



## ELEKTROS ENERGIJOS RINKOS KAINOS SAVYBIŲ TYRIMAS: LIETUVOS ATVEJIS

Viktorija Bobinaitė<sup>1</sup>, Aldona Juozapavičienė<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Lietuvos energetikos institutas, Breslaujos g. 3, LT-44403 Kaunas, Lietuva  
<sup>1, 2</sup>Kauno technologijos universitetas, Laisvės al. 55, LT-44309 Kaunas, Lietuva  
El. paštas: <sup>1</sup>viktorija@mail.lei.lt; <sup>2</sup>aldona.juozapaviciene@ktu.lt

Įteikta 2011-11-26; priimta 2012-02-26

**Santrauka.** Straipsnyje apibendrinama pasaulinė patirtis ir susisteminama mokslinė literatūra elektros energijos rinkos kainos savybių problematika, pasiūlomi kainos savybių vertinimo rodikliai, atliekamas biržos kainos savybių tyrimas Lietuvos pavyzdžiu. Tikslui pasiekti taikomi du metodai – mokslinės literatūros sisteminimo ir statistinės analizės. Teorinėje darbo dalyje išskiriamos pagrindinės elektros energijos rinkos kainos savybės ir veiksniai, darantys įtakos savybių pasireiškimui. Metodinėje darbo dalyje pasiūlomi rodikliai, sudarantys galimybę įvertinti kainos kaitumą ir kainų smailių pasireiškimą. Atlikus empirinį tyrimą nustatyta, kad Lietuvoje elektros energijos kaina buvo kaiti. Žiemos laikotarpiu, kai prekybą rinkoje vykdė šiluminės elektrinės, kainos kaitumas mažėjo, tačiau vidutinė kaina didėjo. Pavasarį, esant galimybei importuoti elektros energiją pigiau, kainos kaitumas didėjo, o vidutinė kaina mažėjo. Kaičiausia ir didžiausia kaina buvo vasarą (variacijos koeficientas – 19,74 proc., standartinis nuokrypis – 32,50 LTL/MWh, vidutinis kainų lygis – 164,60 LTL/MWh), kurios metu dažniausiai susiformuodavo kainų smailės. Jos truko 2,64 proc. viso 2010–2011 m. rugsėjo mėn. laiko.

**Reikšminiai žodžiai:** elektros energija, didmeninė rinka, kaina, aprašomoji statistika, kaitumas, kainų smailė.

## ANALYSIS OF FEATURES OF POWER MARKET PRICE: LITHUANIAN CASE

Viktorija Bobinaitė<sup>1</sup>, Aldona Juozapavičienė<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Lithuanian Energy Institute, Breslaujos g. 3, LT-44403 Kaunas, Lithuania  
<sup>1, 2</sup>Kaunas University of Technology, Laisvės al. 55, LT-44309 Kaunas, Lithuania  
E-mails: <sup>1</sup>viktorija@mail.lei.lt (corresponding author); <sup>2</sup>aldona.juozapaviciene@ktu.lt

Received 26 November 2011; accepted 26 February 2012

**Abstract.** Generalized world experience and summary of scientific literature on the issue of power market price features have been presented in the paper; indicators for evaluation of these features have been offered as well and the analysis of price characteristics in Lithuanian power exchange has been performed. The following methods have been employed – scientific literature analysis and generalization and statistical analysis methods. The main features of power market price and factors influencing them have been determined in the theoretical part of the paper. Indicators which enable to evaluate the features of power market price have been proposed in the methodological part of the paper. The analysis has shown that power market price was volatile in Lithuania. In winter when thermal power plants operated in the market, power market price tended to increase, but its volatility decreased. In spring, when cheap import was available, power market price tended to reduce, but its volatility increased. Power market price was the most volatile and highest in summer. During this season price spikes often formed. Price spikes in summer took 2.64% of all time analyzed.

**Keywords:** electricity (power), wholesale market, price, descriptive statistics, volatility, price spike.

**JEL Classification:** C10, L94, Q40.

## 1. Įvadas

*Temos aktualumas ir problemos.* Nuo XX a. devintojo dešimtmečio daugelis išsivysčiusių, pereinamojo tipo ir besivystančių pasaulio šalių pradėjo reformuoti elektros energetikos sektorius. Sektoriaus reformavimo modelis apėmė ne tik įstatymų leidybą, reguliavimo sistemos sukūrimą, pirmųjų nepriklausomų gamintojų steigimą, restruktūrizavimą, privatizavimą, bet ir konkurencijos principų įdiegimą (Nagayama 2007). Konkurencijos principų įgyvendinimas reiškė perėjimą nuo visiško sektoriaus veiklų reguliavimo prie konkurencinių didmeninių ir mažmeninių elektros energijos rinkų kūrimo. Pagrindiniu tokių elektros energijos rinkų parametru tapo kaina, kuri šiandienėmis sąlygomis turi daug savybių. Jų identifikavimas tampa tikru iššūkiu asmenims, siekiantiems tam tikru tikslumu numatyti kainos kitimo tendencijas ateityje ir priimti pagrįstus bei racionalius ūkio valdymo sprendimus. Šiuo metu dėl pačios elektros energijos rinkos jaunumo ir analizių stokos kainos savybės dar nėra iki galo suprastos ir pažintos, todėl papildomi tyrimai šioje srityje yra aktualūs.

*Darbo naujumas.* Siekiant įvertinti elektros energijos kainos savybes, parengiama kainos savybių vertinimo rodiklių sistema. Ja remiantis elektros energijos rinkos kainos savybės tiriamos Lietuvos pavyzdžiu.

*Darbo objektas* – elektros energijos rinkos kaina.

*Darbo tikslas* – apibendrinus pasaulinę patirtį ir susisteminus mokslinę literatūrą elektros energijos rinkos kainos savybių problematika, pasiūlyti kainos savybių vertinimo rodiklius ir atlikti kainos savybių tyrimą Lietuvos pavyzdžiu.

Darbo tikslui įgyvendinti iškelti šie *uždaviniai*:

- išskirti ir apibūdinti elektros energijos rinkos kainos savybes;
- susisteminti veiksnius, darančius įtakos elektros energijos rinkos kainos savybių pasireiškimui;
- išskirti rodiklius, padedančius įvertinti elektros energijos rinkos kainos savybes;
- ištirti Lietuvos elektros energijos rinkos kainos savybes.

*Tyrimo metodai:* mokslinės literatūros sisteminimas, statistinės analizės metodas.

*Duomenų šaltinis.* Elektros energijos rinkos kainos savybių analizei atlikti reikalingi duomenys paimti iš Lietuvos elektros energijos rinkos operatoriaus duomenų bazės.

Darbą sudaro kelios struktūrinės dalys. Antroje darbo dalyje susisteminta mokslinė literatūra ir pasaulio šalių patirtis kainos savybių tyrimo problematika. Trečioje darbo dalyje išskirti rodikliai, leidžiantys įvertinti pagrindines elektros energijos rinkos kainos savybes – kainos kaitumą ir kainos smailių susiformavimą. Ketvirtoje darbo dalyje pristatomi empirinio tyrimo rezultatai. Šioje darbo dalyje analizuojamos Lietuvos elektros energijos biržos kainos savybės ir veiksniai, darantys įtaką savybių pasireiškimui.

## 2. Mokslinės literatūros apžvalga

Daugiau nei prieš du dešimtmečius prasidėjusi ir tebesitęsianti elektros energetikos sektoriaus pertvarka lėmė tai, kad elektros energija tapo preke (Shahidehpour *et al.* 2002; Weron, Misiorek 2008), kurią galima pirkti ir parduoti rinkos kainomis. Vis dėlto elektros energija yra labai specifinė prekė, kuriai būdinga:

- elektros energija yra homogeninė prekė;
- ji nėra sandėliuojama ir privalo būti gaminama tuo metu, kai vartojama (Lucia, Schwartz 2002; Yu, Sheblé 2006; Karakatsani, Bunn 2008);
- elektros energijos persiuntimo galimybės, priklausančios nuo perdavimo tinklo charakteristikų, yra labai ribotos;
- elektros energijos paklausa yra išvestinė (Jamil, Ahmad 2011), nes prekė vartotojui būtina ne pati savaime, tačiau tiek, kiek ji leidžia tenkinti kitus jo poreikius;
- ilguoju ir trumpuoju laikotarpiais elektros energijos paklausa yra neelastinga kainos atžvilgiu (Lijesen 2007; Weron, Misiorek 2008; Fan, Hyndman 2011).

Išvardytos elektros energijos kaip prekės savybės lemia tai, kad prielaidų arbitražui yra mažai (Yu, Sheblé 2006) arba jis neįmanomas (Lucia, Schwartz 2000), kaina gali staigiai pakilti ir kristi, ji priklauso nuo vietos pasiūlos ir paklausos sąlygų (Lucia, Schwartz 2000).

Apibendrinus mokslinę literatūrą, galima išskirti ir kitas elektros energijos rinkos kainos savybes (Conejo *et al.* 2005; Knittel, Roberts 2005; Seifert, Uhrig-Homburg 2007; Swider, Weber 2007; Karakatsani, Bunn 2008):

- kainos formuojamos dažnai (angl. *high frequency*);
- vis dažniau pastebimos neigiamos elektros energijos kainos (angl. *negative prices*);
- kainai būdingas sezoniškumas ir kitas periodiškumas;
- po svyravimų elektros energijos kaina dažnai sugrįžta prie vidutinio lygio (angl. *mean-reverting*);
- kainai būdingas kaitumas (angl. *price volatility*);
- kainai būdingas šuoliškumas (angl. *price jumps*);
- formuojasi kainų smailės (angl. *price spikes*).

Toliau tekste išsamiau analizuojamos išvardytos elektros energijos rinkos kainos savybės.

*Neatidėliotina elektros energijos kaina formuojama dažnai.* Kainos formavimo dažnumas priklauso nuo priimtų dalyvavimo elektros energijos rinkoje taisyklių. Lietuvos elektros energijos biržoje BaltPool, Skandinavijos šalių biržoje NordPool, Lenkijos – POLPX, Europos energijos biržoje – EEX ir daugelyje kitų biržų kainos formuojamos kiekvieną valandą, o Australijoje ir Naujojoje Zelandijoje – kas pusvalandį. Tokiu būdu per parą nusistovi 24 arba 48 kainos.

*Elektros energijos kainos gali būti ne tik teigiamos, bet ir neigiamos.* Įprasta, kad elektros energijos gamintojai teiktų

pasiūlymus rinkai kaina, atitinkančia ribines jų gamybos sąnaudas. Išimtiniais atvejais elektros energijos gamintojai, siekdami išlikti rinkoje ir nenorėdami stabdyti elektros energijos gamybos, gali nuspręsti tiekti elektros energiją mažesne kaina nei jų ribinės sąnaudos. Kraštutiniu atveju gamintojas gali teikti rinkai pasiūlymus, kuriuose fiksuojama, kad jis sutinka sumokėti už pagamintą ir patiektą elektros energiją. Dėl to rinkoje formuojama neigiama kaina. Ji reiškia, kad vartotojui nereikia mokėti už suvartotą elektros energiją. Atvirkščiai, kuo daugiau vartotojas suvartoja elektros energijos, tuo daugiau gamintojas jam sumoka.

Apibendrinus pasaulinę neigiamų kainų formavimosi patirtį, galima išskirti keletą neigiamų kainų formavimosi priežasčių. Viena vertus, neigiamos kainos susidaro, kai nėra elektros energijos paklausos, arba tada, kai ji labai maža. Maža elektros energijos paklausa formuojasi valstybinių švenčių dienomis, savaitgaliais, taip pat ekonomikos aktyvumo sulėtėjimo laikotarpiu, kai pramonės produkcijos paklausa, o dėl to ir elektros energijos, mažėja (Schneider, S., Schneider, S. 2010).

Kita vertus, neigiamas kainas gali suformuoti tradicinės elektros energijos gamintojai. Technologiniu požiūriu nelanksčioms elektrinėms (atominėms, anglį deginančioms elektrinėms arba gamtinių dujų garo turbinų atveju), negalintioms greitai reaguoti į pokyčius rinkoje, yra ekonomiškai naudinga tomis valandomis, kai elektros energijos vartojimas yra mažas, siūlyti kuo mažesnes pardavimo kainas ir net sumokėti už elektros energiją, jei tik tos elektrinės darbo nereikės stabdyti. Tokiu būdu gamintojų patiriamos sąnaudos bus mažesnės už sąnaudas, kurios susidarytų, jei elektrinę tektų stabdyti, o už kelių valandų padidėjus paklausai vėl ją įjungti.

Pastaruosius keletą metų kai kurių pasaulio šalių rinkose (Pietų Australijoje, Vakarų Teksase, Vokietijoje, Šiaurės Europos šalyse) neigiamos elektros energijos kainos formuojasi dėl sparčios vėjo energetikos plėtros. Vakarų Teksaso patirtis rodo, kad 2008 m. pirmąjį pusmetį daugiau nei 20 proc. viso laiko elektros energija rinkoje buvo prekiaujama neigiamomis kainomis. Kaip nurodo S. Schneider ir S. Schneider (2010), pagrindinės to priežastys – vėjo energijos dalies elektros energijos gamybos struktūroje augimas, menkas gyventojų tankumas regione, taip pat neišplėtotas Vakarų Teksaso elektros tinklas su kaimyniniais regionais, kuris riboja perteklinio elektros energijos kiekio persiuntimą.

M. Giberson (2008) teigimu, neigiamos kainos rinkoje formuojasi dėl teikiamos paramos vėjo elektros energijai. Parama priklauso nuo pagaminto elektros energijos kiekio, todėl gamintojas nėra suinteresuotas tiekti mažiau elektros energijos. Kaip teigia M. Giberson (2008), jėgainėms ekonomiškai naudinga gaminti tol, kol vėjo elektros energijos subsidijos dydis viršys elektrinių eksploatacinių sąnaudų ir neigiamos rinkos kainos sumą. Remdamasis rinkų stebėjimų rezultatais, M. Giberson (2008) padarė išvadą, kad

Vakarų Teksase vėjo jėgainių savininkams yra priimtinos visos kainos, jei jos nėra mažesnės nei minus 35 USD/MWh.

2008 m. Vokietijos biržoje EEX buvo leista formuoti neigiamoms kainoms. Jau 2008 m. spalio mėn. elektros energijos gamintojai mokėjo jos vartotojams 500,02 EUR/MWh (Loon 2010). 2009 m. Skandinavijos šalių biržoje NordPool taip pat buvo leista kainoms įgyti neigiamas reikšmes.

Neigiamos elektros energijos kainos vartotojams yra priimtinos, tačiau investuotojams jos signalizuoja apie mažėjančią pelningumą, todėl investicijų apimtys į sektorių gali pradėti mažėti. Problemų atsiras tuomet, kai išaugus elektros energijos paklausai ir dėl nepalankių gamtinių sąlygų vėjo elektrinėms negaminant elektros energijos, nebus galima tenkinti vartotojų poreikių arba vartotojus reikės aprūpinti labai brangia elektros energija. Taigi šiaurės dien nemokamas elektros energijos tiekimas gali lemti ypač didelį ir teigiamą kainų šuolį rytoj.

Vienas iš būdų, padedančių mažinti neigiamų kainų formavimąsi, – stiprinti perdavimo tinklus. Sustiprinus perdavimo tinklą, galima būtų vėjo elektros energiją persiųsti į pramoninius regionus. Tačiau tam reikalingos investicijos. Kitas būdas – būtina kontinentinės prekybos elektros energija plėtra. Integruojant elektros energijos rinkas laikinas elektros energijos perteklius galėtų būti persiunčiamas į kitus prasčiau elektros energija aprūpintus regionus.

Šiaurės Europos šalys neigiamų kainų problemą sprendžia tokiu būdu: Danijoje pagaminta perteklinė vėjo elektros energija siunčiama Norvegijai ir Švedijai. Šiose šalyse didelė dalis elektros energijos gaminama hidroelektrinėse, kuriose dalis elektros energijos suvartojama vandeniui į rezervuarus pumpuoti. Pučiant stipriam vėjui, Danijos jėgainėse pagaminta elektros energija vartojama Norvegijoje ir Švedijoje. Nesant vėjo, įjungiamos hidroelektrinės ir elektros energija gaminama jose. Labai neigiamų kainų formavimasis gali būti pristabdomas nustačius minimalias kainas (Loon 2010).

*Viena labiausiai pastebimų elektros energijos kainų savybių – jos kaitumas.* Tyrimų rezultatai atskleidžia, kad elektros energijos kainos yra būtent tos kainos, kurioms būdingas ypač didelis kaitumas, kurio nėra ne tik kitų prekių, bet ir vertybinių popierių rinkose. JAV Federalinės energijos reguliavimo komisijos paskelbtoje ataskaitoje nurodoma, kad elektros kainos kaitumas JAV – 300 proc., kitų prekių rinkose šis rodiklis neviršijo 100 proc., o akcijų rinkoje svyravo apie 20 proc. arba buvo net mažesnis (Higgs, Worthington 2008). J. J. Lucia ir E. S. Schwartz (2002), išanalizavę Skandinavijos šalių biržos duomenis, nurodė, kad elektros kainos kaitumas, apskaičiuotas pagal standartinio kaitumo rodiklio formulę, buvo 189. Pastebėta, kad kainų kaitumas šiltu ir šaltu metų laiku gerokai skyrėsi. Kainos buvo stabilesnės šaltuoju metų laiku ( $\sigma = 54,2$ ), jų kaitumas didėjo šiltuoju sezonu ( $\sigma = 75,8$ ). R. Booth skaičiavimų rezultatai rodo, kad Australijoje elektros energijos kainos

kaitumas kaip nė vienoje kitoje pasaulio šalyje buvo ypač aukštas ir viršijo 900 proc. (Higgs, Worthington 2008). Vėlesniu laikotarpiu H. Higgs ir A. Worthington (2008) pakartojo kainų kaitumo tyrimą Australijoje. Tyrimų rezultatai patvirtina R. Booth išvadą ir atskleidžia, kad elektros energijos kainų kaitumas yra 14 kartų didesnis smailių formavimosi laikotarpiais nei įprastu laikotarpiu, kai rinka yra „rami“.

H. Bessembinder ir M. J. Lemmon (2002) tyrimų rezultatai atskleidžia, kad elektros energijos kainos kaitumas yra didesnis, kai yra didesnė elektros energijos paklausa.

Ch. R. Knittel ir M. R. Roberts (2005) nustatė, kad elektros energijos kainos tampa kaitesnės, kai rinką ištinka kainų augimą sukeltantys šokai. Kainas mažinančių šokų įtaka kainų kaitumui pastebėta nebuvo. Tokią situaciją mokslininkai pavadino atvirkštiniu sverto efektu (angl. *inverse leverage effect*).

Europos Komisijos užsakymu parengtoje ataskaitoje nurodoma, kad kainos kaitumą elektros energijos rinkose veikia šie veiksniai (The Moffatt Associates Partnership 2008):

- galių atjungimas (angl. *capacity withdrawal*);
- CO<sub>2</sub> (anglies dvideginio) kainų svyravimai;
- tarpvalstybiniai tinklų perkrovimai (angl. *cross-border congestion*);
- anglies kainų svyravimai;
- nepastovi gamyba vėjo elektrinėse;
- manipuliavimas rinka;
- naftos kainų svyravimai;
- paklausos sezoniškumas.

Respondentų nuomone, dažniausiai elektros energijos kainos kaitumą sukelia galių atjungimas ir CO<sub>2</sub> kainų svyravimai.

F. A. Wolak (1998) tyrimo rezultatai papildė Moffatt Associates Partnership (2008) tyrimo rezultatus. Apskaičiavęs Anglijos ir Velso, Skandinavijos šalių, Australijos ir Naujosios Zelandijos vidutines kainas, kainų standartinius nuokrypius ir variacijos koeficientus mokslininkas pagrindė, kad elektros energijos gamyboje naudojamų išteklių derinys gali paaiškinti vidutinę elektros energijos kainų lygį ir kainų kaitumą. Nustatyta, kad šalyse, kuriose elektros energijos gamyboje dominuoja iškastinis kuras (Australijoje, Anglijoje ir Velse), kainos yra mažiau kaitios nei šalyse (Skandinavijos šalyse ir Naujojoje Zelandijoje), kuriose plačiai naudojami vandens išteklių. Tyrimų rezultatai leido suformuluoti išvadą, kad vandens išteklių lygis buvo pagrindinis kainų kaitumą paveikęs veiksnys Skandinavijos šalyse. Sausuoju metų laiku ir žiemą, kada vandens lygis rezervuaruose yra žemas, galimybės patiekti elektros energiją į rinką yra menkos, todėl elektros energijos kaina didėja ir tampa kaiti. Iškastinį kurą naudojantys gamintojai nėra tokie jautrūs oro sąlygų pokyčiams,

tačiau jų sprendimus lemia iškastinio kuro kainos. Gerai integruotos anglies, gamtinių dujų ir naftos rinkos, kuriose kaina nagrinėtu laikotarpiu mažai kito, prisidėjo prie elektros energijos kainos stabilumo. Tačiau dėl susiformavusio iškastinio kuro kainų vidutinio lygio, elektros energijos kainos iškastinį kurą naudojančiose šalyse yra didesnės už kainas tų šalių, kuriose gamyboje plačiau naudojami vandens išteklių. Tyrimo metu nustatyti ir kiti kainos kaitumą veikiantys veiksniai. Palyginus rinkas nustatyta, kad:

- privalomo dalyvavimo elektros energijos rinkose kainos yra kaitesnės nei savanoriško dalyvavimo rinkose;
- elektros energijos rinkose, kuriose dominuoja privatus kapitalas, kainos yra kaitesnės, bet ir mažesnės nei tose rinkose, kuriose vyrauja valstybinis kapitalas. Nuo-savybės teise valstybei priklausančios įmonės dažnai nepriima rizikingų sprendimų. Jų tikslas – užtikrinti stabilias pajamas. Privačios įmonės siekia pelno maksimizavimo tikslų.

Dar viena elektros energijos kainos savybė, kuri buvo pastebėta Australijoje, Šiaurės Kalifornijoje, – *elektros energijos kainos svyravimas apie vidutinį jos lygį*. Įrodymų, kad elektros energijos kaina turi šią savybę, rado Ch. Knittel ir M. R. Roberts (2005), R. Huisman *et al.* (2007), H. Higgs ir A. Worthington (2008).

Kainos svyravimas apie vidutinį lygį reišia, kad po to, kai įvyksta kainų šuolis arba susiformuoja kainų smailė, elektros energijos rinkos kaina turi ypatybę grįžti į įprastą ir vyraujančią lygį. Taigi pasireiškusių kainos veiksmų įtaka kainai yra laikina ir neiškreipia jos kitimo krypties bei lygio.

*Elektros energijos kainai būdingi dėsningi svyravimai*. Mokslininkai pastebi, kad elektros energijos kaina dėsningai kinta per parą ir atspindi visuomenės gyvenimo ritmą. Vienokia kaina būna anksti ryte, vėliau didėjant elektros energijos paklausai ji didėja, o pasibaigus darbo dienai ir paklausai pradėjus mažėti – mažėja (Knittel, Roberts 2005).

Kainos kitimo tendencijos skiriasi darbo dienomis ir savaitgaliais. Pastebėta, kad darbo dienomis kainos būna aukštesnės nei savaitgaliais. Paprastai anksti ryte ir vėlai vakare kainos sutampa. Atotrūkis tarp kainų formuojasi dieną (Knittel, Roberts 2005).

Elektros energijos kainos atspindi sezoniškumą, skirtingais metų laikais rodantį kintantį elektros energijos poreikį patalpoms šildyti ir vėdinti. Šiaurės Kalifornijos patirtis byloja, kad elektros energijos suvartojimo apimtys išauga vasarą, kai elektros energija vartojama patalpoms vėsinti. Šiuo sezonu kainos pikinio vartojimo metu gali keliskart viršyti elektros energijos kainas rudens laikotarpiu. Elektros energijos kainos dydį taip pat lemia ribojimai, susidarantys skirstymo ir perdavimo tinkluose. Esant gedimams, remontams ar kitiems ribojimams tinkluose, kai kurie regionai gali būti atskirti nuo visos rinkos. Tokiu atveju gamintojai pradeda naudotis susidariusia situacija rinkoje. Pastebėta, kad tokiu atveju elektros energijos kainos gali išaugti net keliasdešimt kartų.

Be aptartų savybių elektros energijos kaina pasižymi *šuolišku kitimu* arba rinkoje gali susiformuoti vienkartinės *kainų smailės*. Atlikus mokslinės literatūros analizę, nustatyta, kad priešasčių kainų šuoliams ir smailėms formuoti yra daug. D. Caves *et al.* (2000), X. Lu *et al.* (2005), J. Seifert ir M. Uhrig-Homburg (2007) nurodo, kad trumpalaikės ir ilgalaikės kainų smailės formuojasi dėl tokių priešasčių:

- sustabdžius elektrinių darbą;
- esant gedimams tiekimo linijose;
- pasikeitus orų sąlygoms;
- dėl paklausos neelastingumo kainų atžvilgiu;
- vartotojų keliamos panikos rinkoje;
- prekyautojų įsipareigojimų nevykdymo;
- gamintojų įgyjamos galios rinkoje.

W. R. Hughes ir A. Parece (2002) pateikia išsamesnį kainų smailių formavimosi veiksnių sąrašą. Visus veiksnius, lemiančius kainų smailių formavimąsi, jie skirsto į tris grupes:

- veiksniai, lemiantys pasiūlos pokyčius;
- veiksniai, sukeltantys paklausos svyravimus;
- rinkos organizavimo ir rinkos struktūros veiksniai.

Mokslininkų (Hughes, Parece 2002) teigimu, staigius pasiūlos pokyčius lemia elektrinėse instaliuota galia ir sparčiai augantis galių naudojimo lygis, netikėti elektrinių sustabdymai, perdavimo tinklo ribojimai ir gamyboje naudojamų išteklių derinys. Netikėti paklausos svyravimai atsiranda pasikeitus oro sąlygoms, sumažėjus (padidėjus) ekonominiam aktyvumui regione ir pasikeitus mažmeninėms elektros energijos kainoms. Kaip nurodo autoriai, mažmeninėms elektros energijos kainoms didėjant, vartotojai gali priimti sprendimą mažiau vartoti elektros energijos. Dėl to kainų smailių formavimosi tikimybė sumažėja. Rinkos organizavimas ir struktūra taip pat gali paaiškinti kainų smailių formavimosi procesą. Šiai veiksnių grupei autoriai priskiria mažmeninių ir didmeninių kainų kepurų įtaką. Autorių nuomone, didmeninės elektros energijos kainos kepurės sudaro prielaidas kartotiniam kainų smailių (kainų šuolių) pasireiškimui. Įvedus didmeninėms kainoms „kepurės“, rinka gali prarasti jai svarbią informaciją apie papildomų gamybinių galių poreikį ir tokiu būdu gali būti neišvengta energetinių krizių. H. Higgs ir A. Worthington (2008) apskaičiavo, kad Australijoje elektros energijos kainos smailių susiformavimo tikimybė per parą yra 5,16–9,44 proc. X. Lu *et al.* (2005) pažymi, kad kainų smailių tikimybė yra didelė elektros energijos pikiinio vartojimo valandomis ir darbo dienomis, taip pat tais atvejais, kai yra didelė paklausa arba gamybos rezervinė galia yra mažesnė už tam tikrą lygį.

Aptarus elektros energijos kainos savybes, kitoje darbo dalyje pasiūlomi rodikliai, leidžiantys įvertinti elektros energijos kainos kaitumo ir kainų smailių savybes.

### 3. Elektros energijos kainos kaitumo ir kainos smailių vertinimo rodikliai

*Kainos kaitumo rodikliai.* Dažniausiai mokslininkai išvada apie elektros energijos kainos kaitumą daro išanalizavę kainos absoliutų ir santykinų pokyčius. Retesniais atvejais kainos kaitumui įvertinti skaičiuojami tokie rodikliai:

- dispersija;
- standartinis nuokrypis;
- standartinis kaitumas;
- variacijos koeficientas;
- osciliacijos koeficientas.

S. Danilenko (2007) nurodo, kad kaitumui vertinti reiktų naudoti dispersijos rodiklį. Jis apskaičiuojamas pagal (1) formulę:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2, \text{ kai } \bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i, \quad (1)$$

čia  $\sigma^2$  – dispersija;  $n$  – stebinių skaičius;  $\bar{x}$  – laiko eilutės aritmetinis vidurkis.

Kuo didesnė dispersijos koeficiento reikšmė, tuo elektros energijos kaina yra kaitesnė.

F. A. Wolak (1998) kainos kaitumui įvertinti taikė standartinio nuokrypio formulę:

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2}. \quad (2)$$

J. J. Lucia ir E. S. Schwartz (2002) kaitumą matavo standartinio kaitumo rodikliu, kurį apskaičiavo pagal (3) formulę:

$$V = \sigma \cdot \sqrt{365}, \quad (3)$$

čia  $\sigma$  – vidutinis kvadratinis nuokrypis.

M. P. Muñoz ir D. A. Dickey (2009) elektros energijos kaitumą skaičiavo kaip laiko eilutės dviejų gretimų reikšmių skirtumo kvadratą:

$$V = (Y_t - Y_{t-1})^2. \quad (4)$$

V. Bobinaitė *et al.* (2006), V. Bobinaitė (2011) elektros energijos kainos kaitumui vertinti taikė variacijos koeficientą:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100, \quad (5)$$

čia  $V$  – variacijos koeficientas;  $\sigma$  – vidutinis kvadratinis nuokrypis;  $\bar{x}$  – kainos aritmetinis vidurkis.

Variacijos koeficiento reikšmė vertinama taip (Bartosevičienė 2001):

- iki 10 proc. – variacija maža;
- nuo 10 proc. iki 20 proc. – variacija vidutinė;
- nuo 20 proc. iki 30 proc. variacija didelė;
- 30 proc. ir daugiau – variacija labai didelė.

K. B. Paulavičius (2010) kaitumui matuoti pasiūlė taikyti osciliacijos koeficientą:

$$K_R = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{\bar{x}} \cdot 100, \quad (6)$$

čia  $x_{\max}$  – maksimali kintamojo reikšmė;  $x_{\min}$  – minimali kintamojo reikšmė.

Taigi, atlikus mokslinės literatūros analizę, galima teigti, kad nėra vieno rodiklio kainos kaitumui vertinti. Neatsižvelgiant į tai, kuris rodiklis taikomas kaitumui identifikuoti, šios elektros energijos rinkos kainos savybės atskleidimas teikia vertingą informaciją numatant kainos kitimo tendencijas ateityje. Nustačius, kad elektros energijos rinkos kaina yra kaiti, būtina pasirinkti tokius prognozavimo metodus ir modelius, kurie vertina kainos kaitumą ir leidžia padidinti kainos prognozių patikimumą.

*Kainų smailių rodikliai.* Elektros energijos rinkos kainų smailėms vertinti gali būti taikomi keli metodai (1 lentelė).

Dažniausiai kainų smailės nustatomos atsižvelgus į apskaičiuotas kainos kritines reikšmes. Laikoma, kad visos elektros energijos kainos, kurios yra didesnės arba mažesnės už apskaičiuotas kainos kritines reikšmes, atitinka kainų smailės apibrėžimą. Atsižvelgus į elektros energijos kainos variacijos užmojį, kuris parodo, kokiame intervale kito kainos analizuojamu laikotarpiu, vidutinę elektros energijos kainą ir jos standartinį nuokrypį, kainos kritinės reikšmės gali būti apskaičiuojamos pritaikius  $2 \cdot \sigma$ ,  $3 \cdot \sigma$  ar  $4 \cdot \sigma$  taisyklę. Pastebėjus, kad kai kurie elektros energijos kainos duomenys keliolika ar keliasdešimt kartų nukrypsta nuo vidutinio to laikotarpio lygio, vertėtų kainų smailėmis laikyti visas reikšmes, kurios nuo vidurkio nukrypsta per 3 ar 4 standartinius nuokrypius.

Kainų smailėmis taip pat laikomos visos neigiamos kainos, kurios parodo, kad gamintojas sutinka sumokėti vartotojui už jam patiektą elektros energiją. Kadangi šiuo metu ne visose elektros energijos rinkose kainoms leidžia-

ma įgyti neigiamas reikšmes, neigiamos kainų smailės ne visur pasireiškš.

Remiantis išskirtais elektros energijos rinkos kainos kaitumo ir kainos smailių vertinimo rodikliais, toliau darbe atliekamas rodiklių taikomumo tyrimas Lietuvos sąlygomis.

#### 4. Biržos elektros energijos kainos savybių tyrimo rezultatai

Nuo 2010 m. sausio 1 d. Lietuvoje pradėjo funkcionuoti elektros energijos birža. Ji įvairiems rinkos dalyviams atvėrė kelius prekybą vykdyti skaidrioje konkurencinėje aplinkoje, kur kaina susiformuoja veikiamą pasiūlos ir paklausos dėsnių. Baigiantis antriesiems prekybos biržoje metams, svarbu įvertinti, kaip keitėsi, kodėl keitėsi ir kas buvo būdinga pagrindiniam rinkos parametru – kainai. Pažinus elektros energijos kainos kitimo savybes ir kainų pokyčių priežastis, bus lengviau numatyti elektros energijos kainos kitimo tendencijas ateityje. Kainos kitimo dėsningumą pažinimas palengvins sprendimų priėmimą ateityje ir padės rinkos dalyviams pasiekti užsibrėžtų tikslų.

Šiame darbe biržos elektros energijos kainos savybės analizuojamos pasirinkus 2010 m. sausio mėn. – 2011 m. rugsėjo mėn. kasdinius valandinius duomenis. Siekiant atskleisti elektros energijos kainos kaitumo ir kainos smailių savybes, laikotarpis buvo suskirstytas į trumpesnės trukmės laiko tarpus. Jie atitinka kalendorinius metų laikus. Skaičiavimai atliekami remiantis informacija, pateikta 1 pav. Kaip matyti, 2009 m. gruodžio pabaigoje uždarius VĮ Ignalinos atominės elektrinės antrąjį bloką, elektros energijos rinkos kaina išaugo du kartus nuo 82,94 LTL/MWh 2005–2009 m. iki 159,86 LTL/MWh. Kainos augimą lėmė tai, kad dalį Ignalinos AE gamintą elektros energijos kiekį rinkai pradėjo siūlyti AB „Lietuvos elektrinė“, kurios pagrindinis kuras – gamtinės dujos. 2010 m. duomenimis, elektros energijos gamybos apimtys AB „Lietuvos elektrinė“

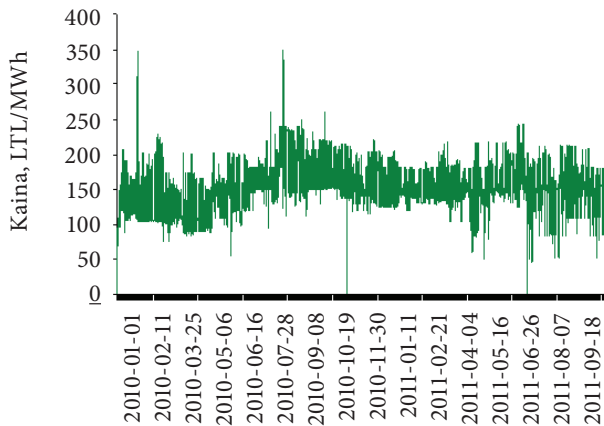
1 lentelė. Elektros energijos rinkos kainos smailių identifikavimo rodikliai

Table 1. Indicators identifying spikes of power market price

Autorius	Rodiklis	Rodiklio skaičiavimo formulė	Rodiklio reikšmės vertinimas
X. Lu <i>et al.</i> (2011)	Kritinė kainos reikšmė	$P_K = \bar{x} \pm 2 \cdot \sigma$	Je $P > PK$ , kai $P_K = \bar{x} + 2 \cdot \sigma$ , arba $P < PK$ , kai $P_K = \bar{x} - 2 \cdot \sigma$ , tai $P$ atitinka kainų smailės apibrėžimą. Kainos kritinėms reikšmėms nustatyti gali būti taikoma $3 \cdot \sigma$ , $4 \cdot \sigma$ .
	Neigiama kaina	$P < 0$	Neigiama rinkos kainos reikšmė atitinka kainų smailės apibrėžimą.
J. J. Lucia ir E. S. Schwartz (2002)	Asimetrijos koeficientas	$A_S = \frac{\mu_3}{\sigma^3}$	Je $A_S > 0$ , kaina kraštutinais dides reikšmes įgyja dažniau nei kraštutinais mažas.

čia  $\sigma$  – standartinis nuokrypis,  $\bar{x}$  – laiko eilutės aritmetinis vidurkis,  $\mu_3$  – centrinis trečios eilės momentas.

išaugo daugiau nei du kartus ir sudarė 2,02 TWh. Vertėtų pažymėti ir tai, kad įtakos vidutinės kainos pokyčiams turėjo importuoto elektros energijos kiekio pokyčiai. 2010 m. elektros energijos importo apimtys padidėjo daugiau nei 10 kartų ir siekė 7,13 TWh.



**1 pav.** Elektros energijos kainos biržoje kitimo tendencijos 2010 m. (BaltPool 2010, 2011)

**Fig. 1.** Development of power price in the stock exchange in 2010 (BaltPool 2010, 2011)

1 pav. pateikta informacija taip pat rodo, kad kaina biržoje yra kaiti. Apskaičiuotas analizuojamo laikotarpio standartinio nuokrypio koeficientas – 33,33 LTL/MWh. Jis rodo

elektros energijos kainos pasklidimą apie vidutinį laikotarpio lygį. Apskaičiuotas variacijos užmojo koeficientą nustatyta, kad skirtumas tarp maksimalios ir minimalios laikotarpio reikšmės buvo 350,01 LTL/MWh. Tai atspindi, kad kainos kitimo intervalas buvo platus. Variacijos koeficiento reikšmė (20,85 proc.) atskleidžia, kad kainos kaitumas buvo didelis. 2 lentelėje pateikti kaitumo rodikliai, analizuojamą laikotarpį suskirsčius į sezonus. Kaip matyti, elektros energijos kaina kaičiausia buvo prekybos elektros energija biržoje pradžioje (variacijos koeficientas – 24,96 proc.). Pirmosiomis prekybos biržoje valandomis prekybos įgūdžių dar neįgiję gamintojai elektros energiją rinkai tiekė nemokamai. 2010 m. sausio 27–28 d. lauko oro temperatūrai nukritus žemiau  $-20^{\circ}\text{C}$ , o šiluminių elektrinių valdytojams priėmus sprendimus didinti šilumos gamybą, elektros energijos pasiūla biržoje sumažėjo ir lėmė elektros energijos kainos padidėjimą iki 345,25 LTL/MWh (BaltPool 2010). Palyginus elektros energijos kainos kitimo tendencijas pirmaisiais 2010 m. ir 2011 m. mėnesiais, galima pastebėti, kad 2011 m. elektros energijos kainos biržoje kitimo intervalas buvo itin siauras (variacijos užmojis 100,75 LTL/MWh), o elektros energijos kainos kaitumas – mažas (variacijos koeficientas 14,02 proc.). Vis dėlto vidutinė elektros energijos kaina 2011 m. sausio–vasario mėn. buvo aukštesnė, palyginti su kainomis 2010 m.

Pavasario laikotarpiu elektros energijos kaina biržoje turi tendenciją mažėti. Tam įtakos turi klimatiniai veiksniai. 2010 m. kovo–gegužės mėn. elektros energijos kaina biržoje sumažėjo 8,7 proc., palyginti su kainomis žiemos

**2 lentelė.** Elektros energijos rinkos kainos kaitumo rodikliai 2010–2011 m. (sudaryta autorių)

**Table 2.** Volatility indicators of power price in 2010–2011 (authors' calculations)

Laikotarpis		Vidutinė kaina, LTL/MWh	Minimali kaina, LTL/MWh	Maksimali kaina, LTL/MWh	Variacijos užmojis, LTL/MWh	Osciliacijos koeficientas, proc.	Standartinis nuokrypis, LTL/MWh	Variacijos koeficientas, proc.
2010 m.	sausis–vasaris	148,32	0,00	345,25	345,25	232,77	37,02	24,96
	kovas–gegužė	135,38	55,11	200,68	145,57	107,52	29,57	21,84
	birželis–rugpjūtis	177,02	93,74	350,01	256,27	144,77	37,22	21,03
	rugsėjis–lapkritis	174,61	0,10	260,03	259,93	148,86	28,07	16,08
2011 m.	gruodis–vasaris	158,99	119,95	220,70	100,75	63,37	22,29	14,02
	kovas–gegužė	158,27	52,10	217,60	165,50	104,57	28,59	18,07
	birželis–rugpjūtis	164,60	0,28	241,90	241,62	146,80	32,50	19,74
	rugsėjis	153,22	50,79	209,90	159,11	103,85	24,33	15,88

metu. 2010 m. pavasarį reikšmingą įtaką elektros energijos kainai darė Latvijos hidroelektrinėse pavasariinių potvynių metu pagaminta ir į Lietuvą importuota elektros energija. Ji sumažino elektros energijos kainą Lietuvos biržoje 2010 m. kovo–balandžio mėn. iki 127,5 LTL/MWh. 2011 m. pavasarį polaidis Latvijoje buvo trumpas ir nedidelis, todėl galimybių gauti pigios Latvijos hidroelektrinėse pagamintos elektros energijos nebuvo (BaltPool 2011).

Dėl to 2011 m. pavasarį vidutinė elektros energijos kaina biržoje padidėjo 22,89 LTL/MWh, palyginti su kainomis, kurios vyravo atitinkamu laikotarpiu 2010 m. Verta pažymėti ir tai, kad 2010 m. pavasarį atidarius biržą Estijoje keletas rinkos dalyvių nebeprekiavo Lietuvos biržoje. Tai galėjo sukelti tiek elektros energijos pasiūlos, tiek jos paklausos svyravimus ir lemti kainos pokyčius.

Vasaros laikotarpiui būdinga tai, kad:

- Lietuvoje elektros energijos beveik nebegamina šiluminės elektrinės, todėl ir neteikia elektros energijos pardavimo pasiūlymų;
- Latvijoje pasibaigus polaidžiams sumažėja hidroelektrinėse pagaminamos elektros energijos kiekis, todėl ir jos pasiūla Lietuvos rinkai;
- vasarą vyksta elektros perdavimo linijų planiniai remontai. Tai mažina galimybes iš gretimų energetikos sistemų persiūsti pigesnę elektros energiją į Lietuvą;
- didėja elektros energijos paklausa vėsumos poreikiams, kurių susiformavimui įtakos turi aukšta vidutinė paros oro temperatūra (BaltPool 2010).

Dėl visų šių veiksnių pasireiškimo elektros energijos kaina vasaros metu paprastai viršija kainą, susiformuojančią šaltuoju metu laiku. Be to, kainos kaitumas vasaros laikotarpiui taip pat padidėja.

Prasidėjus šildymo sezonui ir šiluminėms elektrinėms sugrįžus į rinką, elektros energijos pasiūla didėja, elektros energijos kaina ir jos kaitumas mažėja. Pavyzdžiui, 2010 m. rudens laikotarpiu šiluminių elektrinių dalyvavimas Lietuvos rinkoje lėmė tai, kad maksimali kaina sumažėjo daugiau nei ketvirtadaliu iki 260,03 LTL/MWh, o kainos kaitumas – 5 procentiniais punktais (nuo 21,03 proc. iki 16,08 proc.).

Be aptartos kaitumo savybės, elektros energijos biržos kainai būdingas šuoliškas kitimas ir smailės. Šioms kainų savybėms įvertinti skaičiuojami kainos kritinės reikšmės rodikliai. Remiantis rodiklių reikšmėmis skaičiuojamos tikimybės, leidžiančios įvertinti, kiek valandų per metus reikišiasi kainų smailės. Skaičiavimo rezultatai pateikti 3 lentelėje.

Remiantis prielaida, kad kainų smailės – tai tos valandos, kai kaina biržoje didesnė už 226,53 LTL/MWh arba mažesnė už 93,20 LTL/MWh (t. y. įvertinus du standartinius nuokrypius nuo vidurkio), apskaičiuota, kad kainų smailės Lietuvos biržoje formavosi 4,68 proc. viso 2010–2011 m. rugsėjo mėn. laiko.

Kaip matyti iš 3 lentelėje pateiktos informacijos, dažniausiai kainų smailės reikišės vasarą. Apskaičiuota, kad kainų smailės vasarą truko 2,64 proc. laiko. Pavasarį kainų smailės sudarė 1,52 proc., rudens – 0,33 proc., o žiemos – tik 0,18 proc. laiko. Skaičiavimų rezultatai rodo, kad ypač aukštos ir žemos kainos (įvertinus tris standartinius nuokrypius nuo vidurkio) Lietuvos biržoje vyravo 0,4 proc. laiko. Jos taip pat vyravo vasarą.

Kadangi įvairiems metų laikams būdingos skirtingos vidutinės elektros energijos kainos ir jų kaitumas, nenuostabu, kad kritinės kainų reikšmės įvairiais metų laikais taip pat nėra vienodos (3 lentelė). Pavyzdžiui, 2010 m. pavasarį kainų smailėmis buvo galima vadinti kainas, viršijančias 194,52 LTL/MWh, arba mažesnes už 76,25 LTL/MWh. Tų pačių metų vasarą, padidėjus vidutinei elektros energijos kainai biržoje ir jos standartiniam nuokrypiui, apatinis režis padidėjo iki 102,57 LTL/MWh, o viršutinis – iki 251,47 LTL/MWh. Taigi per metus, keičiantis vidutinei elektros energijos kainai ir jos kaitumui, keičiasi ir kainų smailių samprata. Pažymėtina, kad kainų smailių pasireiškimo trukmė Lietuvos biržoje ilgėja. 2010 m. pavasarį kainų smailės pasireiškė 3,72 proc. kalendorinio pavasario laiko, o 2011 m. atitinkamu laikotarpiu kainų smailės truko 6,21 proc. laiko.

Darbe taip pat buvo skaičiuojamas asimetrijos koeficientas. Jis parodė, kad Lietuvos biržoje kraštutiniai didelės elektros energijos kainos reikišiasi dažniau nei kraštutiniai mažos. Asimetrijos koeficiento reikšmė – 0,078.

## 5. Išvados

Konkurencinės didmeninės elektros energijos rinkos sukūrimas lėmė tai, kad elektros energijos kainos įgijo visiškai naujų savybių. Susisteminus mokslinę literatūrą ir pasaulinę elektros energijos kainos savybių reikišimosi patirtį, išskirtos tokios elektros energijos rinkos kainos savybės: elektros energijos kainos formuojasi dažnai ir keičiasi atsižvelgiant į pasiūlos bei paklausos veiksnių pokyčius; elektros energijos kainos gali įgyti ne tik teigiamas, bet ir neigiamas reikišmes; kainai būdingas sezoniškumas ir kitas periodiškumas; po svyravimų kainos sugrįžta prie vidutinio lygio; kainos yra kaičios; joms būdingas šuoliškas kitimas; dažnai formuojasi kainų smailės.

Teoriniu lygmeniu atlikus elektros energijos kainos savybių formavimosi priežasčių analizę, galima teigti, kad elektros energijos kainos savybės pasireiškimas (nepasireiškimas) priklauso nuo to, kaip kainą paveikia veiksniai, darantys įtaką elektros energijos pasiūlai ir paklausai. Taigi visus veiksnius, veikiančius elektros energijos kainos savybių pasireiškimą, galima sugrupuoti pagal veiksmų sąryšį su rinkos paklausa, pasiūla ir rinkos struktūra. Elektros energijos kaip prekės savybės taip pat veikia elektros energijos kainą ir jos savybių formavimąsi.



3 lentelė. Elektros energijos kainos smailių vertinimo rezultatai (sudaryta autorių)

Table 3. Results of valuation of power price spikes (authors' calculations)

Laikotarpis	$P_K = \bar{x} \pm 2 \cdot \sigma$		Kainų smailės tikimybė, kai galioja $2 \cdot \sigma$ taisyklė, proc.	$P_K = \bar{x} \pm 3 \cdot \sigma$		Kainų smailės tikimybė, kai galioja $3 \cdot \sigma$ taisyklė, proc.	
	apatinis rėžis	viršutinis rėžis		apatinis rėžis	viršutinis rėžis		
2010–2011 m. sausis–rugsėjis:			4,68			0,40	
pavasaris	93,20	226,53	1,52	59,87	259,86	0,05	
vasara			2,64			0,25	
ruduo			0,33			0,03	
žiema			0,18			0,08	
2010 m.	sausis–vasaris	74,29	222,36	2,54	37,27	259,38	2,05
	kovas–gegužė	76,25	194,52	3,72	46,68	224,09	0,00
	birželis–rugpjūtis	102,57	251,47	1,81	65,35	288,69	1,04
	rugsėjis–lapkritis	118,47	230,75	1,56	90,40	258,82	0,23
2011 m.	gruodis–vasaris	114,41	203,57	4,54	92,12	225,87	0,00
	kovas–gegužė	101,08	215,46	6,21	72,48	244,05	0,68
	birželis–rugpjūtis	99,61	229,59	5,34	67,11	262,08	1,18
	rugsėjis	104,56	201,87	6,11	80,23	226,20	0,42

Apibendrinus mokslinę literatūrą rinkos savybių vertinimo rodiklių problematika, nustatyta, kad elektros energijos rinkos kainų savybėms įvertinti gali būti taikomi įvairūs rodikliai. Išvadas apie elektros energijos kainos kaitumą galima daryti išanalizavus kainos absoliutų ir santykinį pokyčius. Retesniais atvejais kainos kaitumui įvertinti skaičiuojami tokie rodikliai, kaip dispersija, standartinis nuokrypis, standartinis kaitumas, variacijos koeficientas, osciliacijos koeficientas. Kainų smailėms identifikuoti rekomenduojama nustatyti kritines kainų reikšmes. Jos apskaičiuojamos įvertinus analizuojamo laikotarpio vidutinį kainos lygį ir jos standartinį nuokrypį.

Atlikus elektros energijos biržos kainos kaitumo tyrimą nustatyta, kad biržos elektros energijos kaina yra kaiti. Skirtingais metų laikais kainų kaitumas yra nevienodas. Žiemos laikotarpiu, kai prekybą rinkoje vykdo šiluminės elektrinės, kainos kaitumas mažėja, tačiau vidutinis kainų lygis kyla. Pavasarį, esant galimybei importuoti elektros energiją pigiau, kainos kaitumas didėja, o vidutinis kainų lygis mažėja. Kaičiausia ir didžiausia kaina būna vasarą. Šiuo metu laiku dažniausiai susiformuoja kainų smailės. Skaičiavimų rezultatai rodo, kad kainų smailės vasarą truko 2,64 % viso 2010–2011 m. rugsėjo mėn. laiko, t. y. vasarą susiformuoja daugiau nei pusė visų kainų smailių.

Tyrimą finansavo (finansuoja) Lietuvos mokslo taryba (sutarties Nr. ATE-01/2011). Tyrimas buvo įgyvendintas autorėms bendradarbiaujant su Kauno technologijos universitetu.

## Literatūra

- BaltPool 2010 duomenų bazė [interaktyvus], [žiūrėta 2011 m. spalio 1 d.]. Prieiga per internetą: [www.baltpool.lt](http://www.baltpool.lt)
- BaltPool 2011 duomenų bazė [interaktyvus], [žiūrėta 2011 m. spalio 1 d.]. Prieiga per internetą: [www.baltpool.lt](http://www.baltpool.lt)
- Bartosevičienė, V. 2001. *Ekonominė statistika*: mokomoji knyga. Kaunas: Technologija.
- Bessembinder, H.; Lemmon, M. J. 2002. Equilibrium pricing and optimal hedging in electricity forward markets, *The Journal of Finance* 57(3): 1347–1382. <http://dx.doi.org/10.1111/1540-6261.00463>
- Bobinaitė, V. 2011. Day-ahead electricity price forecasting: Lithuanian case, in *Proceedings of the 6th International Conference on Electrical and Control Technologies*. Kaunas: Technologija, 169–174.
- Bobinaitė, V.; Juozapavičienė, A.; Snieska, V. 2006. Correlation of electricity prices in European wholesale power markets, *Engineering Economics* 4(49): 7–14.

- Caves, D.; Eakin, K.; Faraqui, A. 2000. Mitigating price spikes in wholesale markets through market-based pricing in retail markets, *The Electricity Journal* 13(3): 13–23. [http://dx.doi.org/10.1016/S1040-6190\(00\)00092-0](http://dx.doi.org/10.1016/S1040-6190(00)00092-0)
- Conejo, A. J.; Contreras, J.; Espinola, R.; Plazas, M. A. 2005. Forecasting electricity prices for a day-ahead pool-based electric energy market, *International Journal of Forecasting* 21(3): 435–462. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijforecast.2004.12.005>
- Danilenko, S. 2007. Matematiinių modelių taikymas akcijų rinkos analizėje, *Liet. matem. rink., spec.* 47: 442–447.
- Elektros energetikos sistemos pokytis 2010 m. ir planas iki 2015 m., *Elektros rinka 2010: Naujienlaiškis* Nr. 2.
- Fan, S.; Hyndman, R. J. 2011. The price elasticity of electricity demand in South Australia, *Energy Policy* 39(6): 3709–3719. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2011.03.080>
- Giberson, M. 2008. *Frequent Negative Power Prices in the West Region of ERCOT Result from Wasteful Renewable Power Subsidies* [interaktyvus], [žiūrėta 2011 m. rugpjūčio 19 d.]. Prieiga per internetą: [http://knowledgeproblem.com/-2008/11/20/frequent\\_negati/](http://knowledgeproblem.com/-2008/11/20/frequent_negati/)
- Higgs, H.; Worthington, A. 2008. Stochastic price modeling of high volatility, mean-reverting, spike-prone commodities: the Australian wholesale spot electricity market, *Energy Economics* 30: 3172–3285. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eneco.2008.04.006>
- Hughes, W. R.; Parece, A. 2002. The economics of price spikes in deregulated power markets, *The Electricity Journal* 15: 31–44. [http://dx.doi.org/10.1016/S1040-6190\(02\)00329-9](http://dx.doi.org/10.1016/S1040-6190(02)00329-9)
- Huisman, R.; Huurman, Ch.; Mahieu, R. 2007. Hourly electricity prices in day-ahead markets, *Energy Economics* 29(2): 240–248. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eneco.2006.08.005>
- Yu, W.; Sheblé, G. B. 2006. Modeling electricity markets with hidden Markov model, *Electric Power Systems Research* 76(6–7): 445–451. <http://dx.doi.org/10.1016/j.epsr.2005.09.013>
- Jamil, F.; Ahmad, E. 2011. Income and price elasticities of electricity demand: aggregate and sector-wise analyses, *Energy Policy* 39(9): 5519–5527. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2011.05.010>
- Karakatsani, N. V.; Bunn, D. W. 2008. Forecasting electricity prices: the impact of fundamentals and time-varying coefficients, *International Journal of Forecasting* 24: 764–785. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijforecast.2008.09.008>
- Knittel, Ch. R.; Roberts, M. R. 2005. An empirical examination of restructured electricity prices, *Energy Economics* 27: 791–817. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eneco.2004.11.005>
- Lijesen, M. G. 2007. The real-time price elasticity of electricity, *Energy Economics* 29(2): 249–258. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eneco.2006.08.008>
- Loon, J. 2010. *Windmill Boom Cuts Electricity Prices in Europe* [interaktyvus], [žiūrėta 2011 m. rugpjūčio 20 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.bloomberg.com/news/2010-04-22/windmill-boom-curbs-electric-power-prices.html>
- Lu, X.; Dong, Z. Y.; Li, X. 2005. Electricity market price spike forecast with data mining techniques, *Electric Power Systems Research* 73(1): 19–29.
- Lucia, J. J.; Schwartz, E. S. 2002. Electricity prices and power derivatives: evidence from the Nordic power Exchange, *Review of the Derivatives Research* 5(1): 1–50. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1013846631785>
- Muñoz, M. P.; Dickey, D. A. 2009. Are electricity prices affected by the US dollar to Euro exchange rate? The Spanish case, *Energy Economics* 31(6): 857–866. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eneco.2009.05.011>
- Nagayama, H. 2007. Effects of regulatory reforms in the electricity supply industry on electricity prices in developing countries, *Energy Policy* 35(6): 3440–3462. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2006.12.018>
- Paulavičius, K. B. 2010. *Taikomosios statistikos įvadas*. Vilnius: Vilniaus pedagoginio universiteto leidykla. ISBN 978-9955-20-582-1.
- Schneider, S.; Schneider, S. 2010. Power Spot Price Models with Negative Prices. *MPRA Paper No. 29958* [interaktyvus], [žiūrėta 2011 m. rugpjūčio 20 d.]. Prieiga per internetą: [http://mpa.ub.uni-muenchen.de/29958/1/MPRA\\_paper\\_29958.pdf](http://mpa.ub.uni-muenchen.de/29958/1/MPRA_paper_29958.pdf)
- Seifert, J.; Uhrig-Homburg, M. 2007. Modelling jumps in electricity prices: theory and empirical evidence, *Rev. Deriv. Res* 10: 59–85. <http://dx.doi.org/10.1007/s11147-007-9011-9>
- Shahidehpour, M.; Yamin, H.; Li, Z. 2002. *Market Operations in Electric Power Systems: Forecasting, Scheduling, and Risk Management*. A John & Sons, Inc. <http://dx.doi.org/10.1002/047122412X>
- Swider, D. J.; Weber, Ch. 2007. Extended ARMA models for estimating price developments on day-ahead electricity markets, *Electric Power Systems Research* 77(5–6): 583–593. <http://dx.doi.org/10.1016/j.epsr.2006.05.013>
- The Moffatt Associates Partnership 2008. *Review and Analysis of EU Wholesale Energy Markets: Evaluation of Factors Impacting on Current and Future Market Liquidity and Efficiency* [interaktyvus], [žiūrėta 2011 m. rugpjūčio 16 d.]. Prieiga per internetą: [http://ec.europa.eu/energy/gas\\_electricity/studies/doc/2008\\_eu\\_wholesale\\_energy\\_market\\_evaluation.pdf](http://ec.europa.eu/energy/gas_electricity/studies/doc/2008_eu_wholesale_energy_market_evaluation.pdf)
- Weron, R.; Misiorek, A. 2008. Forecasting spot electricity prices: a comparison of parametric and semiparametric time series models, *International Journal of Forecasting* 24: 744–763. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijforecast.2008.08.004>
- Wolak, F. A. 1998. Market design and price behavior in restructured electricity markets: an international comparison, in *Pricing in Competitive Electricity Markets*. Kluwer Academic Publishers, 127–149.

**Viktorija BOBINAITĖ.** Junior research associate of Laboratory of Energy Systems Research at Lithuanian Energy Institute. Research interests: electricity price forecasting, energy policy, wider utilization of renewable energy sources.

**Aldona JUOZAPAVIČIENĖ.** Associate Professor of Department of Economics and International Trade. Faculty of Economics and Management, Kaunas University of Technology. Research interests: international financial markets.