administravo bendras Šiaurės ir Baltijos šalims rinkos operatorius (Latvijos duomenys pateikiami nuo 2014 m., nes šalis prie šios rinkos prisijungė tais metais). Iš paveikslo matyti, kad vidutinė elektros kaina Lietuvos „diena prieš“ didmeninėje rinkoje kiekvienais metais kito. Kai kuriais metais šis kitimas buvo ženklus. Analogiškos kainų kitimo tendencijos buvo Latvijoje. Estijoje ir bendroje rinkoje tendencijos šiek tiek skyrėsi nuo stebimų Lietuvos rinkoje, tačiau irgi buvo gana panašios. Įdomu yra tai, kad visose šalyse elektros kaina skyrėsi, nors šalys ir

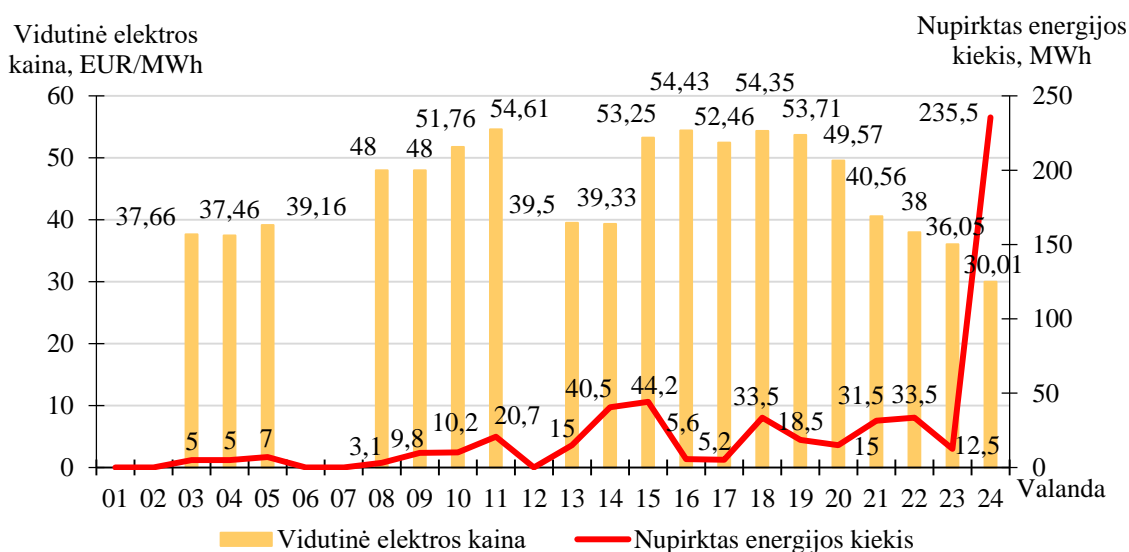
yra vienoje bendroje elektros energijos rinkoje. Galima pastebėti, kad visų Šiaurės ir Baltijos šalių rinkų kainų vidurkis yra žemesnis nei bet kurios iš Baltijos šalių. Tai rodo, kad 2013–2018 m. Šiaurės šalyse elektros kaina vidutiniškai buvo mažesnė nei Baltijos šalyse.

Kaina didmeninėje Lietuvos elektros energijos rinkoje skiriasi ne tik lyginant tarpusavyje skirtingus metus, bet ir skirtingus mėnesius. Vidutinės elektros kainos pokyčiai didmeninėje Lietuvos „diena prieš“ rinkoje metų eigoje pavaizduoti 3 paveiksle:



3 pav. Vidutinės Lietuvos „diena prieš“ elektros rinkos kainos kitimas metų eigoje (sudaryta autoriaus pagal Nord Pool (2019b) duomenis)

Paveiksle matyti, kad kainos Lietuvos elektros rinkoje svyruoja ne tik kiekvienais metais, bet ir kiekvieną mėnesį. Analogišką pastebėjimą galima padaryti ir nagrinėjant kainų skirtumus kas savaitę, kas dieną ar kas valandą. Be to, elektros kaina yra tokia nepastovi ne tik „diena prieš“, bet ir dienos eigos rinkoje. Elektros energijos kainos Lietuvos dienos eigos rinkoje ir šioje rinkoje nupirkto elektros energijos kiekio kitimas 2019 m. vasario 27 d. (trečiadienį) pavaizduotas 4 paveiksle:



4 pav. Elektros energijos kaina ir nupirktas kiekis Lietuvos dienos eigos rinkoje 2019 m. vasario 27 d. (sudaryta autoriaus pagal Nord Pool (2019b) duomenis)

Paveiksle matyti, kad elektros kaina dienos eigos rinkoje svyruoja, yra nepastovi. Tą patį galima pasakyti ir apie nuperkamą energijos kiekį. Kadangi dienos eigos prekyba yra skirta panaikinti pasiūlos ir paklausos balanso neatitikimus, atsirandančius dėl netikslų prognozių „diena prieš“ rinkoje, tai galima teigti, kad 2019 m. vasario 27 d. elektros vartojimo ir gamybos prognozės didelę dalį laiko nevisiškai atitiko realų vartojimą ir gamybą. Ypač ženklus neatitikimas tą dieną buvo tarp 23 ir 24 valandos.

Apibendrinant galima pasakyti, kad konkurencinės elektros rinkos mechanizmas yra sudėtingas ir leidžiantis elektros kainai greitai kisti. Iš statistinių duomenų yra aiškiai matomas didelis elektros energijos kainos svyravimas ir nepastovumas tarpusavyje lyginant skirtingus metus, mėnesius, savaites, dienas ir net tos pačios dienos valandas. Elektros kaina skirtingose šalyse skiriasi net tuo atveju, kai šalys yra fiziškai sujungtos elektros jungtimis ir dalyvauja toje pačioje rinkoje. Kadangi elektros energija yra labai plačiai naudojama, yra svarbu suprasti, kas veikia jos kainą ir nulemia tokius kainos svyravimus bei skirtumus.

1.2. Elektros energijos kainai įtaką darančių veiksnių nustatymo svarba ir problematika

Dėl elektros energijos, kaip prekės, išskirtinių savybių ir jos svarbos, įvairios elektros energijos rinkos ir elektros kaina jose, yra ne kartą tyrinėtos moksliniuose tyrimuose, apie tai rašyta įvairaus pobūdžio ir paskirties leidiniuose.

Aggarwal'is, Saini ir Kumar'is (2009) teigia, kad liberalizavus elektros rinkas elektros energijos paklausos ir kainos prognozavimas tapo viena iš pagrindinių elektros energetikos tyrimų sričių. Šie autoriai pabrėžia, kad, nors elektros energijos vartojimo prognozavimo modeliai jau senokai yra pasiekę labai gerus rezultatus, to dar negalima pasakyti apie elektros kainos prognozavimo modelius. Teigiama, kad elektros energijos kainos kreivė yra gerokai sudėtingesnė nei apkrovos (paklausos) kreivė. Kainos kreivė išsiskiria tuo, kad jai būdingos tokios ypatybės: didels kitimo dažnis, nepastovus vidurkis ir dispersija, sezoniškumo ir kalendorinių reiškinių įtaka. Kainos kreivė taip pat pasižymi dideliu nepastovumu bei dažnai pasireiškiančiais neįprastais kainos pakitimais. Aggarwal'is ir kt. (2009) teigia, kad tai galima sieti su elektros energijos savybėmis, išskiriančiomis ją iš kitų prekių, t. y. sudėtingu sandėliavimu, būtinybe nuolat palaikyti balansą tarp pasiūlos ir paklausos, trumpuoju laikotarpiu neelastinga paklausa bei oligopolija elektros gamybos rinkoje. Autoriai taip pat pastebi, kad elektros rinkos pusiausvyrą veikia neužtikrintumas tiek apkrovos, tiek generavimo dalyse. Net ir pačių tiksliausių apkrovos prognozavimo modelių neužtenka rinkos dalyviams norint užsitikrinti pelną, nes yra didelė rizika dėl kainų nepastovumo. Dėl visų minėtų priežasčių liberalios konkurencinės rinkos dalyviams, norintiems prognozuoti elektros kainą, yra labai svarbu suprasti, kas ją veikia.

Erni (2012) rašo, kad elektros energijos kaina rinkoje pasižymi išskirtinėmis savybėmis. Elektros energijos kainos unikalumas, jo nuomone, egzistuoja dėl elektros energijos ypatybių, tokių kaip paklausos sezoniškumas, sudėtingas sandėliavimas ir tai, kad elektros tinkle kiekvieną akimirką turi būti vykdomas balansavimas. Šiuo požiūriu autoriaus nuomonė sutampa su Aggarwal'io ir kt. (2009) teiginiais. Erni (2012) išskiria tokias pagrindines elektros energijos kainos ypatybes:

- vidurkio reversija (grįžimas prie vidurkio);
- sezoniškumas;
- galimi labai dideli trumpalaikiai kainos šuoliai;

- didelis ir dažnas nepastovumas.

Autoriaus nuomone, dėl šių išskirtinių elektros kainos savybių yra sudėtinga modeliuoti ar prognozuoti elektros kainą. Vadinasi, norint siekti gerų prognozavimo ar modeliavimo rezultatų, būtina išsiaiškinti, kas veikia elektros kainą, t. y. tirti kainą rinkoje formuojančius veiksnius.

Elektros energijos kainai įtaką darančius veiksnius konkrečioje šalyje tirti svarbu, nes kiekvienoje valstybėje elektros energetikos sistema yra savita. Skirtingose šalyse yra nevienodai gausiai naudojami skirtingi elektros energijos gamybos išteklių, skiriasi vartotojų įpročiai ir elektros tinklo sandara. Vadinasi, skirtingose šalyse elektros energijos kainai įtaką darantys veiksniai gali gerokai skirtis. Pavyzdžiui, Erni (2012) nagrinėja Vokietijos elektros energijos rinką ir prieina prie išvados, kad šioje šalyje elektros kainai įtaką daro kainos istorija (dydis ir kitimas), elektrinėse naudojamu kuro kainos, taršos leidimų kainos, atsinaujinančių energijos šaltinių elektros gamyba, prognozuojamas gamybos pajėgumų prieinamumas ir paklausa. Tuo tarpu Hirth'as (2018) tiria elektros kainą Švedijos rinkoje ir nustato, kad šioje šalyje elektros kainai įtaką daro atsinaujinančių energijos išteklių naudojimas elektrai gaminti, energijos paklausa, prekybos su kitomis šalimis mastas bei į hidroelektrinių užtvankas įtekančio vandens kiekis.

Elektros energijai įtaką darančių veiksnių poveikio sudėtingumas gerai atskleidžiamas nagrinėjant konkretų veiksnių. Stasiukynas ir Patapas (2006) rašo apie elektros energetikos sistemos ir elektros rinkos struktūros įtaką kainoms. Jie kalba apie skirtumus tarp monopolizuotos ir liberalizuotos konkurencinės elektros rinkos. Dėl elektros energetikos sistemos dydžio ir jose vykstančių procesų sudėtingumo iš pradžių buvo manyta, kad visas su sistema susijusias užduotis efektyviausiai gali išspręsti vienas didelis „vertikaliai integruotas, techniškai, ekonomiškai ir finansiškai stiprus koncernas, valdantis visą elektros energijos ciklą iki vartotojo“ (Stasiukynas ir Patapas, 2006, p. 50). Dėl tokio požiūrio elektros energijos gamybos, perdavimo, skirstymo ir prekybos (tiekimu) veiklas elektros energetikos sistemoje vykdydavo ta pati įmonė. Žinoma, tokia situacija, kai visas šias veiklas šalyje vykdo viena dominuojančią padėtį rinkoje turinti bendrovė, sudaro prielaidą nepagrįstai padidinti kainą vartotojams ir iš to pasipelnyti. Autorių teigimu, siekiant naudos vartotojams (mažesnių kainų, daugiau skaidrumo, didesnės galimybės rinktis), pasaulyje atsirado tendencija atskirti elektros energijos gamybos, perdavimo, skirstymo ir tiekimo veiklas. Monopolizuotą ir centralizuotą elektros energetikos sektorių pradėta liberalizuoti. Taip daug kur sukurta konkurencinga elektros energijos rinkos. Stasiukynas ir Patapas (2006) teigia, kad konkurencijos rinkoje atsiradimas sąlygoja gamybos efektyvumą ir mažina elektros kainą. Vadinasi, rinkos kainai įtakos turi gamintojų ir tiekėjų skaičius, jų galimybės. Su tokia nuomone sutinka Zweifel'is ir kt. (2017) bei Ngondya ir Mwangoka (2017). Jie nurodo, kad konkurencinėje rinkoje kainos yra mažesnės nei rinkos struktūros esant kitokiai. Stasiukynas. Vis dėlto, yra mokslininkų, kurie teigia, kad net ir konkurencinėje rinkoje galimas rinkos galios panaudojimas. Borenstein'as (2000) nurodo, kad didelės energetikos įmonės gali įgyti rinkos galią ir dėl to manipuliuoti elektros kaina konkurencinėje rinkoje. Be to, šis autorius teigia, kad rinkoje susidarius tam tikroms sąlygoms, net rinkai esant mažos koncentracijos ir joje nesant labai didelių įmonių, kai kurie rinkos dalyviai laikinai gali įgyti rinkos galią. Le Coq, Orzen'as ir Schwenen'as (2017) eksperimentiškai tiria maksimalios leistinos kainos įtaką elektros rinkai. Jie pastebi, kad padidinus leistiną maksimalią elektros kainą (jei tokia yra) konkurencinėje rinkoje, reali kaina rinkoje taip pat padidėja, nors ir ne taip stipriai. Aukštesnė maksimali kaina suteikia galimybę atsirasti didesniems kainos šuoliams, tačiau taip pat įgalina konkurencingų investicijų į naujus

generavimo pajėgumus (jei tokių reikia) atsiradimą, o su jomis ir konkurencinės kainos rinkoje nusistovėjimą.

Daug autorių analizuoja atsinaujinančius energijos išteklius naudojančių elektros gamintojų užimamos rinkos dalies įtaką elektros kainai. Įdomu tai, kad įvairių autorių atliekamų panašių tyrimų rezultatai gerokai skiriasi. Sáenz de Miera, del Ríó González'as ir Vizcaíno'as (2008), bei Erbach'as (2016) teigia, kad atsinaujinančių šaltinių naudojimas mažina kainas didmeninėje elektros rinkoje, tačiau dėl jos reikia papildomų balansavimo pajėgumų. Sáenz de Miera ir kt. (2008), tirdami atsinaujinančių šaltinių energijos naudojimo įtaką elektros kainai Ispanijoje, priėjo išvados, kad didėjanti elektros gamyba iš atsinaujinančių energijos šaltinių mažina tiek didmeninę, tiek mažmeninę elektros kainą. Autoriai nustatė, kad tokia išvada galioja net įvertinus paramą, skiriamą elektros gamybai iš atsinaujinančių išteklių. Tuo tarpu Costa-Campi ir Trujillo-Baute (2015), kurios taip pat eksperimentiškai nagrinėjo Ispanijos atvejį, nustatė, jog parama elektros gamybai iš atsinaujinančių šaltinių taikant gamintojams fiksuotą elektros supirkimo tarifą mažina didmeninę rinkos kainą, tačiau padidina galutinę elektros kainą pramoniniams vartotojams. Autorės teigia, kad toks poveikis mažmeninei elektros kainai yra ryškus nagrinėjant paramą saulės elektrinėms ir gerokai mažiau pastebimas, kai remiamos vėjo elektrinės. Clò, Cataldi ir Zoppoli'is (2015) tyrė skirtingų atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimo elektrai gaminti įtaką energijos kainai Italijoje ir nustatė, kad elektros gamyba saulės elektrinėse energijos kainą didina, o gamyba vėjo elektrinėse kainą mažina. Sorknæs'as, Djørup'as, Lund'as ir Thellufsen'as (2019) nustatė, kad Danijos elektros rinkoje bei bendroje Šiaurės ir Baltijos šalių elektros rinkoje elektros gamyba iš atsinaujinančių energijos išteklių mažina elektros kainą. Sveklaitė ir Stasiukynas (2014) nagrinėjo atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo elektros gamybai paramos schemas ir priėjo išvados, jog abi dažniausios atsinaujinančių išteklių plėtros skatinimo priemonės, t. y. fiksuoti pagamintos elektros energijos supirkimo tarifai bei žalieji sertifikatai, turi trūkumų ir gali padidinti finansinę naštą galutiniams elektros energijos vartotojams. Jankauskas (2011) nurodo, kad, remiant atsinaujinančią energetiką, nustatyti per žemi fiksuoti tarifai neskatina investicijų. Dėl to neatsiranda naujų gamintojų. Tuo tarpu, jei fiksuoti elektros supirkimo tarifai yra per aukšti, įvyksta investicijų antplūdis, nes investuotojai tikisi didelio pelno. Abiem atvejais yra veikiama rinkos kaina. Matyti, kad skirtingų mokslinių tyrimų rezultatai gali gerokai skirtis, todėl būtina gilesnė temos teorinė analizė ir konkrečios situacijos tyrimas.

Apibendrinant galima pasakyti, kad tiek Lietuvos, tiek užsienio mokslininkai yra tyrinėję elektros energijos kainai įtaką darančius veiksniai. Dauguma autorių, remdamiesi savo patyrimu ir praktinių tyrimų rezultatais, išskiria skirtingus elektros kainos kitimą lemiančius veiksniai. Atliktų mokslinių tyrimų rezultatai ne visada sutampa. Dėl to yra skirtingų požiūrių, kokią įtaką konkrečiai tam tikras veiksnys daro elektros kainai. Elektros energijos kainai rinkoje įtaką darantys veiksniai priklauso nuo tiriamos šalies ir laikotarpio, kurio duomenys yra naudojami. Dėl to jau atliktus tyrimus ar sukurtus modelius yra sudėtinga arba neįmanoma pritaikyti kitose situacijose. Vadinasi, kiekvieną atvejį reikia analizuoti atskirai.

2. Veiksnių, darančių įtaką elektros energijos kainai, teorinė analizė

2.1. Lietuvos elektros energetikos sistema ir elektros energijos rinka

Siekiant suprasti Lietuvos elektros energijos rinkos veikimą ir kainos kitimą joje, pirmiausiai reikia išnagrinėti šalies elektros energetikos sistemos ir elektros rinkos struktūrą.

Lietuvos, kaip ir kitų šalių, elektros energetikos sistemą sudaro šie pagrindiniai elementai:

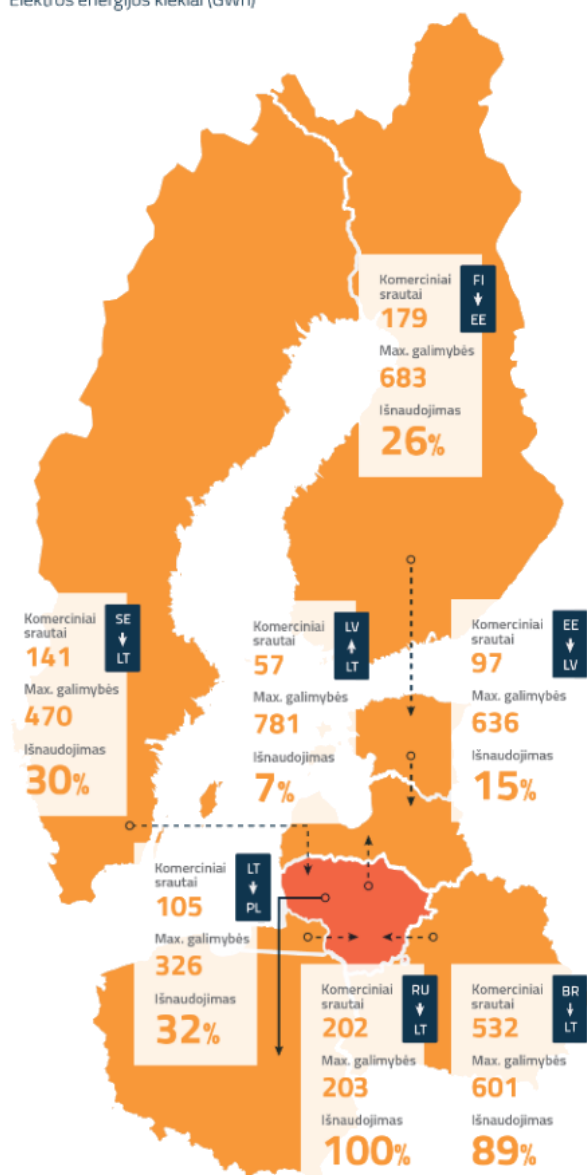
- elektrinės, kuriose elektros energija yra gaminama;
- perdavimo tinklas, kuriuo energija perduodama nuo jos gamybos vietos iki arčiau vartotojų esančių paskirstymo vietų (transformatorių pastočių);
- skirstomasis tinklas, kuriuo energija iš transformatorių pastočių paskirstoma vartotojams;
- vartotojai – įmonės ir buitiniai vartotojai, kuriems reikalinga elektros energija.

Nors Lietuvoje pirmoji elektrinė dar 1892 m. buvo pastatyta Rietave, Lietuvos elektros energetikos sistemos atsiradimo metais yra laikomi 1960 m., kai pavienės elektrinės ir miestų bei miestelių elektros tinklai buvo pradėti jungti tarpusavyje ilgomis aukštos įtampos linijomis (Svinkūnas ir Navickas, 2014). Elektros energetikos sistema gali apimti vienos valstybės, šalių grupės ar net viso žemyno teritoriją. Didelės elektros energetikos sistemos turi ryškių pranašumų prieš pavienius elektros įrenginius ar smulkius jų junginius. Svinkūnas ir Navickas (2014) išskiria tokius elektros energetikos sistemos privalumus lyginant ją su smulkiais elektros tinklais:

- didesnis elektros energijos tiekimo patikimumas, kadangi vartotojams elektros energija gali būti tiekiama iš kelių skirtingų gamybos vietų ir transportuojama skirtingomis linijomis;
- 10-12 % mažesnis galios rezervas (rezervinis gamybos pajėgumas), kuris reikalingas efektyviam ir patikimam sistemos veikimui pasikeitus darbo sąlygoms (įvykus gedimui, staiga išaugus vartojimui);
- tolygesnis elektrinių darbo režimas. Taip yra todėl, kad bendra didelio kiekio skirtingų vartotojų apkrova kinta tolygiau negu kelių pavienių vartotojų;
- sudaromos sąlygos efektyviai ir optimaliai valdyti elektros tinklą panaudojant technologiškai pažangias, tačiau brangias, sistemos stebėjimo ir automatinio valdymo sistemas.

Tie patys autoriai išskiria ir didelės sistemos trūkumus. Tai didesni elektros energijos nuostoliai tinklo įrenginiuose, sudėtingesnė ir brangesnė automatinė apsauga bei sisteminės avarijos (angl. *blackout*) atsiradimo galimybė. Nepaisant šių trūkumų, nuo pat elektros energetikos sektoriaus sukūrimo vyksta įvairaus dydžio tinklų jungimasis į sistemas bei pačių elektros energetikos sistemų tarpusavio integracija į dar didesnes sistemas.

Šiuo metu Lietuvos elektros energetikos sistema veikia vadinamajame BRELL (Baltarusijos, Rusijos, Estijos, Latvijos ir Lietuvos) žiede. Ji yra technologiškai sujungta su Latvijos, Estijos ir Nepriklausomų Valstybių Sandraugos (NVS) šiaurės vakarų elektros energetikos sistemomis (Bačauskas, 2010; Svinkūnas ir Navickas, 2014). 2015 m. pabaigoje pradėjo veikti tarpsisteminės jungtys „LitPol Link“ tarp Lietuvos ir Lenkijos bei „Nordbalt“ tarp Lietuvos ir Švedijos (Litgrid, 2016a, 2016b). Šios jungtys įgalina energijos mainus ne tik su Lenkija ir Švedija, bet ir su kitomis valstybėmis, kurios taip pat turi elektros jungtis su bent viena iš šių šalių. Lietuvos elektros energijos prekybos srautų žemėlapis 2019 m. vasario mėnesį pateiktas 5 paveiksle:



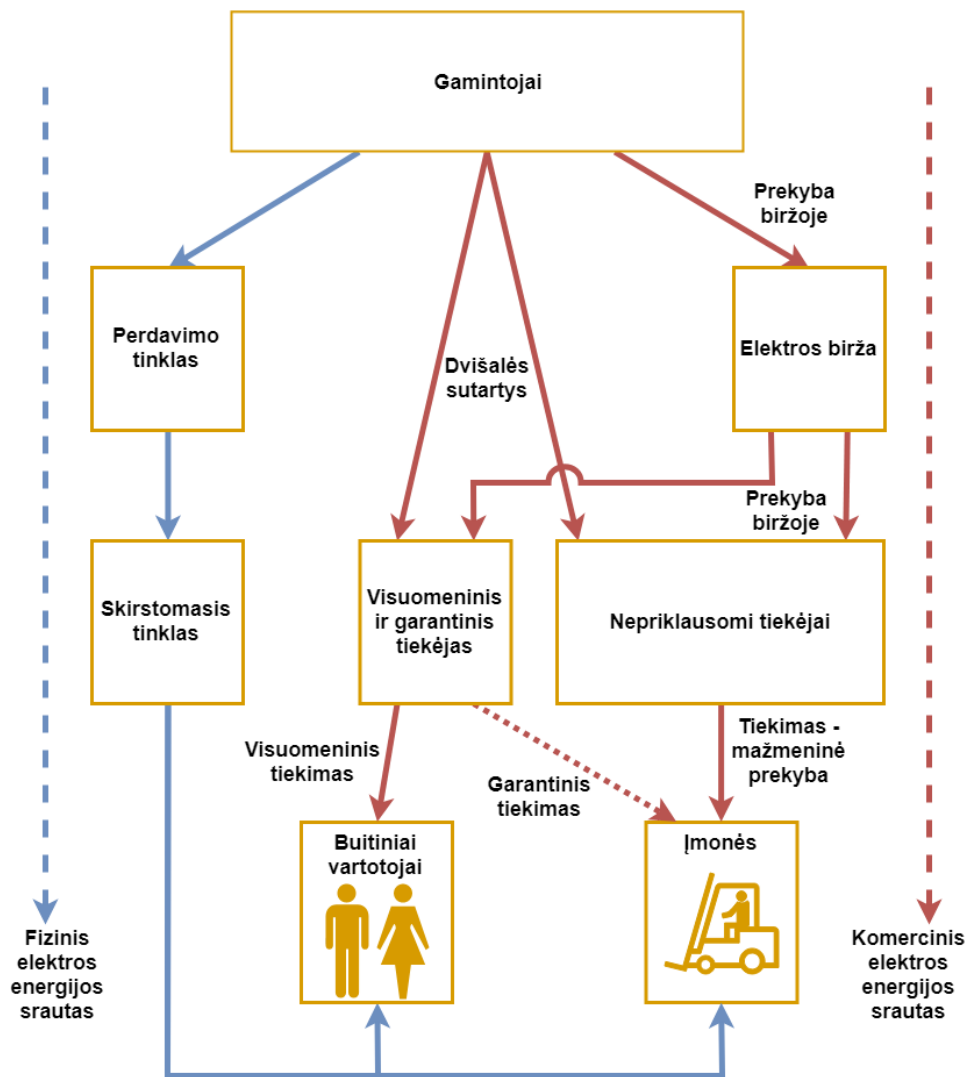
5 pav. Lietuvos elektros energijos prekybos su kitomis šalimis srautai 2019 m. vasarį (Energijos tiekimas, 2019)

Paveiksle matyti, kad Lietuva aktyviai naudoja visas esamas tarpvietines jungtis ir prekiauja elektros energija su visomis kaimyninėmis šalimis.

Elektros energetikos sektorius ir elektros energijos rinka Lietuvoje per pastaruosius du dešimtmečius buvo labai dinamiški. Energetikoje vyko ir tebevyksta įmonių ir pačios energetinės sistemos restruktūrizacija tuo pat metu kuriant elektros energijos rinką Lietuvoje. Nuo Lietuvos nepriklausomybės atkūrimo iki pat 2001 metų pabaigos šalyje buvo elektros energijos tiekimo monopolija, kai vartotojai elektrą galėjo pirkti tik iš vieno visuomeninio tiekėjo – elektros tinklo operatoriaus – už Valstybinės kainų ir energetikos kontrolės komisijos (VKEKK) reguliuojamą kainą. Išleidus Lietuvos Respublikos elektros energetikos įstatymą pradėtas elektros energijos rinkos liberalizavimas. Nuo 2002 m. sausio 1 d. vartotojai, kurių įrenginiuose, esančiuose tuo pačiu adresu, metais anksčiau buvo sunaudota daugiau nei 20 mln. kWh elektros energijos tapo laisvaisiais elektros

vartotojais, t. y. įgijo teisę laisvai pasirinkti elektros energijos tiekėją. Po metų tokią teisę jau turėjo įmonės, suvartojančios daugiau kaip 9 mln. kWh elektros energijos per metus (Lietuvos Respublikos elektros energetikos įstatymas, 2000), o nuo 2004 m. liepos 10 d. – visi vartotojai, išskyrus buitinius. 2007 m. liepos 1 d. laisvaisiais elektros energijos vartotojais tapo ir buitiniai vartotojai (Lietuvos Respublikos elektros energetikos įstatymo pakeitimo įstatymas, 2004). Vis dėlto galimybė pasirinkti nepriklausomą tiekėją naudojosi mažai įmonių, o buitiniams vartotojams nepriklausomi tiekėjai elektros tiekimo paslaugos net nesiūlė dėl per didelių kaštų. 2010 m. buvo pradėtas kitas elektros rinkos liberalizacijos etapas, kurio reikalavo Europos Sąjungos teisė. 2010 m. sausio 1 d. pradėjo veikti Lietuvos elektros rinkos plėtros planas, kuris numatė, kad nuo šios datos panaikinami reguliuojami (visuomeniniai) elektros energijos tarifai tiems vartotojams, kurių objekto prijungiamo prie elektros energijos skirstomojo tinklo leistina naudoti galia yra didesnė nei 400 kW. Lygiai po metų Valstybinė kainų ir energetikos kontrolės komisija nebenustatinėjo (nereguliavo) kainos visiems vartotojams, kurių leistina galia viršijo 100 kW. Dar po metų galimybę pirkti elektros energiją iš visuomeninio tiekėjo už reguliuojamą tarifą prarado viršijantys 30 kW įrengtą galią vartotojai, o nuo 2013 m. sausio 1 d. elektros energijos kaina nėra nustatoma visiems nebuitiniams vartotojams (Lietuvos elektros rinkos plėtros planas, 2009). Taigi, šiuo metu Lietuvoje elektros energijos rinka yra pilnai liberalizuota visiems nebuitiniams vartotojams. Tuo tarpu buitiniams vartotojams elektros tiekimo rinka yra liberalizuota tik iš dalies. Nors namų ūkiai ir turi teisę pasirinkti nepriklausomą elektros energijos tiekėją, tačiau tiekėjai elektros tiekimo paslaugos buitiniams vartotojams neteikia motyvuodami tokį elgesį tuo, kad negali konkuruoti su buitiniams vartotojams kol kas nepanaikinta reguliuojama maksimalia visuomeninio tiekėjo kaina (Navakas, 2018). Iki 2018 m. rugsėjo visuomeninio tiekėjo funkcijas atliko skirstomojo tinklo operatorius – įmonė AB „Energinis skirstymo operatorius“, o nuo 2018 m. spalio galutinai atskyrus elektros energijos skirstymo ir nepriklausomo tiekimo veiklas, šias funkcijas perėmė kita valstybinė įmonė – UAB „Lietuvos energijos tiekimas“ (Lietuvos energijos tiekimas, 2019). Ši įmonė Lietuvoje atlieka ir garantinio elektros energijos tiekimo funkciją, t. y. tiekia elektros energiją tokioms įmonėms, kurios nėra sudarę elektros energijos tiekimo sutarties su nepriklausomu tiekėju. Garantinis tiekimas taip pat reikalingas, kai pasirinktas nepriklausomas tiekėjas dėl kokių nors priežasčių (bankroto, tiekimo licencijos sustabdymo ir kt.) nevykdo savo įsipareigojimo tiekti elektros energiją. Planuojama, kad jau 2020 m. visa mažmeninė elektros tiekimo rinka Lietuvoje bus visiškai liberalizuota (Navakas, 2018).

Dėl elektros energijos, kaip prekės, savitumo galima išskirti jos fizinį srautą ir komercinį srautą. Šie srautai dabartiniame Lietuvos elektros energetikos sektoriuje pavaizduoti 6 paveiksle:



6 pav. Elektros energijos fizinis ir komercinis srautas Lietuvos elektros energetikos sektoriuje (sudaryta autoriaus)

Elektrinėse pagaminta elektra yra perduodama aukštos įtampos perdavimo tinklo linijomis dideliu atstumu iki transformatorių pastočių, iš kurių vidutinės ir žemos įtampos skirstomojo tinklo linijomis yra paskirstoma įmonėms ir buitiniams vartotojams. Tai fizinis elektros energijos srtauto kelias. Komeracinis elektros energijos kelias nuo gamintojo iki vartotojo yra visai kitoks – elektros gamintojai pagamintą energiją parduoda elektros energijos tiekėjams per elektros biržą (kintamomis kainomis) arba pasirašydami dvišales sutartis (kontraktus su, dažniausiai, fiksuotomis kainomis), o tiekėjai perparduoda elektrą vartotojams mažmeninėje rinkoje. Visą šį procesą prižiūri ir konkurencinę aplinką rinkoje užtikrina rinkos reguliatorius. Lietuvoje tai – Valstybinė kainų ir energetikos kontrolės komisija.

Elektros energetikos sritis yra detaliam reglamentuota dėl savo technologinio sudėtingumo bei strateginės svarbos. Kiekvienoje šalyje šią sritį reguliuoja įstatymų rinkiniai bei įvairios valstybinės institucijos. Lietuvoje yra didelis skaičius visą energetikos sektorių ir konkrečiai elektros energetiką reglamentuojančių dokumentų, tačiau ne visuose juose kalbama apie elektros energijos rinką. Pagrindiniai tiek elektros energetikos sritį bendrai, tiek elektros rinką Lietuvoje reguliuojantys dokumentai yra šie:

- Lietuvos Respublikos elektros energetikos įstatymas;
- Prekybos elektros energija taisyklės;
- Elektros energijos tiekimo ir naudojimo taisyklės;
- Lietuvos elektros rinkos plėtros planas;
- Veiklos elektros energijos sektoriuje leidimų išdavimo taisyklės.

Lietuvos Respublikos elektros energetikos įstatymas yra pagrindinis nagrinėjamą sritį reglamentuojantis dokumentas, juo remiasi kiti paminėti teisės aktai.

Apibendrinant galima pasakyti, kad Lietuvos elektros energetikos sistemą sudaro elektrinės, perdavimo ir skirstomasis tinklas bei vartotojai. Tuo tarpu elektros rinkoje dalyvauja gamintojai, tiekėjai ir vartotojai. Lietuvos elektros energetikos sistema su kaimyniniu šalių sistemomis yra sujungta tarpusistemėmis jungtimis, o tai įgalina tarptautinę elektros energijos prekybą. Lietuvos elektros energijos rinka per pastaruosius dvidešimt metų buvo nuolat keičiama ir šiuo metu ji yra visiškai liberalizuota nebuitiniams vartotojams. Tuo tarpu buitiniams vartotojams vis dar taikomas bendras visuomeninio tiekėjo elektros tarifas.

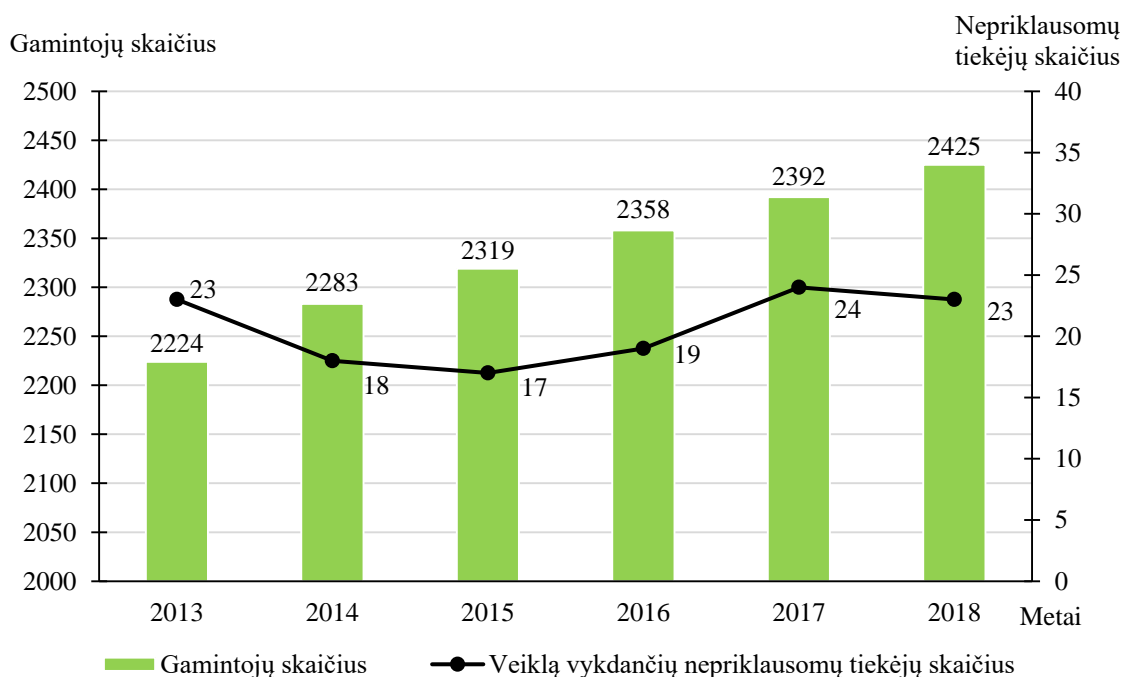
2.2. Rinkos struktūros ir konkurencijos rinkoje įtaka elektros energijos kainai

Konkurencinė elektros rinka Lietuvoje dar yra gana nauja. Iki jos kūrimo pradžios šalyje buvo elektros energijos tiekimo monopolija. Analogiška situacija XX amžiuje buvo ir kitose šalyse. Europoje elektros rinką liberalizuoti pirmoji pradėjo Didžioji Britanija. Vėliau energetikos koncernų skaidymo ir konkurencinės elektros energijos rinkos kūrimo ėmėsi kitos Europos šalys. Stasiukynas ir Patapas (2006) išskiria šiuos pagrindinius energetikos sektoriaus reformų tikslus:

- energetikos sistemų veiklos efektyvumo gerinimas;
- patikimas energijos tiekimas vartotojams, jiems priimtina kaina.

Remtasi principu, kad konkurencija yra naudinga, nes ji suteikia galimybę vartotojams pasirinkti norimą produktą pagal jų poreikius ir produkto kainą. Konkurencinėje rinkoje įmonės stengiasi kuo labiau atitikti vartotojų lūkesčius. Pagrindinis bet kokios įmonės tikslas yra pelnas. Jis gaunamas, kai įmonės kuriamų produktų (prekių ir paslaugų) savikaina (gamybos sąnaudos) yra mažesnė nei jų pardavimo kaina. Pelno siekimas lemia tai, kad konkurencijos sąlygomis įmonės siekia visais įmanomais būdais mažinti savo veiklos sąnaudas, o tuo pat metu ir savo produktų savikainą. Tai sąlygoja kainų sumažėjimą vartotojams. Tuo pat metu, norėdamos atlaikyti konkurencinį spaudimą, įmonės stengiasi savo klientams pasiūlyti naujų, tobulesnių, inovatyvesnių produktų. Stasiukynas ir Patapas (2006) teigia, kad dėl šių priežasčių didesnė konkurencija sąlygoja efektyvesnę gamybą ir mažesnę elektros kainą vartotojams. Šiai minčiai pritaria Zweifel'is ir kt. (2017). Jie teigia, kad anksčiau elektros energetikos sistemoje buvusi monopolija padėjo sukurti saugų ir patikimą didelės aprėpties elektros tinklą, tačiau sąlygojo neefektyvų investavimą ir aukštesnę elektros kainą. Elektros gamintojų konkurencija ir rinkos atvėrimas nepriklausomiems gamintojams turi ženkliai sumažinti elektros sistemos veiklos sąnaudas, o kartu ir elektros kainą vartotojams. Ngondya ir Mwangoka (2017) liberalizuotą konkurencinę elektros rinką vertina kaip galinčią sumažinti tiek vartotojų, tiek energetikos įmonių sąnaudas, jei tik konkurencija joje yra tinkamai įgyvendinama. Jie teigia, kad dėl konkurencijos padidėja rinkos įmonių efektyvumas ir pagerėja klientų aptarnavimas. Mažesnės sąnaudos ir didesnis efektyvumas sąlygoja mažesnę kainą. Konkurenciją rinkoje gerai apibūdina jos

dalyvių skaičius. Elektros energijos gamintojų ir nepriklausomų tiekėjų skaičiaus kitimas Lietuvoje 2013–2018 m. pateiktas 7 paveiksle:



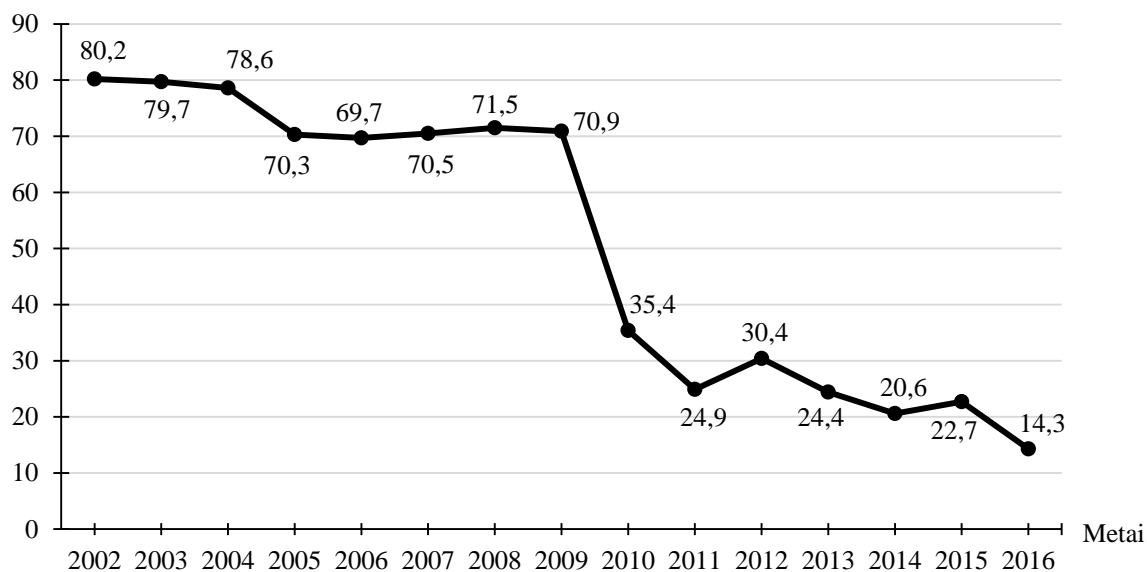
7 pav. Elektros energijos gamintojų ir nepriklausomų tiekėjų skaičius Lietuvoje 2013–2018 m. (sudaryta autoriaus pagal Valstybinės kainų ir energetikos kontrolės komisijos [VKEKK] (2019a) duomenis)

Matyti, kad Lietuvoje elektros energijos gamintojų skaičius 2013–2018 m. gerokai viršijo 2 000 ir turėjo tendenciją augti. Tuo tarpu aktyvią veiklą vykdančių nepriklausomų tiekėjų skaičius buvo gana pastovus, o 2018 m. siekė 23. Iš šių duomenų galima spręsti, kad konkurencija Lietuvos elektros gamybos ir tiekimo rinkose yra. Tiekimo rinkoje konkurencija gana pastovi, o gamybos rinkoje ji auga. Tikėtina, kad toks augimas mažina elektros kainą šalyje.

Net ir konkurencinėje rinkoje gali vykti nekonkurenciniai procesai. Borenstein'as (2000) nurodo, kad kuo didesnę elektros rinkos dalį turi vienas gamintojas, tuo didesnė jo rinkos galia. Gamintojas, užimantis didelę rinkos dalį, gali sumažinti gamybą arba teikti pasiūlymus didesnėmis nei ribiniai kaštai kainomis ir tokiu būdu pats pakelti elektros kainą rinkoje. Autorius taip pat teigia, kad esant tam tikroms sąlygoms, pavyzdžiui, visiems gamintojams rinkoje maksimaliai naudojant savo pajėgumus, o paklausai esant neelastingai kainos atžvilgiu, net ir nedidelę rinkos dalį turintis gamintojas gali įgyti rinkos galią ir pakelti bendrą elektros kainą rinkoje. Be to, kadangi elektros energijos sandėliavimo galimybės yra labai ribotos, rinkos galią šioje rinkoje panaudoti yra lengviau nei kitose energijos rinkose. Kuo rinkoje didesnė konkurencija, tuo mažesnę rinkos galią turi jos dalyviai. Kai gamintojai neturi galimybių panaudoti rinkos galią, kaina rinkoje būna žemesnė.

Lietuvos elektros energijos gamybos dalies, kurią generuoja didžiausias elektros gamintojas šalyje, kaita 2002–2016 m. pavaizduota 8 paveiksle:

Gamybos dalis, proc.



8 pav. Lietuvoje pagaminto elektros energijos kiekio dalis (procentais), kurią pagamina didžiausias elektros gamintojas šalyje 2002–2016 m. (sudaryta autoriaus pagal Eurostat (2019) duomenis)

Paveiksle matyti, kad didžiausio Lietuvoje gamintojo užimama šalies elektros energijos rinkos dalis turi tendenciją mažėti. Vadinasi, rinkoje mažėja didžiausio jos dalyvio rinkos galia, o dėl to turėtų mažėti elektros energijos kaina. Vis dėlto, reikia suprasti, kad didžiausio gamintojo užimamos rinkos dalies mažėjimas nebūtinai reiškia dėl naujų gamintojų atsiradimo didėjančią konkurenciją. Toks mažėjimas gali būti ir stambių gamintojų išėjimo iš rinkos padarinys. Lietuvos atveju stambiausio gamintojo užimamos rinkos dalies staigus kritimas 2005 m. ir 2010 m. buvo sąlygotas Ignalinos atominės elektrinės pirmojo ir antrojo blokų uždarymo. Kiek vėliau buvo demontuota dalis Elektrėnuose esančios Lietuvos elektrinės pajėgumų. Dėl to yra sunku teoriškai vertinti rinkos galią Lietuvos elektros energijos gamybos rinkoje.

Lundin'as ir Tangerås (2017) tyrė Šiaurės ir Baltijos šalių „diena prieš“ rinką, siekdami išsiaiškinti, ar joje kokios nors įmonės neturi rinkos galios. Jų teigimu, elektros rinkose yra didelės galimybės panaudoti rinkos galią dėl didelės elektros gamybos pajėgumų nuosavybės koncentracijos ir žemo paklausos elastingumo elektros kainai. Mokslininkai nustatė, kad, „Elspot“ rinkoje esant elektros energijos vartojimo pikui, rinkoje stebima artima tobulai konkurencija ir jokia įmonė tada neturi galimybės panaudoti rinkos galios. Tuo tarpu, kai nėra vartojimo piko, Šiaurės ir Baltijos šalių „diena prieš“ elektros rinkoje konkurencija nėra tobula ir yra stebimas rinkos galios panaudojimas. Tai įrodo 8–11 % skirtumas tarp kainos rinkoje ir ribinių kaštų (Lundin ir Tangerås, 2017).

Le Coq ir kt. (2017) nurodo, kad pusiausvyros kaina rinkoje priklauso nuo to, kiek joje yra pagrindinių pasiūlymų teikiančių įmonių. Pagrindine siūlymų teikiančia įmone yra laikoma tokia įmonė, be kurios siūlomų gamybos pajėgumų pasiūla negali prilygti paklausai. Pusiausvyros kaina rinkoje priklauso ne tik nuo realios paklausos ir bendrų rinkos gamintojų pajėgumų, bet ir nuo to, ar rinkoje yra pagrindinių, turinčių didelius gamybos pajėgumus, įmonių, be kurių neįmanoma pasiekti pasiūlos ir paklausos pusiausvyros. Esant neelastingai paklausai ir rinkoje nesant jokio gamintojo, kurį būtų galima vadinti pagrindiniu, pusiausvyros kaina rinkoje yra nulemiama konkurencijos. Šiuo atveju rinkos kaina yra lygi paskutinio (turinčio didžiausius ribinius kaštus, bet dar gaminančio elektrą)

gamintojo ribiniams kaštams. Kai rinkoje yra bent vienas pagrindinis gamintojas, vienintelė pusiausvyros kaina rinkoje yra maksimali leistina kaina (jeigu tokia yra numatyta). Jei viena ar kelios įmonės turi informacijos, kad be jų pajėgumų neįmanoma patenkinti paklausos, joms yra pelninga teikti pasiūlymus, kurie viršija ribinius kaštus. Tokie pasiūlymai kelia rinkos kainą. Esant tobulai neelastingai paklausai, optimaliausia pagrindinių įmonių strategija yra teikti pasiūlymus su maksimalia galima kaina. Autoriai apibendrina, kad iš esmės elektros energijos rinkoje, priklausomai nuo joje dalyvaujančių gamintojų, kaina gali būti tik arba nulemta konkurencijos arba maksimali leistina. Šiaurės ir Baltijos šalių „diena prieš“ elektros rinkoje egzistuoja minimalios ir maksimalios kainos ribos. Minimali kaina „Elspot“ rinkoje yra –500 EUR/MWh, o maksimali kaina šioje rinkoje yra 3000 EUR/MWh (Nord Pool, 2013). Iš anksčiau pateiktų grafikų matyti, kad realios kainos Lietuvos rinkoje gerokai skiriasi nuo šių kainų ribų. Tai gali būti laikoma įrodymu, kad Lietuvos rinkoje kaina yra formuojama konkurencijos. Kita vertus, reikia suprasti, kad nustatyta maksimali kaina rinkoje yra nerealistiška didelė sistemai veikiant normaliu režimu ir galėtų būti pasiekta tik didelių avarijų tinkle metu. Bendras elektros poreikis Lietuvoje didžiausio piko metu nesiekia 2000 MW, o bendra įrengta gamybos pajėgumų galia yra lygi 3666 MW. Didžiausią įrengtą galią iš Lietuvos veikiančių gamintojų turi Lietuvos elektrinė. Jos galia yra 1045 MW (Litgrid, 2019a). Matyti, kad ši elektrinė negali būti laikoma pagrindine pasiūlymus teikiančia įmone, nes ir nepanaudojant jos pajėgumų yra įmanoma patenkinti Lietuvos elektros energijos vartotojų poreikius net esant didžiausiam vartojimo pikui. Be to, Lietuva turi tarp sistemines jungtis su kitų šalių elektros energetikos sistemomis. Dėl to šalis gali bet kada importuoti trūkstamą elektros energijos kiekį. Pagrindinės pasiūlymus teikiančios įmonės nebuvimas yra svarbus, nes rodo, kad rinkoje nėra tokio dalyvio, kuris savavališkai galėtų be rimtos priežasties pakelti elektros kainą rinkoje.

Galima pastebėti, kad skirtingi autoriai vienodai vertina konkurenciją elektros energijos rinkoje. Visi jie tai įvardija kaip teigiamą dalyką, kurio viena iš pasekmių yra mažesnė kaina vartotojams. Kaip jau minėta, Lietuvoje elektros energijos didmeninė rinka jau yra liberalizuota, o mažmeninėje rinkoje konkurencija tarp tiekėjų vyksta tik dėl nebuitinių vartotojų. Remiantis įvairių mokslininkų darbuose pateikiama nuostata dėl konkurencijos elektros energijos rinkoje naudos galima Lietuvai pasiūlyti pasekti kitų Baltijos šalių pavyzdžiu ir visiškai liberalizuoti elektros energijos mažmeninę rinką. Vertinant teoriškai, elektros kainą turėtų sumažinti didesnė konkurencija tarp elektros rinkos dalyvių (gamintojų ir tiekėjų). Norint pasiekti efektyvią konkurenciją reikia skatinti gamybos diversifikavimą, naujų gamintojų ir tiekėjų įėjimą į rinką. Tuo tarpu didesnė konkurencija perduodant ir skirstant elektrą nėra reikalinga. Biggar'as ir Hesamzadeh (2014) nurodo, kad elektros perdavimo ir skirstymo veikla yra natūrali monopolija. Vadinasi, šiose srityse nėra naudinga ar reikalinga kurti ir skatinti konkurenciją. Anot šių autorių, pagrindinės išlaidos, susijusios su elektros perdavimu ir skirstymu, yra elektros tinklo linijos statyba. Vieną kartą pastatius elektros liniją, papildomos išlaidos, atsirandančios transportuojant papildomą elektros energijos kiekį, yra ganėtinai nedidelės. Jei toje pačioje vietoje būtų statoma kita, konkurentų eksploatuojama, elektros linija, jai pastatyti irgi būtų reikalingos didelės pradinės išlaidos. Tokia konkurencija elektros energijos perdavimo ir skirstymo sektoriuose lemtų elektros energijos perdavimo ir skirstymo paslaugų kainos augimą, o ne mažėjimą. Dėl šios priežasties ir didelės elektros energetikos sistemos pranašumų prieš mažas sistemas, perdavimo ir skirstomųjų elektros tinklų operatoriai yra partneriai, o ne konkurentai. Biggar'as ir Hesamzadeh (2014) teigia, kad konkurencija, kaip ji tradiciškai yra suprantama, yra neįmanoma tarp skirstomųjų tinklų operatorių, o konkurencija tarp perdavimo tinklų operatorių geriausiu atveju gali būti labai ribota. Tai rodo, kad elektros energijos perdavimo ir skirstymo veikla iš tiesų yra monopolinė. To pasekmė – perdavimo ir skirstomųjų tinklų operatoriai turi didelę rinkos

galia. Be apribojimų naudodamiesi šia galia jie galėtų išnaudoti kitus rinkos dalyvius – elektros energijos gamintojus ir vartotojus – ir tokiu būdu gauti ženkliai naudą. Kad būtų išvengta monopolijos neigiamų pasekmių kitiems rinkos dalyviams, elektros tinklų operatorių veikla yra griežtai reglamentuota ir reguliuojama. Visame pasaulyje elektros perdavimo ir skirstomieji tinklai yra valdomi valstybinių įmonių, kooperatyvų arba privačių įmonių, kurių veikla reglamentuojama komunalinių paslaugų įstatymais. Lietuvoje tiek skirstomąjį, tiek perdavimo tinklą valdo valstybinės įmonės, o jų veikla yra griežtai reguliuojama.

Stasiukynas ir Patapas (2006) įvardija tokius esminius elektros energetikos sektoriaus reformų principus, bendrus visoms jas vykdytosioms ar vykdančioms šalims:

- elektros gamyba turi vykti konkurencinėje rinkoje ir turi būti atskirta nuo elektros perdavimo tinklo;
- elektros perdavimo tinklo veikla turi likti monopolinė ir turi būti prižiūrima reguliuojančių institucijų;
- elektros tiekimas (pardavimas) vartotojams turi vykti konkurencinėje rinkoje ir gali būti atskiriamas nuo skirstomojo elektros tinklo;
- elektros skirstomojo tinklo veikla turi likti monopolinė ir prižiūrima reguliuojančių institucijų.

Šie principai turi užtikrinti skaidrumą ir informacijos prieinamumą rinkoje bei kiek įmanoma žemą elektros kainą. Kadangi Lietuva yra Europos Sąjungos narė, tai vykdam Europos Sąjungos trečiąjį energetikos paketą, konkrečiai Europos Parlamento ir Tarybos Direktyvą 2009/72/EB dėl elektros energijos vidaus rinkos bendrųjų taisyklių, visi šie principai, išskyrus konkurencinę elektros tiekimo rinką buitiniams vartotojams, šalyje buvo įgyvendinti. Vadinasi, jokia struktūrinė energetikos sistemos ar rinkos reforma, išskyrus visišką tiekimo rinkos liberalizaciją buitiniams vartotojams, Lietuvoje nėra reikalinga.

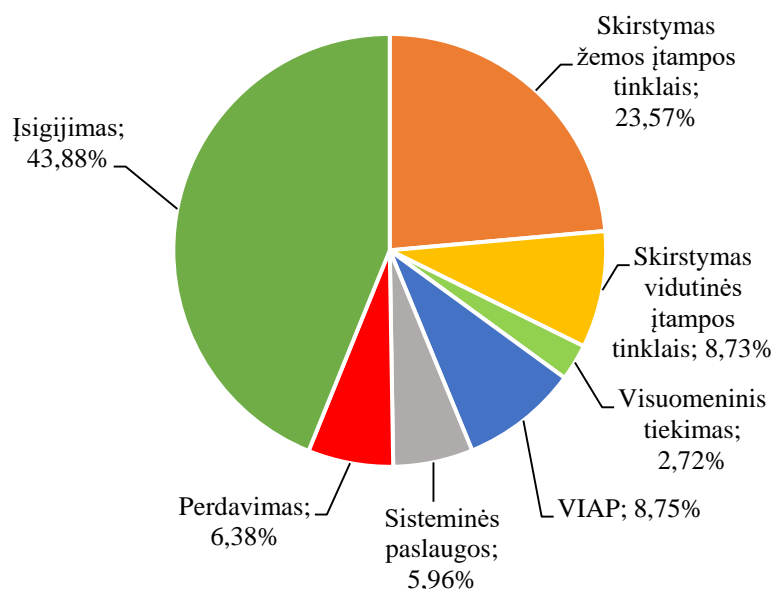
Laisvos konkurencijos rinkoje išlieka svarbus viešųjų (visuomenės) interesų tenkinimo klausimas. Europos Sąjungos valstybės gali į elektros kainą įtraukti dedamąją, skirtą viešiesiems interesams užtikrinti. Tokiu atveju dalis elektros pardavimo pajamų yra panaudojamos visuomenės interesams patenkinti. Stasiukynas ir Patapas (2006) išskiria tokius viešuosius interesus, kuriems gali būti skiriamos šios lėšos:

- elektros energijos tiekimas visiems vartotojams už tą pačią kainą, nepriklausomai nuo to, kur tas vartotojas įsikūręs ir kokių atstumu elektra jam yra tiekiamas;
- aplinkosauga (elektros gamybos mažiau teršiančiose elektrinėse ir gamybos iš atsinaujinančių energijos išteklių skatinimas);
- elektros tiekimo patikimumo ir saugumo gerinimas (papildomų, dubliuojančių linijų ir rezervinių elektrinių, generatorių bei kitų įrenginių statyba ir eksploatacija).

Šie visuomenės interesai įtvirtinti Europos Parlamento ir Tarybos Direktyvoje 2009/72/EB dėl elektros energijos vidaus rinkos bendrųjų taisyklių. Viešaisiais interesais šioje direktyvoje yra laikoma vartotojų apsauga, elektros energijos tiekimo saugumas, aplinkos apsauga ir lygiaverčio konkurencijos laipsnio užtikrinimas. Lietuvos elektros energetikos sektoriuje viešųjų interesų tenkinimas yra finansuojamas iš viešuosius interesus atitinkančių paslaugų (VIAP) biudžeto. Lėšos į šį biudžetą surenkamos iš visų elektros energijos vartotojų Lietuvoje. VKEKK yra nustačiusi, kad 2019 m. už kiekvieną suvartotą kilovatvalandę elektros energijos vartotojai turi sumokėti 0,903 cento

į VIAP biudžetą. (VKEKK, 2018). Ši įmoka yra įskaičiuota į elektros energijos kainą tiek buitiniams, tiek kitiems vartotojams. 2019 m. VIAP lėšos yra skiriamos skatinti vietinę elektros gamybą iš atsinaujinančių energijos šaltinių, kompensuoti šiuos išteklius naudojančių elektros gamintojų prijungimo prie tinklų išlaidas ir padengti dėl atsinaujinančios energijos naudojimo atsirandančias sistemos balansavimo išlaidas (VKEKK, 2018). Nuo 2019 m. yra patvirtinta VIAP lengvata stambiems elektros energijai imlios pramonės vartotojams, kurie per metus suvartoja daugiau nei 1 GWh elektros energijos. Šiems vartotojams už pirmą per metus suvartotą gigavatvalandę elektros reikės mokėti standartinį VIAP tarifą, o už visą kitą suvartotą elektros energijos kiekį – vos 15 % gamybai iš atsinaujinančių energijos šaltinių skatinti skirto tarifo (Navakas, 2019). Šiuo žingsniu yra tikimasi padidinti Lietuvos pramonės konkurencingumą ir pagerinti investicinę aplinką šalyje. Vis dėlto, nėra minima, kaip bus kompensuojamas dėl šios lengvatos atsirandantis lėšų, skirtų remti elektros gamybą iš atsinaujinančių energijos išteklių, trūkumas. Gali būti, kad jei nebus keičiama atsinaujinančius išteklius naudojančių elektros gamintojų rėmimo tvarka, tokia lengvata ateityje gali reikšti VIAP tarifo padidėjimą visiems kitiems vartotojams.

Vidutinės visuomeninės elektros energijos kainos Lietuvoje 2019 m. sandara pateikiama 9 paveiksle:



9 pav. Vidutinės visuomeninės elektros energijos kainos Lietuvoje dedamosios 2019 m. (sudaryta autoriaus pagal VKEKK (2018) duomenis)

Paveiksle matyti, kad didžiausią mažmeninės elektros kainos dalį visuomeninio tiekėjo klientams (buitiniams vartotojams) sudaro elektros įsigijimas didmeninėje rinkoje. Maždaug trečdalį visos kainos sudaro skirstymo paslaugos ir tik 6,38 % perdavimo paslauga. Tuo tarpu VIAP kaina sudaro 8,75 % visos elektros kainos, t. y. 0,903 ct/kWh iš visos 10,317 ct/kWh kainos, kurią buitiniai vartotojai vidutiniškai moka už visuomeninio tiekėjo parduodamą elektros energiją. Nors VIAP dalis elektros energijos kainoje nėra didžiulė, ji vis tiek yra ženkliai, ypač vartotojams, kurie suvartoja didelį kiekį elektros energijos. Turint omenyje, kad elektros energijos kaina stambiausiems pramonės vartotojams yra mažinama taikant VIAP lengvatą, galima tikėtis, kad, jeigu ateityje būtų pakeista gamintojų rėmimo tvarka, tokios lengvatos gali būti suteikiamos ir didesnei daliai vartotojų. Taip pat negalima atmesti galimybės ateityje apskritai mažinti VIAP tarifą ir tokiu būdu sumažinti mažmeninę

elektros energijos kainą visiems vartotojams. Tokia galimybė egzistuoja dėl to, kad elektros gamyba iš atsinaujinančių energijos išteklių dėl spartaus technologijų tobulėjimo kiekvienais metais tampa vis konkurencingesnė. Kadangi VIAP lėšos daugiausiai skiriamos elektros gamybai iš atsinaujinančių energijos išteklių skatinti ir tokią gamybą daryti konkurencingesnę, tai tobulėjant ir pingant šioms gamybos technologijoms, joms bus reikalinga vis mažesnė valstybės parama. Tarptautinės atsinaujinančių energijos išteklių agentūros 2018 m. duomenimis, iš atsinaujinančių energijos išteklių pagamintos elektros energijos kaina jau 2020 m. bus konkurencinga elektros, pagamintos tradicinėse elektrinėse deginant iškastinį kurą, kainai. (Tarptautinė atsinaujinančių energijos išteklių agentūra, 2018)

Apibendrinant galima teigti, kad skirtingi autoriai įvardija rinkos struktūrą ir konkurenciją rinkoje kaip elektros kainai įtaką darantį veiksni. Mokslininkai sutinka, kad konkurencinė elektros rinka yra geriausia rinkos struktūra, nes joje elektros energijos kaina gali būti mažesnė nei esant monopolijai. Vis dėlto, teigiama, kad net ir konkurencinės rinkos sąlygomis gali susidaryti situacija, kai įmonės gali atlikti nekonkurencinius veiksmus pasinaudamos rinkos galia. Literatūroje rašoma, kad konkurencija tarp gamintojų ir tiekėjų elektros kainą mažina, o konkurencija tarp skirstomojo ir perdavimo tinklo operatorių kainą didina. Dėl to Lietuvai reikia liberalizuoti energijos tiekimą buitiniams vartotojams, tokiu būdu pasiekiant visiškai konkurencinę gamybos ir tiekimo rinką.

2.3. Elektros energetikos sistemos ir elektros rinkos efektyvumas. Paklausos išteklių įtaka elektros energijos kainai

Kaip jau minėta, vienas iš būdų mažinti elektros energijos kainą yra elektros energetikos sistemos ir elektros energijos rinkos veiklos efektyvumo didinimas. Pasak Biggar ir Hesamzadeh (2014), kuriant efektyvią elektros energetikos sistemą yra svarbu išskirti visas jos veiklas. Kiekviena veikla – tai uždavinys, kuris turi būti efektyviai įgyvendintas. Skirtingi uždaviniai turi būti paskirti skirtingiems ūkio subjektams. Taip pat turi būti sukurtas elektros energetikos sistemos veikimo planas, taisyklės ir subjektų skatinimo būdai. Tai turi užtikrinti, kad visi sistemoje veikiantys subjektai siektų savo uždavinius įvykdyti efektyviai ir koordinuotų savo veiksmus tarpusavyje. Biggar ir Hesamzadeh (2014) išskiria tris pagrindines efektyvios elektros energijos sistemos uždavinių grupes. Tai trumpojo laikotarpio uždaviniai, rizikos valdymo uždaviniai ir ilgojo laikotarpio uždaviniai. Pasak šių autorių, efektyvios elektros energetikos sistemos trumpojo laikotarpio uždaviniai yra šie:

- trumpuoju laikotarpiu pasiekiamų generavimo išteklių efektyvus panaudojimas. Bet kuriuo metu sistemoje yra tam tikras skaičius pasiekiamų skirtingų elektros gamybos technologijų, kurios kiekviena turi skirtingas pastoviąsias ir kintamąsias sąnaudas. Šių išteklių efektyvus panaudojimas reiškia, kad turi būti užtikrinama elektros gamyba naudojant pigiausią generavimo šaltinių derinį atsižvelgiant į elektros tinklo energijos perdavimo galimybes, generatorių techninius ribojimus ir išteklių (energijos saugyklų, atsinaujinančių energijos šaltinių) prieinamumą. Siekiant efektyvumo trumpuoju laikotarpiu reikia naudotis didelio tikslumo elektros pasiūlos, paklausos ir tinklo būklės prognozėmis ir priimti svarbius sprendimus: kada įjungti tam tikrą generatorių ar apkrovą, kada elektrą kaupti, o kada pasinaudoti ribotais turimais ištekliais (pvz.: hidroelektrinėse sukaupta energija);
- efektyvus galimų paklausos išteklių panaudojimas trumpuoju laikotarpiu. Į efektyvų elektros sistemos veikimą įeina ir vartotojų prisitaikymas prie kintančių paklausos ir pasiūlos sąlygų keičiant jų sunaudojamą energijos kiekį. Tai gali vykti tiesiogiai – per elektros prietaisus, programiškai susietus su didmenine elektros rinka – arba netiesiogiai – per vartotojų reakciją

į elektros kainos kitimą didmeninėje rinkoje. Tuo tarpu susidarius ekstremalioms paklausos ir pasiūlos sąlygoms, elektros energijos vartojimas gali būti sumažinamas (normuojamas) elektros sistemą valdančių operatyvinių darbuotojų;

- efektyvus galimų tinklo išteklių panaudojimas trumpuoju laikotarpiu. Į tai įeina efektyvus elektros generacijos ir paklausos perkėlimas į kitą vietą (perskirstymas), kad nebūtų pažeisti tinklo fiziniai apribojimai bei efektyvus perdavimo ir skirstomojo tinklo valdymas atsižvelgiant į oro sąlygas ir galimus nenumatytus įvykius. To pavyzdys yra tinklo darbo režimo planavimas, taip pat savalaikis įrenginių atjungimas remontui (jis užtikrina, kad reikiamu momentu įrenginiai veikia teisingai) bei optimalaus tinklo darbo režimo ir maksimaliai aukšto patikimumo tinklo konfigūracijos palaikymas;
- efektyvus atsakas į labai trumpus balanso tarp elektros gamybos (pasiūlos) ir vartojimo (paklausos) trikdžius. Elektros pasiūla ir paklausa, o taip pat ir tinklo būklė, nuolat kinta. Elektros sistemoje nuolatos vyksta įvairūs sutrikimai, tokie kaip didelės elektrinės arba svarbios elektros tiekimo linijos gedimas. Svarbi yra efektyvi ir operatyvi reakcija į juos. Tai gali būti generuojančių elementų gamybos kiekių perskirstymas, efektyvus apkrovos ar tinklo išteklių panaudojimas. Be to, sistema turi būti valdoma taip, kad būtų užtikrinamas balansas tarp išlaidų, atsirandančių šalinant elektros tiekimo sutrikimus bei išlaidų, skirtų tokių sutrikimų prevencijai.

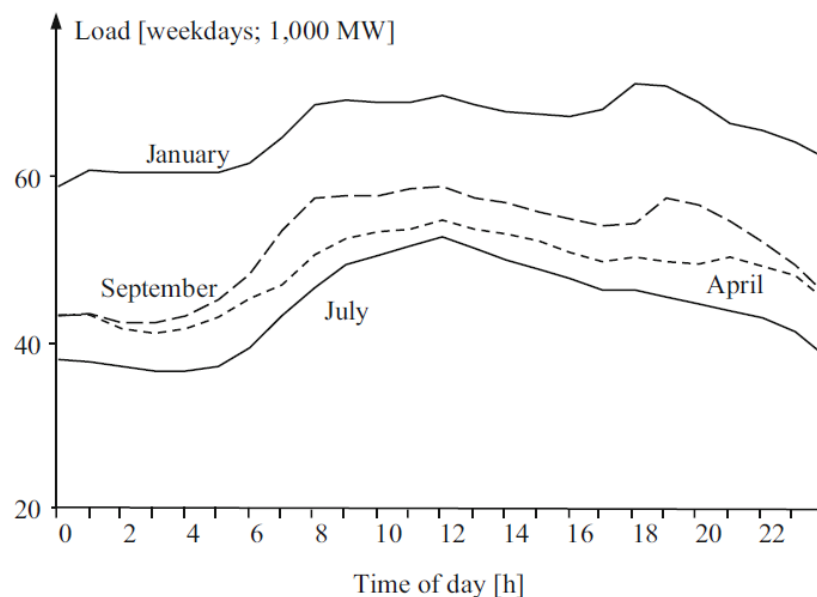
Kita esminė elektros energetikos sistemos uždavinių grupė pagal Biggar ir Hesamzadeh (2014) yra susijusi su rizikos valdymu. Liberalizuotoje elektros energijos rinkoje daugelio anksčiau minėtų trumpojo laikotarpio užduočių įgyvendinimą sąlygoja rinkoje vykstantys procesai. Jie užtikrina efektyvų išteklių pasiskirstymą ir esminių sprendimų bei veiksmų koordinavimą. Tai vyksta dėl trumpuoju laikotarpiu atsirandančių kainų kitimo sukeltų signalų. Tuo tarpu ilgojo laikotarpio sprendimai yra labiau iniciatyvūs nei reaktyvūs. Kad jie būtų priimami, yra reikalingas rinkos dalyvių tikrumas dėl ateities ir numatymas, kokią įtaką jų sprendimai gali turėti ilgalaikėje perspektyvoje. Trumpalaikės kainos rinkoje gali atspindėti ilgojo laikotarpio tendencijas, tačiau gali ir paskatinti rinkos dalyvius nepagrįstai prisiimti per didelę riziką ateityje. Dėl šios priežasties egzistuoja rizikos valdymo instrumentai, skirti apsaugoti rinkos dalyvius nuo trumpojo laikotarpio kainų nepastovumo. Pavyzdžiui, gamintojui gali būti reikalinga garantija, kad už jo pagamintą elektrą tam tikrą laiką bus mokama iš anksto sutarta kaina, arba tam tikrų minimalių pajamų garantija. Tuo tarpu prekyautojas, perkantis elektrą vienoje tinklo vietoje ir ją parduodantis kitoje, nori gauti garantiją, kad fiziniam elektros perdavimui bus sudarytos tinkamos sąlygos tinkle. Prekiautojui taip pat reikalinga garantija, kad jei tokios sąlygos nebus sudarytos, jis gaus už tai piniginę kompensaciją. Garantijų nori ir vartotojai. Dauguma jų nenori mokėti labai nepastovios rinkos kainos ir siekia sudaryti susitarimus dėl vidutinės ilgojo laikotarpio kainos. Tuo tarpu generatoriaus, kurio pagrindinė funkcija yra elektros sistemos balansavimas, savininkas turi būti užtikrintas dėl pastovaus pajamų srauto. Dėl to, tokio generatoriaus savininkas turėtų siekti rizikos valdymo įrankio, kuris užtikrintų pajamas už balansavimo paslaugą, o ne tik už pagamintą elektros energiją.

Paskutinė elektros energijos sistemos uždavinių grupė, kurią išskiria Biggar ir Hesamzadeh (2014) yra ilgojo laikotarpio uždaviniai. Autoriai teigia, kad siekiant maksimaliai gerai veikiančios sistemos neužtenka efektyviai išnaudoti trumpuoju laikotarpiu turimus išteklius. Labai svarbu efektyviai investuoti ir į ilgalaikius išteklius. Esminiai efektyvios elektros energetikos sistemos ilgojo laikotarpio uždaviniai:

- efektyvus investavimas į gamybos išteklius. Tinkamos investicijos į elektros generaciją – tai sprendimai dėl to, kiek, kur, kada ir į kokį energijos šaltinį investuoti. Šis uždavinys aktualus tiek stambioms investicijoms į milžiniškas elektrines, tiek ir nedidelėms investicijoms į mikrogeneraciją, tokią kaip fotoelektrinių modulių instaliacijos ant gyvenamųjų namų stogų. Efektyvus investavimas į gamybos išteklius apima ir sprendimus dėl esamų elektrinių uždarymo bei investavimo į greitai keisti galią galinčius generatorius, kurie labai reikalingi sutrikimų tinkle atveju. Žinoma, tokie sprendimai turi būti koordinuojami su sprendimais priimamais dėl elektros perdavimo tinklo tobulinimo.
- efektyvus investavimas į vartojimo išteklius. Svarbios investicijos tiek į didžiulius elektros kiekius naudojančius vartotojus, pavyzdžiui, metalų ar automobilių gamyklas, tiek į gerokai mažesnius įrenginius, tokius kaip oro kondicionieriai ar elektra varomi automobiliai. Taip pat svarbūs sprendimai dėl elektrą naudojančių įrenginių galimybių. Reikia įvertinti, ar įrenginiai privalo veikti tam tikru laiku, o gal jų veikimas gali būti perkeltas į laiką, kada tai patogiau elektros sistemai. Yra svarbu, kaip lengvai įrenginių veikimą galės kontroliuoti tinklo dispečeriai, kaip greitai įrenginiai galės pakeisti savo suvartojamą energijos kiekį. Visi sprendimai dėl vartojimo išteklių turi būti koordinuojami su sprendimais dėl generavimo išteklių.
- efektyvus investavimas į tinklo išteklius. Tai yra sprendimai dėl to, kiek, kur, kada ir kokių naujų tinklo elementų reikia, o taip pat ir sprendimai dėl nereikalingų tinklo elementų demontavimo. Šio uždavinio sprendimas turi būti koordinuojamas su kitų minėtų ilgojo laikotarpio uždavinių sprendimu.

Kadangi Lietuvoje visos pagrindinės veiklos elektros energetikos sektoriuje yra atskirtos, o šalies didmeninė elektros rinka yra liberalizuota ir sėkmingai integruota į bendrą Šiaurės ir Baltijos šalių elektros rinką, tai dauguma minėtų uždavinių šalyje yra įgyvendinami dėl natūraliai rinkoje vykstančių procesų. Turint omenyje, kad konkurencinėje rinkoje visi dalyviai stengiasi būti kiek įmanoma efektyvūs, tai tikėtina, kad dauguma trumpojo ir ilgojo laikotarpio uždavinių Lietuvoje yra pasiekiami gana efektyviai. Tuo tarpu prie rizikos valdymo uždavinių įgyvendinimo svariai prisideda valstybė. Surinktos VIAP lėšos yra skiriamos suteikti geresnę tarifą generacijai iš atsinaujinančių energijos išteklių ir sistemos balansavimui. Lietuvoje taip pat galioja anksčiau minėti elektros energetikos sektorių reglamentuojantys įstatymai bei veikia sektoriaus įmonių veiklą prižiūrinčios institucijos. Vis dėlto, įmonių ir buitinių vartotojų elektros energijos vartojimas (paklausa) Lietuvoje dar nėra naudojamas kaip išteklius, nors jo efektyvų panaudojimą Biggar ir Hesamzadeh (2014) įvardija tiek kaip trumpojo laikotarpio, tiek kaip ilgojo laikotarpio uždavinį.

Elektros energijos, kaip ir daugelio kitų prekių bei paslaugų, paklausą veikia dieniniai, savaitiniai, taip metų laikų sukeliama svyravimai. Tipiniai vidutinių platumų klimato juostos šalių, tokių kaip Lietuva, Estija ar Švedija apkrovos grafikai pateikti 10 paveiksle:



10 pav. Tipiniai vidutinių platumų klimato juostos šalių apkrovos grafikai sausio, balandžio, liepos ir rugsėjo mėnesį (Zweifel ir kt., 2017)

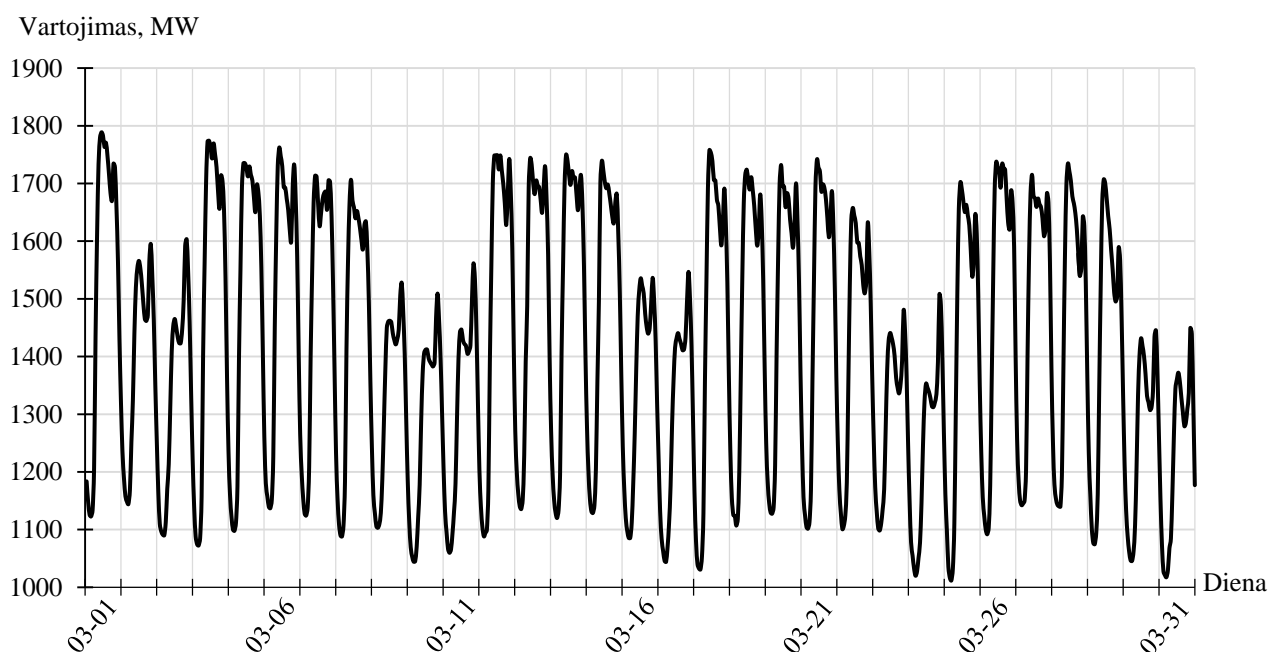
Paveiksle pavaizduoti apkrovos grafikai sausio (angl. *January*), balandžio (angl. *April*), liepos (angl. *July*) ir rugsėjo (angl. *September*) mėnesį. Horizontalioje ašyje yra žymimas paros laikas (valanda), o vertikalioje ašyje apkrova šiokiadieniais (poilsio dienomis apkrovos grafikas yra kiek kitoks, su mažiau išreikštais piko laikotarpiais). Iš grafikų matyti, kad žiemą paklausa dažniausiai būna didesnė nei kitais metų laikais, o vartojimo pikas stebimas vakare. Tuo tarpu vasarą elektros daugiausiai vartojama dienos viduryje. Pavasarį ir rudenį apkrovos grafikai taip pat skiriasi. Šiltesnio klimato šalyse apkrovos grafikai yra kitokie, nes ten mažesnė šildymo ir didesnė šaldymo paklausa. Be to, nuo šalių geografinės padėties priklauso, kuriuo metų laiku daugiau elektros energijos yra sunaudojama apšvietimui.

Zweifel'is ir kt. (2017) teigia, kad, susidurdami su paklausos svyravimu, tiekėjai turėtų laikytis tokios strategijos:

- kaupti energiją, kai paklausa maža ir patiekti ją vartotojams iš kaupyklų, kai paklausa didelė (vartojimo pikas);
- teikti įvairias skirtingos kokybės paslaugas panaudojant laikinai sustabdomas sutartis ir kitas apkrovos valdymo priemones;
- taikyti kainų diferencijavimo mechanizmą, kurio tikslas yra dalį piko laikotarpio paklausos perkelti į ne piko laikotarpį.

Nors visi šie veiksmai yra taikomi tam tikru mastu, elektros energijos vartojimo kreivė dienos eigoje vėnėra panaši į tiesę. Pasak Zweifel'io ir kt. (2017) tam įtakos turi dvi priežastys. Visų pirma, didelio kiekio elektros energijos kaupimas (sandėliavimas) naudojant šiuo metu esančias kaupimo technologijas nėra ekonomiškai naudingas. Antra, daugelyje šalių (įskaitant ir Lietuvą) išmanieji elektros energijos skaitikliai nėra masiškai paplitę. Šie skaitikliai gali nuolat matuoti elektros energijos vartojimą, jo kitimą. Jie taip pat pasižymi abipusiu informacijos perdavimu tarp vartotojo ir tinklo operatoriaus. Dėl to jie yra būtini norint naudoti laikinai sustabdomas sutartis ir nuo paros laiko priklausančius tarifus, o juo labiau kainų nustatymą realiuoju laiku.

Pasaulyje daug kur jau naudojami išmanieji skaitikliai Lietuvoje masiškai dar nediegiami, nors tai ir yra planuojama (Ilkevičiūtė, 2019). Šie skaitikliai naudingi tuo, kad suteikia galimybę vartotojams pasirinkti kintamą elektros energijos tarifą. Vartotojams pritaikius tokį tarifą, mažmeninė elektros energijos kaina realiuoju laiku kistų priklausomai nuo to, kaip kinta kaina didmeninėje elektros rinkoje. Dėl to pasikeistų vidutinė elektros energijos kaina vartotojams. Yra teigiama, kad realiuoju laiku kintantis tarifas skatina vartotojus keisti savo elektros vartojimo įpročius ir naudoti mažiau elektros energijos vartojimo piko metu, kai elektros kaina būna didžiausia. Vartotojai gali sutaupyti pasirinkdami savo elektros įrenginių naudojimui kitą laiką, kai elektros kaina mažesnė (Mohsenian-Rad ir Leon-Garcia, 2010). Tai vadinama paklausos atsaku į kainos pokyčius. Nezamoddini ir Wang'as (2017) teigia, kad net daugiau nei 10 % visų investicijų į elektros gamybos pajėgumus yra skirta vos 1 % paros laiko, kai elektros vartojama daugiausiai. Dėl to, net ir menkas elektros vartojimo piko metu sumažėjimas gali būti esminis. Tie patys autoriai teigia, kad vien Jungtinėse Amerikos Valstijose (JAV) 5 % sumažinus piko apkrovą, nebereikėtų naudoti net 625 elektrinių ir joms reikalingos kitos infrastruktūros, nes šios elektrinės dirba tik piko metu. Lietuvos elektros energijos vartojimo pokyčiai 2019 m. kovo mėnesį pavaizduoti 11 paveiksle:

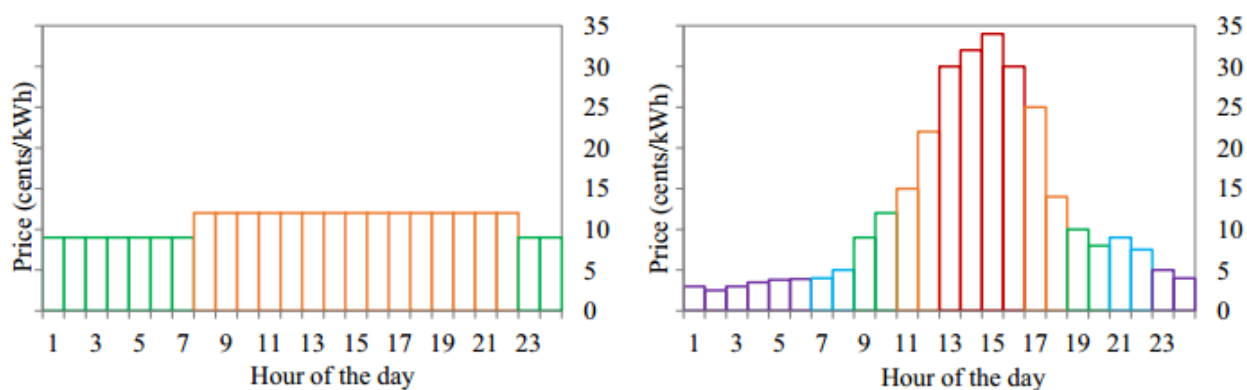


11 pav. Elektros energijos vartojimas Lietuvoje 2019 m. kovo mėnesį (sudaryta autoriaus pagal Litgrid (2019b) duomenis)

Paveiksle matyti, kad Lietuvoje 2019 m. kovo mėnesį elektros energijos vartojimas nuolat kito. Mažiausia apkrova buvo maždaug 1 000 MW, o didžiausia siekė beveik 1 800 MW. Skirtumas tarp šių reikšmių yra labai didelis. Iš grafiko galima pastebėti, kad elektros energijos vartojimas šokiadieniais yra gerokai didesnis negu savaitgaliais ar švenčių dienomis (pvz., kovo 11 d.). Taip pat matyti, kad dieną elektros energijos yra suvartojama daugiau nei naktį, o kiekviena diena turi rytinį ir vakarinį piką. Vadinasi, skirtingu paros ar savaitės laiku reikalingi skirtingi gamybos pajėgumai. Kai kurie iš jų naudojami tik esant pikui.

Nebenaudojant pikui skirtų brangiausiai elektrą gaminančių elektrinių, turėtų kristi tiek didmeninė, tiek mažmeninė elektros kaina. Tai galima pasiekti pritaikant kainų nustatymo modelius, kurie

skatintų paklausos atsaką į kainą, t. y. vartojimo sumažėjimą dėl aukštos kainos ir padidėjimą dėl žemos kainos. Vis dėlto, motyvuoti vartotojus keisti savo įpročius nėra lengva. Keisdami savo elektros energijos vartojimo grafiką iš sau įprasto ir patogaus į kitoki, iš anksto planuojamą, elektros prietaisų naudojimo grafiką, jie patiria nepatogumo (diskomforto) kaštus (Bahrami, Amini, Shafiekhah ir Catalão, 2018). Vartotojus galima motyvuoti pakeisti įpročius, jei jų gaunama nauda viršija diskomforto kaštus. Paklausos atsakas į kainos kitimą gali būti realizuojamas keliais skirtingais būdais. Tai elektros naudojimo laiko, kritinio piko ir realiojo laiko kainodara. Elektros naudojimo laiko (kelių laiko zonų) kainodara įgyvendinama padalijant dieną į du ar daugiau laiko intervalų (laikotarpių) su skirtinga elektros kaina. Kaina kiekvienu laikotarpiu priklauso nuo to, kiek tuo laikotarpiu įprastai yra sunaudojama elektros energijos. Paprastai yra išskiriama iki keturių laikotarpių su skirtinga elektros kaina. Kritinio piko kainodara veikia analogiškai, tik jos atveju atskirai yra išskiriamas trumpas dienos intervalas, kai elektros vartojimas yra pats didžiausias. Jis vadinamas kritinio piko laiku. Tuo tarpu realiojo laiko kainodara pasižymi tuo, kad elektros energijos kaina vartotojams kiekvieną valandą kinta pagal tai, kaip keičiasi elektros kaina didmeninėje rinkoje. Elektros naudojimo laiko ir realiojo laiko kainodaros pavyzdžiai pateikiami 12 paveiksle:



12 pav. Elektros naudojimo laiko ir realiojo laiko kainodaros pavyzdžiai (Nezamoddini ir Wang, 2017)

Paveiksle abscisių ašyje pažymėta paros valanda, ordinačių ašyje – elektros kaina, ct/kWh. Nors realiojo laiko kainodara yra pati sudėtingiausia, ji turi didžiausią potencialą daryti įtaką tiek elektros sistemos veiklai, tiek elektros kainai rinkoje. Taikant realiojo laiko kainodarą, būsima elektros kaina yra paskelbiama prieš dieną ar prieš valandą. Taip vartotojams suteikiama galimybė valdyti savo elektros suvartojimą reaguojant į kainos pokyčius. Nepaisant tokios kainodaros privalumų, tiek tinklus valdančios įmonės, tiek vartotojai nėra užtikrinti jos nauda. Kai kurie tinklo operatoriai nenori tokios mokėjimo tvarkos. Jie remiasi savo sukauptais realiojo laiko tarifą jau dabar turinčių vartotojų elektros vartojimo duomenimis ir mano, kad tokia kainodara vartotojus skatintų ne perkelti savo vartojimą iš vieno laikotarpio į kitą, o tiesiog naudoti mažiau elektros piko metu. Nezamoddini ir Wang'as (2017) mano, kad pajamų praradimas energetikos įmonėms galimas, jei jos realiojo laiko tarifą taiko tokiems vartotojams, kurie paprasčiausiai negali perkelti savo vartojimo į kitą laiką. Tuo tarpu patys vartotojai realiojo laiko tarifą taip pat vertina atsargiai, nes dėl elektros energijos kainos svyravimo jiems atsiranda rizika už elektrą mokėti brangiau. Nezamoddini ir Wang'as (2017) tyrė penkias elektros naudojimo laiko ir penkias realiojo laiko tarifų programas, šiuo metu taikomas JAV. Kiekviena iš šių programų buvo išbandyta septyniuose skirtinguose pramonės vartotojų elektros naudojimo scenarijuose. Kiekviename scenarijuje skiriasi tiek vartotojų naudojamas elektros energijos kiekis, tiek jų galimybės keisti savo apkrovos grafiką. Tyrime panaudoti tokie vartojimo

scenarijai: labai lankstūs vartotojai, galintys visiškai pakeisti savo apkrovos grafiką; lankstūs vartotojai, kurie naudoja didelį kiekį elektros energijos; dalinai lankstūs vartotojai (du scenarijai su skirtingu energijos suvartojimu); nelankstūs vartotojai (taip pat du scenarijai su skirtingu energijos suvartojimu); vartotojai, kurie neturi visiškai jokio lankstumo ir visą parą naudoja panašų kiekį energijos. Tokiu būdu gauta iš viso septyniolika skirtingų atvejų (tarifo ir vartojimo scenarijaus kombinacijų). Buvo nustatyta, kad galimybė pramonės įmonėms sutaupyti labai priklauso nuo tarifo programos. Aštuoniolika iš trisdešimt penkių tyrime nagrinėtų atvejų pastovaus tarifo pakeitimas į kelių laiko zonų (elektros naudojimo laiko) tarifą leido pramonės įmonėms mažiau mokėti už elektrą. Sutaupymas svyravo nuo mažiau nei 1 % (nelanksčių vartotojų) iki net daugiau nei 60 % (labai lanksčių vartotojų) Tuo tarpu septyniolika atvejų įmonių sąskaitos už elektrą išliko tokios pačios arba net padidėjo iki 10 %. Kitokie rezultatai gauti nagrinėjant likusius trisdešimt penkis atvejus. Iš jų net dvidešimt devyniais atvejais pramoniniams vartotojams pakeitus pastovų elektros tarifą į realiojo laiko tarifą, sumažėjo vidutinė jų už elektrą mokama kaina. Tik šešiais atvejais buvo priešingai. Svarbu paminėti, kad tais atvejais, kai vidutinė kaina augo, jos pokytis buvo labai mažas (nesiekė net 1 %), o tais atvejais, kai vidutinė kaina mažėjo, pokytis buvo įvairus. Elektros kainos sumažėjimas, priklausomai nuo atvejo, svyravo nuo mažiau nei 1 % iki net daugiau nei 20 % (Nezamoddini ir Wang, 2017). Tyrimo autoriai pateikia išvadą, kad elektros naudojimo laiko tarifo programos yra naudingos lankstiems pramonės vartotojams, kurių gamyba užtrunka neilgą laiką ir dėl to ją galima organizuoti, kai elektros kaina mažesnė. Tuo tarpu realiojo laiko kainodara yra naudinga gerokai didesnei vartotojų daliai.

Allcott'as (2011) nagrinėja realiojo laiko kainodaros įtaką 693 JAV namų ūkiams, dalyvavusiems pirmojoje realiojo laiko tarifo programoje šalyje. Šiam autoriui pavyko nustatyti, kad buitiniams vartotojams yra būdingas pastebimas paklausos elastingumas kainai, jei mažmeninė elektros energijos kaina yra kintanti. Buvo apskaičiuota, kad tyrime dalyvavusių namų ūkių vartotojo naudos perteklius per metus padidėjo vidutiniškai 10 USD (JAV dolerių). Tai atitinka 1–2 % tų namų ūkių išlaidų elektros energijai. Tai nėra labai didelis skaičius, tačiau buvo pastebėta, kad vartotojai dėl realiojo laiko kainodaros naudojo mažiau elektros energijos piko metu. Dauguma jų tiesiog vartojo mažiau elektros, o ne perkėlė vartojimą į kitą dienos laiką. Tai, kad naudojant realiojo laiko kainodarą sumažėja elektros energijos vartojimas piko metu yra naudinga, nes reikalingi mažesni elektros vartojimo pikui skirti pajėgumai, kurių išlaikymas brangus, o gaminamos energijos kaina aukšta. Dėl to galima teigti, kad daugeliui buitinių vartotojų pasirinkus realiojo laiko kainodarą, ilgainiui turėtų sumažėti didmeninė elektros energijos kaina. Tai turėtų paveikti ir mažmeninės rinkos kainą. Tokiu būdu vidutinė elektros energijos kaina vartotojams mažėtų tiek tiesiogiai dėl jiems palankesnio tarifo mažmeninėje rinkoje, tiek netiesiogiai dėl kainos sumažėjimo didmeninėje rinkoje.

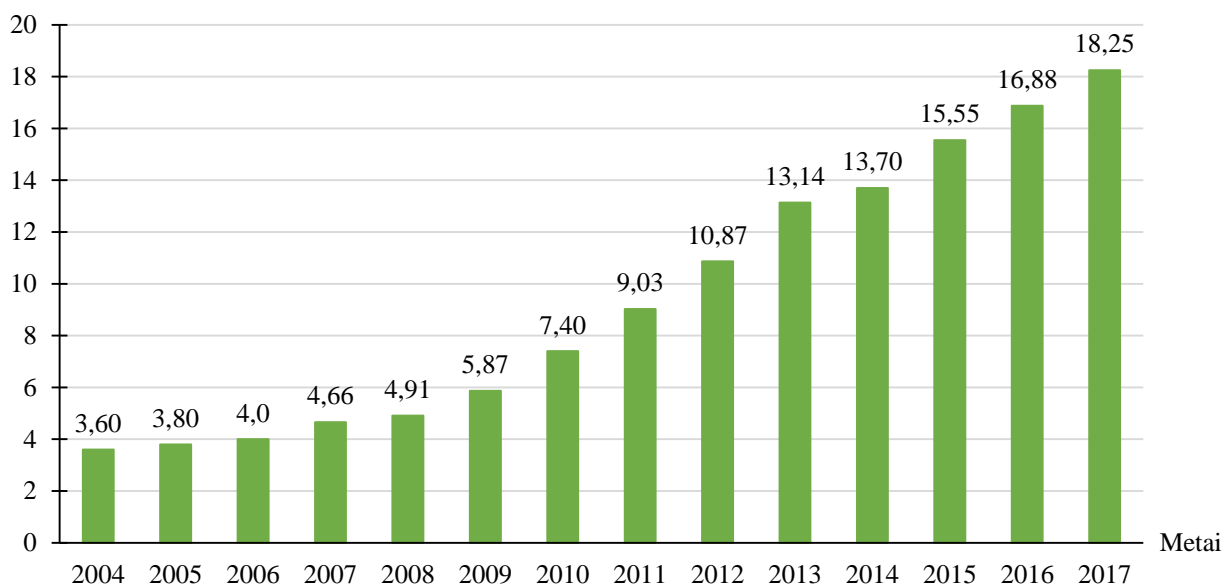
Taigi, galima teigti, kad suvartojamas elektros energijos kiekis ir paklausos išteklių panaudojimas gali daryti įtaką elektros energijos kainai. Kintamo tarifo naudojimas gali turėti įtakos vidutinei elektros kainai tiek didmeninėje, tiek mažmeninėje rinkoje. Ypač naudingas yra realiojo laiko tarifas, nes jis labiausiai skatina mažinti elektros energijos naudojimą vartojimo piko metu arba perkelti vartojimą į kitą laiką. Tai tiesiogiai sąlygoja mažmeninę elektros energijos kainą vartotojams. Kitas realiojo laiko tarifo privalumas yra tas, kad sumažinus elektros poreikį piko metu, mažėja ne tik elektros gamyba tuo metu, bet ir elektros generacijos pajėgumų poreikis apskritai. Tokiu būdu yra sumažinama didmeninė elektros rinkos kaina, o tai dar labiau mažina kainą galutiniams vartotojams.

2.4. Elektros gamybos iš atsinaujinančių energijos išteklių kompleksinis poveikis elektros energijos kainai

Vykstant klimato kaitai ir senkant iškastinio kuro ištekliams pasaulyje vis svarbesnė tampa energijos gamyba iš atsinaujinančių energijos išteklių. Šios gamybos technologijos nuolat tobulėja ir dažnai yra pasirenkamos kaip įvairių tyrimų objektas. Atsinaujinančios energetikos plėtra veikia elektros kainą. Erbach'as (2016) nurodo, kad parama atsinaujinantiems energijos šaltiniams didina kainas namų ūkiams, bet tuo pat metu šie nepastoviai elektros energiją generuojantys šaltiniai gali padaryti kainas labai žemas ar net neigiamas didmeninėje rinkoje. Autorius taip pat pažymi, kad didėjant iš atsinaujinančių energijos šaltinių gaminamos elektros daliai bendrame energijos balanse, reikia vis didesnių sistemos balansavimui skirtų pajėgumų. Be to, dėl šių šaltinių paskirstytos generacijos (generuojančių šaltinių atsiradimo tose tinklo vietose, kur jie nebuvo numatyti) kai kur reikia rekonstruoti perdavimo ar skirstomuosius tinklus. Tai gali pakelti elektros kainas. Erbach'o (2016) nuomone didėjantis elektrą gaminančių vartotojų skaičius taip pat turi įtakos elektros kainai. Kuo daugiau elektros tokie vartotojai pasigamina sau, tuo mažiau elektros jiems reikia iš tinklo. Tai tinklų operatoriams reiškia mažesnes pajamas ir prastesnes galimybes finansuoti investicijas. To padarinys yra išaugę tinklo naudojimosi paslaugų mokesčiai vartotojams, kurie patys sau elektros nepasigamina.

Jankauskas (2011) nekritikuoja atsinaujinančios energetikos, tačiau pabrėžia, kad jos įtaka elektros kainai gali būti dvejopa. Šio autoriaus nuomone, labai svarbi yra tinkama parama gaminantiems elektrą iš atsinaujinančių energijos išteklių. Jis nurodo du pagrindinius paramos teikimo gamintojams būdus: fiksuotus supirkimo tarifus (žaliuosius tarifus) ir supirkimo kvotas (žaliuosius sertifikatus). Europos Sąjungoje gerokai dažnesni yra žalieji tarifai. Jankauskas (2011) kaip esmines atsinaujinančios energetikos rėmimo taikant žaliuosius tarifus klaidas nurodo per aukštus arba per žemus fiksuotus supirkimo tarifus, vienodų tarifų visoms technologijoms taikymą, neefektyvias investicijas bei taikomų tarifų nestabilumą ir neskaidrumą. Norint, kad remiant elektros gamybą iš atsinaujinančių energijos išteklių elektros kaina vartotojams nedidėtų, turi būti užtikrinti investicijas skatinantys, tačiau nepagrįstai didelio pelno neleidžiantys pasiekti tarifai. Jie turi būti diferencijuoti, t. y. skirtingi visoms elektros gamybos technologijoms, bei stabilūs, nesusieti su rinkos kaina. Lietuvoje elektros gamybos iš atsinaujinančių išteklių paramos schemas nustato Vyriausybė (Lietuvos Respublikos atsinaujinančių išteklių energetikos įstatymas, 2011). Šiuo metu Lietuvoje elektros energijos gamintojams, naudojančioms atsinaujinančius energijos išteklius, yra taikomi fiksuoti tarifai. Jie priklauso nuo technologijos rūšies ir elektrinės įrengtos galios. Tarifai skaidrūs, nes yra viešai skelbiami ir stabilūs. Jie yra perskaičiuojami kas pusmetį, bet tik naujai statomoms elektrinėms. Konkrečiai elektrinei pritaikytas fiksuotas tarifas galioja 12 metų (Elektros energijos, pagamintos naudojant atsinaujinančius energijos išteklius, tarifų nustatymo metodika, 2011). Pačių tarifų dydį vertinti yra sunku, tačiau tai, kad šalyje vėjo elektrinių, saulės šviesos elektrinių, hidroelektrinių ir biokuro elektrinių skatinimo kvotos šiuo metu yra išnaudotos, rodo kad skatinimo tarifai nėra per žemi (Valstybinė energetikos inspekcija prie Energetikos ministerijos [VEI], 2018). Kita vertus, Lietuvoje pastebima elektros gamybos iš atsinaujinančių išteklių nuosaikaus augimo tendencija. Lietuvoje suvartoto elektros energijos kiekio dalies, pagamintos iš atsinaujinančių energijos išteklių, kitimas 2004–2017 m. pavaizduotas 13 paveiksle:

Suvartojamo energijos
kiekio dalis, proc.



13 pav. Lietuvoje suvartoto elektros energijos kiekio dalis (procentais), pagaminta iš atsinaujinančių energijos išteklių 2004–2017 m. (sudaryta autoriaus pagal Eurostat (2019) duomenis)

Atsinaujinančios energetikos svarbos nuosaikų augimą Lietuvoje galima sieti su tinkamai nustatytais skatinimo tarifais. Taigi, galima teigti, kad Lietuvoje elektros gamyba iš atsinaujinančių šaltinių yra skatinama efektyviai. Vis dėlto, vien tai neparodo, kokia yra šios gamybos pokyčio įtaka kainai elektros rinkoje ir ar nereikia keisti esamos skatinimo tvarkos.

Nepaisant nuomonių, kad atsinaujinančių išteklių naudojimas gali didinti elektros kainą, elektros gamyba iš atsinaujinančių energijos šaltinių dažnai yra remiama. Taip yra dėl to, kad jos neigiamas poveikis aplinkai yra mažas, o socioekonominis poveikis teigiamas. Elektros gamyba iš atsinaujinančių energijos išteklių yra gerokai mažiau tarši nei gamyba tradicinėse elektrinėse. Taip gaminant elektrą yra išvengiama neigiamo išorinio poveikio (eksternaliteto) klimatui ir aplinkai. Be naudos aplinkai yra ir tam tikra socioekonominė nauda. Tai energijos pasiūlos diversifikacija, regioninės ir kaimo plėtros galimybės bei šalių vidaus pramonės ir darbo vietų kūrimas (Sáenz de Miera ir kt., 2008). Šie privalumai mažina išorinius (socialinius) kaštus. Žinoma, rinkoje yra svarbūs gamintojų vidiniai kaštai, kuriuos lengviau išreikšti pinigais. Siekiant tinkamai įvertinti atsinaujinančių šaltinių naudą, būtina jų sukuriama teigiamą išorinį poveikį internalizuoti. Tai daroma remiant elektros gamybą iš atsinaujinančių energijos išteklių, kas leidžia atsinaujinančių šaltinių elektrinėms varžytis rinkoje su tradicinėmis elektrinėmis.

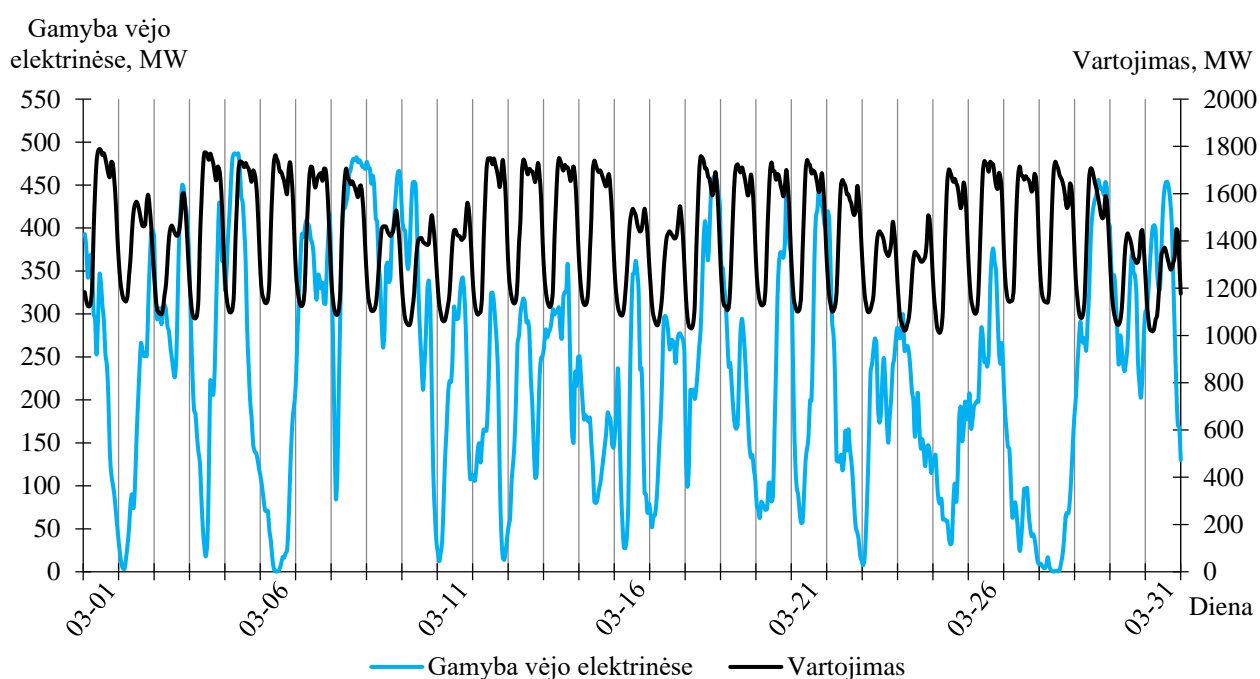
Už bet kokią paramą atsinaujinančiai energetikai galiausiai sumoka mažmeninėje rinkoje energiją perkantys elektros vartotojai. Jeigu vėjo ar saulės elektrinės gauna didesnę nei rinkoje nusistovėjusį tarifą savo gaminamai energijai, elektros kaina vartotojams kyla. Kita vertus, elektros gamyba iš atsinaujinančių šaltinių turi mažesnius kintamuosius kaštus nei gamyba iš iškastinio kuro. Turint omenyje, kad būtent tradicinės šiluminės elektrinės yra tos, kurios keičia pasiūlą rinkoje ir įprastai nustato kainą rinkoje, galima manyti, kad jas pakeitus atsinaujinančių šaltinių elektrinėmis, didmeninė kaina rinkoje gali sumažėti.

Sáenz de Miera ir kt. (2008) išskiria dar vieną atsinaujinančių energijos šaltinių pranašumą. Kuo daugiau elektros pagaminama iš jų, tuo mažiau elektros energijos gamybos įmonėms reikia pirkti taršos leidimų. Mažesnė leidimų paklausa mažina jų kainas, o dėl to mažėja ir galutinė elektros kaina.

Elektros gamybos iš atsinaujinančių energijos išteklių poveikis elektros kainai literatūroje yra vertinamas prieštaringai. Sáenz de Miera ir kt. (2008) empiriškai analizuoja atsinaujinančių šaltinių naudojimo elektros gamybai įtaką elektros kainai rinkoje. Autoriai tiria Ispanijos vėjo energetikos plėtros įtaką elektros kainai. Tai jie daro analizuodami rinką tris dienas iš eilės esant panašiam elektros energijos paklausos lygiui. Taip daroma dėl to, kad vėjo elektrinių generacijos įtaka elektros kainai būtų izoliuota nuo kitų faktorių, galinčių turėti poveikį rinkos kainai. Toks metodas labai paprastas, bet gerokai sumažina rezultatus galinčių iškraipyti veiksnių poveikį. Šie veiksniai yra paklausos, kuro kainų ir taršos leidimų kainų bei hidroelektrinėse gaminamos elektros energijos kiekio pokyčiai. Taip pat prie tokių veiksnių priskiriami ir planuojami elektrinių priežiūros darbai. Visi šie veiksniai turi būti kiek įmanoma labiau pastovūs visas stebėjimų dienas, kad kuo mažiau iškraipytų tyrimo rezultatą. Autoriai, siekdami identifikuoti tiesioginį vėjo jėgainių poveikį elektros kainai rinkoje, pasirinko 2006 m. vasario 14–16 d. (antradienio, trečiadienio ir ketvirtadienio) duomenis. Visomis šiomis dienomis elektros paklausa tarp 10 val. ir 13 val. dienos buvo beveik identiška. Pirmąją stebėjimo dieną dėl oro sąlygų vėjo elektrinės praktiškai negeneravo elektros, o gamyba dujas ir degalus naudojančiose elektrinėse buvo ženkli. Tai, jog veikė degalus naudojančios elektrinės lėmė, kad rinkoje susiformavo 110 EUR/MWh kaina. Tuo tarpu trečią stebėjimo dieną dėl pasikeitusių oro sąlygų vėjo elektrinės generavo didelį kiekį elektros energijos. Buvo pastebėta, kad esant tai pačiai paklausai ir gerokai išaugus vėjo elektrinėse pagamintos energijos pasiūlai, brangiausios technologijos (degalus ir dujas deginančios elektrinės) buvo išstumtos iš rinkos. Jų neberekėjo, kad būtų patenkinta paklausa. Tai sumažino elektros kainą rinkoje nuo 110 EUR/MWh iki 75 EUR/MWh. Autoriai apskaičiavo, kad neigiama koreliacija tarp pagamintos vėjo elektrinėse energijos kiekio ir elektros kainos buvo labai stipri. Gautas koreliacijos koeficientas $-0,9$. Kadangi tyrimo metu parama skiriama vėjo elektrinėms buvo 39 EUR/MWh, o elektros kainos sumažėjimas siekė 35 EUR/MWh, tai jis neprilygo išlaidoms skiriamoms remti atsinaujinančią energetiką. Vis dėlto, svarbu suprasti, kad mažėjo rinkos kaina, t. y. kaina, kuri yra mokama visiems gamintojams rinkoje, o parama buvo išmokama tik už vėjo elektrinėse pagamintą energijos kiekį. Kita tyrimo dalis buvo vėjo elektrinėse gaminamos elektros kiekio tiesioginio poveikio elektros kainai simuliacija. Autoriai atliko simuliaciją pagal 2005 m. sausio – 2007 m. gegužės duomenis ir nustatė, kad 2005 m. elektros kaina buvo 7,08 EUR/MWh mažesnė negu būtų buvusi tuo atveju, jei vėjo elektrinės energijos negamintų. 2006 m. dėl vėjo elektrinių generacijos elektros kaina buvo mažesnė 4,75 EUR/MWh, o per pirmus 2007 m. mėnesius – net 12,44 EUR/MWh. Tai yra atitinkamai 11,7 %, 8,6 % ir 25,1 % kainos sumažėjimas. Autoriai, apskaičiavę, kiek buvo sutaupyta pinigų dėl mažesnės elektros kainos bei kokia suma buvo išleista vėjo elektrinėms remti, priėjo išvados, kad tokia parama atsiperka. Buvo nustatyta, jog vėjo elektrinių gaminama elektra sumažino ne tik didmeninės, bet ir mažmeninės elektros rinkos kainą, o per tiriamąjį laikotarpį elektros vartotojai dėl to sutaupė net daugiau nei 2 mlrd. EUR.

Atsinaujinančių energijos išteklių įtakos elektros energijos kainai negalima nustatyti išnagrinėjus vos vieną tyrimą. Costa-Campi ir Trujillo-Baute (2015) tiria atsinaujinančios energijos išteklių naudojimo įtaką elektros energijos kainai rinkoje. Šios autorės taip pat nagrinėja Ispanijos atvejį, tačiau gauna visiškai kitokius rezultatus negu Sáenz de Miera ir kt. (2008). Tyrimo metu autorės nustatė, kad dėl paramos elektros gamintojams, kurie naudoja atsinaujinančius energijos išteklius, šie gamintojai

tampa konkurencingi, o elektros kaina didmeninėje rinkoje mažėja. Vis dėlto, toks kainos sumažėjimas didmeninėje rinkoje nėra pakankamas, kad visiškai kompensuotų vartotojams elektros kainos augimą, atsirandantį mažmeninėje rinkoje dėl paramos atsinaujinančiai energetikai. Costa-Campi ir Trujillo-Baute (2015) apskaičiavo, kad taikant fiksuotą energijos supirkimo tarifą bendras elektros gamybos padidėjimas 9 % sumažina elektros kainą didmeninėje rinkoje 2,61 %, tačiau padidina išlaidas, skirtas paremti elektros gamybai iš atsinaujinančių energijos išteklių, 4,35 %. Be to, mokslininkės nustatė, kad saulės elektrinių įtaka tiek didmeninės rinkos kainai, tiek išlaidoms, skirtoms remti gamybą, yra gerokai didesnė nei tos pačios galios vėjo elektrinių įtaka. Taip yra todėl, kad saulės ir vėjo elektrinės dažniausiai energiją gamina skirtingu metu. Saulės elektrinės elektrą gamina dieną, t. y. tada, kai energijos vartojimas yra didesnis. Tuo tarpu elektros gamyba iš vėjo energijos yra mažiau pastovi. Ji dažniausiai yra didesnė naktį, kai energijos poreikis mažesnis. Elektros energijos gamybos Lietuvos vėjo elektrinėse palyginimas su šalies elektros vartojimu 2019 m. kovo mėnesį pateiktas 14 paveiksle:



14 pav. Elektros gamybos vėjo elektrinėse ir bendro šalies vartojimo palyginimas Lietuvoje 2019 m. kovo mėnesį (sudaryta autoriaus pagal Litgrid (2019b) duomenis)

Paveiksle matyti, kad elektros gamyba vėjo elektrinėse yra labai nepastovi. Gamybos pikas nebūtinai sutampa su vartojimo piku. Toks generacijos nepastovumas yra laikomas pagrindiniu vėjo elektrinių trūkumu. Jei vėjo elektrinės negamina tiek elektros energijos, kiek buvo prognozuota, susidariusį skirtumą tarp pasiūlos ir paklausos turi padengti kitos elektrinės. Tai didina elektros energijos kainą.

Costa-Campi ir Trujillo-Baute (2015) teigimu, tai kad saulės elektrinės gamina elektrą dieną, lemia, kad jų pagamintas tam tikras energijos kiekis vidutiniškai elektros energijos didmeninę kainą mažina labiau negu tas pats energijos kiekis pagamintas vėjo elektrinėse. Tai, kad išlaidos saulės elektrinėms remti yra didesnės nei vėjo elektrinių paramai skiriamos lėšos, yra aiškinama skirtingais šioms technologijoms taikomais fiksuotais elektros supirkimo tarifais. Ciarreta, Paz Espinosa ir Pizarro Irizar (2014) taip pat nagrinėja Ispanijos atvejį. Šie autoriai teigia, kad kol elektros gamyba iš atsinaujinančių energijos išteklių buvo sąlyginai nedidelė, parama juos naudojantiems gamintojams

atsipirko, nes elektros kaina vartotojams mažėjo. Vis dėlto, augant elektros gamybai iš atsinaujinančių išteklių šis teigiamas poveikis išnyko ir išlaidos, skirtos remti gamybą, pradėjo viršyti taupymą dėl sumažėjusių didmeninių elektros energijos kainų. Elektros gamintojams iš atsinaujinančių energijos išteklių gaunant fiksuotą elektros supirkimo tarifą, jie elektros biržoje teikia pasiūlymus su kaina lygia nuliui. Vadinasi, nepriklausomai nuo to, kokie yra šių gamintojų ribiniai kaštai ir kokia kaina nusistovi didmeninėje rinkoje, visa jų pagaminta elektros energija yra nuperkama. Šie gamintojai už pagamintą elektros energiją gauna iš anksto nustatytą fiksuotą tarifą. Kadangi bet koku atveju jų pagaminta energija yra nuperkama, jie išstumia pačią brangiausią elektros energiją gaminančias elektrines ir tokiu būdu sumažina didmeninę elektros kainą rinkoje. Pasak Ciarreta'os ir kt. (2014), Ispanijoje kiekvienais metais dėl atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimo elektros gamybai, didmeninė elektros kaina yra 25–45 EUR/MWh mažesnė nei būtų negaminant energijos iš atsinaujinančių energijos išteklių. Kita vertus, tie patys autoriai teigia, kad, nepaisant elektros kainos mažėjimo didmeninėje rinkoje, dėl per didelių fiksuotų elektros supirkimo tarifų mažmeninė elektros kaina Ispanijoje 2010–2012 m. vartotojams augo. Taip yra dėl to, kad išlaidų elektros energijai didmeninėje rinkoje įsigyti ir išlaidų, skirtų gamintojams remti, suma buvo didesnė negu mokslininkų apskaičiuotos galimos išlaidos elektros energijai pirkti, jei elektros gamybai iš atsinaujinančių išteklių nebūtų taikomi fiksuoti supirkimo tarifai. Ciarreta ir kt. (2014) taip pat tyrė atskirų elektros gamybos iš atsinaujinančių energijos išteklių technologijų poveikį elektros energijos kainai. Buvo nustatyta, kad visos technologijos mažina elektros energijos didmeninę kainą, tačiau galutinę kainą vartotojams veikia skirtingai. Iš visų technologijų labiausiai išsiskyrė saulės elektrinės. Mokslininkų teigimu saulės fotovoltinės elektrinės turėjo mažiausią poveikį didmeninėms elektros kainoms bei padengė mažiausią dalį joms skiriamos paramos išlaidų. Ši technologija nei vienais tyrime nagrinėjama metais nepadengė jos paramai skirtų išlaidų. Tuo tarpu vėjo elektrinės didmeninę elektros kainą rinkoje mažino labiausiai. Be to, net ketverius iš penkių tyrime apžvelgiamų metų šios elektros gamybos technologijos sąlygojamas taupymas visiškai padengė jai skiriamos paramos išlaidas. Tokį patį rezultatą pasiekė ir mažosios hidroelektrinės. Tuo tarpu biokurą ir atliekas deginančios elektrinės trejus metus iš penkerių nepadengė joms remti skirtų išlaidų.

Sorknæs'as ir kt. (2019) tyrė Danijos elektros rinką bei Šiaurės ir Baltijos šalių bendrą elektros rinką. Mokslininkai nustatė, kad augant Danijos vėjo elektrinių sausumoje, saulės elektrinių ir vėjo elektrinių jūroje įrengtai galiai, elektros energijos kaina mažėjo ne tik Danijos didmeninėje elektros rinkoje, bet ir bendroje Šiaurės ir Baltijos šalių elektros rinkoje. Šioje rinkoje dalyvauja ir Lietuvos gamintojai bei tiekėjai. Autoriai nustatė, kad elektros kainą mažina visos minėtos elektros energijos gamybos technologijos. Tokį poveikį kainai turi tiek kiekviena iš šių technologijų atskirai, tiek jų kombinacija. Mokslininkai nustatė, kad elektros kainos mažėjimas yra pastebimas iš karto padidėjus šių elektrinių gaminamos elektros energijos kiekiui. Toks poveikis kainai pradeda slopti tik tuo atveju, kai yra pasiekama šalies eksporto maksimali riba (tarpsisteminių elektros jungčių techniniai apribojimai) ir tokia situacija nusistovi bent keletą valandų. Autoriai taip pat teigia, kad didėjanti elektros gamybos iš atsinaujinančių išteklių dalis bendrame energijos balanse sąlygoja mažesnes pajamas tiek elektros gamintojams iš atsinaujinančių išteklių, tiek iškastinį kurą naudojančioms šiluminėms elektrinėms (dėl mažesnės elektros kainos didmeninėje rinkoje). Šis poveikis yra mažesnis tradicinėms šiluminėms elektrinėms, nes jos bet kuriuo atveju mažina savo gamybą esant mažesnei kainai rinkoje.

Matyti, kad įvairūs autoriai atsinaujinančios energetikos įtaką elektros kainai vertina skirtingai. Vis dėlto, visuose tyrimuose gauti rezultatai rodo, jog vėjo energijos naudojimas elektrai gaminti mažina

didmeninę elektros energijos kainą. Daugumos tyrimų rezultatai rodo, kad tokį poveikį vėjo energetika turi ir mažmeninei elektros kainai. Tuo tarpu Costa-Campi ir Trujillo-Baute (2015) teigia, kad ši technologija, nors ir nedaug, didina mažmeninę elektros kainą. Visai kitokie tyrimų rezultatai vertinant saulės energetiką. Visuose tyrimuose, kuriuose saulės elektrinių įtaka kainai vertinama atskirai nuo kitų atsinaujinančius energijos išteklius naudojančių elektrinių įtakos, prieinama išvada, kad, saulės elektrinėms taikant fiksuotą elektros energijos supirkimo tarifą, didėja elektros kaina mažmeninėje rinkoje. Tuo tarpu saulės energetikos įtaka didmeninei elektros kainai labai įvairi priklausomai nuo tyrime naudojamų duomenų.

Atsinaujinančius energijos išteklius naudojančių elektrinių įrengtoji galia Lietuvoje 2013–2017 m. pateikta 1 lentelėje:

1 lentelė. Atsinaujinančius energijos išteklius naudojančių elektrinių įrengtoji galia (MW) Lietuvoje 2013–2017 m. (sudaryta autoriaus pagal Lietuvos statistikos departamento (2018) duomenis)

Elektrinių tipas	2013 m.	2014 m.	2015 m.	2016 m.	2017 m.
Hidroelektrinės (mažiau nei 1 MW galios)	18	18	18	19	19
Hidroelektrinės (1-10 MW galios)	8	9	9	8	8
Hidroelektrinės (daugiau nei 10 MW galios)	90	90	90	90	90
Saulės (fotovolta) elektrinės	68	69	69	70	74
Vėjo jėgainės	279	288	436	509	518
Biokuro elektrinės	45	48	48	48	46
Biodujų elektrinės	16	20	21	23	25
Termofikacinės pramoninių ir komunalinių atliekų jėgainės	10	10	10	10	10
Visi elektros energijos gamybos iš atsinaujinančių energijos šaltinių įrenginiai	534	552	701	777	790

Kaip matyti iš lentelės, Lietuvoje iš visų atsinaujinančius energijos išteklius naudojančių elektros gamybos technologijų didžiausią įrengtosios galios dalį turi vėjo jėgainės. Visos kitos technologijos nuo jų gerokai atsilieka įrengtais pajėgumais. Turint omenyje anksčiau minėtų tyrimų rezultatus ir mokslininkų nuomonę, tai galima vertinti teigiamai, nes vėjo energijos naudojimas elektrai gaminti buvo įvardijamas kaip labiausiai mažinanti elektros kainą atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimo technologija.

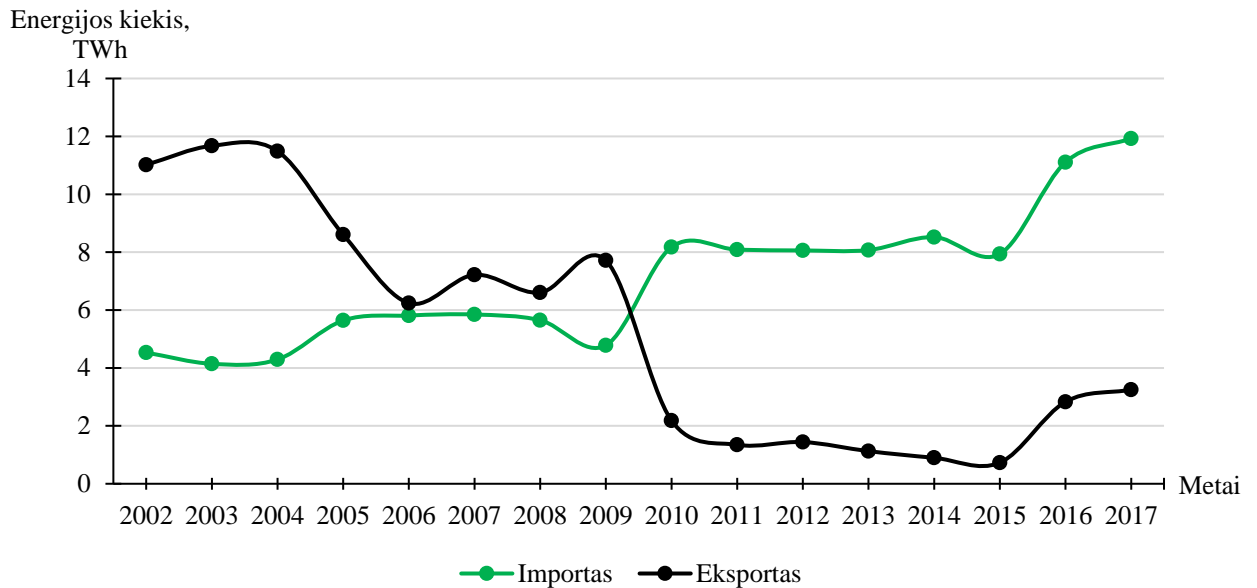
Apibendrinant svarbu paminėti, kad elektros energijos gamyba iš atsinaujinančių energijos išteklių yra vienas iš dažniausiai moksliniuose tyrimuose nagrinėjamų elektros kainai įtaką darančių veiksnių, todėl neabejotina, kad šis veiksnys yra svarbus ir lemia elektros energijos kainos rinkoje formavimąsi. Skirtingų tyrimų rezultatuose pastebimas skirtingas poveikis. Elektros gamyba iš vėjo energijos visuose tyrimuose yra vertinama kaip didmeninę elektros kainą mažinantis veiksnys. Dauguma pavyzdžių rodo, kad toks pats vėjo energetikos poveikis mažmeninei rinkos kainai. Tuo tarpu saulės energijos naudojimas elektrai gaminti daug dažniau yra vertinamas kaip elektros kainą didinantis veiksnys. Lietuvoje elektros gamyba iš atsinaujinančių energijos išteklių yra sparčiai plėtojama, todėl nėra abejonių, kad ji veikia šalies elektros energijos kainą. Kadangi Lietuvoje didžioji dalis iš tokią gamybą vystančių elektrinių įrengtosios galios yra vėjo elektrinių galia, tai, tikėtina, kad bendrai gamyba iš atsinaujinančių energijos išteklių mažina elektros energijos kainą Lietuvoje.

2.5. Kiti elektros energijos kainai įtaką darantys veiksniai

Literatūroje minimas didelis kiekis įvairių veiksnių, galimai veikiančių elektros energijos kainą. Dauguma mokslininkų pasitelkia savo patirtį, pasirinkdami, kuriuos veiksnius reikia įtraukti į tyrimą. Dėl to nėra ištirta, kuriuos iš jų geriausiai rinktis kuriant kainų prognozavimo modelius. Siekdamas sukurti kainos prognozavimo elektros energijos rinkoje modelį Erni (2012) tyrė, kas veikia elektros energijos kainą. Naudodamas 2010–2011 m. Vokietijos elektros kainos rinkoje ir kitus duomenis jis atliko regresinę analizę ir nustatė, kad praėjusio laikotarpio (dienos) elektros kaina „diena prieš“ rinkoje tam tikrą valandą bei vidutinė elektros kaina rinkoje tą dieną gana nestipriai veikia elektros kainą „diena prieš“ rinkoje tą pačią kitos dienos valandą. Jo gauti regresijos lygties koeficientai prie kintamųjų, priklausomai nuo dienos meto, kito tarp 0 ir 0,4. Kartu ankstesnės dienos tam tikros valandos kaina biržoje ir vidutinė tos dienos elektros kaina sudaro maždaug ketvirtadalį „diena prieš“ kainos prognozės. Tai yra nedidelė reikšmė. Autorius tokį rezultatą aiškina tuo, kad sudarydamas prognozavimo modelį panaudojo didelį kiekį svarbių kintamųjų, suteikiančių daug tokios informacijos, kuri gaunama ir iš valandinių kainų biržoje. Kitas kintamasis, kurio įtaką elektros kainai tyrė Erni (2012) buvo istorinis kainos biržoje nepastovumas. Taip autorius pavadino standartinių nuokrypį nuo paskutinių penkių dienų kainų. Šis kintamasis parodo riziką dėl neprognozuojamų rinkos dalyvių veiksmų. Tyrimo metu buvo nustatyta, kad jo koeficientas pirmoje dienos pusėje reikšmingai nesiskiria nuo nulio. Vėliau, jo reikšmė nuolat auga ir būna didžiausia per elektros energijos vartojimo vakaro piką. 19 val. koeficientas prie šio kintamojo yra reikšmingai didesnis nei nulis. Vadinas, neužtikrintumas dėl įvykių rinkoje per paskutinę savaitę veikia rinkos dalyvių elgesį teikiant pasiūlymus, o kartu ir „diena prieš“ rinkos kainas. Po piko koeficientas vėl sumažėja iki artimo nuliui. Erni (2012) taip pat nurodo, kad kuro (dujų ir anglies) kainų poveikis elektros kainai stipriai kinta dienos eigoje. Dujų kainos koeficiento dydis gerokai išauga elektros vartojimo piko metu. Tai rodo, kad dujas deginantys agregatai yra kainas rinkoje nustatanti technologija Vokietijoje, kai vartojimas yra aukštas. Taip yra todėl, kad juos galima greitai įjungti ir išjungti. Taip pat sklandžiai ir greitai galima reguliuoti jų generuojamą elektros energijos kiekį. Tyrime taip pat išsiaiškinta, kad anglies kainos reikšmingą įtaką elektros kainai turi tik tada, kai elektros suvartojama nedaug, t. y. tada, kai baigiasi vakaro pikas, ir kelias ankstyvo ryto valandas. Autorius, aprašydamas kintamųjų poveikį elektros kainai, pabrėžia pasikeitimus, vykstančius piko metu. Prasidedant rytiniam pikui ir baigiantis vakariniam pikui keičiasi generuojančių šaltinių sudėtis, o tuo pačiu ir skirtingų kintamųjų poveikis elektros kainai. Maždaug 8 val. ryte dujas deginančios elektrinės yra įjungiamos, kad būtų patenkinama didesnė paklausa. Būtent tada dujų elektrinės tampa kainą nustatančia technologija. Analogiškai, 19 val. vakare, baigiantis vakaro pikui, dujų elektrinės išjungiamos, o dujų kainų įtaka elektros kainoms sumažėja. Vietoje jos išauga anglies kainų įtaka elektros rinkai. Anot autoriaus, tuo metu, kai dujų elektrinės pradeda ir baigia savo gamybą, kainos yra labai jautrios bet kokiam poveikiui. Erni (2012) savo darbe taip pat vertina anglies dioksido taršos leidimų kainos įtaką. Ji būna didžiausia 12 val. dienos, kai koeficientas prie šio kintamojo pasiekia reikšmę, kiek didesnę nei 0,8, o 19 val. šis koeficientas būna artimas nuliui. Vadinas, tuo metu taršos leidimų kaina praktiškai nedaro įtakos elektros kainai biržoje. Tuo tarpu energijos generavimas vėjo elektrinėse, kurio rinkoje yra tikimasi, elektros kainą veikia dar kitaip. Didėjant gamybos vėjo elektrinėse prognozėms, mažėja elektros kaina, nes didesnė gamyba vėjo elektrinėse reiškia didesnę pasiūlą. Toks poveikis elektros kainai ypač ryškus pirmomis paros valandomis, kai paklausa yra pati mažiausia. Tuo metu vėjo greičio padidėjimas gali sąlygoti per didelę pasiūlą ir netgi neigiamą elektros kainą rinkoje. Esant vartojimo pikui, situacija elektros rinkoje yra įtempta ir bet koks didesnis pasiūlos pasikeitimas rinkoje gali reikšti staigius kainos pakitimus. Dar vienas su elektros kaina

neigiamai koreliuojantis kintamasis yra laukiamas elektrinių prieinamumas. Turint galimybę bet kada paleisti papildomus pajėgumus, neužtikrintumas, o kartu ir elektros kaina rinkoje mažėja. Erni (2012) patvirtina ir prielaidą, kad prognozuojamas paklausos dydis daro įtaką elektros kainai biržoje. Kuo didesnė prognozuojama paklausa, tuo didesnė ir elektros kaina. Autorius pabrėžia, kad visi minėti kintamieji turi realų poveikį elektros energijos kainai rinkoje ir gerai tinka naudoti prognozuojant elektros kainos kitimą ateityje. Vis dėlto, nors šio autoriaus sudaryti modeliai gana gerai paaikškino jiems sudaryti panaudotus duomenis, jie sąlyginai prastai prognozavo modelių sudarymui nenaudotus 2012 m. sausio–balandžio mėnesių elektros kainų duomenis. Tyrimo autoriaus nuomone tai rodo, jog elektros rinka Vokietijoje (o tuo pačiu ir kitur Europoje) dar yra gana stipriai koncentruota ir nėra pasiektas toks rinkos efektyvumas, koks jis yra, pavyzdžiui, akcijų rinkoje. Be to, yra teigiama, kad rinkos dalyvių strateginiai ir spekuliaciniai veiksmai turi didelę įtaką rinkos kainoms, o tai labai sunku interpretuoti kiekybiniais modeliais. Taigi šiuo tyrimu buvo nustatyta, kad elektros kainai rinkoje įtaką daro kainos istorija, rinkos dalyvių neužtikrintumas, kuro kainos, taršos leidimų kainos, elektros energijos gamybos iš atsinaujinančių energijos išteklių (vėjo) prognozės, laukiamas elektrinių prieinamumas bei prognozuojama bendroji paklausa. Dalies iš šių veiksnių valdyti negalima, tačiau bendrąją pasiūlą jos piko metu galima sumažinti taikant anksčiau minėtą realiojo laiko kainodarą. Tuo tarpu tiek elektros energijos gamybos iš atsinaujinančių išteklių prognozės, tiek taršos leidimų kainos priklauso nuo to, kokia yra bendra įrengta elektrinių, naudojančių atsinaujinančius energijos išteklius, galia. Kuo ji didesnė, tuo didesnė gamintojų konkurencija bei tuo mažesnė taršos leidimų paklausa. Mažėjant jų paklausai, krenta jų kainos, o tuo pačiu ir elektros kaina. Erni (2012) atliktas tyrimas yra dar vienas įrodymas, kad elektros gamybos iš atsinaujinančių energijos išteklių skatinimas gali daryti įtaką elektros energijos kainos rinkoje mažėjimui.

Didmeninės elektros rinkos Europoje yra integruotos tarpvalstybiniu lygiu. Esant pakankamiems tarpsisteminių jungčių pajėgumams, elektros kainos skirtingų valstybių rinkose konverguoja. Jeigu tarpsisteminių energijos mainų poreikis viršija jungčių pralaidumą ir jos pilnai apkraunamos, elektra nebegali tekėti iš žemesnės kainos regiono į aukštesnės kainos regioną, todėl juose gali nusistovėti skirtingos kainos (Erbach, 2016). Kadangi Lietuva turi elektros jungtis su kaimyninėmis šalimis, ji gali importuoti arba eksportuoti elektros energiją. Šalies elektros energijos importo ir eksporto kitimas 2002–2017 m. pavaizduotas 15 paveiksle:



15 pav. Lietuvos elektros energijos importas ir eksportas 2002–2017 m. (sudaryta autoriaus pagal Eurostat (2019) duomenis)

Paveiksle matyti, kad iki 2004 m. Lietuvoje elektros energijos eksportas stipriai viršijo importą. Tuo tarpu 2004–2009 m. eksportas buvo nežymiai didesnis už importą. 2010 m. ženkliai išaugo importas bei krito eksportas ir nuo tada Lietuvos elektros energijos importas kiekvienais metais gerokai viršija eksportą. Šiuos pasikeitimus galima paaiškinti tuo, kad Lietuvoje ilgą laiką didžiąją dalį elektros energijos paklauso tenkino vienas gamintojas – Ignalinos atominė elektrinė. 2004 m. gruodį buvo uždarytas pirmasis šios elektrinės blokas, o 2009 m. gruodį sustabdytas antrojo bloko veikimas. Tai gerokai sumažino vietinę elektros energijos gamybą, o kartu ir elektros eksportą. Tuo pat metu išaugo importuojamos energijos poreikis. Įdomu tai, kad 2016 m. tiek elektros importas, tiek eksportas Lietuvoje gerokai išaugo. Taip nutiko dėl naujų elektros jungčių su Lenkija ir Švedija, kurios buvo pradėtos eksploatuoti 2015 m. pabaigoje. Kadangi Švedijos rinkoje elektros kaina dažniausiai mažesnė nei Lietuvos rinkoje, o Lenkijos rinkoje elektros kaina dažniausiai didesnė nei Lietuvoje, tai susidaro aplinkybės elektros energijos mainams tarp Lietuvos ir Švedijos bei Lenkijos. Šiuo metu Lietuva daugiausiai elektros energijos importuoja iš Rusijos, Švedijos, Baltarusijos ir Latvijos, o daugiausiai eksportuoja į Lenkiją (Eurostat, 2019). Dabartinis importo ir eksporto santykis rodo, kad dėl tarpsisteminių jungčių su kitomis šalimis Lietuva importuoja daug elektros, kuri yra pigesnė nei būtų galima pagaminti šalies viduje esančiose elektrinėse. Kita vertus, tai taip pat rodo, kad Lietuvoje nėra pakankamai daug konkurencingų gamintojų. Dėl silpnos konkurencijos tarp gamintojų rinkoje gali didėti elektros kaina, ypač tada, kai dėl kokių nors priežasčių (gedimų, planinio remonto, politinių sprendimų) jungtys su kaimyninėmis šalimis neveikia. Dėl to Lietuvai reikėtų statyti daugiau tokių jungčių arba skatinti naujų elektrinių statybą šalyje ir vietos gamintojų konkurencingumą.

Elektros energijos, kaip ir bet kokio kito produkto, paklauso augimas sąlygoja jos kainos augimą. Taip yra todėl, kad didėjant paklausai yra įjungiamos vis didesnius ribinius kaštus turinčios ir brangesnė elektrą gaminančios elektrinės. Įdomu tai, kad paklauso tam tikrose elektrinėse pagamintai energijai svyravimai gali padidinti elektros energijos kainas net tuo atveju, kai bendroji paklausa neauga. Tsitsiklis ir Xu (2015) teigia, kad paklauso svyravimai kelia papildomas išlaidas tradicinėms šiluminėms elektrinėms. Šiuos svyravimus didžiąja dalimi sukelia nevienoda vartotojų veikla

skirtingu paros laiku. Prie paklausos tradicinių šiluminių elektrinių gaminamai elektrai svyravimų prisideda ir kasmet didėjanti atsinaujinančius energijos išteklius naudojančių gamintojų dalis. Kuo didesnė elektros gamintojų iš atsinaujinančių energijos išteklių įrengtoji galia, tuo didesnis elektros pasiūlos ir kainų nepastovumas (Dong ir kt., 2019). Didelis atsinaujinančios energijos gamintojų generacijos nepastovumas lemia tai, kad tradicinės šiluminės elektrinės patiria dar didesnes papildomas išlaidas dėl nuolat kintančios paklausos jų gaminamai elektrai. Tiek elektros energijos paklausos padidėjimas, tiek atsinaujinančių šaltinių generacijos sumažėjimas gali daryti įtaką elektros energijos kainai, t. y. ją didinti. Taip yra todėl, kad staiga sumažėjus gamybos ir vartojimo santykiui (net jei bendroji paklausa nedidėja), tenka paleisti greitai galią didinančius agregatus, turinčius didelius ribinius kaštus. Tai yra naftos produktus ir dujas deginančios elektrinės. Be to, jei paleidus šiuos pajėgumus stipriai sumažėja pasiekiamas sistemos galios rezervas, tai turimi ištekliai turi būti panaudoti taip, kad pasiekiamas rezervas būtų padidintas. Tai sąlygoja papildomas išlaidas. Tsitsiklis ir Xu (2015) pabrėžia, kad šios priežastys didina elektros energijos kainą. Milstein ir Tishler'io (2015) teigimu, atsinaujinančių energijos išteklių naudojimas elektrai gaminti gali didinti elektros kainą ne dėl technologijų brangumo, o dėl gamybos nepastovumo. Tai autoriai pastebėjo tirdami saulės fotovoltinių elektrinių poveikį elektros rinkai. Buvo nustatyta, kad, didėjant šių elektrinių įrengtai galiai, elektros kainų šuoliai tampa didesni ir dažnesni. Tikėtina, kad dėl tokių kainos šuolių vidutinė elektros kaina vartotojams auga. Kadangi fotovoltinės saulės elektrinės gauna fiksuotą elektros supirkimo tarifą, tai jų ribiniai kaštai yra lygūs nuliui. Tobulėjant ir pingant šiai technologijai, ji užima vis didesnę įrengtų elektros gamybos pajėgumų dalį ir dėl to galimai sąlygoja iškastinį kurą deginančių elektrinių uždarymą anksčiau nei buvo numatyta. Kai susidaro saulės elektrinėms nepalankios oro sąlygos (didelis debesuotumas) ar yra generacijai netinkamas paros laikas (naktis), elektros kaina staiga padidėja, nes elektros paklausa trumpuoju laikotarpiu yra neelastinga. Didesnę elektros kainą tuomet nustato rinkoje likusios iškastinį kurą deginančios elektrinės, kurios gali greitai keisti savo galią. Vadinasi, elektros kainai įtaką gali daryti ne tik bendroji pasiūla ir paklausa, bet ir jų svyravimas, kitimas.

Aggarwal'is ir kt. (2009), nagrinėdami veiksnius, kurie daro įtaką elektros kainai, išskyrė net 40 tokių veiksnių ir suskirstė juos į penkias pagrindines kategorijas:

- rinkos charakteristikos;
- nestrateginiai neapibrėžtumai;
- kiti stochastiniai neapibrėžtumai;
- elgsenos indeksai;
- laiko veiksniai.

Šių autorių išskirti elektros kainai įtaką darantys veiksniai pateikiami 2 lentelėje:

2 lentelė. Elektros energijos kainai įtaką darantys veiksniai ir jų klasifikavimas (sudaryta autoriaus pagal Aggarwal'į ir kt. (2009))

Rinkos charakteristikos	Nestrateginiai neapibrėžtumai	Kiti stochastiniai neapibrėžtumai	Elgsenos indeksai	Laiko veiksniai
Praeities apkrova	Prognozuojama apkrova	Generatorių atsijungimai	Praeities kaina	Sandorio įgyvendinimo laikotarpis
Sistemos apkrovos laipsnis	Prognozuojami rezervai	Linijų būklė	Paklausos elastingumas	Dienos tipas
Importas / eksportas	Temperatūra	Informacija apie nenumatytus įvykius linijose	Pasiūlymų teikimo strategijos	Mėnesis
Pajėgumų perteklius / trūkumas	Rasos taško temperatūra	Tinklo perkrovimo indeksas	Kainos šuolių egzistavimo indeksas	Švenčių dienos
Praeities rezervai	Oro sąlygos	–	Elektros vartojimo piko egzistavimas	Kalėdų laikotarpis
Atominių ir šiluminių elektrinių bei hidroelektrinių generacijos pajėgumai	Gamtinių dujų kaina	–	–	Laikrodžio sukimas
Energijos srautai	Naftos kaina	–	–	Metų laikas
Būtinų naudoti agregatų galia	Degalų kaina	–	–	Vasaros indeksas
Sistemos darbo apribojimai	–	–	–	Žiemos indeksas
Elektros perdavimo linijų skaičius	–	–	–	–
Praeityje parduotas energijos kiekis	–	–	–	–

Taigi, literatūroje įvardijama daug veiksnių, galinčių daryti įtaką elektros energijos kainai didmeninėje ir mažmeninėje rinkoje. Kai kurie iš jų yra gana paprasti ir lengvai įvertinami analizuojant statistinius duomenis. Tuo tarpu kitus sunku įvertinti dėl jų kompleksškumo ar duomenų trūkumo. Svarbu suprasti, kad kiekvienos šalies situacija yra kitokia ir dėl to ne visi minėti veiksniai gali turėti įtakos kainai konkrečios valstybės elektros rinkoje. Išsiaiškinti, ar minėti veiksniai daro įtaką elektros kainai Lietuvoje, galima tik analizuojant statistinius duomenis.

3. Veiksnių, darančių įtaką Lietuvos elektros energijos kainai, tyrimo metodologija

3.1. Veiksnių, galimai darančių įtaką Lietuvos elektros energijos kainai, parinkimas ir koreliacinės analizės eiga

Elektros energija yra plačiai naudojama, todėl jos kaina yra svarbi daugumai ūkio subjektų. Ši kaina nuolat kinta, todėl yra svarbu nagrinėti, kokie veiksniai daro jai įtaką. Lietuvos elektros energijos kainai įtaką darančių veiksnių nustatymui naudojami 2013–2018 m. ketvirtiniai duomenys (žr. 1 priedą ir 2 priedą). Toks laikotarpis pasirinktas, nes 2013 m. buvo pirmieji pilni metai, kai Lietuva dalyvavo bendroje Šiaurės ir Baltijos šalių elektros energijos rinkoje. Laikotarpio pasirinkimą taip pat lėmė duomenų pasiekiamumas. Ketvirtiniai, o ne metiniai, duomenys pasirinkti dėl to, kad didesnis duomenų skaičius sąlygoja geresnio tikslumo tyrimą. Siekiama iširti, kokie veiksniai ir kaip veikia vidutinę ketvirčio elektros energijos kainą Lietuvos didmeninėje elektros energijos rinkoje. Atlikus teorinę analizę, kaip veiksniai, galimai darantys įtaką elektros energijos kainai, pasirinkti: bendras elektros energijos suvartojimas, gamintojų skaičius, elektros energijos gamyba šalies viduje (vietinė gamyba), grynasis importas, importuojamų gamtinių dujų ir biokuro kaina Lietuvos rinkoje, energijos kiekis, pagamintas iš atsinaujinančių energijos išteklių, suvartotos energijos dalis, nupirkta elektros energijos biržoje bei veiklą vykdančių nepriklausomų elektros energijos tiekėjų skaičius. Elektros energijos suvartojimas pasirinktas, nes jam kintant, keičiasi elektros energiją gaminančių agregatų skaičius. Kadangi visi jie turi skirtingas gamybos sąnaudas, tai vartojimo kitimas daro įtaką elektros kainai dienos eigoje. Vis dėlto, lieka neaišku, ar vartojimas daro įtaką ilgesnio laikotarpio, pavyzdžiui, ketvirčio, vidutinei elektros kainai. Gamintojų skaičius ir nepriklausomų tiekėjų skaičius yra rinkos struktūrą bei konkurenciją rinkoje apibūdinantys kintamieji. Konkurenciją taip pat apibūdina ir suvartotos energijos dalis, kuri nuperkama biržoje, nes prekyba elektros biržoje yra visiškai skaidri ir prieinama visiems vienodomis sąlygomis. Tuo tarpu prekyba dvišalėmis sutartimis yra mažiau skaidri ir gali būti nekonkurencinė. Grynasis importas, kaip veiksnys, pasirinktas, nes gerai apibūdina tarpvalstybinius elektros energijos mainus, dėl kurių, kaip teigia Erbach'as (2016), elektros kainos skirtingose rinkose supanašėja. Tuo tarpu vietinė elektros gamyba tarp kintamųjų įtraukta, nes Lietuvoje yra pagaminama tik nedidelė šalyje suvartojamos elektros energijos dalis, todėl svarbu išsiaiškinti, ar vietinių elektros gamintojų pajėgumai daro įtaką elektros kainai. Importuojamų gamtinių dujų kainos ir biokuro kainos duomenys naudojami, nes iš biokuro ir gamtinių dujų yra gaminama elektra. Biokuras yra dažnai naudojama kuro rūšis Lietuvoje veikiančiose kurą deginančiose elektrinėse. Jis priskiriamas prie atsinaujinančių energijos išteklių. Tuo tarpu gamtinės dujos dažnai yra naudojamos elektrai gaminti visame pasaulyje. Jos, kaip kuras, naudojamos Elektrėnuose esančioje Lietuvos elektrinėje, kurios įrengtoji galia yra didžiausia šalyje. Biokuras ir gamtinės dujos yra populiariausios kuro rūšys naudojamos elektrai gaminti Lietuvoje. Elektros, pagamintos iš atsinaujinančių energijos išteklių, kiekio duomenys svarbūs, nes daug autorių elektros gamybą iš atsinaujinančių išteklių įvardija kaip darančią įtaką elektros kainai. Be to, Lietuvoje elektros gamyba iš atsinaujinančių išteklių sudaro didelę dalį visos šalies elektros gamybos.

Elektros energijos kainai įtaką darančių veiksnių nustatymas ir jų poveikio tyrimas atliekamas naudojant koreliacinę ir regresinę analizę. Koreliacinė analizė leidžia nustatyti, ar egzistuoja ryšys tarp nagrinėjamų veiksnių, išreikštų kiekybiniais rodikliais“ (Pabedinskaitė, 2009, p. 7). Kad būtų galima atlikti koreliacinę analizę, joje naudojami kintamieji turi būti pasiskirstę pagal normalųjį skirstinį. Tikrinant kintamųjų normalumą yra suformuluojamos hipotezės: H_0 : „kintamojo reikšmės yra pasiskirsčiusios pagal normalųjį skirstinį“; H_a : „kintamojo reikšmės nėra pasiskirsčiusios pagal

normalųjį skirstinį“. Jei stebinių imtis didelė (jų yra 50 arba daugiau), nulinei hipotezei tikrinti naudojamas Kolmogorov'o-Smirnov'o kriterijus. Priešingu atveju (esant mažiau nei penkiasdešimt kintamojo reikšmių) naudojamas Shapiro-Wilk'o kriterijus. Šiame tyrime nagrinėjami šešių metų ketvirtiniai duomenys. Vadinasi, kiekvienam kintamajam yra nagrinėjami 24 stebiniai, todėl skaičiuojama Shapiro-Wilk'o statistika. Jei šios statistikos tikimybė p viršija pasiklovimo lygmenį α , tai nulinė hipotezė neatmetama. Tokiu atveju galima teigti, kad nagrinėjamo kintamojo reikšmės yra pasiskirsčiusios pagal normalųjį skirstinį. Vadinasi, galima taikyti koreliacinę analizę. Šiame darbe pasirinktas reikšmingumo lygmuo $\alpha = 0,05$. Vadinasi, visos išvados dėl hipotezių yra daromos su 95 % tikėtinumu. Taikant koreliacinę analizę yra skaičiuojamas Pearson'o tiesinės koreliacijos koeficientas. „Koreliacija (tiesinės koreliacijos koeficientas) yra kintamųjų tiesinės priklausomybės matas“ (Čekanavičius ir Murauskas, 2014, p. 21). Tiesinės koreliacijos koeficientas skaičiuojamas pagal (1) formulę:

$$r_{xy} = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{S_x \cdot S_y}; \quad (1)$$

čia r_{xy} – tiesinės koreliacijos tarp kintamųjų X ir Y koeficientas;

x, y – atitinkamai kintamųjų X ir Y , tarp kurių yra skaičiuojama koreliacija, įgyjamos reikšmės;

S_x, S_y – atitinkamai kintamųjų X ir Y standartinis nuokrypis;

Koreliacijos koeficientas gali įgyti reikšmę iš intervalo $[-1; 1]$. Jei koeficiento reikšmė teigiama, tai tarp kintamųjų stebimas tiesioginis (teigiamas) ryšys. Esant šiam ryšiui, kai didėja vieno kintamojo reikšmė, tai didėja ir kito kintamojo reikšmė. Tuo tarpu, jei tiesinės koreliacijos koeficiento reikšmė neigiama, tarp kintamųjų stebimas atvirkštinis (neigiamas) ryšys. Tarp kintamųjų esant tokiam ryšiui, jei vieno kintamojo reikšmė didėja, tai kito kintamojo reikšmė mažėja. Pagal koeficiento absoliučios vertės (modulio) didumą yra vertinamas tiesinio ryšio tarp dviejų kintamųjų stiprumas. Empiriniai tiesinio koreliacijos koeficiento stiprumo vertinimai pateikiami 3 lentelėje:

3 lentelė. Empiriniai tiesinio koreliacijos koeficiento vertinimai (Balabonienė, Bliekienė ir Stundžienė, 2013)

r reikšmė	Interpretacija
Nuo 0,9 iki 1,0 (nuo -0,9 iki -1,0)	Labai stipri teigiama (neigiama) tiesinė koreliacija
Nuo 0,7 iki 0,9 (nuo -0,7 iki -0,9)	Stipri teigiama (neigiama) tiesinė koreliacija
Nuo 0,5 iki 0,7 (nuo -0,5 iki -0,7)	Vidutinė teigiama (neigiama) tiesinė koreliacija
Nuo 0,3 iki 0,5 (nuo -0,3 iki -0,5)	Silpna teigiama (neigiama) tiesinė koreliacija
Nuo -0,3 iki 0,3	Labai silpna koreliacija arba nėra jokios

Atliekant koreliacinę analizę, apskaičiavus tiesinės koreliacijos koeficientą, yra būtina patikrinti jo reikšmingumą. Tam pagal (2) formulę yra formuluojamos nulinė ir alternatyvioji hipotezės:

$$\begin{cases} H_0 : r_{xy} = 0, \\ H_a : r_{xy} \neq 0. \end{cases} \quad (2)$$

Koreliacijos koeficiento reikšmingumas tikrinamas naudojant t (Student'o) kriterijų. Jei apskaičiuota Student'o statistikos tikimybė p yra didesnė už reikšmingumo (pasikliovimo) lygmenį α , tai H_0 hipotezė neatmetama (koreliacijos koeficientas yra nereikšmingas). Vadinasi, kad tarp kintamųjų yra tiesinis ryšys. Vis dėlto, tai nesuteikia jokios informacijos apie netiesinio ryšio egzistavimo galimybę.

Taigi, panaudojant 2013–2018 m. ketvirtinius elektros energijos kainos ir devynių jai galimai įtaką darančių veiksnių duomenis, yra atliekama koreliacinė analizė. Jos tikslas – nustatyti, kurie iš pasirinktų veiksnių turi tiesinį ryšį su vidutine didmenine elektros energijos kaina Lietuvoje.

3.2. Veiksnių, darančių įtaką Lietuvos elektros energijos kainai, regresinės analizės eiga

Regresinė analizė yra naudojama, kai norima ne tik surasti kokiam nors reiškiniui įtaką darančius veiksnius, bet ir įvertinti jų poveikį kiekybiškai (Balabonienė ir kt., 2013). Atliekant regresinę analizę pirmiausiai yra patikrinama, ar tam tinka turimi duomenys. Kad duomenis būtų galima naudoti taikant regresinę analizę, jie turi būti pasiskirstę pagal normalųjį skirstinį ir neturėti išskirčių. Jei kuriam nors kintamajam nulinė hipotezė dėl reikšmių pasiskirstymo pagal normalųjį skirstinį atmetama, yra nustatoma, ar duomenyse egzistuoja išskirtys. Jeigu išskirčių yra, jos pašalinamos arba kintamajam atliekamas funkcinis keitimas (logaritmavimas, kėlimas laipsniu, šaknies traukimas ir t. t.). Tai atlikus, iš naujo tikrinama nulinė hipotezė dėl kintamojo reikšmių normalaus pasiskirstymo. Tada prieš tai aprašyta tvarka atliekama koreliacinė visų kintamųjų, kurių reikšmės yra pasiskirstę pagal normalųjį skirstinį, analizė. Yra sudaroma koreliacinė lentelė su visų kintamųjų tarpusavio koreliacijos koeficientais ir tikimybėmis, pagal kurias sprendžiama, ar koreliacija reikšminga. Visi nepriklausomi kintamieji, kurie reikšmingai tiesiškai koreliuoja su priklausomu kintamuoju (elektros kaina), yra įtraukiami į daugialypės tiesinės regresijos modelio kūrimą. Daugialypės tiesinės regresijos modelis yra aprašomas (3) lygtimi:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n ; \quad (3)$$

čia y – priklausomas kintamasis;

$b_0, b_1, b_2, \dots, b_n$ – regresijos lygties koeficientų (parametrų) įverčiai, kurie yra apskaičiuojami mažiausių kvadratų metodu (minimizuojant liekamųjų paklaidų kvadratų sumą);

x_1, x_2, \dots, x_n – nepriklausomi kintamieji.

Kad modelis būtų kuo tikslesnis, tarp nepriklausomų kintamųjų neturi būti daugiakolinearumo. Jeigu egzistuoja tiesinis ryšys tarp dviejų ar daugiau regresijos modelyje naudojamų nepriklausomų kintamųjų (daugiakolinearumas), tai neįmanoma atskirai įvertinti kiekvieno iš jų daromos įtakos priklausomam kintamajam. Daugiakolinearumą galima nustatyti skaičiuojant dispersijos mažėjimo daugiklį pagal (4) formulę:

$$VIF_i = \frac{1}{1 - R_i^2} ; \quad (4)$$

čia VIF_i – nepriklausomo kintamojo x_i dispersijos mažėjimo daugiklis;

R_i^2 – tiesinį ryšį tarp nepriklausomo kintamojo x_i ir kitų nepriklausomų kintamųjų įvertinančios regresijos determinacijos koeficientas.

Jei $VIF_i > 5$, tai egzistuoja daugiakolinearumas (Balabonienė ir kt., 2013). Daugiakolinearumą galima nustatyti ir skaičiuojant dispersijos mažėjimo daugikliui atvirkščią dydį – toleranciją. Jei tolerancija mažesnė nei 0,2, tai stebimas daugiakolinearumas. Daugiakolinearūs nepriklausomi kintamieji iš daugialypės tiesinės regresijos modelio yra pašalinami. Taip pat tikrinamas į modelį įtrauktų nepriklausomų kintamųjų reikšmingumas. Tam pagal (5) formulę yra suformuluojamos hipotezės kiekvienam regresijos lygties koeficientui atskirai:

$$\begin{cases} H_0 : b_i = 0, \\ H_a : b_i \neq 0; \end{cases} \quad (5)$$

čia b_i – regresijos lygties koeficientas, kai $i = 0, 1, 2, \dots, n$.

Nulinei hipotezei patikrinti yra naudojamas t (Student'o) kriterijus. Jeigu šio kriterijaus tikimybė didesnė už pasiklivimo lygmenį, tai hipotezė H_0 neatmetama. Tokiu atveju koeficientas $b_i = 0$, o iš jo regresijos lygtyje dauginamas nepriklausomas kintamasis x_i nedaro reikšmingos įtakos priklausomo kintamojo y reikšmei. Nereikšmingi nepriklausomi kintamieji iš modelio yra pašalinami. Modelis su likusiais, reikšmingą įtaką priklausomam kintamajam darančiais, nepriklausomais kintamaisiais sudaromas iš naujo ir tikrinamas paties modelio reikšmingumas. Suformuluojamos hipotezės: H_0 : „determinacijos koeficientas yra nereikšminis“; H_a : „determinacijos koeficientas yra reikšminis“. Nulinei hipotezei patikrinti yra naudojamas F (Fisher'io) kriterijus. Jeigu ji atmetama, determinacijos koeficientas yra reikšminis (nelygus nuliui) ir sudarytas regresijos modelis yra tinkamas ryšiams tarp kintamųjų įvertinti. Jeigu gautas tiesinis regresijos modelis turi tik vieną nepriklausomą kintamąjį, tai jo tikslumą parodo determinacijos koeficientas R^2 . Jeigu sudarytas tiesinis regresijos modelis yra daugialypis (turi daugiau negu vieną nepriklausomą kintamąjį), tai jo tikslumui įvertinti naudojamas pataisytas determinacijos koeficientas \bar{R}^2 . Abu šie koeficientai gali įgyti reikšmes iš intervalo $[0; 1]$ ir parodo, kurią dalį priklausomo kintamojo (elektros kainos) reikšmių sklaidos apie vidurkį paaikšina sudarytas regresijos modelis. Kuo determinacijos koeficientas didesnis, tuo sudarytas modelis tikslesnis. Čekanavičius ir Murauskas (2014) teigia, kad modelis netinka ryšiams tarp kintamųjų nustatyti ir priklausomam kintamajam prognozuoti, jeigu $R^2 < 0,2$.

Kadangi nepriklausomi kintamieji gali turėti ne tik tiesinį, bet ir netiesinį ryšį su priklausomu kintamuoju, tai, sukūrus daugialypį tiesinį regresijos modelį, su kiekvienu nepriklausomu kintamuoju atskirai yra kuriami poriniai netiesiniai regresijos modeliai. Jų kūrimas nuo tiesinio modelio kūrimo proceso skiriasi tuo, kad kuriant netiesinį modelį nereikia atlikti koreliacinės analizės. Sukūrus daugialypį tiesinį regresijos modelį ir porinius netiesinius regresijos modelius, geriausiu iš jų yra laikomas tas modelis, kurio determinacijos koeficientas didžiausias. Jeigu modelį ketinama naudoti priklausomo kintamojo prognozavimui, tai reikia patikrinti ar jo liekamosios paklaidos tenkina būtinas prielaidas. Kad regresijos modelį būtų galima naudoti prognozavimui, liekamosios paklaidos turi būti pasiskirstę pagal normalųjį skirstinį, jos turi būti homoskedastinės, jų vidurkis lygus nuliui. Be to, tarp jų neturi būti autokoreliacijos.

Taigi, panaudojant surinktus 2013–2018 m. ketvirtinius duomenis yra atliekama regresinė analizė. Ja nustatoma, kurie iš devynių pasirinktų nepriklausomų kintamųjų daro įtaką vidutinei ketvirčio elektros energijos kainai Lietuvos didmeninėje elektros rinkoje ir kaip konkrečiai jie veikia šią kainą.

4. Veiksnių, darančių įtaką Lietuvos elektros energijos kainai, tyrimo rezultatai ir diskusija

4.1. Duomenų tinkamumo koreliacinei ir regresinei analizei įvertinimas. Veiksnių, darančių įtaką Lietuvos elektros energijos kainai, tyrimas taikant koreliacinę analizę

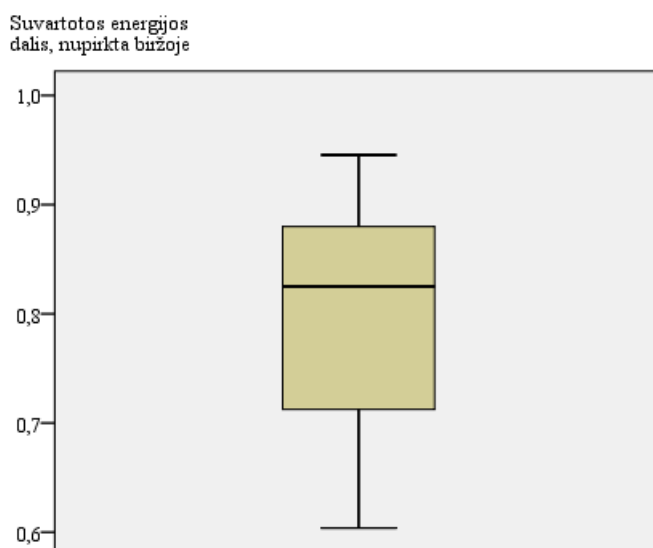
Koreliacinę ir regresinę analizę galima taikyti tik tuo atveju, kai nagrinėjami kintamieji yra pasiskirstę pagal normalųjį skirstinį, o duomenyse nėra išskirčių. Tikrinant kintamųjų normalumą yra formuluojama nulinė hipotezė, kad kintamojo reikšmės yra pasiskirsčiusios pagal normalųjį skirstinį. Jeigu apskaičiuota tikimybė p yra didesnė už pasiklovimo lygmenį $\alpha = 0,05$, tai nulinė hipotezė yra neatmetama. Vadinasi, kintamojo skirstinys yra normalusis. „SPSS“ programa atlikto pasirinktų kintamųjų normalumo tikrinimo rezultatai pateikiami 4 lentelėje:

4 lentelė. Kintamųjų normalumo tikrinimo rezultatai

Kintamasis	Kolmogorov'o-Smirnov'o statistika			Shapiro-Wilk'o statistika		
	Statistika	Stebinių skaičius	p reikšmė	Statistika	Stebinių skaičius	p reikšmė
Elektros kaina, EUR/MWh	0,122	24	0,200	0,952	24	0,300
Suvartojimas, GWh	0,112	24	0,200	0,967	24	0,588
Gamintojų skaičius	0,087	24	0,200	0,944	24	0,197
Vietinė gamyba, GWh	0,145	24	0,200	0,918	24	0,053
Grynasis importas, GWh	0,079	24	0,200	0,984	24	0,956
Importuojamų gamtinių dujų kaina, EUR/MWh	0,134	24	0,200	0,924	24	0,070
Biokuro kaina, EUR/MWh	0,182	24	0,040	0,921	24	0,061
Gamyba iš atsinaujinančių energijos išteklių, GWh	0,108	24	0,200	0,961	24	0,455
Suvaltos energijos dalis, nupirka biržoje	0,169	24	0,074	0,908	24	0,031
Veiklą vykdančių nepriklausomų tiekėjų skaičius	0,191	24	0,023	0,932	24	0,110

Esant nedideliame stebinių skaičiui (iki 50), naudojama Shapiro-Wilk'o statistika. Iš lentelės matyti, kad nepriklausomam kintamajam „suvaltos energijos dalis, nupirka biržoje“ apskaičiuota minėtos statistikos tikimybė $p = 0,031$. Kadangi reikšmingumo (pasiklovimo) lygmuo $\alpha = 0,05$, tai šiam kintamajam $p < \alpha$. Vadinasi, jo reikšmės nėra pasiskirstę pagal normalųjį skirstinį. Visi kiti kintamieji normalumo sąlyga tenkina.

Nesant kintamojo reikšmių pasiskirstymo normalumo, yra tikrinama, ar tarp kintamojo reikšmių nėra išskirčių. Tai galima atlikti panaudojant kintamojo stačiakampę diagramą. Išskirtis yra bet koks duomuo, kurio reikšmė yra nutolusi nuo duomenų pirmojo arba trečiojo kvartilio daugiau kaip per pusantro kvartilinio pločio. Išskirtys stačiakampėje diagramoje žymimos tašku. Vienintelio kintamojo, kurio reikšmės nėra pasiskirsčiusios pagal normalųjį skirstinį, stačiakampė diagrama pavaizduota 16 paveiksle:



16 pav. Kintamojo „Suvartotos energijos dalis, nupirka biržoje“ stačiakampė diagrama

Iš kintamojo stačiakampės diagramos matyti, kad duomenyse išskirčių nėra. Dėl to jokie duomenys nešalinami, o atliekamas kintamojo funkcinis keitimas. Jo rezultatai pateikiami 5 lentelėje:

5 lentelė. Kintamojo „Suvartotos energijos dalis, nupirka biržoje“ funkcinio keitimo rezultatai

Funkciškai pakeistas kintamasis	Kolmogorov'o-Smirnov'o statistika			Shapiro-Wilk'o statistika		
	Statistika	Stebinių skaičius	<i>p</i> reikšmė	Statistika	Stebinių skaičius	<i>p</i> reikšmė
Suvartotos energijos dalies, nupirkto biržoje, natūrinis logaritmas	0,187	24	0,030	0,887	24	0,012
Suvartotos energijos dalies, nupirkto biržoje, kvadratinė šaknis	0,174	24	0,058	0,898	24	0,019
Suvartotos energijos dalies, nupirkto biržoje, kvadratas	0,166	24	0,084	0,924	24	0,070

Matyti, kad kintamąjį logaritnavus gauta Shapiro-Wilk'o statistikos tikimybė $p = 0,012$. Iš kintamojo ištraukus kvadratinę šaknį gauta tikimybė $p = 0,070$. Taigi, abiem atvejais normalumo sąlyga nėra tenkinama. Vis dėlto, kintamąjį pakėlus antruoju laipsniu, gautas pakeistas kintamasis, kurio Shapiro-Wilk'o statistikos tikimybė $p = 0,070$. Vadinasi, funkcinis keitimas (kėlimas antruoju laipsniu) padėjo ir gauto kintamojo reikšmės yra pasiskirstę pagal normalųjį skirstinį. Kadangi buvo pasiekta, kad visi nepriklausomi kintamieji būtų pasiskirstę pagal normalųjį skirstinį, juos visus galima naudoti regresinėje analizėje.

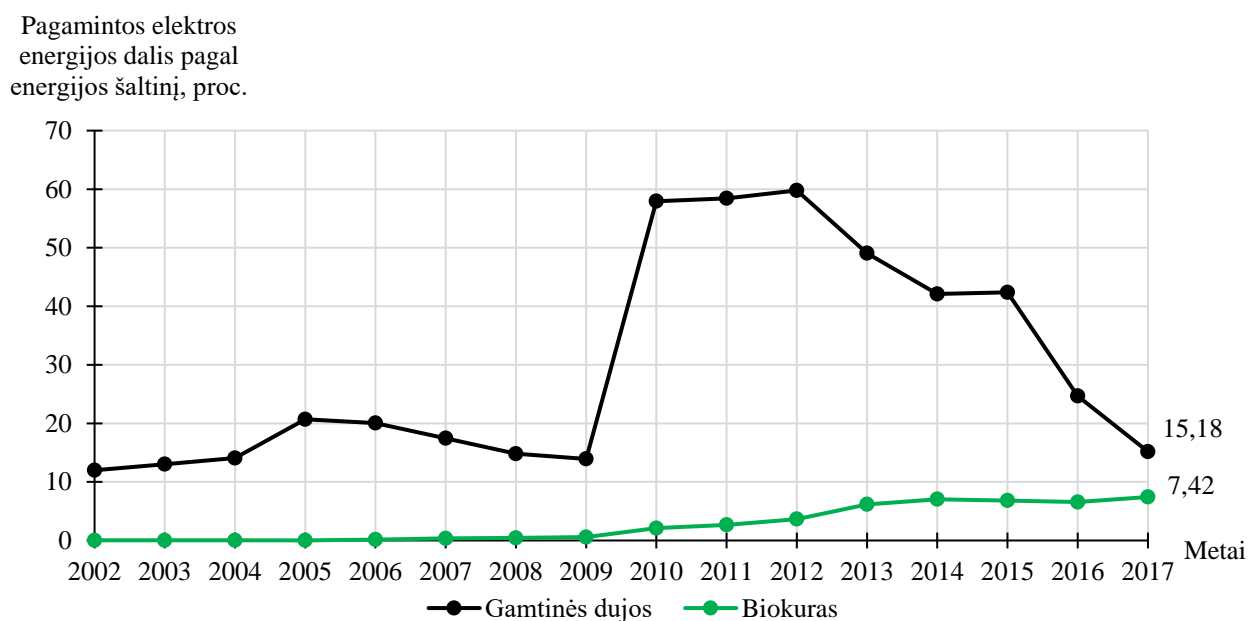
Norint sukurti daugialypį tiesinį regresijos modelį, pirmiausiai reikia išsiaiškinti, kurie nepriklausomi kintamieji tiesiškai koreliuoja su elektros kaina rinkoje. Tam buvo atlikta koreliacinė analizė, kurios metu formuluojama nulinė hipotezė, kad Pearson'o tiesinės koreliacijos koeficientas lygus nuliui. Jei ši hipotezė neatmetama, reikšminio tiesinio ryšio tarp dviejų kintamųjų nėra. Priešingu atveju, tiesinis ryšys tarp kintamųjų egzistuoja. „SPSS“ programa gautų tiesinės koreliacijos tarp nepriklausomų kintamųjų ir priklausomo kintamojo (elektros kainos) koeficientų matrica pateikiama 6 lentelėje:

6 lentelė. Tiesinės koreliacijos tarp nepriklausomų kintamųjų ir priklausomo kintamojo (elektros kainos) koeficientų matrica

Nepriklausomas kintamasis	Tiesinės koreliacijos su priklausomu kintamuoju (elektros kaina) koeficientas	<i>p</i> reikšmė
Suvartojimas, GWh	-0,104	0,628
Gamintojų skaičius	-0,133	0,536
Vietinė gamyba, GWh	-0,076	0,725
Grynasis importas, GWh	-0,045	0,833
Importuojamų gamtinių dujų kaina, EUR/MWh	0,523	0,009
Biokuro kaina, EUR/MWh	0,526	0,008
Gamyba iš atsinaujinančių energijos išteklių, GWh	-0,461	0,023
Suvalytos energijos dalies, nupirkto biržoje, kvadratas	-0,326	0,120
Veiklą vykdančių nepriklausomų tiekėjų skaičius	0,074	0,732

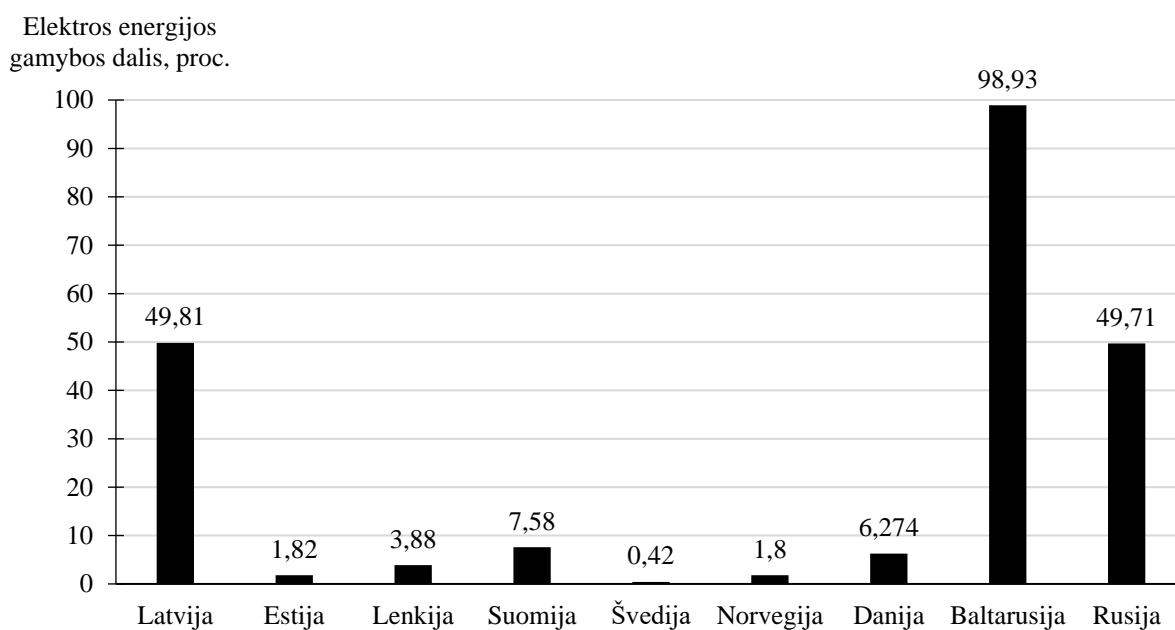
Iš koreliacijos koeficientų lentelės galima matyti, kad nulinė hipotezė yra atmetama ($p < \alpha$), kai nagrinėjamas tiesinis ryšys tarp vidutinės elektros energijos kainos ir importuojamų gamtinių dujų kainos, biokuro kainos bei pagaminto iš atsinaujinančių energijos išteklių elektros energijos kiekio. Gauti Pearson'o tiesinės koreliacijos koeficientai atitinkamai yra 0,523, 0,526 ir -0,461. Pagal 3 lentelę, gaunama, kad vidutinė ketvirčio elektros energijos kaina didmeninėje rinkoje vidutiniškai stipriai teigiamai koreliuoja su gamtinių dujų ir biokuro kaina bei silpnai neigiamai koreliuoja su pagamintu iš atsinaujinančių energijos išteklių elektros energijos kiekiu. Žinoma, koreliacija parodo tiesinio ryšio egzistavimą, bet jos neužtenka priežastingumui nustatyti.

Lietuvoje pagaminto elektros energijos kiekio dalies, gaminamos iš gamtinių dujų ir biokuro, kitimas 2002–2017 m. pavaizduotas 17 paveiksle:



17 pav. Lietuvoje pagaminto elektros energijos kiekio dalis (procentais), pagaminta iš gamtinių dujų ir biokuro 2002–2017 m. (sudaryta autoriaus pagal Eurostat (2019) ir Lietuvos statistikos departamento (2018) duomenis)

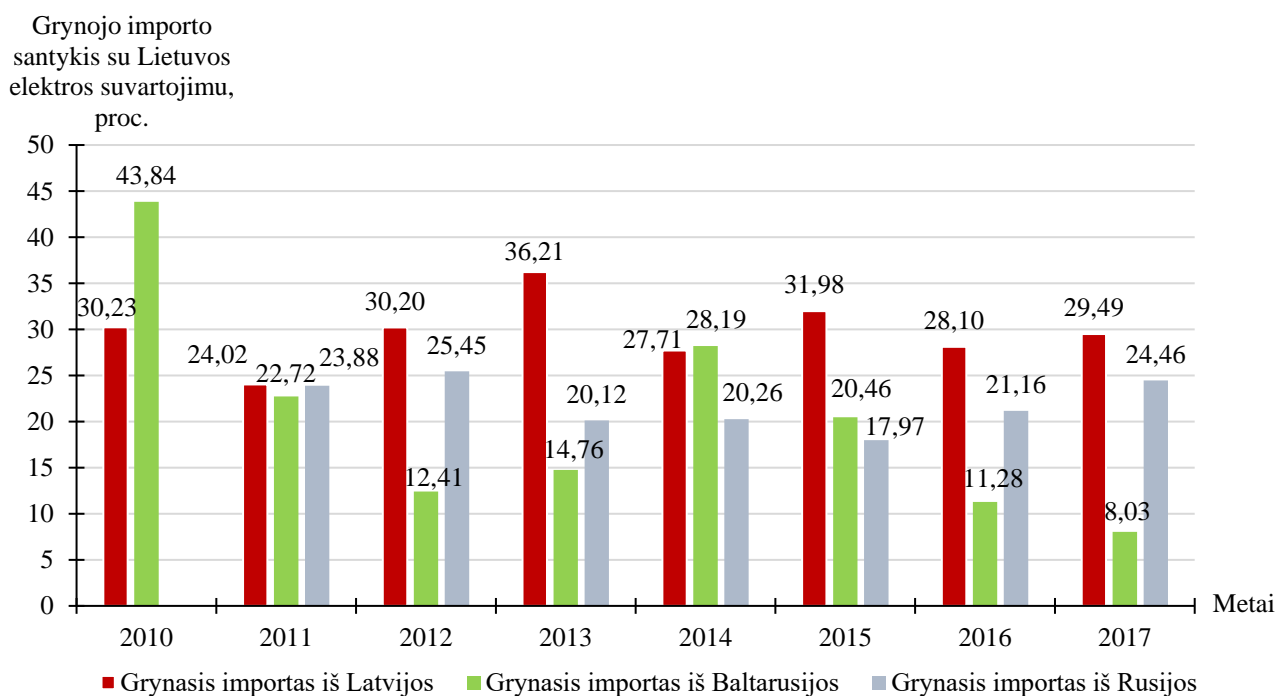
Iš paveikslo matyti, kad elektros energijos gamybos iš gamtinių dujų dalis Lietuvoje pastaruoju metu mažėja. Vis dėlto, 2017 m. ji vis dar sudarė 15,18 % visos šalies elektros energijos gamybos. Tuo tarpu iš biokuro pagamintos elektros energijos dalis yra mažesnė, tačiau turi tendenciją augti ir 2017 m. sudarė 7,42 % visos šalies elektros energijos gamybos. Šios dalys nėra labai didelės, tačiau jos yra svarbios Lietuvos elektros energetikos sektoriui, nes dujas ar biokurą deginančios elektrinės gali energiją gaminti nuolat, jų darbas nepriklauso nuo oro sąlygų. Dėl šios priežasties jos gali gaminti elektros energiją tada, kai saulės elektrinių, vėjo jėgainių ar hidroelektrinių gamyba yra nepakankama patenkinti vartotojų poreikius. Būtent tada, kai oro sąlygos yra nepalankios kitoms elektrinėms, biokurą ir gamtines dujas deginančios elektrinės gamina daugiausiai energijos ir gali turėti didžiausią įtaką elektros kainos kitimui. Dėl šių technologijų užimamos elektros gamybos rinkos dalies Lietuvoje ir jų pranašumo prieš nepastoviai elektrą gaminančias technologijas, yra tikėtina, kad gamtinių dujų ir biokuro kaina Lietuvoje gali daryti įtaką elektros energijos kainai šalyje. Svarbu suprasti, kad Lietuva yra bendros Šiaurės ir Baltijos šalių elektros energijos rinkos dalis, ji prekiauja su kaimyninėmis šalimis. Dėl to tam tikrų elektros gamybai naudojamų išteklių, net jei jie Lietuvoje nėra gausiai naudojami, kainos gali sąlygoti elektros kainos kitimą šalyje. Elektros energijos, pagamintos iš gamtinių dujų, dalis bendroje elektros gamyboje Šiaurės ir Baltijos šalių rinkos valstybėse bei kitose su Lietuva elektra prekiaujančiose šalyse 2015 m. pavaizduota 18 paveiksle:



18 pav. Su Lietuva elektra prekiaujančiose šalyse pagaminto elektros energijos kiekio dalis (procentais), kuriai gaminti panaudotos gamtinės dujos, 2015 m. (sudaryta autoriaus pagal Pasaulio banko (2019) duomenis)

Paveiksle matyti, kad bendroje Šiaurės ir Baltijos šalių elektros energijos rinkoje dalyvaujančios valstybės Estija, Suomija, Švedija, Norvegija ir Danija iš gamtinių dujų 2015 m. gamino sąlyginai nedidelę dalį elektros energijos. Tą patį galima pasakyti ir apie Lenkiją, kuri, nors ir nėra šios rinkos dalyvė, šiuo metu prekiauja elektra su Lietuva. Tuo tarpu Latvija ir Rusija net po beveik 50 % elektros energijos 2015 m. pasigamino iš gamtinių dujų (atitinkamai 49,81 % ir 49,71 % šalių elektros gamybos), o Baltarusija tais pačiais metais gamtines dujas naudojo, kad pasigamintų net 98,93 % visos šalyje pagaminamos elektros. Kadangi yra net trys su Lietuva elektros energija prekiaujančios šalys, kurios didelę dalį elektros energijos gamina iš gamtinių dujų, yra svarbu nagrinėti Lietuvos

elektros energijos importo iš šių šalių mastą. Grynojo importo iš Latvijos, Baltarusijos ir Rusijos santykio su Lietuvos elektros energijos vartojimu, kitimas 2010–2017 m. pavaizduotas 19 paveiksle:

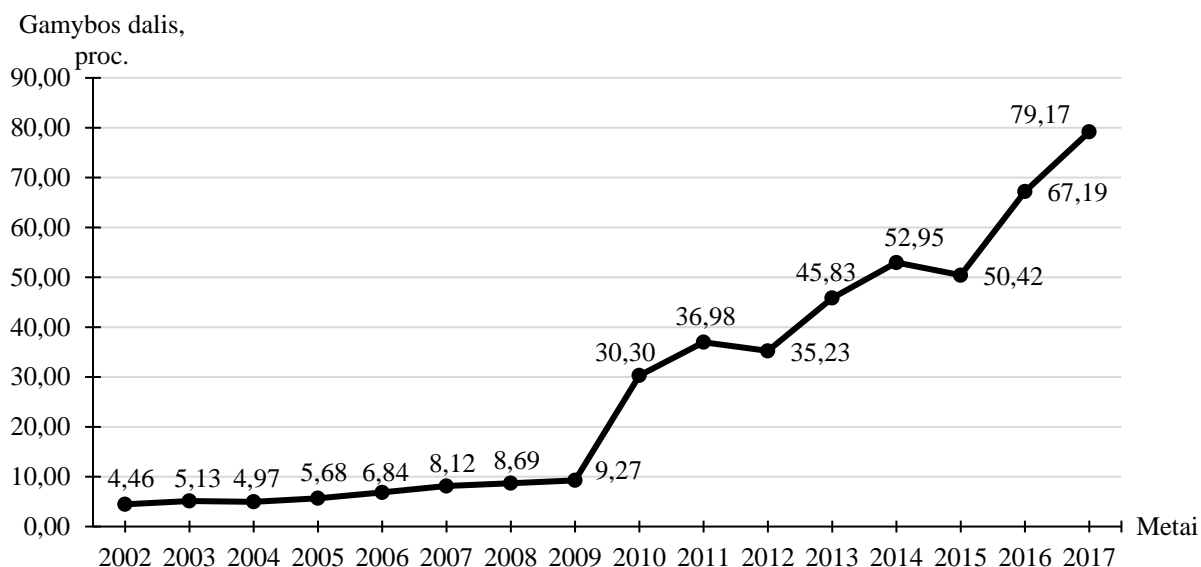


19 pav. Grynojo importo iš Latvijos, Baltarusijos ir Rusijos santykis (procentais) su Lietuvos elektros energijos suvartojimu 2010–2017 m. (sudaryta autoriaus pagal Eurostat (2019) duomenis)

Paveiksle pateikiami duomenys nuo 2010 m., nes, kol iki 2009 m. pabaigos veikė Ignalinos atominė elektrinė, Lietuva buvo elektros energijos eksportuotoja, o ne importuotoja. Paveiksle taip pat nėra 2010 m. prekybos su Rusija duomenų, nes, net ir uždarius Ignalinos atominę elektrinę, 2010 m. Lietuva vis dar importavo elektros energiją į Rusiją. Iš paveikslo matyti, kad grynojo importo iš Latvijos, Baltarusijos ir Rusijos kiekis nuo 2010 m. visada buvo labai didelis, o 2017 m. iš viso buvo lygus net 61,98 % Lietuvoje suvartojamo elektros energijos kiekio. Tais pačiais metais grynasis importas iš mažai gamtinių dujų elektros gamybai naudojančios Švedijos siekė 26,72 % Lietuvoje suvartojamos elektros kiekio, o grynasis eksportas į Lenkiją atitiko 9,51 % Lietuvos suvartojimo (Eurostat, 2019). Iš statistinių duomenų matyti, kad Lietuva šiuo metu net beveik 80 % savo suvartojamos elektros energijos importuoja. Ženkli importuojamo elektros kiekio dalis yra perkama iš šalių, kuriose didelė dalis elektros energijos yra pagaminama deginant gamtines dujas. Atliekant koreliacinę analizę, buvo naudojamas importuojamų į Lietuvą gamtinių dujų vidutinę kainą aprašantis kintamasis. Dėl to vidutinės elektros energijos kainos Lietuvoje koreliacija su juo negali būti prilyginta koreliacijai su pasauline gamtinių dujų kaina. Vis dėlto, turint omenyje, kad Lietuva turi savo suskystintų gamtinių dujų terminalą ir gali konkurencinėje rinkoje pirkti šį produktą iš bet kurio tiekėjo pasaulyje, galima daryti prielaidą, kad gamtinių dujų kainos kitimo tendencijos Lietuvoje yra panašios į šio produkto kainos kitimo tendencijas kitose šalyse. Taigi, Lietuva pati gamina dalį elektros iš gamtinių dujų ir perka energiją iš šalių, kuriose šis kuras elektros gamybai yra dažnai naudojamas. Todėl yra tikėtina, kad gamtinių dujų ir elektros kainos koreliacija rodo gamtinių dujų kainos pokyčių poveikį elektros energijos kainos kitimui Lietuvoje.

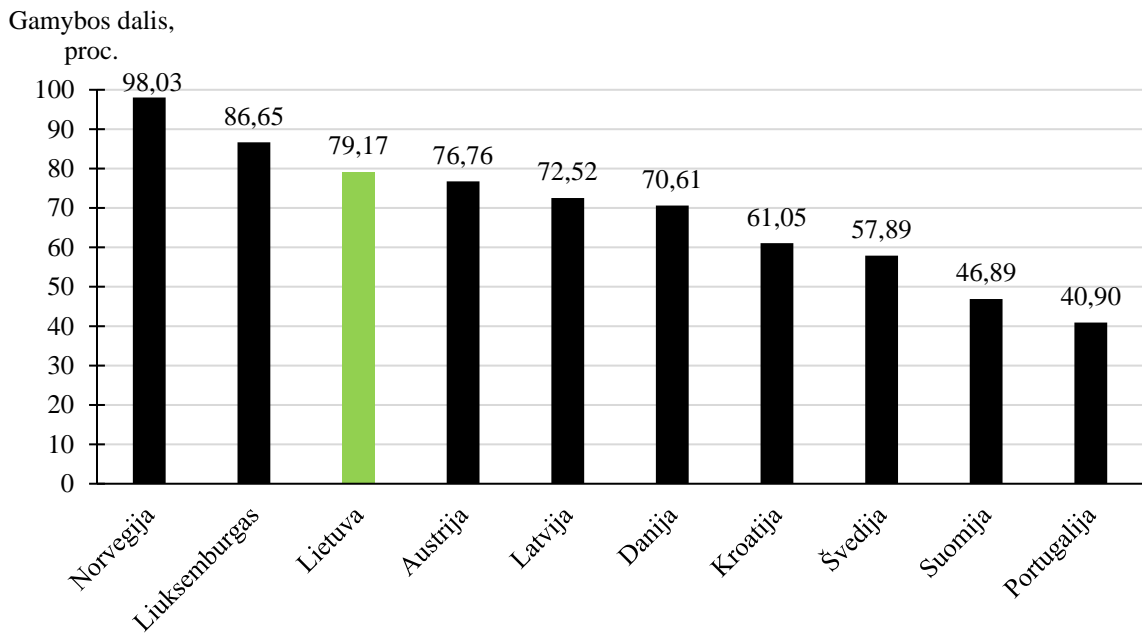
Pritaikius koreliacinę analizę, buvo gauta, kad su vidutine elektros kaina neigiamai tiesiškai koreliuoja elektros energijos gamyba iš atsinaujinančių energijos išteklių. Analizuojant įvairių autorių

darbus buvo nustatyta, kad beveik visi jie elektros gamybą iš atsinaujinančios energijos vertina kaip didmeninę elektros kainą mažinantį veiksnį. Elektros energijos dalies, pagamintos iš atsinaujinančių energijos išteklių kitimas Lietuvoje pateiktas 20 paveiksle:



20 pav. Lietuvoje pagaminto elektros energijos kiekio dalis (procentais), kuriai gaminti panaudoti atsinaujinantys energijos ištekliai, 2002–2017 m. (sudaryta autoriaus pagal Eurostat (2019) duomenis)

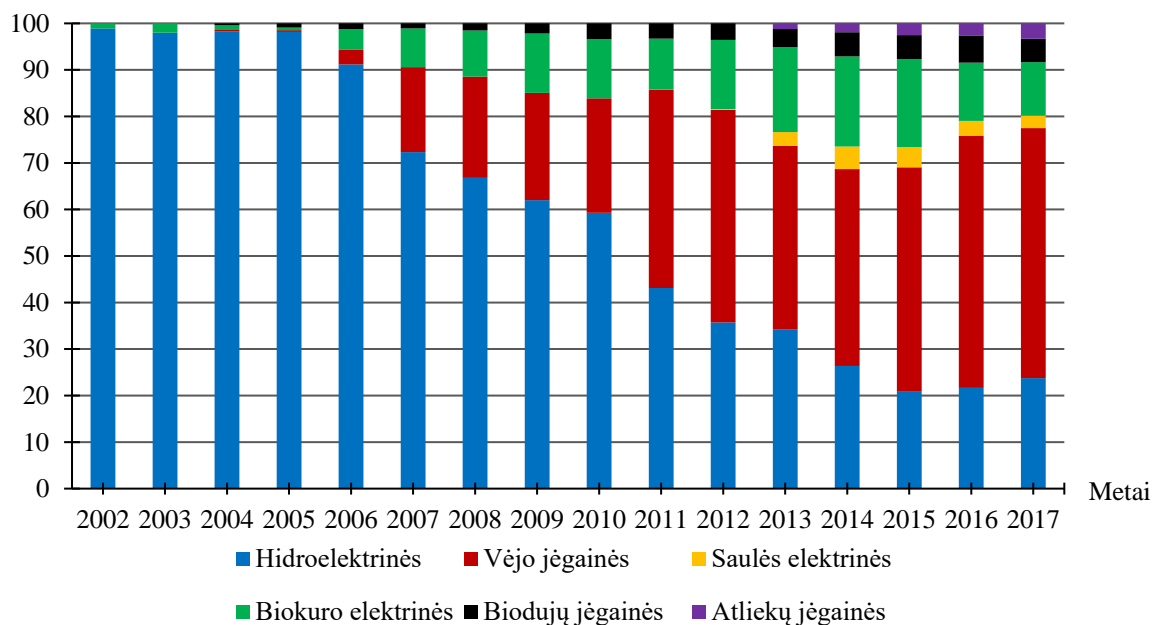
Iš paveikslo matyti, kad Lietuvoje vis didesnė vietinės gamybos elektros energijos dalis yra pagaminama iš atsinaujinančių energijos išteklių. Nuo 2010 m. ši dalis kiekvienais metais viršijo 30 %. Staigus elektros, pagamintos iš atsinaujinančių energijos išteklių, dalies bendroje gamyboje šuolis 2010 m. buvo labiau sąlygojamas ne atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo augimo, o Ignalinos atominės elektrinės uždarymo. Vis dėlto, matyti, kad po šio įvykio beveik kiekvienais metais elektros gamybos iš atsinaujinančių išteklių mastas augo. 2014 m. daugiau nei pusė (52,95 %) Lietuvoje pagaminamos elektros buvo generuojama atsinaujinančių išteklių elektrinėse, o 2017 m. elektros gamyba iš atsinaujinančių energijos išteklių (saulės ir vėjo energijos, biokuro ir biodujų, atliekų bei hidroenergijos) sudarė net 79,17 % visos šalies elektros gamybos. Tai labai didelė vietinės gamybos dalis, rodanti, kad atsinaujinanti energetika yra labai svarbi Lietuvos elektros energetikos sektoriaus dalis. Dėl to, kad Lietuvoje elektros gamyba iš atsinaujinančių energijos šaltinių užima didelę elektros energijos gamybos rinkos dalį, yra tikėtina, jog ji turi įtaką vidutinei didmeninei elektros energijos kainai šalyje. Yra naudinga palyginti Lietuvos rezultatą su kitų šalių statistika. Dešimties didžiausią dalį šalyje gaminamos elektros energijos iš atsinaujinančių išteklių pagaminančių Europos šalių rezultatai 2017 m. pateikiami 21 paveiksle:



21 pav. Didžiausią dalį elektros iš atsinaujinančių energijos išteklių gaminančiose Europos valstybėse pagaminto elektros energijos kiekio dalis (procentais), kuriai gaminti panaudoti atsinaujinantys energijos ištekliai, 2017 m. (sudaryta autoriaus pagal Eurostat (2019) duomenis)

Iš paveikslo matyti, kad Lietuva Europoje yra trečia pagal tai, kokia dalis visos šalyje pagamintos elektros energijos yra gaminama iš atsinaujinančių išteklių. Pagal šį rodiklį Lietuva atsilieka tik nuo didžiulius hidroenergijos išteklius turinčios Norvegijos ir 2017 m. vos 35 % savo suvartojamos elektros energijos pasigaminusio Liuksemburgo. Nagrinėjamu rodikliu Lietuva lenkia tokias atsinaujinančios energetikos vystymu garsėjančias šalis kaip Danija, Portugalija, Ispanija ar Vokietija. Be to, Lietuvoje šiuo metu yra pilnai panaudotos visos priskirtos vėjo elektrinių, saulės elektrinių, hidroelektrinių ir biokuro elektrinių įrengtosios suminės galios kvotos, tad dabar yra galima tik nedidelių vartotojams priklausančių elektrinių, naudojančių atsinaujinančius išteklius, statyba. Tai rodo, kad atsinaujinanti energetika šalyje yra gerai išplėta. Tikėtina, kad tokia svarbi Lietuvos elektros energetikos sistemos dalis daro įtaką elektros energijos kainai. Lietuvoje veikia įvairių tipų elektrinės, naudojančios atsinaujinančius šaltinius. Tai sausumoje esančios vėjo elektrinės, ant žemės ir ant pastatų stogų įrengiamos fotovoltinės saulės šviesos elektrinės, biokurą, biodujas ir atliekas deginančios jėgainės, įvairių dydžių hidroelektrinės bei hidroakumuliacinė elektrinė. Lietuvoje elektra iš hidroenergijos yra gaminama jau ilgą laiką. Tuo tarpu kiti atsinaujinantys ištekliai šalyje pradėti naudoti dar gana neseniai. Ateityje yra planuojama įrengti vėjo elektrines Baltijos jūroje, taip pat pastatyti plūduriuojančią saulės elektrinę. Galima teigti, kad elektros gamyba iš atsinaujinančių energijos išteklių Lietuvoje yra gana diversifikuota. Dėl to yra naudinga vertinti kiekvieno energijos šaltinio panaudojimą elektrai gaminti atskirai. Skirtingų rūšių elektrinių gaminamos elektros energijos dalies bendroje elektros gamyboje iš atsinaujinančių energijos išteklių kitimas Lietuvoje 2002–2017 m. pavaizduotas 22 paveiksle:

Elektros, pagamintos
iš atsinaujinančių
išteklų, dalis, proc.



22 pav. Lietuvoje iš atsinaujinančių energijos išteklių pagamintos elektros energijos dalis pagal elektrinės tipą 2002–2017 m. (sudaryta autoriaus pagal Lietuvos statistikos departamento (2018) duomenis)

Iš paveikslu matyti, kad iš atsinaujinančių energijos išteklių naudojančių elektrinių daugiausiai elektros Lietuvoje šiuo metu gamina vėjo elektrinės, hidroelektrinės ir biokuro elektrinės. Be to, vėjo elektrinių energijos gamybos dalis turi tendenciją augti. Tuo tarpu elektros, pagamintos iš saulės energijos, dalis yra labai nedidelė ir pastaruosiu metu mažėja. Literatūroje elektros gamyba iš vėjo energijos dažniausiai įvardijama kaip elektros kainą mažinantis veiksnys, o gamyba iš saulės energijos dažniausiai laikoma kainai didelės įtakos nedarančiu arba ją netgi mažinančiu veiksmu. Turint omenyje, kad naudojant koreliacinę analizę gautas neigiamas tiesinės koreliacijos koeficientas tarp Lietuvoje iš atsinaujinančių energijos šaltinių pagaminto elektros energijos kiekio ir vidutinės elektros kainos, galima teigti, jog elektros gamybos iš atsinaujinančių energijos išteklių poveikis elektros kainai Lietuvos didmeninėje rinkoje yra tikėtinas.

Taigi, atlikus koreliacinę analizę buvo nustatyta, kad importuojamų gamtinių dujų kaina ir biokuro kaina vidutiniškai stipriai tiesiškai koreliuoja su vidutine elektros energijos kaina didmeninėje Lietuvos elektros rinkoje. Tuo tarpu elektros, pagamintos iš atsinaujinančių energijos išteklių, kiekis su ja koreliuoja silpnai neigiamai. Iš statistinių duomenų matyti, kad yra tikėtina, jog visi trys minėti veiksniai daro įtaką elektros energijos kainai Lietuvoje.

4.2. Veiksnių, darančių įtaką Lietuvos elektros energijos kainai, tyrimas taikant regresinę analizę

Atlikus koreliacinę analizę buvo gauta, kad Lietuvoje trys kintamieji (importuotų gamtinių dujų kaina, biokuro kaina ir gamyba iš atsinaujinančių energijos išteklių) tiesiškai koreliuoja su vidutine metų ketvirčio elektros energijos kaina. Vadinasi, galima kurti daugialypės tiesinės regresijos modelį su trimis nepriklausomais kintamaisiais. Sudaryto pirminio daugialypės tiesinės regresijos modelio parametrų ir daugiakolinearumo vertinimas pateiktas 7 lentelėje:

7 lentelė. Pirminio daugialypės tiesinės regresijos modelio parametų ir daugiakolinearumo vertinimas

Regresijos lygties narys	Koeficientas	t (Student'o) statistika	p reikšmė	Daugiakolinearumo statistikos	
				Tolerancija (TOL)	Dispersijos mažėjimo daugiklis (VIF)
Konstanta	42,181	5,271	0	–	–
Importuojamų gamtinių dujų kaina, EUR/MWh	–0,331	–0,950	0,354	0,212	4,721
Biokuro kaina, EUR/MWh	1,721	2,442	0,024	0,288	3,469
Gamyba iš atsinaujinančių energijos išteklių, GWh	–0,030	–2,515	0,021	0,495	2,021

Matyti, kad visų nepriklausomų kintamųjų tolerancija $TOL > 0,2$, o dispersijos mažėjimo daugiklis $VIF < 5$. Vadinasi, daugiakolinearumo nėra. Vis dėlto, nepriklausomam kintamajam „Importuojamų gamtinių dujų kaina, EUR/MWh“ Student'o statistikos tikimybė $p = 0,354$. Ji didesnė nei pasiklovimo lygmuo $\alpha = 0,05$, todėl šis kintamasis yra nereikšminis. Dėl to būtina modelį koreguoti pašalinant iš jo šį kintamąjį. Tai atlikus sukuriamas naujas modelis su dviem nepriklausomais kintamaisiais. Naujai sukurto modelio koeficientų ir daugiakolinearumo vertinimas pateiktas 8 lentelėje:

8 lentelė. Patobulinto daugialypės tiesinės regresijos modelio parametų ir daugiakolinearumo vertinimas

Regresijos lygties narys	Koeficientas	t (Student'o) statistika	p reikšmė	Daugiakolinearumo statistikos	
				Tolerancija (TOL)	Dispersijos mažėjimo daugiklis (VIF)
Konstanta	38,349	5,563	0	–	–
Biokuro kaina, EUR/MWh	1,157	3,056	0,006	0,994	1,006
Gamyba iš atsinaujinančių energijos išteklių, GWh	–0,022	–2,617	0,016	0,994	1,006

Iš lentelės matyti, kad abiejų nepriklausomų kintamųjų $VIF = 1,006$, o $TOL = 0,994$. Vadinasi, daugiakolinearumo tarp modelyje naudojamų kintamųjų nėra. Kintamojo „Biokuro kaina, EUR/MWh“ t (Student'o) statistikos tikimybė $p = 0,006$, o kintamojo „Gamyba iš atsinaujinančių energijos išteklių, GWh“ $p = 0,016$. Abiejų nepriklausomų kintamųjų tikimybė p mažesnė už reikšmingumo lygmenį $\alpha = 0,05$, todėl abu šie kintamieji yra statistiškai reikšmingi. Kadangi modelyje liko du nepriklausomi kintamieji, tai modelis yra dvilypis.

Panaudojant gautus lentelėje pateikiamus koeficientus galima sudaryti daugialypį (dvilypį) tiesinį regresijos modelį, aprašantį ketvirčio vidutinės elektros energijos kainos Lietuvos didmeninėje rinkoje priklausomybę nuo ketvirčio vidutinės biokuro kainos Lietuvos rinkoje ir iš viso per ketvirtį iš atsinaujinančių energijos išteklių šalyje pagaminamos elektros energijos kiekio. Iš 8 lentelės matyti, kad modelyje esanti konstanta yra lygi 38,349, koeficientas prie kintamojo, aprašančio biokuro kainą, yra lygus 1,157, o koeficientas prie kintamojo, aprašančio elektros gamybos iš atsinaujinančių energijos išteklių kiekį, yra lygus –0,022. Kadangi buvo nustatyta, kad daugiakolinearumas tarp modelio kintamųjų neegzistuoja, o patys modelyje esantys nepriklausomi kintamieji yra statistiškai

reikšmingi, tai sudaroma lygtis, kuri aprašo regresijos modelį. Sukurtą dvilypį tiesinį regresijos modelį aprašanti lygtis:

$$y = 38,349 + 1,157 \cdot x_1 - 0,022 \cdot x_2 ;$$

čia y – vidutinė metų ketvirčio elektros energijos kaina Lietuvos elektros energijos didmeninėje rinkoje, EUR/MWh;

x_1 – vidutinė metų ketvirčio biokuro kaina Lietuvos rinkoje, EUR/MWh;

x_2 – iš atsinaujinančių energijos išteklių pagamintos elektros energijos kiekis per metų ketvirtį, GWh;

Iš modelio lygties koeficientų matyti, kad, didėjant biokuro kainai, elektros kaina auga, o didėjant iš atsinaujinančių energijos išteklių pagamintam elektros energijos kiekiui, elektros kaina mažėja. Svarbu nustatyti, ar sudarytas modelis tinka panaudotiems duomenims paaiškinti. Taip pat būtina patikrinti, ar regresijos modelis apskritai yra statistiškai reikšmingas. Sukurto tiesinio regresijos modelio tinkamumo ir reikšmingumo rodikliai pateikti 9 lentelėje:

9 lentelė. Daugialypio tiesinio regresijos modelio tinkamumo ir reikšmingumo rodikliai

Determinacijos koeficientas R^2	Pataisytas determinacijos koeficientas \bar{R}^2	F (Fisher'io) statistika	p reikšmė
0,455	0,403	8,759	0,002

Kadangi sudarytas modelis yra daugialypis, tai jo tikslumą apibūdina pataisytas determinacijos koeficientas. Modelio pataisytas determinacijos koeficientas $\bar{R}^2 = 0,403$. Vadinasi, modelis paaiškina 40,3 % priklausomo kintamojo (vidutinės metų ketvirčio didmeninės elektros energijos kainos) sklaidos apie vidurkį. Tai vidutinio tikslumo modelis.

Modelio F (Fisher'io) statistikos tikimybė mažesnė už pasikliautinumo lygmenį ($p < \alpha$), tai modelis yra statistiškai reikšmingas.

Su turimais duomenimis galima kurti ne tik daugialypį tiesinį regresijos modelį, bet ir vienalypius netiesinius regresijos modelius su kiekvienu nepriklausomu kintamuoju atskirai. Poriniai netiesiniai regresijos modeliai kuriami su visais tyrime naudotais nepriklausomais kintamaisiais. Su kiekvienu nepriklausomu kintamuoju galima sukurti daug skirtingų netiesinių modelių. Dėl to toliau nagrinėjami tik reikšminiai modeliai turintys didžiausią determinacijos koeficientą iš visų regresijos modelių, kuriuos galima sudaryti su tam tikru nepriklausomu kintamuoju. Tiksliausi modeliai, sukurti naudojant kiekvieną nepriklausomą kintamąjį, pateikti 10 lentelėje:

10 lentelė. Tiksliausi netiesiniai regresijos modeliai, sudaryti su kiekvienu nepriklausomu kintamuoju

Nepriklausomas kintamasis x	Modelio ir ryšio tarp kintamųjų tipas	Modelio lygtis	Determinacijos koeficientas R^2	F (Fisher'io) statistikos tikimybė p
Suvartojimas, GWh	Nėra reikšmingo modelio	–	–	Visų modelių $> 0,05$
Gamintojų skaičius	Nėra reikšmingo modelio	–	–	Visų modelių $> 0,05$
Vietinė gamyba, GWh	Antro laipsnio polinomas	$y = 209,732 - 0,34 \cdot x$	0,272	0,036
Grynasis importas, GWh	Trečio laipsnio polinomas	$y = 93,135 - 3,514 \cdot 10^{-5} \cdot x^2 + 1,12 \cdot 10^{-8} \cdot x^3$	0,307	0,021
Importuojamų gamtinių dujų kaina, EUR/MWh	Trečio laipsnio polinomas	$y = 3,614 + 2,303 \cdot x - 0,001 \cdot x^3$	0,399	0,005
Biokuro kaina, EUR/MWh	EkspONENTINIS	$y = 29,792 \cdot e^{0,028 \cdot x}$	0,289	0,007
Gamyba iš atsinaujinančių energijos išteklių, GWh	EkspONENTINIS	$y = 56,791 \cdot e^{-0,001 \cdot x}$	0,229	0,018
Suvaltos energijos dalies, nupirkto biržoje, kvadratas	Nėra reikšmingo modelio	–	–	Visų modelių $> 0,05$
Veiklą vykdančių nepriklausomų tiekėjų skaičius	Nėra reikšmingo modelio	–	–	Visų modelių $> 0,05$

Iš lentelės matyti, kad net su penkiais skirtingais nepriklausomais kintamaisiais galima sudaryti porinius netiesinius regresijos modelius. Nors jie nėra labai tikslūs (visų modelių $R^2 < 0,4$), iš šių modelių galima nustatyti, kurie veiksniai daro įtaką elektros energijos kainai Lietuvoje. Netiesinius regresijos modelius, paaiškinančius vidutinę metų ketvirčio didmeninę Lietuvos elektros energijos kainą, galima sudaryti kaip nepriklausomą kintamąjį naudojant vietinę elektros energijos gamybą, grynąjį importą, importuojamų gamtinių dujų kainą, biokuro kainą ir gamybą iš atsinaujinančių energijos išteklių. Sudarytų netiesinių modelių parametrų reikšmingumo vertinimas pateikiamas 11 lentelėje:

11 lentelė. Sudarytų netiesinių regresijos modelių parametų reikšmingumo vertinimas

Nepriklausomas kintamasis	Parametras	<i>t</i> (Student'o) statistikos tikimybė <i>p</i>
Vietinė gamyba, GWh	$b_1 = -0,34$	0,011
	$b_2 = 0$	0,011
Grynasis importas, GWh	$b_2 = -3,514 \cdot 10^{-5}$	0,006
	$b_3 = 1,12 \cdot 10^{-8}$	0,002
Importuojamų gamtinių dujų kaina, EUR/MWh	$b_1 = 2,303$	0,015
	$b_3 = 2,303$	0,048
Biokuro kaina, EUR/MWh	$b_1 = 0,028$	0,007
Gamyba iš atsinaujinančių energijos išteklių, GWh	$b_1 = -0,001$	0,018

Iš lentelės matyti, kad visų sudarytų netiesinių modelių parametrai yra reikšmingi, nes jų Student'o statistikos tikimybė $p < 0,05$. Dėl to visi penki modeliai yra tinkami elektros energijos kainos reikšmėms paaiškinti. Vis dėlto, nei vieno iš porinių netiesinių regresijos modelių determinacijos koeficientas nėra didesnis nei anksčiau sudaryto daugialypio tiesinio regresijos modelio, todėl galima teigti, kad pastarasis modelis geriausiai tinka paaiškinti vidutinę ketvirčio metų elektros energijos kainą Lietuvos didmeninėje rinkoje.

Jeigu tiesinį regresijos modelį ketinama naudoti elektros energijos kainos prognozavimui, būtina patikrinti ar liekamosios paklaidos atitinka Gauss'o-Markov'o prielaidas:

- liekamosios paklaidos yra pasiskirstę pagal normalųjį skirstinį;
- jų vidurkis lygus nuliui;
- liekamosios paklaidos yra homoskedastinės (jų dispersija pastovi);
- paklaidos tarpusavyje nekoreliuoja (nėra autokoreliacijos).

Ar liekamųjų paklaidų skirstinys yra normalusis, tikrinama taip pat, kaip buvo tikrinamas kintamųjų normalumas. Liekamųjų paklaidų normalumo patikrinimas pateiktas 12 lentelėje:

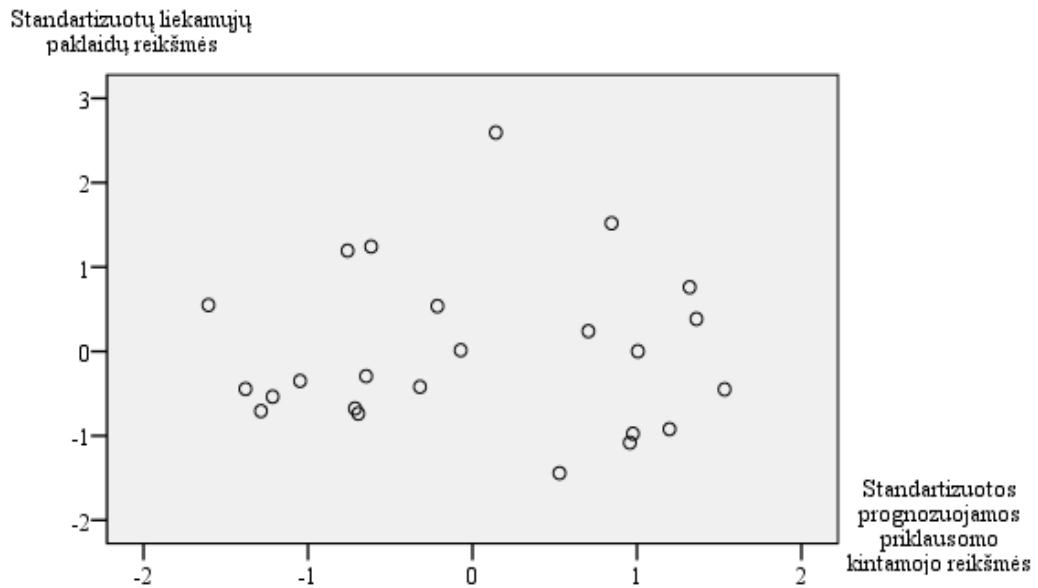
12 lentelė. Liekamųjų paklaidų normalumo tikrinimas

Kintamasis	Kolmogorov'o-Smirnov'o statistika			Shapiro-Wilk'o statistika		
	Statistika	Stebinių skaičius	<i>p</i> reikšmė	Statistika	Stebinių skaičius	<i>p</i> reikšmė
Liekamosios paklaidos	0,162	24	0,102	0,936	24	0,133

Matyti, kad Shapiro-Wilk'o statistikos tikimybė p didesnė už pasiklovimo lygmenį α ($0,133 > 0,05$), todėl nulinė hipotezė, kad liekamųjų paklaidų skirstinys yra normalusis, neatmetama. Dėl to normalumo sąlyga tenkinama.

„SPSS“ programa apskaičiuotas liekamųjų paklaidų vidurkis lygus nuliui, tai nulinio vidurkio sąlyga tenkinama.

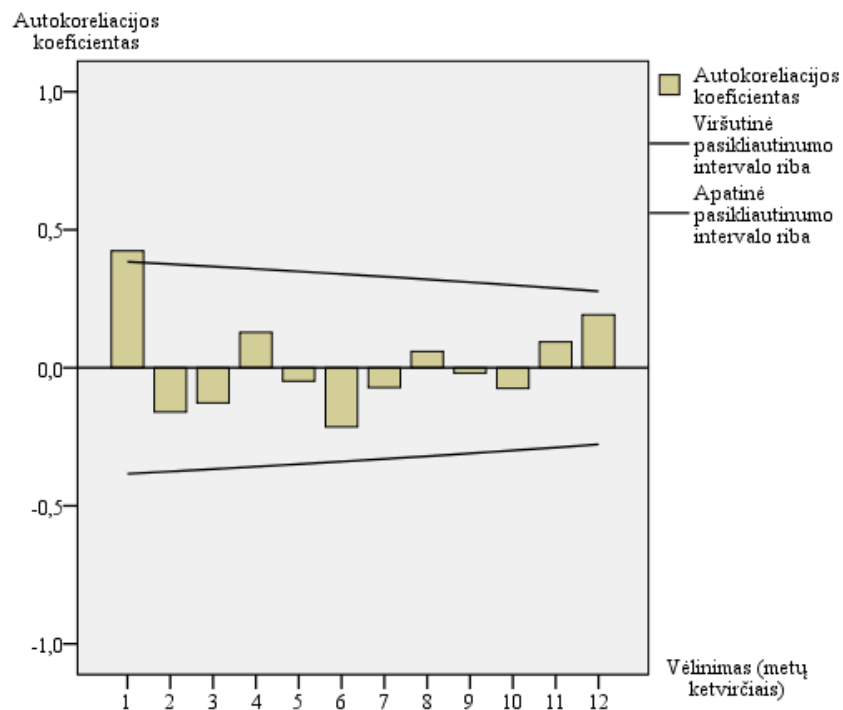
Ar paklaidos homoskedastinės, galima įvertinti iš standartizuotų liekamųjų paklaidų sklaidos diagramos standartizuotų prognozuojamų priklausomo kintamojo reikšmių atžvilgiu. Liekamųjų paklaidų sklaidos diagrama pateikiama 23 paveiksle:



23 pav. Liekamųjų paklaidų sklaidos diagrama

Paveiksle matyti, kad liekamosios paklaidos gana simetriškai išsidėstę nulinio atžvilgiu. Dėl to galima teigti, kad paklaidos homoskedastinės. Vadinasi, dispersijos pastovumo sąlyga yra tenkinama.

Ar liekamosios paklaidos atitinka nepriklausomumo prielaidą (vienos paklaidos nepriklauso nuo kitų) galima nustatyti iš autokoreliacijos grafiko. Jis pateiktas 24 paveiksle:

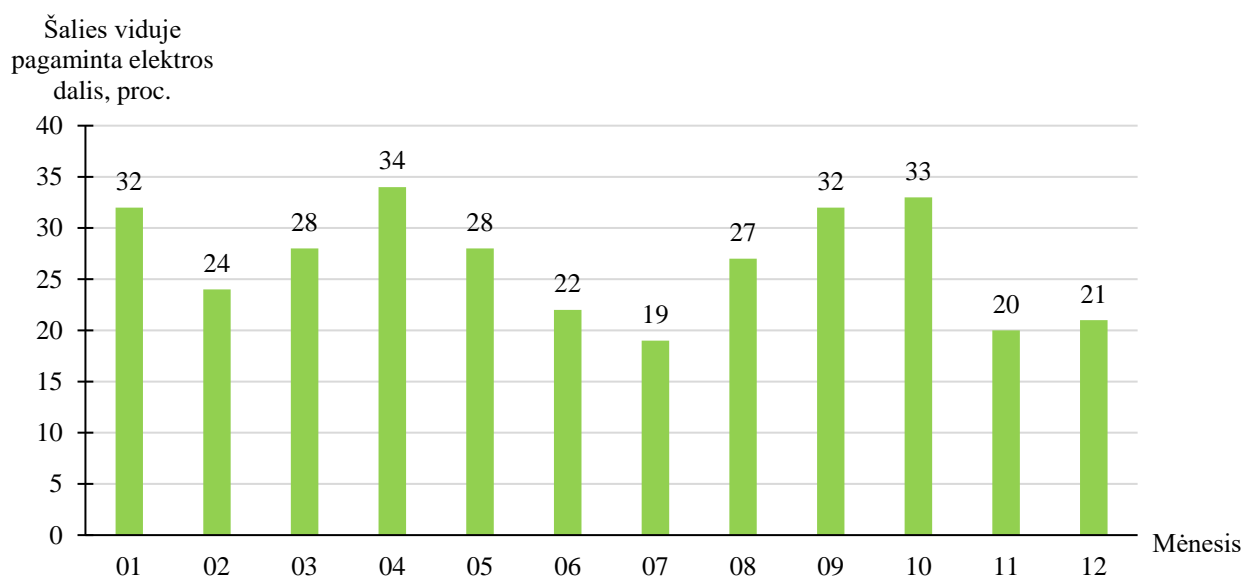


24 pav. Liekamųjų paklaidų autokoreliacijos grafikas

Paveiksle galima matyti, kad autokoreliacijos koeficientas šiek tiek viršija viršutinę pasikliautinumo intervalo ribą esant vieno ketvirčio vėlinimui. Vadinasi, vidutinė didmeninė ketvirčio elektros energijos kaina Lietuvos rinkoje koreliuoja su ankstesnio ketvirčio elektros kaina. Esant kitokiam vėlinimui, paklaidų tarpusavio koreliacija nestebima. Nors nedidelė autokoreliacija stebima tik su viena vėlinimo reikšme, nepriklausomumo sąlyga nėra tenkinama. Dėl to sumažėja prognozavimo naudojant šį modelį patikimumas.

Atlikta regresinė analizė parodė, kad iš devynių pasirinktų veiksnių net penki daro įtaką vidutinei didmeninei elektros energijos kainai Lietuvos elektros energijos rinkoje. Šie veiksniai yra: elektros energijos gamyba šalies viduje, grynasis importas iš kitų šalių, kuro (gamtinių dujų ir biokuro) kaina bei elektros gamybos iš atsinaujinančių energijos išteklių mastas. Su visais jais buvo sudaryti netiesiniai regresijos modeliai.

Kaip nepriklausomą kintamąjį pasirinkus vietinę elektros energijos gamybą gautas regresijos modelis aprašomas antro laipsnio polinomo lygtimi. Nors joje koeficientas prie kintamojo kvadrato yra reikšmingas (pagal Student'o kriterijų), jis yra nykstamai mažas, todėl praktiškai yra gaunama tiesinė lygtis. Kadangi koeficientas prie kintamojo neigiamas, galima teigti, kad didinant elektros energijos gamybą Lietuvoje, vidutinė elektros kaina šalyje mažėja. Dėl šios priežasties reikia skatinti investicijas į elektros energijos gamybą šalies viduje. Lietuvos elektros energijos poreikio dalies, pagaminamos šalies viduje, kitimas 2018 m. pateikiamas 25 paveiksle:



25 pav. Lietuvoje suvartojamo elektros energijos kiekio dalis, pagaminta šalies viduje 2018 m. (sudaryta autoriaus pagal Energijos tiekimo (2019) duomenis)

Kaip matyti paveiksle, 2018 m. Lietuvoje kiekvieną mėnesį buvo pagaminama tik nuo 19 % iki 34 % šalies vartotojų tą mėnesį sunaudojamos elektros energijos. Palyginimui galima paminėti, kad Latvijoje šis rodiklis 2018 m. kito nuo 56 % iki 141 %, o Estijoje – nuo 88 % iki 151 %. Turint omenyje, kad tyrimo metu gauta, jog vietinė elektros energijos gamyba Lietuvoje mažina didmeninę kainą rinkoje, galima teigti, kad Lietuvoje pagaminama per mažai elektros energijos.

Netiesinio modelio, įvertinančio grynojo importo įtaką elektros kainai, koeficientas prie kintamojo pakelto kvadratu neigiamas, o prie kintamojo pakelto kubu – teigiamas. Remiantis šiuo modeliu galima teigti, kad didėjant grynajam elektros energijos importui elektros kaina iš pradžių mažėja,

tačiau pasiekus tam tikrą jo dydį papildomas grynasis importas pradeda kainą didinti. Apskaičiavus gautos lygties išvestinę ir prilyginus ją nuliui gaunamas lygties ekstremumo taškas, lygus 2091,7. Vadinasi, jei grynasis importas viršija 2091,7 GWh, tai papildomas grynasis importas sąlygoja elektros kainos augimą. Tai galima paaiškinti tuo, kad naudinga importuoti tik pigesnę nei galima pagaminti šalyje elektrą. Dėl to, didėjant importui, elektra pinga. Vis dėlto, vartojimui šalyje augant ir nesant palankioms sąlygoms elektros gamybai šalies viduje, importuojamas elektros kiekis gali pasiekti tam tikrą vertę, kai Lietuva galimai tampa per daug priklausoma nuo kitų šalių elektros gamybos pajėgumų ir kainos jų rinkose bei tarpsisteminių jungčių veikimo. Jei elektros kaina su Lietuva prekiaujančiose šalyse didelė, o gamybos pajėgumai šalyje maži, tai importas didina kainą Lietuvoje. Tas pats vyksta ir sutrikus tarpsisteminių jungčių darbui, nes tada Lietuva gali būti priversta elektrą importuoti ne iš šalies, kur ji pigiausia, bet iš bet kurios valstybės, kuri tuo metu gali elektros parduoti. Tai įrodo, kad Lietuvai labai reikalingas tarpsisteminių jungčių su kaimyninėmis šalimis vystymas ir savų gamybos pajėgumų didinimas. Tai ypač svarbu turint omenyje, kad Baltijos šalys ketina atlikti sinchronizaciją su kontinentinės Europos tinklu. Norint atlikti sinchronizaciją, yra būtini pakankami elektros gamybos pajėgumai, kurie leistų, esant poreikiui, visų trijų Baltijos šalių elektros energetikos sistemoms veikti salos (autonominio) režimu. Be to, kol kas nėra aišku, ką Lietuva darys su tarpsisteminėmis jungtimis su Rusija ir Baltarusija, kuriomis dabar importuoja didelę dalį savo elektros energijos poreikio. Jeigu būtų nuspręsta šias jungtis demontuoti, Lietuvai reiktų arba daugiau elektros importuoti arba daugiau jos pagaminti šalies viduje. Jei tuo metu šalyje nebūtų pakankamą įrengtąją galią turinčių konkurencingų gamintojų, didmeninė elektros energijos kaina Lietuvoje kiltų.

Tiksliausias iš visų netiesinių regresijos modelių gautas nepriklausomu kintamuoju pasirinkus importuojamų gamtinių dujų kainą. Taip yra todėl, kad gamtinės dujos yra viena iš pagrindinių kuro rūšių regione. Sudaryto modelio tipas – trečio laipsnio polinomas. Iš lygties koeficientų matyti, kad gamtinių dujų kainai didėjant, elektros kaina taip pat didėja. Vis dėlto, importuojamų gamtinių dujų kainos reikšmei pasiekus 27,71 EUR/MWh (lygties ekstremumo taškas), tolesnis jos didėjimas nebedidina energijos kainos. Priešingai, yra stebimas jos mažėjimas. Negalima teigti, kad gamtinių dujų kainos augimas sąlygoja elektros energijos kainos mažėjimą, tačiau tikėtina, kad gamtinių dujų kainai stipriai išaugus, gamtines dujas deginančias elektrines iš rinkos išstumia kitos elektros gamybos technologijos. Tokiu atveju gali pasikeisti kainą rinkoje nustatanti technologija. Jau buvo parodyta, kad, nors gamtinių dujų panaudojimas elektrai gaminti Lietuvoje dar yra gana svarbus, jo reikšmė kasmet mažėja. Jeigu ši tendencija išliks, ateityje gamtinių dujų kainos įtaka Lietuvos elektros energijos kainai turėtų mažėti.

Vertinant biokuro kainos įtaką elektros energijos kainai, gautas eksponentinio trendo modelis. Kadangi koeficientas prie kintamojo yra teigiamas, brangstant biokurui didėja elektros energijos vidutinė kaina. Tai rodo, kad elektros gamyba iš biokuro Lietuvoje yra svarbi, jos nepakeičia gamyba iš kitų energijos išteklių. Taip gali būti dėl to, kad biokuras šalyje dažnai yra naudojamas kogeneracinėse elektrinėse, kurios gamina ne tik elektrą, bet ir šilumą. Kadangi šilumos energijos gamyba yra būtina, tai kogeneracinėse elektrinėse yra nuolat gaminama elektra. Be to, Lietuvoje veikia biokuro gamybos įmonės, šalis turi nemažai žemės, kurioje galima auginti ir yra auginami energetiniai augalai – biokurui reikalingas išteklius. Visa tai patvirtina, kad biokuro energetika Lietuvoje yra sėkmingai vystoma. Biokuro išteklių prieinamumas šalies viduje lemia, kad jį patogiau naudoti tiek šilumai, tiek elektrai gaminti, todėl natūralu, kad vidutinė biokuro kaina Lietuvos rinkoje daro įtaką didmeninei elektros energijos kainai.

Dar vienas porinis netiesinis regresijos modelis buvo sudarytas vertinant elektros gamybos iš atsinaujinančių energijos išteklių įtaką elektros kainai. Tai eksponentinio trendo modelis, kuriame koeficientas prie nepriklausomo kintamojo yra neigiamas. Tai rodo, kad Lietuvoje daugiau elektros gaminant iš atsinaujinančių energijos išteklių, elektros kaina didmeninėje rinkoje mažėja. Vadinasi, atsinaujinanti energetika ne yra tik mažiau tarši nei tradicinė energetika, bet ir yra pakankamai reikšminga, kad galėtų išstumti iš rinkos brangiausias elektros gamybos technologijas.

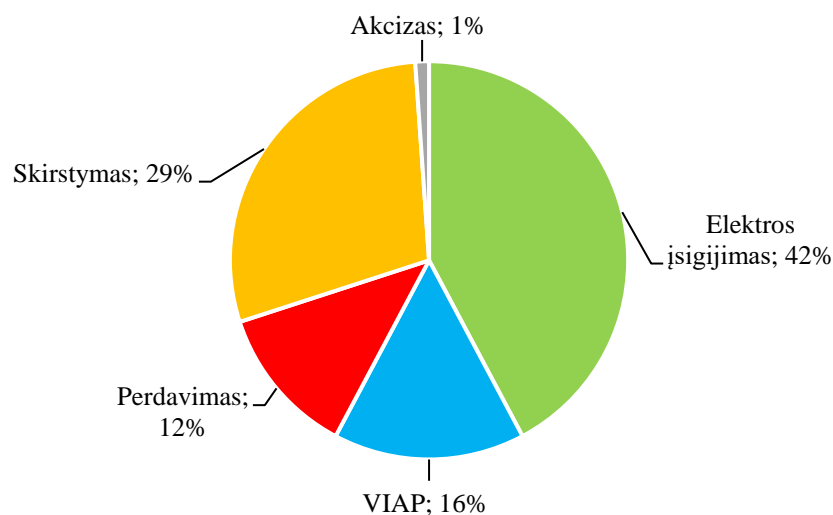
Už visus netiesinius modelius tikslesnis buvo dvilypis tiesinis regresijos modelis, kuriame nepriklausomi kintamieji buvo vidutinė biokuro kaina ir elektros gamyba iš atsinaujinančių energijos išteklių. Tai rodo, kad norint gerai suprasti elektros energijos kainos pokyčius, reikia vertinti kompleksinę skirtingų veiksnių daromą įtaką elektros kainai. Nors buvo nustatyti net penki veiksniai, kurie daro įtaką vidutinei ketvirčio elektros energijos kainai Lietuvoje, jie kiekvienas atskirai paaiškina tik sąlyginai nedidelę elektros kainos reikšmių sklaidą. Svarbu tai, kad net dvilypis tiesinis regresijos modelis, kuris yra tiksliausias iš visų sudarytų, gali paaiškinti tik 40,3 % elektros energijos kainos reikšmių. Vadinasi, didmeninės elektros energijos kainos formavimasis Lietuvoje yra labai sudėtingas procesas.

Svarbu nagrinėti ir kintamuosius, su kuriais nepavyko sudaryti jokio statistiškai reikšmingo modelio. Vienas iš jų yra elektros energijos suvartojimas. Nors jis dažnai yra minimas kaip vienas iš pagrindinių elektros kainą lemiančių veiksnių, tyrimo metu to nepavyko įrodyti. Tai galima paaiškinti tuo, kad vartojimo (ir nepastoviai elektrą gaminančių elektrinių gamybos) pokyčiai dienos eigoje yra gana staigūs. Jie lemia momentinius elektros gamintojų sudėties pasikeitimus, kurie kartais gali būti visiškai neprognozuoti. Dėl to greitai kinta elektros kaina. Tuo tarpu tarpusavyje lyginant ilgesnius laikotarpius, pavyzdžiui, metų ketvirčius, elektros energijos vartojimas skiriasi nedaug. Be to, nors Lietuvoje išmanieji skaitikliai nėra masiškai naudojami ir jais kol kas dar negalima valdyti vartojimo, šalyje yra unikalus paklausos išteklių valdymo būdas, kuris gali sumažinti kainos šuolius. Tai – Kruonio hidroakumuliacinė elektrinė (KHAE). Ši elektrinė yra išskirtinė, nes gali elektros energiją ne tik gaminti, bet ir vartoti. Jos paskirtis yra subalansuoti elektros gamybą ir vartojimą. Kai kitų elektrinių gamyba yra mažesnė nei buvo prognozuota ir elektros kaina kyla, KHAE gali gaminti elektrą ir neleisti jos kainai stipriai pakilti. Tai vyksta leidžiant vandenį iš aukštutinio baseino pro hidroturbinas į Kauno marias. Kai kitos elektrinės gamina daugiau elektros negu buvo prognozuota arba vartojimas yra mažesnis nei tikėtasi, o elektros kaina rinkoje yra žema, Kruonio hidroelektrinė veikia siurblio režimu ir pumpuoja vandenį iš Kauno marių į aukštutinį baseiną. Šiuo atveju ji elektros energiją vartoja. KHAE įrengtoji galia yra net 900 MW, o pilną pajėgumą ji gali pasiekti vos per 2 minutes (Lietuvos energijos gamyba, 2018). Dėl to ši elektrinė puikiai tinka gamybos ir vartojimo balansavimui bei elektros energijos kainos svyravimų, kuriuos sukelia gamybos ir vartojimo pokyčiai, sušvelninimui. Šios išskirtinės Baltijos šalyse elektrinės naudojimas gali būti viena priežasčių, kodėl tyrimo metu nebuvo pastebėta elektros energijos suvartojimo per metų ketvirtį įtaka vidutinei ketvirčio elektros energijos kainai Lietuvos didmeninėje rinkoje.

Joks modelis nebuvo sudarytas su kintamaisiais įvertinančiais gamintojų skaičių, nepriklausomų tiekėjų skaičių ir energijos dalį, kuri yra parduodama elektros biržoje. Tai įdomu, nes visi šie kintamieji iš esmės apibūdina rinkos struktūrą ir konkurenciją rinkoje. Dėl to galima teigti, kad bent jau per laikotarpį, kurio duomenys buvo naudojami, konkurencija neturėjo lemiamos įtakos elektros energijos vidutinei kainai Lietuvoje. Nors per tiriamąjį laikotarpį gamintojų skaičius nuolat augo, o 2018 m. IV ketvirtį buvo net 2 425, dauguma šių gamintojų yra labai smulkios atsinaujinančios

energijos išteklius (daugiausiai saulės energiją) naudojančios elektrinės. Po vieną jos yra paprasčiausiai per mažos, kad galėtų daryti įtaką elektros energijos kainai didmeninėje rinkoje. 2015 m. duomenimis net 2 071 prie tinklo prijungta elektrinė Lietuvoje buvo saulės elektrinė. Vadinasi, kitų tipų elektrinių šalyje yra gerokai mažiau. Pavyzdžiui, iškastinį kurą naudojančių elektrinių, kurios įprastai būna didžiausios galios, tais pačiais metais buvo 39 (iš jų 25 degino gamtines dujas). Be to, kelios tos pačios elektrinės gali priklausyti tam pačiam savininkui, o tai mažina konkurenciją. Kita vertus, tai, jog didėjantis gamintojų skaičius nedarė įtakos elektros energijos kainai galėtų reikšti, kad šalies elektros gamybos rinka jau yra labai konkurencinga ir didėjančio gamintojų skaičiaus poveikis elektros kainai paprasčiausiai negali būti pastebimas. Toks požiūris galėtų būti teisingas, jeigu Lietuva gamintų sąlyginai didelį kiekį elektros energijos. Kadangi šiuo metu šalis gamina ganėtinai mažą dalį sau reikalingo elektros kiekio, tai galima teigti, kad gana ryškus konkurencijos tarp gamintojų didėjimas nėra pakankamas, nes per maža naujų rinkos dalyvių įrengtoji galia. Nesunku paaiškinti, kodėl didmeninei elektros energijos kainai įtakos nedarė nepriklausomų tiekėjų skaičius. Elektros biržoje prekyba vyksta pateikiant pasiūlymus, kuriuose nurodomas elektros kiekis ir kaina. Tiekėjų perkamas elektros energijos kiekis nepriklauso nuo konkurencijos tarp jų. Nesvarbu, kiek tiekėjų atstovauja vartotojus, jų bendras nupirktas elektros energijos kiekis išlieka toks pats. Tuo tarpu kaina rinkoje yra nustatoma pagal gamintojų pateikiamus pasiūlymus visam reikalingam elektros energijos kiekiui. Dėl šios priežasties nepriklausomų tiekėjų skaičius nedarė įtakos elektros kainai, kai yra prekiaujama biržoje. Kitas prekybos elektra būdas yra prekyba ilgalaikėmis dvišalėmis sutartimis, tačiau šis būdas yra mažiau naudojamas, jo svarba ilgainiui mažėja. Taip yra todėl, kad prekyba dvišalėmis sutartimis nėra tokia skaidri kaip prekyba elektros biržoje. Ji yra laikoma mažiau konkurencine, nes sunku nustatyti, kuo remiantis yra atliekami sandoriai. Dėl šios priežasties buvo tiriama, ar tai, kokia suvartojamos elektros energijos dalis yra nuperkama per biržą, t. y. visiškai skaidriai, turi įtaką elektros kainai. Kadangi su tai aprašančiu kintamuoju nepavyko sudaryti regresijos modelio, galima teigti, kad visos nuperkamos elektros energijos dalis, kuri yra perkama biržoje, įtakos elektros energijos kainai Lietuvoje neturi. Tai rodo, kad prekyba elektra dvišalėmis sutartimis šalyje vyksta taip pat konkurencingai kaip ir prekyba biržoje.

Tyrimo rezultatai galioja vidutinei metų ketvirčio didmeninei elektros energijos kainai Lietuvoje. Svarbu suprasti, kokių laipsnių jie gali būti pritaikyti mažmeninei elektros energijos rinkai šalyje. Kaip jau buvo minėta, buitiniams vartotojams elektros energijos rinka Lietuvoje nėra visiškai liberalizuota. Jie už elektros energiją moka VKEKK nustatomą visuomeninį tarifą. Visuomeninės elektros kainos sandara buvo pateikta 9 paveiksle. Nebuitiniai (komerciniai) vartotojai elektrą perka visiškai liberalizuotoje rinkoje. 2017 m. II pusmečio vidutinės elektros energijos kainos, kuri tuo metu buvo 8,8 ct/kWh, dedamosios Lietuvos komerciniams vartotojams pavaizduotos 26 paveiksle:



26 pav. Nebuitinių vartotojų mokamos vidutinės elektros energijos kainos dedamosios Lietuvoje 2017 m. II pusmetį (sudaryta autoriaus pagal Nacionalinės Lietuvos energetikos asociacijos (2018) duomenis)

Iš paveikslo matyti, kad vienintelė galinti nuolat kisti mažmeninės elektros energijos kainos dedamoji yra elektros energijos įsigijimas ją perkant didmeninėje rinkoje. Dėl to galima teigti, kad tyrimo metu nustatyti veiksniai, darantys įtaką didmeninei elektros energijos kainai Lietuvoje, veikia ir mažmeninę elektros kainą šalyje. Visų jų, išskyrus elektros gamybos iš atsinaujinančių energijos išteklių ir nepriklausomų tiekėjų skaičiaus poveikis mažmeninei elektros energijos kainai turėtų būti toks pats kaip poveikis kainai didmeninėje rinkoje. Elektros gamyba iš atsinaujinančių energijos išteklių yra dvejopą poveikį mažmeninei kainai turintis veiksnys. Kadangi didėjant elektros gamybai iš atsinaujinančių išteklių mažėja didmeninė elektros kaina, tai šis veiksnys netiesiogiai mažina ir mažmeninę elektros kainą (sumažėja elektros energijos įsigijimo dedamoji). Kita vertus, parama atsinaujinančius išteklius naudojančioms elektrinėms tiesiogiai veikia mažmeninę elektros kainą, nes yra finansuojama iš jos VIAP dedamosios. Elektros energijos gamybos iš atsinaujinančių energijos išteklių poveikio galutinei elektros energijos kainai nustatymas įvertinant tiek tiesioginį, tiek netiesioginį šio veiksnio poveikį galėtų būti tolesnių tyrimų objektas. Kitas tolesnių tyrimų objektas galėtų būti nepriklausomų tiekėjų konkurencijos įtakos mažmeninei kainai įvertinimas. Nors darbe nebuvo įrodyta nepriklausomų tiekėjų skaičiaus įtaką didmeninei elektros energijos kainai, tikėtina, kad šis veiksnys gali veikti mažmeninę elektros kainą, nes nepriklausomų tiekėjų veiklos kaštai įeina į nebutinių vartotojų sumokamą elektros kainą. Jie yra elektros energijos įsigijimo dedamosios dalis. Tolesniuose tyrimuose, esant reikiams duomenims, būtų galima giliau nagrinėti įvairių veiksnių įtaką didmeninei elektros kainai išskaidant kai kuriuos veiksnius į smulkesnius. Pavyzdžiui, veiksnių „Grynasis importas, GWh“ būtų galima išskaidyti į kelis skirtingus veiksnius, kurie apibūdintų grynąjį importą iš atskirų šalių (grynasis importas iš Latvijos, Švedijos, Rusijos ir t. t.). Tikėtina, kad importas iš kurios nors konkrečios šalies didmeninei elektros kainai daro didesnę įtaką negu importas iš kitų šalių. Į kelis veiksnius taip pat būtų galima išskaidyti ir veiksnių, aprašančių gamybos iš atsinaujinančių energijos išteklių kiekio kitimą. Būtų naudinga nagrinėti atskirų elektros gamybos iš atsinaujinančių išteklių technologijų poveikį elektros kainai, kuris, tikėtina, nebūtų vienodas. Taip pat tolesniuose tyrimuose būtų galima nagrinėti kai kurių veiksnių (kuro kainų, gamybos iš atsinaujinančių išteklių, rinkos struktūros) kitimo šalyje, prekiaujančiose elektra su Lietuva, įtaką Lietuvos elektros energijos kainai. Tikėtina, kad situacija kitose šalyse gali daryti įtaką didmeninei elektros kainai Lietuvoje.

Remiantis tyrimo rezultatais, galima rekomenduoti, ką reikėtų daryti norint sumažinti vidutinę didmeninę Lietuvos elektros energijos kainą. Rekomenduotina skatinti tiek iš atsinaujinančių energijos išteklių elektrą gaminančių jėgainių, tiek kitų rūšių konkurencingų elektrinių pajėgumų plėtrą šalyje ir naujų elektrinių statybą. Taip pat reikėtų statyti naujas tarpvietines jungtis ar bent jau išsaugoti šiuo metu turimas net ir po sinchronizacijos su kontinentinės Europos elektros energetikos sistema. Rekomenduotina skatinti Lietuvos biokuro energetikos sektoriaus ir rinkos plėtrą bei išnaudoti turimą suskystintų gamtinių dujų terminalą ieškant prekybos partnerių ir tokiu būdu siekti sumažinti šių kuro rūšių kainą.

Apibendrinant galima pasakyti, kad sudarius penkis netiesinius regresijos modelius ir vieną dvilypi tiesinį regresijos modelį buvo išsiaiškinta, jog didmeninei elektros energijos kainai Lietuvoje įtaką daro šalyje gaminamos elektros energijos kiekis, elektros gamybos iš atsinaujinančių energijos išteklių mastas, grynasis elektros importas bei kuro (gamtinių dujų ir biokuro) kainos. Iš sudarytų porinių netiesinių regresijos modelių galima spręsti, kad vietinė elektros gamyba ir elektros generacija iš atsinaujinančių energijos išteklių mažina didmeninę elektros energijos kainą šalyje. Tuo tarpu biokuro kainos augimas elektros kainą didina, o gamtinių dujų kaina ir grynasis importas ją veikia kompleksiskai. Nustatyta, kad gamtinių dujų kainai augant iki 27,71 EUR/MWh, elektros kaina didėja. Dujų kainai augant toliau, elektros kaina mažėja. Taip pat nustatyta, kad grynajam importui augant iki 2019,7 GWh, elektros kaina mažėja, o jam toliau augant pradeda didėti. Iš sudaryto dvilypio tiesinio regresijos modelio galima spręsti, kad biokuro kaina ir elektros gamyba iš atsinaujinančių energijos išteklių kartu tiesiškai veikia didmeninę elektros kainą Lietuvoje. Šis modelis yra tiksliausias iš visų sudarytų, nes paaiškina 40,3 % elektros energijos kainos įgyjamų reikšmių.

Išvados ir rekomendacijos

1. Elektros energija yra naudojama gaminant daugumą prekių ir teikiant kai kurias paslaugas. Ji taip pat vartojama beveik kiekviename namų ūkyje. Dėl to, kad elektros energija yra plačiai naudojama, jos kaina yra svarbi didelei daliai ūkio subjektų. Elektros kaina yra nepastovi ir nuolat kinta, todėl elektros rinkoje dalyvaujantiems ūkio subjektams planuojant savo veiklą yra svarbu žinoti, kokie veiksniai daro įtaką elektros energijos kainai. Kadangi skirtingais tyrimais nustatyta veiksnių įtaka kainai yra nevienoda, tai būtina nagrinėti konkrečios šalies atveji.
2. Lietuvos elektros energetikos sistemą sudaro elektros energijos gamintojai, perdavimo ir skirstomųjų tinklų operatoriai bei vartotojai. Elektros rinkoje dalyvauja gamintojai, tiekėjai ir vartotojai. Lietuvoje elektros energijos rinka yra konkurencinė. Ji nėra visiškai liberalizuota, nes buitiniams vartotojams yra taikomas visuomeninio tiekimo elektros energijos tarifas. Šalies gamintojai ir tiekėjai dalyvauja bendroje Šiaurės ir Baltijos šalių elektros energijos rinkoje.
3. Atlikus teorinę analizę buvo išskirta daug veiksnių, galimai darančių įtaką elektros energijos kainai. Dažniausiai tyrimuose nagrinėjami veiksniai yra rinkos struktūra ir konkurencija rinkoje, energijos suvartojimas ir paklausos išteklių valdymas bei elektros gamyba iš atsinaujinančių energijos išteklių. Yra laikoma, kad konkurencija tarp gamintojų ir tiekėjų mažina rinkos kainą, o konkurencija tarp tinklo operatorių ją didina. Įvairūs tyrimai atskleidžia skirtingą elektros gamybos iš atsinaujinančių energijos išteklių poveikį elektros kainai. Visi autoriai teigia, kad vėjo energijos panaudojimas elektrai gaminti mažina jos didmeninę kainą. Daugumoje tyrimų nustatomas toks pats šios technologijos poveikis mažmeninei elektros kainai. Saulės energijos naudojimo elektrai gaminti poveikis įvairiuose tyrimuose vertinamas skirtingai. Dauguma tyrimų rodo, kad saulės energijos naudojimas elektrai gaminti didina elektros kainą. Kitų atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo poveikis elektros kainai tyrimuose nagrinėjamas retai.
4. Buvo parengta vidutinei didmeninei ketvirčio elektros energijos kainai Lietuvoje įtaką darančių veiksnių nustatymo metodologija į kurią įeina koreliacinė ir regresinė 2013–2018 m. ketvirtinių duomenų (vidutinės elektros energijos kainos, energijos suvartojimo, gamintojų skaičiaus, vietinės elektros gamybos, grynojo importo, gamtinių dujų kainos, biokuro kainos, elektros gamybos iš atsinaujinančių energijos išteklių, biržoje suprekiautos energijos dalies ir veiklą vykdančių nepriklausomų tiekėjų skaičiaus) analizė.
5. Atlikus koreliacinę analizę buvo nustatyta, kad su vidutine didmenine ketvirčio elektros energijos kaina reikšmingai tiesiškai koreliuoja vidutinė importuojamų dujų kaina, vidutinė biokuro kaina ir elektros, pagamintos iš atsinaujinančių energijos išteklių, kiekis. Atlikta regresinė analizė parodė, kad Lietuvos elektros energijos didmeninę kainą veikia šalyje pagaminamos elektros kiekis, grynasis importas, vidutinė biokuro kaina, vidutinė importuojamų gamtinių dujų kaina ir elektros, pagaminamos iš atsinaujinančių energijos išteklių, kiekis.
6. Buvo sudaryti penki poriniai netiesiniai regresijos modeliai, kurie parodė, kad vietinė elektros gamyba ir elektros generacija iš atsinaujinančių energijos išteklių mažina elektros kainą Lietuvos didmeninėje rinkoje. Išsiaiškinta, kad biokuro kainos augimas didina elektros kainą, o gamtinių dujų kaina ir grynasis importas ją veikia kompleksiskai. Nustatyta, kad gamtinių dujų kainai augant iki 27,71 EUR/MWh, elektros kaina didėja, o dujų kainai augant toliau, elektros kaina pradeda mažėti. Taip pat nustatyta, kad grynajam importui augant iki 2019,7 GWh, elektros kaina mažėja, o jam toliau augant, pradeda didėti. Buvo sudarytas dvilypis tiesinis regresijos modelis, kurio nepriklausomi kintamieji yra biokuro kaina ir elektros gamyba iš atsinaujinančių energijos išteklių. Pagal šį modelį, biokuro kaina didina elektros kainą Lietuvos didmeninėje rinkoje, o

elektros gamyba iš atsinaujinančių išteklių ją mažina. Sudarytas dvilypis tiesinis regresijos modelis yra pats tiksliausias, nes paaiškina 40,3 % elektros energijos kainos įgyjamų reikšmių.

Atsižvelgiant į teorinės analizės bei atlikto tyrimo rezultatus galima teigti, kad, norint sumažinti didmeninę elektros energijos kainą Lietuvoje, rekomenduotina skatinti elektros gamybos iš atsinaujinančių energijos išteklių plėtrą, naujų konkurencingų elektros gamybos pajėgumų šalyje įrengimą, esamų tarpsisteminių jungčių išsaugojimą ir naujų jungčių statybą. Taip pat rekomenduotina plėtoti Lietuvos biokuro energetikos sektorių, skatinti šio energijos išteklių rinkos vystymąsi bei siekti sumažinti importuojamų gamtinių dujų kainą pritraukiant naujus prekybos partnerius.

Literatūros sąrašas

1. Aggarwal, S. K., Saini, L. M., & Kumar, A. (2009). Electricity price forecasting in deregulated markets: A review and evaluation. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 31(1), 13-22. doi:10.1016/j.ijepes.2008.09.003
2. Allcott, H. (2011). Rethinking real-time electricity pricing. *Resource and Energy Economics*, 33(4), 820-842. doi:10.1016/j.reseneeco.2011.06.003
3. Bačauskas, A. (2010). *Apie elektros energetikos sistemų technologijas: be formulių*. Vilnius: Lietuvos energija.
4. Bahrami, S., Amini, M. H., Shafie-khah, M., & Catalão, J. P. S. (2018). Decentralized Electricity Market Scheme Enabling Demand Response Deployment. *IEEE Transactions on Power Systems*, 33(4), 4218-4227. doi:10.1109/TPWRS.2017.2771279
5. Balabonienė, I., Bliukienė, R. ir Stundzienė, A. (2013). *Ekonometrija. Praktinis regresijos ir laiko eilučių modelių taikymas*. Kaunas: Technologija.
6. Bhattacharyya, S. C. (2011). *Energy Economics: Concepts, Issues, Markets and Governance*. London: Springer.
7. Biggar, D. R., & Hesamzadeh, M. R. (2014). *The Economics of Electricity Markets*. Noida: Wiley.
8. Borenstein, S. (2000). Understanding Competitive Pricing and Market Power in Wholesale Electricity Markets. *The Electricity Journal*, 13(6), 49-57 [žiūrėta 2019-03-03]. Prieiga per internetą: [https://doi.org/10.1016/S1040-6190\(00\)00124-X](https://doi.org/10.1016/S1040-6190(00)00124-X)
9. Ciarreta, A., Paz Espinosa, M., & Pizarro-Irizar, C. (2014). Is green energy expensive? Empirical evidence from the Spanish electricity market. *Energy Policy*, 69(1), 205-215 [žiūrėta 2019-03-31]. Prieiga per internetą: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2014.02.025>
10. Clò, S., Cataldi, A., & Zoppoli, P. (2015). The merit-order effect in the Italian power market: The impact of solar and wind generation on national wholesale electricity prices. *Energy Policy*, 77(1), 79-88 [žiūrėta 2019-04-29]. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.11.038>
11. Costa-Campi, M. T., & Trujillo-Baute, E. (2015). Retail price effects of feed-in tariff regulation. *Energy Economics*, 51(1), 157-165 [žiūrėta 2019-04-12]. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2015.06.002>
12. Čekanavičius, V. ir Murauskas, G. (2014). *Taikomoji regresinė analizė socialiniuose tyrimuose*. Vilnius: Vilniaus universiteto leidykla.
13. Dong, S., Li, H., Wallin, F., Avelin, A., Zhang, Q., & Yu, Z. (2019). Volatility of electricity price in Denmark and Sweden. *Energy Procedia*, 158(1), 4331-4337. doi:10.1016/j.egypro.2019.01.788
14. *Elektros energijos, pagamintos naudojant atsinaujinančius energijos išteklius, tarifų nustatymo metodika, 2011 m. liepos 29. Nr. O3-233*. (2011) [žiūrėta 2019-03-24]. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.404600/asr>
15. Energijos tiekimas (2019). *Elektros rinkos apžvalgos* [žiūrėta 2019-05-03]. Prieiga per internetą: <https://www.etiekimas.lt/2019-m-kovo-men>
16. Erbach, G. (2016). *Understanding electricity markets in the EU: Briefing*. European Union [žiūrėta 2019-03-06]. Prieiga per internetą: [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/593519/EPRS_BRI\(2016\)593519_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/593519/EPRS_BRI(2016)593519_EN.pdf)
17. Erni, D. (2012). *Day-Ahead Electricity Spot Prices – Fundamental Modelling and the Role of Expected Wind Electricity Infeed at the European Energy Exchange: daktaro disertacija*. The University of St. Gallen [žiūrėta 2019-03-02]. Prieiga per internetą:

- <https://www.econbiz.de/Record/day-ahead-electricity-spot-prices-fundamental-modelling-and-the-role-of-expected-wind-electricity-infeed-at-the-european-energy-exchange-erni-david/10009713290>
18. *Europos Parlamento ir Tarybos Direktyva 2009/72/EB dėl elektros energijos vidaus rinkos bendrųjų taisyklių, panaikinanti Direktyvą 2003/54/EB, 2009 m. liepos 13 d. Nr. 2009/72/EB.* (2009) [žiūrėta 2019-03-11]. Prieiga per internetą: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/ALL/?uri=celex%3A32009L0072>
 19. Eurostat (2019). *Energy database* [žiūrėta 2019-05-12]. Prieiga per internetą: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/database>
 20. Hirth, L. (2018). What Caused the Drop in European Electricity Prices? A Factor Decomposition Analysis. *The Energy Journal*, 39(1), 143-158 [žiūrėta 2019-04-29]. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.5547/01956574.39.1.lhir>
 21. Ilkevičiūtė, J. (2019, kovo 4). Išmanieji skaitikliai lietuvių namus pasieks jau kitamet: iš pradžių sąskaitos gali net išaugti. *Lietuvos radijas ir televizija* [žiūrėta 2019-03-23]. Prieiga per internetą: <https://www.lrt.lt/naujienos/verslas/4/248078/ismanieji-skaitikliai-lietuviu-namus-pasieks-jau-kitamet-is-pradziu-saskaitos-gali-net-isaugti>
 22. International Renewable Energy Agency (2018). *Renewable Power Generation Costs in 2017.* Abu Dhabi [žiūrėta 2019-04-12]. Prieiga per internetą: https://cms.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Jan/IRENA_2017_Power_Costs_2018.ashx
 23. Jankauskas, V. (2011). Atsinaujinančiųjų energijos išteklių rėmimo klaidos. *Energetika*, 57(2), 78-84 [žiūrėta 2019-03-10]. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.6001/energetika.v57i2.2063>
 24. Le Coq, C., Orzen, H., & Schwenen, S. (2017). Pricing and capacity provision in electricity markets: an experimental study. *Journal of Regulatory Economics*, 51(2), 123-158. doi:10.1007/s11149-017-9324-z
 25. *Lietuvos elektros rinkos plėtros planas, 2009 m. liepos 8 d. Nr. 740.* (2009) [žiūrėta 2019-02-16]. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.349252>
 26. Lietuvos energijos gamyba (2018). *Kruonio hidroakumuliacinė elektrinė (KHAE)* [žiūrėta 2019-05-12]. Prieiga per internetą: <https://gamyba.le.lt/veikla/elektros-energijos-gamyba/kruonio-hidroakumuliacine-elektrine-khae/136>
 27. Lietuvos energijos tiekimas (2019). *Apie mus* [žiūrėta 2019-05-04]. Prieiga per internetą: <https://letiekimas.lt/apie-mus/>
 28. *Lietuvos Respublikos atsinaujinančiųjų išteklių energetikos įstatymas, 2011 m. gegužės 12 d. Nr. XI-1375.* (2011) [žiūrėta 2019-05-03]. Prieiga per internetą: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.FC7AB69BE291/asr>
 29. *Lietuvos Respublikos elektros energetikos įstatymas, 2000 m. liepos 20 d. Nr. VIII-1881.* (2000) [žiūrėta 2019-02-16]. Prieiga per internetą: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.F57794B7899F/asr>
 30. Lietuvos Respublikos energetikos ministerija (2018). *Elektros energijos rinka* [žiūrėta 2019-03-09]. Prieiga per internetą: <https://enmin.lrv.lt/lt/veiklos-sritys-3/elektra/elektros-energijos-rinka>
 31. Lietuvos statistikos departamentas (2018). *Atsinaujinančiųjų energijos išteklių naudojimas* [žiūrėta 2019-04-19]. Prieiga per internetą: <https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize/>
 32. Litgrid (2016a). *LitPol Link* [žiūrėta 2019-02-24]. Prieiga per internetą: http://www.litgrid.eu/#litpol_top
 33. Litgrid (2016b). *NordBalt* [žiūrėta 2019-02-24]. Prieiga per internetą: http://www.litgrid.eu/#nordbalt_top

34. Litgrid (2019a). *Energetikos sistema* [žiūrėta 2019-04-29]. Prieiga per internetą: <http://www.litgrid.eu/index.php/energetikos-sistema/elektros-energetikos-sistemas-struktura/77>
35. Litgrid (2019b). *Sistemas duomenys* [žiūrėta 2019-05-01]. Prieiga per internetą: <http://www.litgrid.eu/index.php/sistemas-duomenys/79>
36. Lundin, E., & Tangerås, T. P. (2017). *Cournot Competition in Wholesale Electricity Markets: The Nordic Power Exchange, Nord Pool: IFN Working Paper, No. 1191*. Stockholm: Research Institute of Industrial Economics [žiūrėta 2019-02-16]. Prieiga per internetą: <http://www.ifn.se/wfiles/wp/wp1191.pdf>
37. Milstein, I., & Tishler, A. (2015). Can price volatility enhance market power? The case of renewable technologies in competitive electricity markets. *Resource and Energy Economics*, 41(1), 70-90 [žiūrėta 2019-04-10]. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2015.04.001>
38. Mohsenian-Rad, A., & Leon-Garcia, A. (2010). Optimal Residential Load Control With Price Prediction in Real-Time Electricity Pricing Environments. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 1(2), 120-133. doi:10.1109/TSG.2010.2055903
39. Nacionalinė Lietuvos energetikos asociacija (2018). *Baltijos šalių energetikos rinkų apžvalga: 2017 m. II pusmetis* [žiūrėta 2019-05-12]. Prieiga per internetą: https://nlea.lt/data/public/uploads/2018/12/baltijos-saliu-energetikos-rinku-apzvalga_2017-ii-pusmetis.pdf
40. Navakas, N. (2018, gegužės 22). Dar žingsnis link buitinių elektros vartotojų paleidimo į rinką. *Verslo žinios* [žiūrėta 2019-03-25]. Prieiga per internetą: <https://www.vz.lt/energetika/2018/05/22/dar-zingsnis-link-buitiniu-elektros-vartotoju-paleidimo-i-rinka>
41. Navakas, N. (2019, vasario 20). Patvirtinta VIAP lengvata stambiams elektros vartotojams. *Verslo žinios* [žiūrėta 2019-03-23]. Prieiga per internetą: <https://www.vz.lt/energetika/2019/02/20/patvirtinta-viap-lengavta-stambiams-elektros-vartotojams>
42. Nezamoddini, N., & Wang, Y. (2017). Real-time electricity pricing for industrial customers: Survey and case studies in the United States. *Applied Energy*, 195(1), 1023-1037 [žiūrėta 2019-03-30]. Prieiga per internetą: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.03.102>
43. Ngondya, D., & Mwangoka, J. (2017). Demand-supply equilibrium in deregulated electricity markets for future smartgrid. *Cogent Engineering*, 4(1), 1-19 [žiūrėta 2019-03-14]. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1080/23311916.2017.1392410>
44. Nord Pool (2013). *No. 59/2013 – New minimum and maximum price caps from 25 November* [žiūrėta 2019-03-31]. Prieiga per internetą: <https://www.nordpoolgroup.com/message-center-container/newsroom/exchange-message-list/2013/Q4/No-592013---New-minimum-and-maximum-price-caps-from-25-November/>
45. Nord Pool (2019a). *Nord Pool key statistics – March 2019* [žiūrėta 2019-04-29]. Prieiga per internetą: <https://www.nordpoolgroup.com/message-center-container/newsroom/exchange-message-list/2019/q2/nord-pool-key-statistics--march-2019/>
46. Nord Pool (2019b). *Market data* [žiūrėta 2019-03-02]. Prieiga per internetą: <https://www.nordpoolgroup.com/Market-data1/#/nordic/table>
47. Pabedinskaitė, A. (2009). *Kiekybiniai sprendimų metodai. I dalis. Koreliacinė regresinė analizė. Prognozavimas*. Vilnius: Technika.

48. Sáenz de Miera, G., del Río González, P., & Vizcaíno, I. (2008). Analysing the impact of renewable electricity support schemes on power prices: The case of wind electricity in Spain. *Energy Policy*, 36(9), 3243-3632. doi:10.1016/j.enpol.2008.04.022
49. Sorknæs, P., Djørup, S. R., Lund, H., & Thellufsen, J. Z. (2019). Quantifying the influence of wind power and photovoltaic on future electricity market prices. *Energy Conversion and Management*, 180(1), 312-324 [žiūrėta 2019-04-18]. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.11.007>
50. Stasiukynas, A. ir Patapas, A. (2006). Lietuvos elektros energetikos administravimas ir jo raidos ypatumai. *Viešoji politika ir administravimas*, 1(17), 49-59.
51. Sveklaitė, L. ir Stasiukynas, A. (2014). Atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimo elektros energetikoje skatinimo priemonių modeliavimas. *Viešoji politika ir administravimas*, 13(2), 258-274. doi:10.13165/VPA-14-13-2-06
52. Svinkūnas, G. ir Navickas, A. (2014). *Elektros energetikos pagrindai: mokomoji knyga* (II pataisyta ir papildyta laida). Kaunas: Technologija.
53. Tsitsiklis, J. N., & Xu, Y. (2015). Pricing of fluctuations in electricity markets. *European Journal of Operational Research*, 246(1), 199-208 [žiūrėta 2019-04-06]. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.04.020>
54. Valstybinė energetikos inspekcija prie Energetikos ministerijos (2018) *Informacija apie priskirtas įrengtąsias sumines galias ir esamas laisvas skatinimo kvotas* [žiūrėta 2019-05-11]. Prieiga per internetą: <http://vei.lrv.lt/lt/veiklos-sritys/leidimu-verstis-veikla-elektros-energetikos-sektoriuje-isdavimas-1/informacija-apie-priskirtas-irengtąsias-sumines-galias-ir-esamas-laisvas-skatimo-kvotas>
55. Valstybinė kainų ir energetikos kontrolės komisija (2018). *Patvirtintas 2019 m. elektros energetikos sektoriaus VIAP biudžetas* [žiūrėta 2019-03-23]. Prieiga per internetą: <https://www.regula.lt/Puslapiai/naujienos/2018-metai/2018-spalis/2018-10-26/patvirtintas-2019-m-elektros-energetikos-sektoriaus-viap-biudzetas.aspx>
56. Valstybinė kainų ir energetikos kontrolės komisija (2019a). *Elektros rinkos apžvalga. Rinkos stebėsena* [žiūrėta 2019-04-29]. Prieiga per internetą: <https://www.regula.lt/elektra/Puslapiai/elektros-rinkos-apzvalga/rinkos-stebesena.aspx>
57. Valstybinė kainų ir energetikos kontrolės komisija (2019b). *Dujų rinkos apžvalga. Rinkos stebėsena* [žiūrėta 2019-04-29]. Prieiga per internetą: <https://www.regula.lt/dujos/Puslapiai/duju-rinkos-apzvalga/rinkos-stebesena.aspx>
58. Valstybinė kainų ir energetikos kontrolės komisija (2019c). *Kuro kainų stebėsena. Biokuro rinkos stebėsena* [žiūrėta 2019-04-15]. Prieiga per internetą: <https://www.regula.lt/siluma/Puslapiai/kuro-ir-perkamos-silumos-kainos/biokuro-rinkos-stebesena.aspx>
59. The World Bank (2019). *Data* [žiūrėta 2019-05-04]. Prieiga per internetą: <https://data.worldbank.org/>
60. Zweifel, P., Praktiknjo, A., & Erdmann, G. (2017). *Energy Economics: Theory and Applications*. Berlin: Springer.

Priedai

1 priedas. Lietuvos elektros energijos kainos, suvartojimo, gamintojų skaičiaus, vietinės gamybos ir grynojo importo duomenys 2013–2018 m. (sudaryta autoriaus pagal VKEKK (2019a, 2019b, 2019c) duomenis)

Laikotarpis	Elektros kaina, EUR/MWh	Suvartojimas, GWh	Gamintojų skaičius	Vietinė gamyba, GWh	Grynasis importas, GWh
2013 m. I ketv.	45,18	2581,0	2107	1241,0	1809,0
2013 m. II ketv.	43,33	2304,0	2157	854,0	1900,0
2013 m. III ketv.	54,15	2278,0	2199	1176,0	1458,0
2013 m. IV ketv.	48,84	2482,0	2224	1127,0	1831,0
2014 m. I ketv.	43,94	2557,0	2254	1097,0	1888,0
2014 m. II ketv.	49,01	2325,0	2268	759,0	1932,0
2014 m. III ketv.	52,44	2340,0	2276	1144,0	1636,0
2014 m. IV ketv.	48,97	2620,0	2283	1052,0	2157,0
2015 m. I ketv.	39,65	2570,0	2285	1083,0	1946,1
2015 m. II ketv.	41,06	2397,0	2300	1151,0	1621,0
2015 m. III ketv.	46,32	2400,4	2309	1161,6	1675,6
2015 m. IV ketv.	48,09	2648,2	2319	1202,7	1964,9
2016 m. I ketv.	40,27	2726,9	2328	1022,3	2180,3
2016 m. II ketv.	38,05	2475,0	2329	892,8	1960,2
2016 m. III ketv.	37,84	2479,4	2339	827,4	2085,7
2016 m. IV ketv.	40,30	2786,7	2358	1230,0	2018,4
2017 m. I ketv.	36,56	2806,9	2364	979,3	2251,2
2017 m. II ketv.	35,40	2532,4	2379	905,7	2002,3
2017 m. III ketv.	38,23	2565,5	2385	841,8	2192,9
2017 m. IV ketv.	36,30	2841,8	2392	1125,8	2230,8
2018 m. I ketv.	44,32	2913,7	2399	912,8	2516,6
2018 m. II ketv.	47,23	2604,3	2401	779,3	2156,7
2018 m. III ketv.	58,18	2637,8	2412	743,3	2317,0
2018 m. IV ketv.	55,87	3019,8	2425	784,7	2642,2

2 priedas. Lietuvos importuojamų gamtinių dujų kainos, biokuro kainos, elektros gamybos iš atsinaujinančių energijos išteklių, suprekiautos biržoje energijos dalies ir nepriklausomų tiekėjų skaičiaus duomenys 2013–2018 m. (sudaryta autoriaus pagal VKEKK (2019a, 2019b, 2019c) duomenis)

Laikotarpis	Importuojamų gamtinių dujų kaina, EUR/MWh	Biokuro kaina, EUR/MWh	Gamyba iš atsinaujinančių energijos išteklių, GWh	Energijos dalis, suprekiauta biržoje	Veiklą vykdančių nepriklausomų tiekėjų skaičius
2013 m. I ketv.	35,96	16,61	357,0	0,7194	26
2013 m. II ketv.	35,38	16,23	385,0	0,6038	26
2013 m. III ketv.	34,01	15,85	292,0	0,6072	23
2013 m. IV ketv.	32,77	16,82	467,0	0,6161	23
2014 m. I ketv.	32,87	17,97	474,0	0,7097	22
2014 m. II ketv.	27,44	17,44	334,0	0,7151	21
2014 m. III ketv.	31,59	15,72	277,0	0,6933	19
2014 m. IV ketv.	28,08	16,28	378,0	0,7098	18
2015 m. I ketv.	26,30	16,14	466,0	0,8125	19
2015 m. II ketv.	24,20	11,15	371,0	0,8022	18
2015 m. III ketv.	22,33	9,93	285,2	0,8010	19
2015 m. IV ketv.	18,38	12,23	488,2	0,8187	17
2016 m. I ketv.	20,22	12,84	526,7	0,8835	19
2016 m. II ketv.	17,37	10,57	419,5	0,9455	19
2016 m. III ketv.	15,59	9,97	384,0	0,8773	20
2016 m. IV ketv.	17,39	12,30	690,3	0,8743	19
2017 m. I ketv.	21,48	12,90	644,3	0,8814	21
2017 m. II ketv.	18,96	10,73	543,0	0,8485	24
2017 m. III ketv.	16,02	10,58	487,5	0,8313	24
2017 m. IV ketv.	18,29	14,38	756,0	0,8784	24
2018 m. I ketv.	20,46	16,46	603,7	0,9173	23
2018 m. II ketv.	21,13	12,42	526,9	0,9040	22
2018 m. III ketv.	23,69	14,06	433,5	0,8765	24
2018 m. IV ketv.	26,85	18,49	527,7	0,9328	23