



MANTAS ŠVAŽAS

---

**BIOKURO  
KLASTERIŲ  
POVEIKIS  
EKONOMIKAI  
REGIONŲ ASPEKTU**

---

DAKTARO DISERTACIJA

K a u n a s  
2 0 2 0

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

MANTAS ŠVAŽAS

BIOKURO KLASTERIŲ POVEIKIS  
EKONOMIKAI REGIONŲ ASPEKTU

Daktaro disertacija  
Socialiniai mokslai, ekonomika (S 004)

Kaunas, 2020

Disertacija rengta 2016-2020 metais Kauno technologijos universiteto Ekonomikos ir verslo fakultete, Ekonomikos, verslo ir vadybos akademiniame centre. Mokslinius tyrimus rėmė Lietuvos mokslo taryba.

**Mokslinis vadovas:**

Prof. dr. Valentinas NAVICKAS (Kauno technologijos universitetas, Socialiniai mokslai, Ekonomika, S 004).

Interneto svetainės, kurioje skelbiama disertacija, adresas:

<http://ktu.edu>

Redagavo:

Giedrė Elvyra Žalūdienė (Iš Giedrės vertimai)

## TURINYS

PAGRINDINĖS SĄVOKOS.....	7
ĮVADAS .....	8
1. BOKURO KLASTERIŲ FORMAVIMOSI BEI PLĖTROS PRIELAIDOS .	14
1.1. Biokuro klasterizacijos neišvengiamumas šiandieninėje ekonomikoje....	14
1.1.1. Biokuro energetikos sektoriaus struktūra .....	14
1.1.2. Produktai biokuro energetikos rinkoje.....	22
1.1.3. Pagrindiniai biokuro klasterizacijos barjerai ir institucinės kliūtys..	36
1.2. Biokuro sektoriaus klasterizacijos motyvai .....	52
1.2.1. Biokuro klasterizacijos poveikis mikro ir makro lygmenims .....	52
1.2.2. Pagrindiniai konceptualaus biokuro klasterio poveikio ekonomikai vertinimo modelio determinantai.....	76
2. BOKURO KLASTERIO POVEIKIO MAKROEKONOMINIAM LYGMENIUI VERTINIMO METODOLOGIJA .....	104
2.1. Atsinaujinančios energetikos klasterizacijos procesų užsienyje metodologinė patirtis .....	104
2.2. Biokuro klasterių poveikio ekonomikai vertinimo metodologiniai sprendimai .....	118
3. BOKURO KLASTERIO POVEIKIO EKONOMIKAI VERTINIMO EMPIRINIAI SPRENDIMAI.....	142
3.1. Šalies regionų tyrimas konceptualaus biokuro klasterio poveikio ekonomikai vertinimo modelio pagrindu.....	142
3.2. Faktorių analizė ir pagrindinių komponentų analizės rezultatai .....	149
3.3. Regionų statistinis suskirstymas naudojant biokuro konvergencijos indeksą.....	154
IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS.....	166
LITERATŪRA .....	170
MOKSLINIŲ PUBLIKACIJŲ DISERTACIJOS TEMA SĄRAŠAS .....	197

## Paveikslų sąrašas

<b>1 pav.</b>	Pagrindiniai biomasės energetikos bruožai .....	15
<b>2 pav.</b>	Tarpvalstybinė prekybos biomase schema .....	17
<b>3 pav.</b>	Bioekonomikos klasterio struktūra.....	18
<b>4 pav.</b>	Darnaus vystymosi veiksnių sąsaja ir sąveika .....	19
<b>5 pav.</b>	Lanksčios energetikos technologijos, skatinančios darnų vystymąsi .....	20
<b>6 pav.</b>	Santykinio kapitalo apytaka biokuro energetikos atveju .....	21
<b>7 pav.</b>	Bendroji biokuro energetikos sektoriaus struktūra.....	22
<b>8 pav.</b>	Biokuro panaudojamumo ir pridėtinės vertės kūrimo sąsaja.....	23
<b>9 pav.</b>	Supaprastinta biokuro produktų klasifikacija .....	25
<b>10 pav.</b>	Energijos gamybai naudojamo, ekonominę vertę turinčio biokuro struktūra .....	27
<b>11 pav.</b>	Galutinių produktų, turinčių ekonominę vertę – žaliosios energijos – struktūra .....	35
<b>12 pav.</b>	Energetinio saugumo iššūkiai biokuro klasterių atveju.....	50
<b>13 pav.</b>	Klasterio naudos dedamosios .....	69
<b>14 pav.</b>	Biokuro klasterio veiklos vertės grandinė .....	75
<b>15 pav.</b>	Biokuro klasterio struktūra joje dalyvaujančių subjektų aspektu .....	77
<b>16 pav.</b>	Tipinis klasterio žemėlapis .....	78
<b>17 pav.</b>	Biokuro klasterio struktūra – determinantai instituciniu požiūriu .....	81
<b>18 pav.</b>	Biokuro tiekimo grandinė ir pagrindinės dedamosios .....	87
<b>19 pav.</b>	Biokuro energijos savikaina tiekimo grandinės atveju vasaros ir žiemos laikotarpiais .....	90
<b>20 pav.</b>	Tiekimo grandinės etapuose reikalingų įvertinti veiksnių chronologija.....	91
<b>21 pav.</b>	Biokuro klasterio tiekimo grandinė .....	92
<b>22 pav.</b>	Biokuro klasterio santykių su kitais klasteriais schema.....	98
<b>23 pav.</b>	Biokuro energetikos rinkos struktūros veiksniai .....	102
<b>24 pav.</b>	Tyrimo metodologijos etapų loginė seka.....	119
<b>25 pav.</b>	Daugiakriteriniu vertinimu grįsto sprendimo priėmimas.....	121
<b>26 pav.</b>	Biokuro panaudojimo centralizuotuose šilumos tinkluose žemėlapis pagal savivaldybes.....	140
<b>27 pav.</b>	Ekonominę perspektyvą apibrėžiančių rodiklių klasterių analizės vidurkių rezultatai.....	144

<b>28 pav.</b>	Socialinę perspektyvą apibrėžiančių rodiklių klasterių analizės vidurkių rezultatai .....	145
<b>29 pav.</b>	Aplinkosaugos perspektyvą apibrėžiančių rodiklių klasterių analizės vidurkių rezultatai.....	146
<b>30 pav.</b>	Klasterizacijos rezultatai taikant klasterių analizę 2008 m.....	147
<b>31 pav.</b>	Klasterizacijos rezultatai taikant klasterių analizę 2017 m.....	148
<b>32 pav.</b>	Biokuro konvergencijos indekso verifikavimo rezultatai Lietuvos regionų atveju 2008 m.....	155
<b>33 pav.</b>	Biokuro konvergencijos indekso verifikavimo rezultatai Lietuvos regionų atveju 2009 – 2010 m.....	156
<b>34 pav.</b>	Biokuro konvergencijos indekso verifikavimo rezultatai Lietuvos regionų atveju 2011 – 2012 m.....	157
<b>35 pav.</b>	Biokuro konvergencijos indekso verifikavimo rezultatai Lietuvos regionų atveju 2013 – 2014 m.....	158
<b>36 pav.</b>	Biokuro konvergencijos indekso verifikavimo rezultatai Lietuvos regionų atveju 2015 – 2016 m.....	159
<b>37 pav.</b>	Biokuro konvergencijos indekso verifikavimo rezultatai Lietuvos regionų atveju 2017 m.....	160
<b>38 pav.</b>	Biokuro konvergencijos indekso veiklos jautrumo analizės rezultatai Lietuvos regionų atveju 2008 m.....	162
<b>39 pav.</b>	Biokuro konvergencijos indekso veiklos jautrumo analizės rezultatai Lietuvos regionų atveju 2017 m.....	162
<b>40 pav.</b>	Biokuro konvergencijos indekso išlaidų jautrumo analizės rezultatai Lietuvos regionų atveju 2008 m.....	163
<b>41 pav.</b>	Biokuro konvergencijos indekso išlaidų jautrumo analizės rezultatai Lietuvos regionų atveju 2017 m.....	164

## Lentelių sąrašas

<b>1 lentelė.</b>	Galutiniai produktai, gauti po biomasės apdorojimo.....	33
<b>2 lentelė.</b>	Biomasės energetikos resursai, procesai ir produktai.....	34
<b>3 lentelė.</b>	Pagrindiniai biokuro konversijos įgyvendinimo aspektai ir barjerai ....	38
<b>4 lentelė.</b>	Biokuro rinkoje vyraujančių rizikų klasifikacija .....	40
<b>5 lentelė.</b>	Biomasės energetikos plėtros barjerai .....	47
<b>6 lentelė.</b>	Biokuro klasterizacijos barjerų pašalinimo priemonės.....	51
<b>7 lentelė.</b>	Konkurencingumo dimensijos biokuro klasterio atveju .....	65
<b>8 lentelė.</b>	Biokuro klasterio stiprybės ir silpnybės Europos, Šiaurės ir Pietų Amerikos valstybėse.....	105
<b>9 lentelė.</b>	Daugiakriterinio vertinimo metodai .....	122
<b>10 lentelė.</b>	Tyrimo atlikimui būtini duomenys .....	125
<b>11 lentelė.</b>	Klasterių analizės metodai.....	133
<b>12 lentelė.</b>	Faktorių analizės atlikimo būdai.....	136
<b>13 lentelė.</b>	Pagrindiniai indekso verifikavimo aspektai.....	138
<b>14 lentelė.</b>	Dispersinės analizės rezultatai.....	142
<b>15 lentelė.</b>	Galutinių klasterio centrų nustatymo rezultatai.....	143
<b>16 lentelė.</b>	Teigiamai klasifikuojamų ir išlaidoms priskiriamų rodiklių grupės	149
<b>17 lentelė.</b>	KMO kriterijaus rezultatai teigiamai klasifikuojamų rodiklių atveju... ..	149
<b>18 lentelė.</b>	KMO kriterijaus rezultatai išlaidoms priskiriamų rodiklių atveju..	150
<b>19 lentelė.</b>	Faktorių sukimo analizė teigiamai klasifikuojamų rodiklių atveju	150
<b>20 lentelė.</b>	Faktorių sukimo analizė išlaidoms priskiriamų rodiklių atveju.....	151
<b>21 lentelė.</b>	Teigiamai klasifikuojamų rodiklių, suskirstytų į faktorius, svorių rezultatai .....	151
<b>22 lentelė.</b>	Išlaidoms priskiriamų rodiklių suskirstymo į faktorius, svorių rezultatai .....	152
<b>23 lentelė.</b>	Kvadratinio koeficiento apkrova (sumažinta iki vieningos sumos) teigiamai klasifikuojamų rodiklių atveju.....	152
<b>24 lentelė.</b>	Kvadratinio koeficiento apkrova (sumažinta iki vieningos sumos) teigiamai išlaidoms priskiriamų rodiklių atveju .....	153

## PAGRINDINĖS SAŲVOKOS

**Biomasė** – tai tam tikrose vietovėse esantys ar energetiniams tikslams auginami biologinės kilmės augalai, gyvulinės ar žemės ūkio kilmės atliekos, galinčios būti paverstos biokuru.

**Biokuras** – tai tinkamai apdorota ir energijai gaminti skirta biomasė, kuri realiuoju laiku yra paruošta paversti į šilumos ir elektros energiją ar biodujas.

**Biokuro energetikos sektorius** – tai energetikos verslo dalis, kurios pagrindą sudaro vietinės kilmės biokuro panaudojimas energijos gamybai.

**Biokuro konversija** – tam tikro regioninio ar verslo vieneto perėjimas link biokuro naudojimo energetiniams poreikiams patenkinti.

**CŠT** – centralizuoti šilumos tinklai

**Energetiniai išteklių** – tai natūralios kilmės išteklių, kurie gali būti atsinaujinančio arba iškastinio tipo, galintys būti panaudoti šilumos, elektros ar dujų gamybai namų ūkiuose, pramonėje, ratiniame ir geležinkelių transporte.

**Energetikos rinka** – tai tam tikros šalies bendrosios rinkos dalis, atsakinga už energetikos verslo palaikymą, sandorius, išteklių mainus

**Klasteris** – tai skirtingų fizinių ir juridinių vienetų junginys, orientuotas į vieną tikslą – aukštesnės pridėtinės vertės kūrimą sutelkiant turimus finansinius, infrastruktūros ir intelektualius išteklius.

**Klasterizacija** – tai procesas, kai vienoje ūkio šakoje dirbantys individualūs, verslo ir mokslo subjektai telkiasi siekdami pateikti produktus į tam tikras rinkas ir jose dominuoti.

**Regiono energetinė sistema** – tai tam tikro administracinio vieneto ribose veikianti sistema, atsakinga už buitinių vartotojų ir verslo subjektų energetinių poreikių užpildymą tiekiant šilumos energiją, elektrą ir biodujas, pagamintas remiantis atsinaujinančiais arba iškastiniais išteklių.

**ŠESD** – Šiltnamio efektą sukeliančios dujos

**tne** – tona naftos ekvivalento

**Žalioji energija** – tai atsinaujinančius išteklius naudojančiose jėgainėse pagaminta visų rūšių energija.

**Organinės atliekos** – tai atliekos, kurios yra biologinės kilmės ir pūdomos, deginamos ar kitaip apdorojamos išlaisvina turimus energijos kiekius.

**Gazifikacija** – biokuro apdorojimas, kai energija paverčiama dujomis, gali būti naudojamos elektros, šilumos, transporto poreikiams tenkinti.

**Žlaugtas** – medžiaga, susidaranti po biodujų išgavimo proceso biodujų reaktoriuose.

**Anglies sekvestracija** – šiltnamio efektą sukeliančių dujų pašalinimas iš atmosferos fotosintezės būdu.

## ĮVADAS

**Tyrimo aktualumas.** Kylantis susirūpinimas dėl visuotinio klimato atšilimo skatina investicijas į žaliosios energetikos sprendimus. Priklausomai nuo klimatinių sąlygų ir turimų natūralių išteklių gausos, pasaulio valstybės renka skirtingus žaliosios energijos gamybos būdus. Išsivysčiusiose Vakarų Europos valstybėse ir Jungtinėse Amerikos Valstijose orientuojamasi į elektros gamybą plėtojant vėjo ir saulės išteklių panaudojimo technologijas. Tuo tarpu šilumos gamybos sektoriuje susiduriama su tam tikrais iššūkiais – kaip pagaminti didelius energijos kiekius nekenkiant aplinkai, ir tuo pačiu pakeičiant taršų anglies ir gamtinių dujų kurą. Mokslinėje literatūroje kaip rentabilūs atsinaujinantys energijos ištekliai minimi geoterminiai vandenys ir biomasė (Caputo, Palumbo, Pelagagge, Scacchia, 2005); Kulcar, Goricanec, Krope, 2008); Wünsch, Gruber, Claupein, 2012); Ruzzenenti, Bravi, Tempesti, Salvatici, Manfrida, Basosi, 2014; Karimi, Mansouri, 2018). Tačiau geoterminio vandens ištekliai pasaulyje pasiskirstę netolygiai, o biomasės paruošimas į biokurą leidžia kartu gaminti tiek šilumos, tiek elektros energiją. Be to, biokuras yra neutralus aplinkai, kadangi deginant išskiriamas tik toks anglies dioksido kiekis, kurį augalas sugėrė per tam savo gyvavimo ciklą. Kitais atvejais biokuro panaudojimas energijos gamybai turi teigiamą poveikį ekonomikai – biokuro apdorojimas biodujų reaktoriuje leidžia išskirti ir sudeginti pavojingas metano dujas, kurios kitu atveju patektų tiesiogiai į planetos atmosferą. Visi šie veiksniai sukūrė padėtį, kad biokuras yra vienas iš ekonomiškai rentabiliausių žaliųjų energijos gamybos sprendimų. Vis dėlto, mokslinėje literatūroje dar nepakankamai įvertinama, koks yra biokuro panaudojimo poveikis ekonomikai, socialinei sanklodai, aplinkosaugai. Stokojama tyrimų, kurie leistų pagrįsti sinergiją tarp biokuro panaudojimo ir visuomenės turtėjimo, ypač besivystančiose valstybėse.

Ne išimtis ir Lietuvos Respublika. Šalis, remdamasi nustatytais Europos Sąjungos normatyvais, yra įsipareigojusi didinti energijos, pagamintos iš atsinaujinančių išteklių kiekį. Kartu su pasauliniu ekonomikos nuosmukiu Lietuvoje padidėjo vietinio atsinaujinančio kuro panaudojimo apimtys. Ypač išaugo kietosios biomasės panaudojimas. Lietuvai didinant pagamintos energijos iš biokuro kiekį, iškyla klausimai dėl biokuro pakankamumo ir jo naudojimo darnumo su aplinka. Atsinaujinančių išteklių panaudojimo energetikoje poveikis ekonomikai dar nėra plačiai ištirtas. Pastebimas ir kitas aspektas – esamuose tyrimuose neįvertinamos darnaus vystymosi normos gaminant energiją iš šių išteklių. Plačiausiai vertinamas ekonominis biokuro panaudojimo poveikis atskiroms subjektų grupėms. Tuo tarpu šiandien, vystantis klasterizacijos idėjoms, teigiamas biokuro panaudojimo poveikis gali dar padidėti. Klasterizacija gali padėti apjungti skirtingus energetikos sektoriaus išteklius siekiant bendro tikslo – tvaraus biomasės panaudojimo gaminant šilumos ir elektros energiją. Tai aktualu mažosioms šalims, turinčioms didelius vietinio kuro išteklius ir priklausomoms nuo energijos išteklių importo.

Klasterių koncepcija grįsta skirtingų, tam tikrame regione esančių subjektų, bendradarbiavimu ir vieno tikslo siekimu. Klasikinėje klasterio struktūroje sutelkiami finansiniai, žmogiškieji ir intelektualiniai ištekliai siekti klasterio veiklos tikslų.

Disertacijoje nagrinėjamas reiškinys aktualus dviem aspektais. Pirmuoju aspektu, stokojama tyrimų, kurie pateiktų biokuro klasterio veikimą tam tikroje vietovėje. Antruoju atveju konstatuojama, kad biokuro klasteris yra skirtas tam tikro regiono ar regionų grupės energetinių poreikių tenkinimui. Tai iš esmės skiriasi nuo klasikinės klasterių koncepcijos, kai klasteryje esantys ištekliai ir darbas orientuojami į visos šalies arba eksporto rinkas. Biokuro klasterio veikla yra skirta išskirtinai veiklos regionui, tvariam jame esančių išteklių panaudojimui ir regiono turtinimui. Dėl egzistuojančių sinerginių efektų neapibrėžtumo ir dėl to kylančių sunkumų apibūdinti teigiamą biokuro konversijos poveikį atsiranda būtinybė išskirti teigiamas biokuro klasterio kuriamo poveikio kryptis ir apibrėžti rinkos struktūros veiksnius, kurie remia ir veikia einamąją biokuro klasterio veiklą.

Klasterizacija yra ypač skatinama Europos Sąjungos (ES) lygiu (EK, 2019). Komisija skatina mažas ir vidutines įmones (MVI) telktis į klasterius taip efektyvinant veiklą. Komisija yra nustačiusi instrumentus, skirtus finansuoti klasterių plėtotę, taip pat įpareigojusi valstybes nares papildomai prisidėti prie klasterizacijos skirtinguose verslo sektoriuose. Nepaisant to, pastebima, kad klasterizacija ES narėse iš Centrinės ir Rytų Europos (CRE) regiono dar yra pakankamai vangė. Tai gali būti sietina su nepakankamu verslo subjektų švietimu, kuris leistu išryškinti klasterizacijos naudą verslo vykdymui ir pridėtinės vertės kūrimui. Prie to prisideda ir sudėtinga šių valstybių praeitis, nepaslankei teisinė bazė, vyraujanti nepasitikėjimo atmosfera. Aktyvėjant klimato kaitos stabdymo idėjoms, klasterių vaidmuo taps dar svarbesnis, atsiradus būtinybei kolektyviai investuoti į taršos mažinimo ir tvaraus medžiagų naudojimo sprendimus. Biokuro klasteris išskirtinai prisidėtų prie klimato kaitos mažinimo tikslų pasiekimų, kadangi klasterio veikla leistų gaminti žaliają energiją, o sutelkti ištekliams leistų sukurti didesnę pridėtinę vertę.

**Mokslinė problema.** Kaip įvertinti biokuro klasterių poveikį regionų ekonominei sanklodai vertinant per vietinių išteklių panaudojimo prizmę.

**Mokslinės problemos ištirtumo lygis.** Biokuro, kaip energetikos vieneto, sektoriaus klasterizacija yra santykinai menkai ištirta. Į biokuro panaudojimą energetiniams poreikiams tenkinti mokslininkai atsigręžė maždaug prieš dešimtmetį. Atliktuose moksliniuose tyrimuose analizuojama problema nagrinėjama fragmentuotai, tiriant tik tam tikrą konkrečią poveikio kryptį. Pastebimas regioninis aspektas – skirtinguose žemynuose tiriami skirtingų biomasės rūšių panaudojimo būdai ir formuojamas poveikis. Yra atlikta nemažai tyrimų, kuriuose pateikiamos biokuro panaudojimo galimybės industriniuose klasteriuose (Herder, Stikkelman, 2004; Andersson, Broberg, Hackl, 2011; Broberg, Andersson, Hackl, 2011; Andersson, Broberg, Hackl, 2012; Tomei, Upham, 2011; Hackl, Harvey, 2013). Šiuo atveju biokuras yra laikomas antraeilium veiksmu, patenkinančių industrinių klasterių energetinius poreikius. Tokiu būdu tirama, kaip industriniai klasteriai pradeda biokuro konversiją, tačiau nepastebėta, kad biokuro pramonės subjektai būtų laikomi svarbia klasterio dalimi. Jie traktuojami kaip paslaugos teikėjai ir energijos pasiūlos užtikrintojai. Pastaruosiuose straipsniuose buvo nagrinėtos skirtingos biokuro rūšys – medienos biomasė, metanolis, skirtingų rūšių dumbliai.

Didžiojoje dalyje tyrimų ekonominis poveikis pateikiamas kaip viena iš techninės modernizacijos pasekmių. Vyrauja kombinuotas techninis – ekonominis

vertinamas, kai išskiriama techninė perspektyva, tuo tarpu ekonominiai veiksniai traktuojami kaip svarbūs, tačiau nelemiantys techninės modernizacijos sprendimo priėmimo (De, Assadi, 2009; Pirraglia, Gonzalez, Saloni, Denig, 2013; Klein, Chagas, Junqueira, Rezende, de Fátima Cardoso, Cavalett, Bonomi, 2018). Taip pat buvo vykdyti tyrimai, kai biokuro panaudojimas yra kombinuojamas su kito kuro panaudojimu (Gupta, Saini, Sharma, 2010; Theo, Lim, Ho, Hashim, Lee, Muis, 2017; Atkins, Walmsley, Walmsley, 2016). Šiuo atveju nėra konkrečiai akcentuojamas energijos vartojimo tikslas – vienu atveju tai gali būti klasterizuotos kaimų vietovės, kitu atveju – skirtingos verslo ir privačių klientų grupės. Biomasė užima reikšmingą vietą energijos gamyboje, tačiau ji yra kombinuojama su kitomis energijos rūšimis. Šiuo atveju taip pat akcentuojamos techninės ir politinės charakteristikos, tačiau stokojama ekonominio vertinimo, kuris leistų kiekybiškai apibendrinti biokuro panaudojimo poveikį veiklos regionui, jo ekonominei ir socialinei būklei.

Kita atliktų tyrimų grupė susijusi su žaliosios ekonomikos veiksniais. Visame pasaulyje biokuro, bioenergetikos, bioekonomikos klasteriai yra santykinai naujos sąvokos. Vis plačiau įveiklinant saulę vėją, geoterminę energiją, biokuro panaudojimas buvo primirštas ir laikomas ne tokia modernia opcija. Vis dėlto, klasterizacija sudarė sąlygas telkti išteklius ir apibrėžti biokuro energetikos vietą rinkoje. Vienas pagrindinių tokių klasterių atsiradimo veiksnių – kuriamas platus ekonominis poveikis. Vienais atvejais akcentuojamai platesnio masto bioekonomikos klasteriai, apimantys skirtingas švrios energijos gamybos technologijas (Stikkelman, Herder, van der Wal, Schor, 2003; Pätäri, Puumalainen, Jantunen, Sandström, 2011; Kalt, Kranzl, 2011; Kortelainen, Albrecht, 2013). Bioekonomika retais atvejais apima sinerginius efektus, kurie kyla naudojant biokurą – išlaidų aplinkosaugai mažėjimas, naujos darbo vietos, pigesnės vietinės energetinės žaliavos ir kt. (McKay, 2006; Kajikawa, Takeda, 2008; Huber, 2009; Scarlet, Dallemand, Monforti-Ferrario, Nita, 2015; Lund-Thomsen, Lindgreen, Vanhamme, 2016; Kircher, Breves, Taden, Herzberg, 2018). Ženkliai rečiau randama mokslinės medžiagos apie klasterius, paremtus medienos biomase (Aho, Kumar, Lashkul, Eränen, Ziolk, Decyk, ..., Murzin, 2010; Téglá, Hagen, Hollo, Takácsné, 2012; Shegelman, 2014). Būtent ši biomasės rūšis laikytina pagrindiniu biokuro ištekliumi, galinčiu sukurti didelę pridėtinę vertę verslui, valstybei ir visuomenei. Tiriant bioekonomikos krypties formavimąsi klasterių pavidalu, skirtingai nuo techninio-ekonominio vertinimo, matoma ekonominio vertinimo pastanga, siekiant pagrįsti teigiamą šios krypties kuriamą poveikį. Siekiant tai pagrįsti pasitelkiami atskirų šalių ir regionų pavyzdžiai, rodantys pastarųjų laikotarpių progresą. Dar viena klasterizacijos opcija – klasterio pagrindu laikyti tiekimo grandinę (Bernetti, Ciampi, Sacchelli, 2010; De Meyer, Cattrysse, Rasinmäki, Van Orshoven, 2014). Ji leidžia koncentruoti ir valdyti skirtingus procesus įtraukiant reikšmingą dalį skirtingų šakos subjektų.

Reikšmingai daugiau mokslinės produkcijos randama ieškant atsinaujinančių išteklių klasterių. Daugiausiai informacijos randama apie keleto technologijų derinimą, neišskiriant biokuro panaudojimo kaip kertinės pozicijos. Tyrimų objektai pasirenkami iš plačios amplitudės – tyrimas gali būti vykdomas per žemyno (Porter, 2008), šalies (Dudian, 2011; Essletzbichler, 2012; Hsu, Lin, 2012; Beloborodko, Romagnoli, Rosa, Disanto, Salimbeni, Karlsen, ...Blumberga, 2015), regiono (El

Bakari, Myrzik, Kling, 2009; Zhu, Huang, Sharma, Su, Irwin, Mishra, ..., Shenoy, 2013), salos (Brown, Finn, Robinson, Salsbery, 2008), metropolio (Marra, Antonelli, Pozzi, 2017), pastato (Allen, Potiowsky, 2008) dimensiją. Didžiojoje dalyje straipsnių orientuojamasi į techninę analizę, ekonominius veiksnius nagrinėjant tik kaip papildomus. Šiuo atveju netiesiogiai pripažįstama, kad biokuras yra labiau tinkamas CŠT sistemose ir nėra toks lankstus kaip kitos atsinaujinančio kuro rūšys.

Visumoje galima teigti, kad mokslinės problemos ištirtumo lygis yra vidutinis – atlikta plati techninė analizė, tačiau ekonominio vertinimo diapazonas nėra platus. Stokojama ekonominio pagrindimo, kuris leistų įvertinti vietinių išteklių panaudojimo poveikį šalies ir regiono mastu, taip pat teigiamų regionų veiklos pavyzdžių vertinimo.

**Mokslinio darbo objektas** – biokuro klasteriai

**Mokslinio darbo tikslas** – sukurti konceptualų biokuro klasterio poveikio ekonomikai vertinimo modelį ir atlikti jo verifikavimą regiono aspektu.

**Mokslinio darbo uždaviniai:**

1. Išanalizuoti pagrindinius biokuro sektoriaus klasterizacijos motyvus bei vystymosi barjerus;
2. Suformuoti ekonominę vertę turinčio biokuro ir galutinių produktų struktūrą;
3. Ištirti biokuro sektoriaus klasterizacijos poveikį skirtingiems ekonomikos lygiams;
4. Sukurti konceptualų biokuro klasterio poveikio ekonomikai vertinimo modelį;
5. Ištirti Lietuvos regionų pasiskirstymą ekonominiu, socialiniu, aplinkosaugos aspektais;
6. Verifikuoti regionų energetinių išteklių panaudojimo poveikio ekonomikai vertinimo metodologiją pagal biokuro konvergencijos indeksą.

**Tyrimo metodai:**

- Mokslinės literatūros sisteminė, loginė ir lyginamoji analizė;
- Mokslinės literatūros analizės rezultatų sintezė;
- Loginė dedukcija ir indukcija;
- Tyrimo duomenų statistinė analizė: klasterių analizė, faktorių analizė;
- Matematinis ir statistinio apdorojimo metodai, naudojant statistines duomenų apdorojimo programas: SPSS (v21.0) ir Microsoft Excel (2016).

**Disertacijos naujumas:**

1. **Sukurtas konceptualus biokuro klasterio poveikio ekonomikai vertinimo modelis.** Modelyje sutelkiami pagrindiniai veiksniai, kuriems biokuro panaudojimas daro įtaką tam tikroje vietovėje. Modelis įvertina biokuro klasterio veiklos regionus, jų naudojamo vietinio kuro apimtį, veikiančią aplinką, taip pat įvardija mažai ištyrinėtus veiksnius, kurie gali turėti reikšmingą poveikį rinkos dalyvių sėkmei. Konceptualus biokuro klasterio poveikio ekonomikai vertinimo modelis leidžia identifikuoti pridėtinę vertę kuriančius regionus, pridėtinės vertės kūrimo apimtį, išreikštas augančią vietinio biokuro ruošą ir mažėjančiu energetinių išteklių importu ir pinigų srautų, sukurtų pakeitus importą vietine gamyba, kryptis. Modelis rodo, kad biokuro sektorius atitinka darnaus vystymosi principus visuose lygiuose, o

gamybos ir tiekimo procesuose dalyvauja išimtinai tik tam tikro regiono įmonės.

2. **Suformuota biokuro klasterio poveikio ekonomikai vertinimo metodologija.** Poveikio ekonomikai vertinimui naudojama metodologija, kuri apima ekonominius, socialinius, aplinkosaugos veiksnius. Pastarieji veiksniai rodo sinergiją, kurią biokuro klasteris kuria vykdydamas veiklą. Metodologija, apimanti plataus spektro duomenis leidžia tinkamai pagrįsti gautus biokuro panaudojimo poveikio rezultatus. Skirtingi metodologiniai instrumentai leidžia analizuoti turimus duomenis įvairiais pjūviais, taip pabrėžiant visapusią klasterio kuriamą poveikį šalies ir jos regionų vystymuisi.
3. **Ištirta biokuro klasterio ir šešėlinės ekonomikos sąveika ir nustatytos tam tikros biokuro klasterio dedamosios, kurios gali patekti į šešėlinės ekonomikos rizikos zoną.** Taip parodoma, kad klasteryje taip pat gali būti šešėlinės ekonomikos rizikos apraiškų. Ištirta, kad šešėlinė ekonomika gali susiformuoti tuose sektoriuose, kurie pasižymi žemu kontrolės lygiu ir sudėtingu procesu atsekamumu. Biokuro klasterio atveju tai gali būti biokuro ruošos sektorius. Pripažįstama, kad neatsakingai kontroliuojama veikla gali sukelti netinkamo natūralių išteklių panaudojimo riziką ir perprodukciją. Disertacijoje siūlomi sprendimai, kurie leistų neutralizuoti šešėlinės ekonomikos riziką klasteryje, tuo pačiu užtikrinant klasterio veiklos skaidrumą ir darnumą.
4. **Nustatytas ekonominis ir socialinis klasterio veiklos poveikis Lietuvos regionams.** Mokslinės literatūros analizės metu paaiškėjo, kad stokojama tyrimų, kurie rodytų ne tik ekonominį, bet ir socialinį biokuro panaudojimo poveikį veiklos regionui. Socialinis aspektas vertinamas kaip tam tikra sinergija, tačiau dažnu atveju poveikis nėra išskiriamas tikslus ekonominių ir socialinių veiksnių poveikis. Disertacijoje pateikti skaičiavimai pabrėžia reikšmingą klasterio poveikį regionų socialinei sanklodai – geresniam regionų biudžetų persikirstymui, bedarbystės mažėjimui ir užimtumo lygio augimui. Disertacijoje vertinti Lietuvos regionų duomenys, tačiau tiek tyrimo metodologija, tiek po to sekantys tyrimo veiksmai gali būti naudojami kitų šalių vertinimui be apribojimų.
5. **Sukurtas biokuro konvergencijos indeksas.** Biokuro klasterių poveikio ekonomikai kompleksiniam vertinimui sukurtas biokuro konvergencijos indeksas, sutelkiantis ekonominės, socialinės ir aplinkosaugos perspektyvos rodiklius. Indeksas sudaro sąlygas pamatyti analizuojamo laikotarpio progresą savivaldybėse (regionuose), jų konkurencingumą ir galimybes klasterizuotis bei konverguoti. Indeksas yra universalus, tinkamas skirtingų šalių vertinimui per regioninę dimensiją. Taip sudaromos sąlygos lyginti regionus tiek šalies viduje, tiek su kitų valstybių regionais. Biokuro konvergencijos indeksą sudaro du subindeksai, kurie apibrėžia regionuose generuojamas pajamas ir patiriamas išlaidas.

#### **Disertacijos struktūra:**

Pirmoje disertacijos dalyje pateikiami teoriniai biokuro verslo aspektai, klasterizacijos sąlygos, pagrindinės kliūtys, kurios trukdo biokuro klasterizacijos

plėtotei. Suformuojama ekonominę vertę turinčio biokuro struktūra, taip pat galutinių, ekonominę vertę turinčių produktų struktūra. Apibūdinamas biokuro klasterizacijos poveikis skirtingiems ekonominiams lygmenims, apibrėžiama klasterio vieta rinkoje, kitų klasterių veiklos kontekste. Konstatuojama, kad biokuro klasteris naudojasi ta pačia tiekimo infrastruktūra ir klasterio konkurencinis pranašumas yra susijęs su sąnaudų valdymu. Pirmosios dalies pabaigoje suformuojama biokuro klasterio vertės grandinė.

Antrojoje dalyje pateikiama tyrimo metodologija, kuria remiamasi atliekant analitinius veiksmus. Metodologija susideda iš klasterių, faktorių, pagrindinių komponentų analizių, galutiniame etape suformuojant biokuro konvergencijos indeksą. Tyrimas vykdomas pagal daugiakriterinio vertinimo logiką. Pateikiama užsienio šalių patirtis vykdant panašius tyrimus, taip siekiant pagrįsti disertacijos tyrimo logiką ir nurodyti pagrindinius skirtumus tarp valstybėse vykdomų tyrimų. Šioje dalyje konstatuojama, kad tiekimo grandinė yra pagrindinė biokuro klasterio grandis, kurioje būtinas griežtas sąnaudų valdymas. Pabaigoje pateikiami biokuro rinkos struktūros veiksniai, rodantys biokuro klasterio sukeltą poveikį skirtingoms ekonomikos grandims, taip pat kuriamą bendrąjį poveikį vidaus rinkai. Rinkos pokyčius, kuriuos sukelia pateiktieji veiksniai, turi pagrįsti trečiojoje dalyje atliekami analitiniai veiksmai.

Trečioji dalis skirta verifikuoti biokuro konvergencijos indeksą ir išgauti rezultatus, kurie pagrįstų regionų pasiskirstymą pagal naudojamo kuro būdą ir šio sprendimo kuriamą poveikį. Tyrime pirmiausiai pateikiami klasterių analizės rezultatai, parodantys regionų pasiskirstymą pagal ekonominius, socialinius ir aplinkosaugos faktorius. Siekiant išsiaiškinti, kaip biokuro panaudojimas veikė ekonomiką kompleksiniu požiūriu, atliekamas biokuro konvergencijos indekso verifikavimas. Indeksu siekiama aiškiau pateikti skirtį taip biokurą ir importuojamą kurą naudojančių regionų raidos. Tyrime nagrinėjamas 2008-2017 m. laikotarpis, tyrimui naudojami Lietuvos regioninių savivaldybių, kurios turi centralizuotas šilumos tiekimo sistemas, duomenys.

**Tyrimo apribojimai.** Pagrindiniai disertacijos tyrimo atlikimą riboję veiksniai susiję su tam tikromis duomenų grupėmis. Vertinamos visos savivaldybių (regionų) biudžetų pajamos ir išlaidos, neišskiriant jų į tas, kurios sukurtos iš biokuro naudojimo veiklos. Rodiklio pokytis leidžia nustatyti dinamiką tarp biokuro sektoriaus veiklos ir bendros savivaldybės (regiono) situacijos. Gyventojų pajamų mokesčio pajamos, gautos iš energijos gamybos sektoriaus, yra subendrinamos, t.y. rodiklio dydis atspindi energijos gamybą tiek iš biokuro, tiek iš iškastinio kuro. Rodiklio aktualumas ypač išauga konversijos momentu, lyginant biokurą ir iškastinį kurą naudojančias savivaldybes (regionus) ir jų pajamų dinamiką.

**Disertacijos turinys.** Disertaciją sudaro 200 puslapių, įskaitant 41 paveikslą ir 24 lenteles, 567 literatūros šaltinius anglų ir lietuvių kalbomis.

**Disertacijos rezultatų publikavimas:** Disertacijos rezultatai publikuoti 18-oje mokslinių straipsnių. Visi disertacijos metu gauti rezultatai publikuoti anglų kalba, didžioji dauguma (14) straipsnių publikuoti užsienio mokslo leidiniuose.

# 1. BIOKURO KLASTERIŲ FORMAVIMOSI BEI PLĖTROS PRIELAIDOS

Pirmame daktaro disertacijos skyriuje analizuojama biokuro klasterizacijos vieta šių dienų ekonomikos struktūroje pagal egzistuojančią sektoriaus struktūrą bei disponuojamus produktus, pritaikomus energetikos rinkoje. Pateikiami pagrindiniai klasterizacijos motyvai biokuro energetikoje, kurie išreikšti galimu teigiamu poveikiu ekonomikai, taip pat biokuro klasterio galimybės sąveikauti su kitais energetikos klasteriais. Siekiant disertacijos tikslo, pateikiamas klasterio formuojamas poveikis, atspindintis įvairiuose ekonominiuose ir socialiniuose pjūviuose.

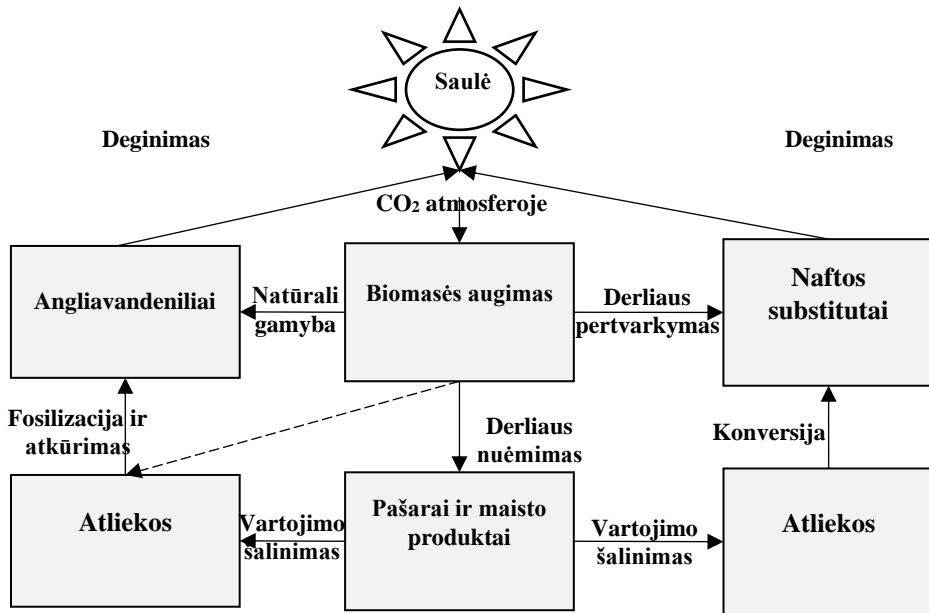
## 1.1. Biokuro klasterizacijos neišvengiamumas šiandieninėje ekonomikoje

### 1.1.1. Biokuro energetikos sektoriaus struktūra

Visame pasaulyje vis aktyviau plėtojamos atsinaujinančios energetikos idėjos sudaro pagrindą augančiam mokslininkų susidomėjimui tirti energijos iš atsinaujinančių išteklių formuojamą ekonominę naudą. Šalyse, kuriose gausu natūralios biomasės išteklių, labiau orientuojamasi į teigiamo biomasės panaudojimo poveikio tyrimus. Kadangi egzistuoja įvairios biomasės rūšys, tai lemia tyrimų įvairovę, kai tiriamos atskirų kuro rūšių panaudojimo naudos savybės. Akcentuojama, jog biomasė yra svarus atsinaujinantis išteklius, o išskirtinis dėmesys turi būti teikiamas tvariam kuro panaudojimui, nealinant gamtos bei stengiantis apsiriboti biomasės atliekų panaudojimu.

Biokuro klasterio veiklos neišvengiamybė labiausiai atsispindi pastaruose metu, siekiant auginti šalių energetinį saugumą. Vyraujanti kintanti ekonominė ir geopolitinė padėtis skirtingose pasaulio dalyse verčia ieškoti sprendimų, kurie mažintų iškastinio importuojamo kuro vartojimo įtaką šalies energetinių poreikių patenkinimo plotnėje. Kylant energetinio saugumo klausimui, atsinaujinanti energetika vaidina esminį vaidmenį. Glāvan, B. (2008) požiūriu, klasteriai atsiranda todėl, kad įmonės yra skatinamos įsikurti viena šalia kitos, kad pasinaudotų įvairaus išorinio poveikio galimybėmis. Pagrindinė klasterizacijos priežastis yra transportavimo, komunikacijos ir rinkos dalies užsitikrinimo išlaidų sumažinimas. Be to, geografinis artumas suteikia įmonėms galimybę susisiekti su didesniu tiekėjų skaičiumi (įskaitant kvalifikuotą darbo jėgą) ir taip sumažinti ieškos sąnaudas, visumoje teigiamai veikiant produktyvumą. Be to, pramoninė aglomeracija palengvina sukuriamų gamybinių žinių srautą tarp klasterio dalyvių. Tai ypač palanku biokuro sektoriuje, kadangi kooperacija yra kritiškai svarbi siekiant sumažinti sąnaudas.

Biokuro energetikos sektoriaus struktūra yra nulemta biokuro atsiradimo ir vystymosi specifikos. Ekonominis rezultatas yra susijęs su gamtiniais procesais, kurių metu atsiranda biomasės ištekliai. Tam tikri gamtiniai procesai formuoja skirtingas biomasės rūšis, kurios gali būti panaudotos šilumos, elektros ar biodujų gamybai. Pagal biomasės rūšį ir jos atsiradimo tipą formuojama verslo struktūra, kurios tikslas – paversti biokurą į energiją ir pasiekti teigiamą ekonominį efektą.



**1 pav.** Pagrindiniai biomasės energetikos bruožai (Ellabban, Abu-Rub, Blaabjerg, 2014)

Pagal 1 pav. pateiktus biomasės energetikos bruožus matyti, kad yra išskiriama dviejų tipų biomasės produkcija – natūraliai augantys augalai bei energetiniai augalai, kurių derlius yra nuimamas periodiškai. Gaunamos atliekos yra panaudojamos kitų produktų gamybai o biokuro energetikos verslas atitinka pagrindinius žiedinės ekonomikos principus. Būtent žiedinė ekonomika formuoja prasmę biokuro energetikos verslo plėtrai.

Viena pagrindinių tarptautinių organizacijų, skatinančių atsinaujinančios energetikos plėtotę yra Europos Sąjunga (ES). Ji savo nariams yra nustatiusi normatyvus, koks kiekis suvartotos energijos turi būti pagamintas iš atsinaujinančių išteklių. Viena pagrindinių priemonių jiems įgyvendinti yra spartesnis biokuro panaudojimas. Visgi, biokuro sektoriaus struktūrą keičia bendrieji energetikos iššūkiai. Pagal Pacesila, Burcea, Colesca, (2016), didelis energijos potencialas ir platūs panaudojimo būdai nacionaliniu ir vietos lygiais paverčia atsinaujinančią energiją svarbia opcija, kuri gali sukurti teigiamą poveikį. Atsinaujinantys energijos šaltiniai suteikia Europos Sąjungos valstybėms narėms galimybę plėtoti konkurencingą, patikimą ir tvarų energetikos sektorių, prisidedant prie aktualiausių energetikos klausimų ir bendruomenių patiriamų problemų sprendimo:

- Sumažinti šalių priklausomybę nuo energijos importo, akcentuojant iškastinį kurą, tokį kaip nafta, anglis ir gamtinės dujos;
- Padidinti energijos tiekimo saugumą;
- Įvykdyti išmetamo anglies dioksido mažinimo tikslus ir užtikrinti aplinkos apsaugą.

Visgi, biomasės energetikos sektorių ES reglamentuoja gana griežtai – tai susieta su darnaus vystymosi principais. Sektoriaus reglamentavimą kuruoja Europos

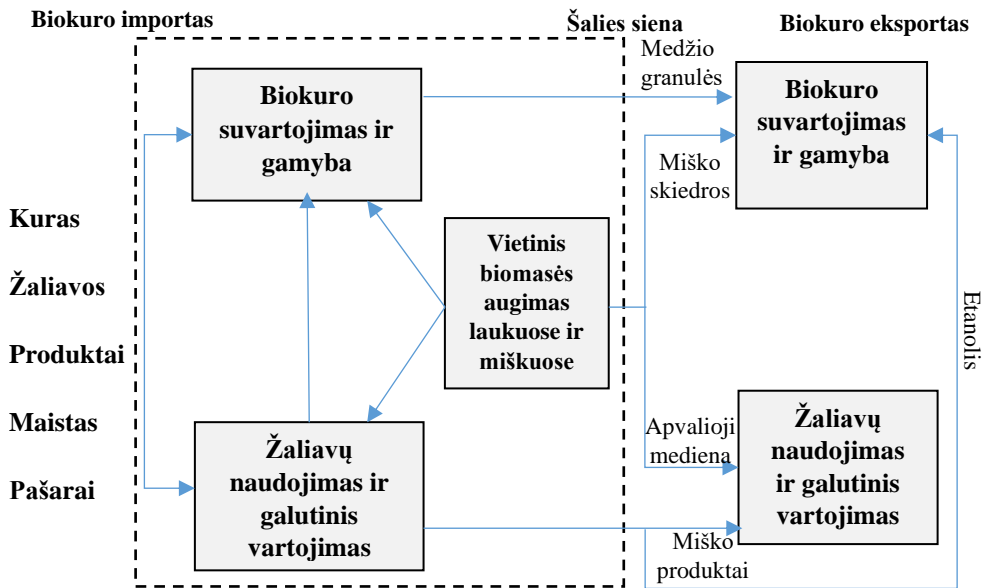
Komisija. Ji yra nustačiusi verslo struktūros gaires, kokia biomasė yra priimtinausia energijai gaminti. Pagrindinė propaguojama idėja – pilnas pramoniniam perdirbimui tinkamų biomasės komponentų išnaudojimas vengiant juos nukreipti į energijos gamybos sektorių. Taip užtikrinama, kad perdirbimui tinkami elementai sukurs didžiausią pridėtinę vertę. Upham, Riesch, Tomei, Thornley (2011) teigimu, Komisija laikosi nuomonės, kad darnumo rizika, susijusi su šalies viduje vykdoma biokuro gamyba iš atliekų ir žemės ūkio bei miškininkystės liekanų, yra nedidelė, kai nesikeičia žemės naudojimo paskirtis. Pažymima, kad skirtingai nei kai kurių žemės ūkio augalų ir energetinių augalų atveju, biomasės atliekos ir perdirbimo likučiai nėra gaminami energetikos sektoriuje, o atsiranda dėl kitų ekonominių padarinių tose verslo veiklose, kurios vyktų bet koku atveju. Tai iš esmės užkerta kelią chaotiškai plėtrai, kuri galėtų pabloginti aplinkosauginę padėtį. Ballarin, Vecchiato, Tempesta, Marangon (2011) priduria, kad energijos gamyba iš biomasės gali tapti svarbiu ištekliumi, kuris kartu su kitomis ekologiškos žaliosios gamybos rūšimis, tokiomis kaip vėjo ir saulės jėgainės, gali padėti sumažinti priklausomybę nuo iškastinio kuro.

Biokuro energetikos sektoriaus struktūra dar nėra pilnai susiformavusi, kadangi atrandama naujų ir vis efektyvesnių biokuro panaudojimo būdų, tuo pačiu papildant kuro rūšių gretas. Įveiklinant iki tol nenaudotus biomasės išteklius išlaikomas rinkos stabilumas ir aplinkosauginė pusiausvyra, kai pirminis prioritetas teikiamas niekur kitur nepanaudotinos biomasės šalinimui jėgainėse. Tuo pačiu plečiasi apdorojimo sfera, kai naujoms energetinės biomasės rūšims apdoroti reikia skirtingų įrenginių. Nuolatinis progresas ir įrenginių efektyvumo didėjimas yra pagrindinis biomasės energetikos pranašumas lyginant su iškastiniu kuru paremta energetika. Galik, (2015) požiūriu, kalbant bendrai, dalyvavimas bioenergetikos rinkoje apibrėžtinai kaip tiesioginis pajamų uždirbimas iš bioenergetikos rinkos veiklos, galbūt skirtingai įžvelgiamas skirtingose bioenergetikos rinkos tiekimo grandinės dalyse. Sukonkretinant, dalyvavimas šioje rinkoje biokuro gamintojams, energijos gamintojams ir tarpininkams, perdirbėjams ir kitiems tarpininkams reikš skirtingus dalykus. Tad ryšiai ir prioritetai tarp biomasės energetikos struktūros dalyvių gali skirtis esant pasikeitusioms aplinkybėms ar įmonių padėčiai. Biokuro sektoriaus struktūros įmonės galima priskirti ekologiją puoselėjančioms įmonėms, kurių vertybės yra gilesnės nei eilinių įmonių. Tai taip pat formuoja atskirus veiklos procesus. Gawel ir Jankowska (2012) požiūriu, dėl sektoriaus jaunumo, pradedančiųjų įmonių sėkmė priklauso nuo novatoriškumo (iniciatyvumo), inovacijų ir rizikos prisiėmimo. Kalbant apie rizikos priėmimą biokuro energetikos sektoriaus struktūros atveju turima omenyje besikeičiančias gamtines sąlygas ir nuolat tobulinamą teisinę aplinką. Sektoriaus struktūros pokyčiams įtakos gali daryti ir veiklos regiono specifiška, ten vyraujančios kuro rūšys. Pasak Kaygusuz (2007), atsinaujinanti energija ne tik pašalins apribojimus, susijusius su dabartiniais energijos vartojimo įpročiais ir užtikrins labai reikalingą energetikos sektoriaus modernizavimą, bet ir skatins darnaus vystymosi tikslus. Nuolatinis efektyvumo siekis ir inovacijų taikymas yra pagrindinis veiksnys siekiant sklandžios veiklos biokuro energetikos sektoriuje. Tam tikri politiniai veiksniai gali riboti ekologines vertybes puoselėjančių įmonių veiklą, siekiant apsaugoti tam tikrus interesus iškastinio kuro naudojimo verslo subjektuose.

Biokuro energetikos sektoriaus struktūrą gali padėti analizuoti Cannemi, García-Melón, Aragonés-Beltrán, Gómez-Navarro (2014) atlikto tyrimo elementai. Autoriai, analizuodami biokuro rinką pasitelkia skirtingus jos veikimo principus. Principai pagrįsti skirtingomis jėgainių charakteristikomis, investicinio sprendimo parinkimu, tiekimo lankstumu. Autorių nuomone, biokuro energetikos sektoriaus struktūrą gali lemti šie veiksniai:

- Žemės ūkio pramonės atliekų valorizavimas;
- Elektros ir (arba) šilumos (šaldymo) energijos gamyba;
- Privačios ar valstybinės investicijos;
- Trumpa biokuro tiekimo grandinė (~70 km) ar kitos alternatyvos (importas);
- Išmanus skirstomasis tinklas arba centralizuotas bendrasis tinklas.

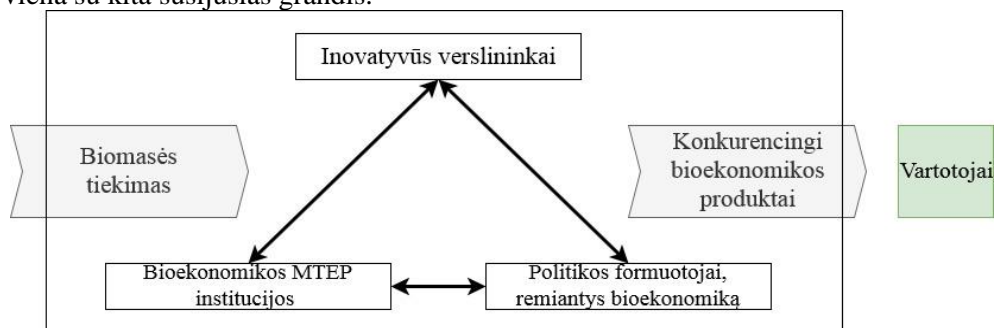
Papildant prieš tai pateiktas mintis, Heinimo, Junginger (2009) išskiria būtinybę, kad biomasė turi būti gabenama didesniais atstumais, net iš kitų žemynų, nes šiuolaikinis biomasės panaudojimas sparčiai auga skirtingose pasaulio vietose. Tai gali esmingai keisti biokuro energetikos sektoriaus struktūrą, kadangi biokuras taptų nebe lokalia, o tarptautine preke, kuri būtų transportuojama ilgu atstumu esant poreikiui. Tai galima pritaikyti tam tikroms biokuro rūšims, kurias plėtojant galima pasiekti teigiamą masto ekonomijos kuriamą poveikį. Principinė tokio sprendimo schema pateikta 2 pav.



2 pav. Tarpvalstybinė prekybos biomasės schema (Heinimo, Junginger, 2009)

Egzistuoja ir kitoks požiūris, kuris lemia platesnę biokuro klasterio veiklos interpretaciją. Kalbama apie ekonomikos mokslo išvestinę – bioekonomiką – ir jos reikšmę šalyje vykstantiems procesams. Šiuo atveju tai yra siejama su biokuro klasterio įtaka bioekonomikos plėtrai. Bioekonomika apima ne tik energijos gamybą, bet ir kitų žaliavų, susijusių su maistu, vaistais, trąšomis gamybą. 3 pav. pateiktoje

struktūroje matyti, kad kelias nuo biomasės tiekėjų iki vartotojų apima kelias tarpines, viena su kita susijusias grandis.



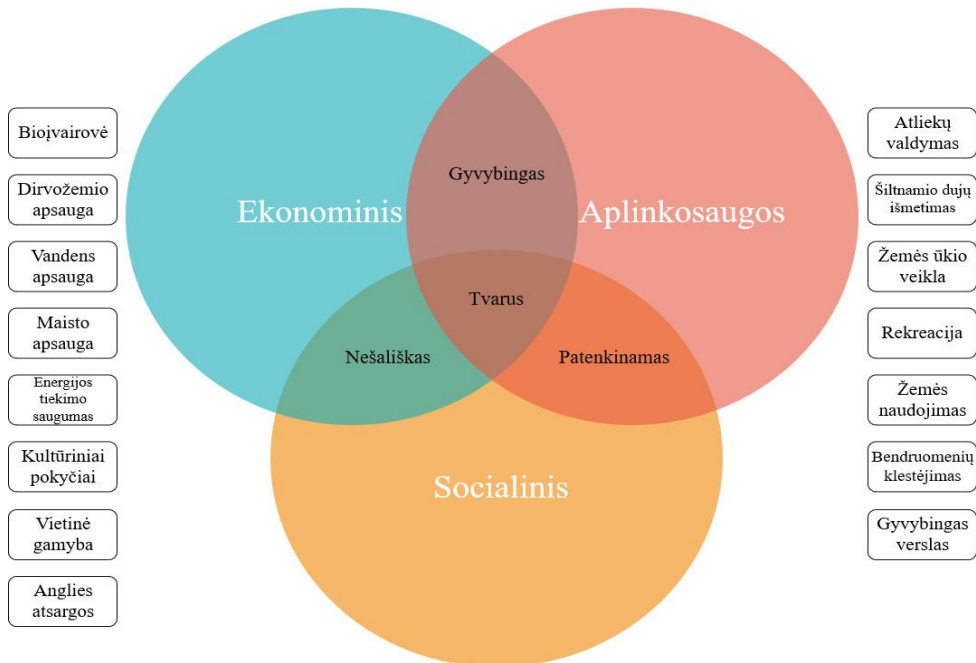
3 pav. Bioekonomikos klasterio struktūra (ASU, 2017)

Paveiksle matyti, jog esminę įtaką bioekonomikos plėtrai daro inovatyvūs verslininkai ar verslo subjektai, gebantys telkti mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros institucijas, politikos formuotojus siekiant bioekonomikos plėtros. Kolaboracijos dėka gaunami sėkmingi bioekonomikos produktai, kurie gali turėti tarpusavio sinergiją. Tai gali būti elektros ir šilumos energija iš biodujų, vėliau išgaunant skystąsias trąšas. Taip pat energija gali būti gaminama deginant biokurą, o vėliau pelenai gali būti panaudoti organinių trąšų gamybai. Tai rodo, kad biokurą galima panaudoti efektyviau ir keliomis kryptimis, tačiau tam reikalinga verslo subjektų, politikos formuotojų ir mokslininkų orientaciją vieno tikslo link. Klasteris yra patogi struktūra tokiam bendradarbiavimui, kadangi jame sukuriami terpė informacijos mainams bei greitesniam naujų produktų kūrimui ir pritaikymui. Galutinėje bendradarbiavimo fazėje konkurencingi produktai pasiekia vartotojus, taip įrodant klasterio veiklos poveikį ir teigiamą verslo logiką.

Biokuro panaudojimo metu gautą energiją naudoja skirtingos subjektų grupės. Tai gali būti tiek buitiniai vartotojai, tiek stambūs verslo subjektai. Priklausomai nuo vartotojų grupių koncentracijos, regione yra parenkamas tinkamas energijos gamybos būdas ir gamybiniai pajėgumai. Pagrindinės vartotojų grupės (Pecznik, 2001):

1. **Gyventojai:** naudojama bioenergija dažniausiai gaminama iš malkų, kurios yra gaunamos daugiau ar mažiau iš atsekamų šaltinių. Gyventojai turi įvairią malkomis kūrenamą šildymo įrangą (katilus, virykles, židinius ir kt.);
2. **Institucijos:** naudojamos malkos, medžio drožlės ir briketai. Didžiąja dalimi atveju propaguojami tradiciniai šildymo būdai medienos pagrindu, tačiau pastaraisiais metais diegiamos pažangios technologijos, susijusios su medžio drožlių panaudojimo sistemomis.
3. **Pramonės įmonės, žemės ūkio perdirbimo įmonės, verslininkai:** ši grupė apima žemės ūkio gamintojus (ūkininkus, daržovių augintojus ir kt.). Įrangos dydis, amžius ir techninis lygis yra įvairūs. Naudojama biomasė: medienos atliekos, malkos, saulėgrąžų atliekos, kukurūzų atliekos, šiaudai ir kiti degūs šalutiniai produktai. Į šią grupę įeina ir įrenginiai, gaminantys ir naudojantys nuotekų dumblo dujas ir sąvartynų dujas.
4. **Centralizuotas šilumos tiekimas:** naudojamas biokuras deginimui šilumos įgainėse, o biodujos naudojamos kaip papildomas energijos gamybos būdas.

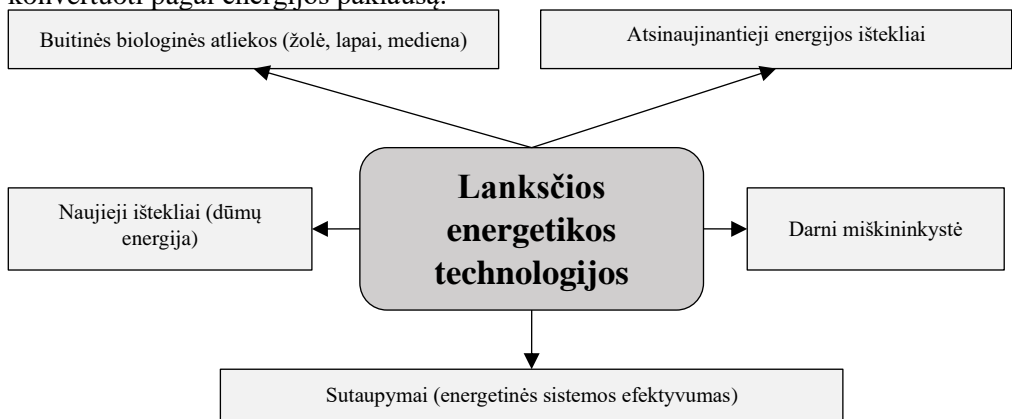
Biokuro sektoriaus struktūra atitinka pagrindinius darnaus vystymosi principus. Egzistuojant darnaus vystymosi kryptį, siekiama pusiausvyros tarp socialinių, ekonominių ir aplinkosauginių interesų. Pusiausvyra pasiekama derinant skirtingus interesus ir pagal juos formuojant būsimo verslo modelį. 4 pav. matyti, jog, susiliejant skirtingiems interesams iššaukiamos reakcijos, kurios vėliau pasitarnauja darnaus verslo modelio formavimui. Suderinant skirtingus interesus, galima pasiekti sinergiją bei formuoti naujo tipo teigiamą poveikį verslo subjektui ir visuomenei. Darnaus vystymosi modelis yra neatsiejamas nuo visuomenės įtraukos į verslo procesus. Tai tuo pačiu yra esminis biokuro energetikos sektoriaus struktūros pamatas.



**4 pav.** Darnaus vystymosi veiksnių sąsaja ir sąveika (Ladanai, Vinterbäck, 2009) (Hjulfors, Hjerpe, 2010)

Vis dėlto, dvi šiame paveiksle pateikiamas idėjas galima paneigti. Aplinkosaugos ir socialinę sąsaja biokuro klasterių atveju galima laikyti ypač reikšmingu veiksmu, kadangi aplinkosaugos problemų sprendimas gali padėti išspręsti socialines problemas. Besikuriant biokuro ruošos sektoriui naudojami šalyje esantys organinių atliekų ištekliai. Jiems tvarkyti ir paruošti reikalinga nekvalifikuota darbo jėga, kuri yra koncentruota regionuose. Tvaraus aplinkos tvarkymo poreikis sukuria sąlygas spręsti socialines problemas, o tai reikšmingai keičia mokslininkų pateiktą socialinės ir aplinkosaugos perspektyvų sąsajos vertinimą. Šį vertinimą galima įvardyti kaip sinergiją, kuri leidžia kompleksiskai spręsti abiejose perspektyvose kylančius iššūkius. Savo ruožtu ekonominės veiklos vykdymas gerina socialinę regiono padėtį, kadangi mažėja poreikis socialinėms pašalpoms, savo ruožtu pradėję dirbti asmenys moka mokesčius į šalies ir regionų biudžetus.

Darnus biokuro energetikos sektoriaus vystymasis leidžia performuoti šalių ir regionų energetinę struktūrą ir ją efektyvinti. Kadangi biokuro deginimo pajėgumai dažnu atveju diegiami vietoje išskastinių kurą naudojančių įrenginių, sudaromos sąlygos bendrai lokalaus energijos tinklo peržiūrai. Tai lemia, kad sumažėja iššvaistomos energijos kiekis ir auga energijos gamybos ir tiekimo efektyvumas. Lankstumą padeda auginti potencialaus biokuro augimo kontrolė. Pagal Husmann, Rumpf, Nagel (2018), biologinių išteklių panaudojimo pramonės sėkmė priklauso nuo tikslios žaliavų srauto iš miškų išteklių prognozės visoje biomasės tiekimo grandinėje iki pramoninio perdirbimo etapo. Tuo būdu užtikrinamas tvarus biomasės panaudojimas, grįstas ekonomine logika. 5 pav. pateiktos lanksčios energijos gamybos technologijos tiesiogiai prisideda prie darnaus vystymosi ir efektyvaus išteklių panaudojimo. Vystant biokuro energetiką sudaromos sąlygos gauti įvairaus tipo kuro iš skirtingų šaltinių, o tai sudaro sąlygas ilgalaikiam kainų stabilumui. Tuo pačiu galima generuoti skirtingus energijos gamybos kiekius, priklausomai nuo paklausos. Tai kuria sąlygas vystyti lanksčias energetikos technologijas. Šią sąvoką vienas pirmųjų paminėjo Lund (2007). Šios technologijos apibūdina galimybę iš energijos nešėjų išgauti energiją ir ją panaudoti lanksčiai, priklausomai nuo elektros, šilumos, transporto sektoriaus paklausos. Atmetus energetinės sistemos efektyvumą, likusios dedamosios yra tiesiogiai susijusios su biokuro panaudojimu, kadangi energiją iš biokuro galima konvertuoti pagal energijos paklausą.

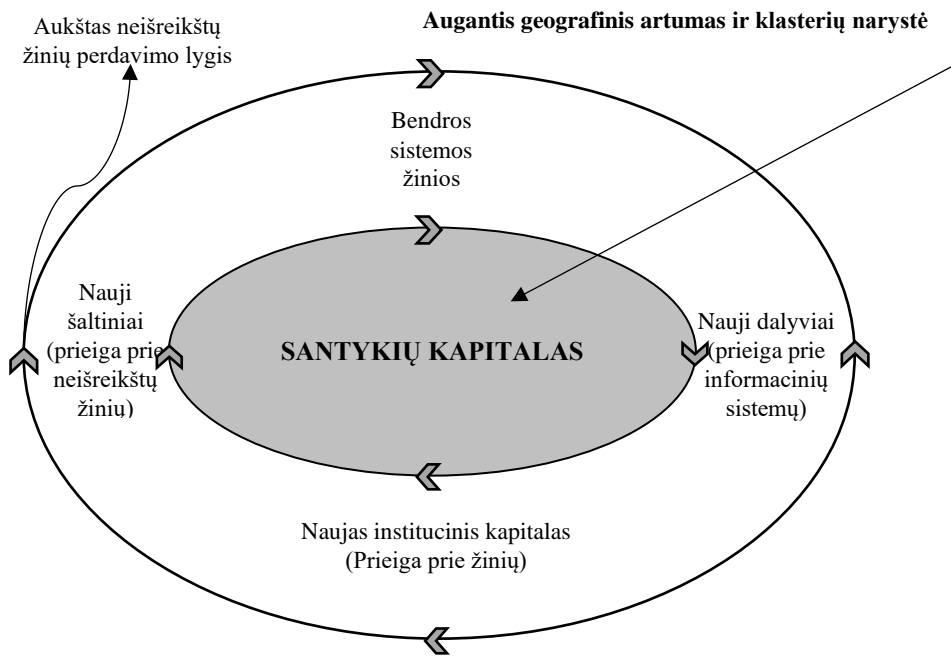


**5 pav.** Lanksčios energetikos technologijos, skatinančios darnų vystymąsi (sudaryta autoriaus papildant Lund (2007))

Egzistuoja praktika, kad jų atsinaujinančių išteklių valdytojai dažnai yra smulkūs subjektai, kurie neturi galimybių vieni aprūpinti regioninių biokuro apdorojimo įrenginių. Kooperuodamiesi jie gali ne tik patenkinti biokuro paklausą, tačiau tuo pat metu sukurti teigiamą finansinį efektą savo verslui. Biomasės apdorotojams palankiau bendradarbiauti su didesniu tiekėjų skaičiumi, kadangi tai leistų greitesniu tempu mažesnėmis sąnaudomis apsirūpinti reikalingu atsinaujinančio kuro kiekiu. Tai kuria būtinybę pritraukti gyventojus, generuojančius organines atliekas. Jas atiduodami perdirbti, jie prisidėtų prie klasterio konkurencingumo ir

lankstumo didinimo. Tuo pačiu biokuro energetikos struktūra gali būti grįsta bendruomeniškumu, kai klasterio nariai prisideda prie reikalingų išteklių gamybos.

Klasterio veiklos sėkmei užtikrinti būtinas nuolatinis bendradarbiavimas, keitimasis žiniomis ir patirtimi. Garnsey, Hefferman (2005) nurodo teigiamą socialinio kapitalo poveikį įmonėms ir klasteriams mokymosi ir dalijimosi žiniomis požiūriu. Pagal 6 pav., išskiriama santykių kapitalo sąvoka, kuri sudaro sąlygas formuoti naują pridėtinę vertę tarp finansinio kapitalo valdytojų. Santykių kapitalas yra paremtas turimų žinių sklaida bei tikslingu jų panaudojimu verslo veiklai vykdyti. Kadangi biokuro energetikos sektorius yra ypač lokalizuotas, atsiranda tinkamos sąlygos kokybiškai informacijos sklaidai. Tuo būdu pasiekiamas vartotojų energetinių poreikių patenkinimo tikslas. Informacijos sklaida vyksta ratu – kiekvienas verslo subjektas, gavęs naujos informacijos, ją dalinasi su partneriais. Remiantis šiuo komunikacijos būdu, gaunami nauji ištekliai, tokie kaip aiškiai neišreikštos žinios, kurios atsirado sutelkus išteklius. Taip pat atsiranda galimybė naujo institucinio kapitalo plėtotei, taip tobulinant verslo struktūrą.

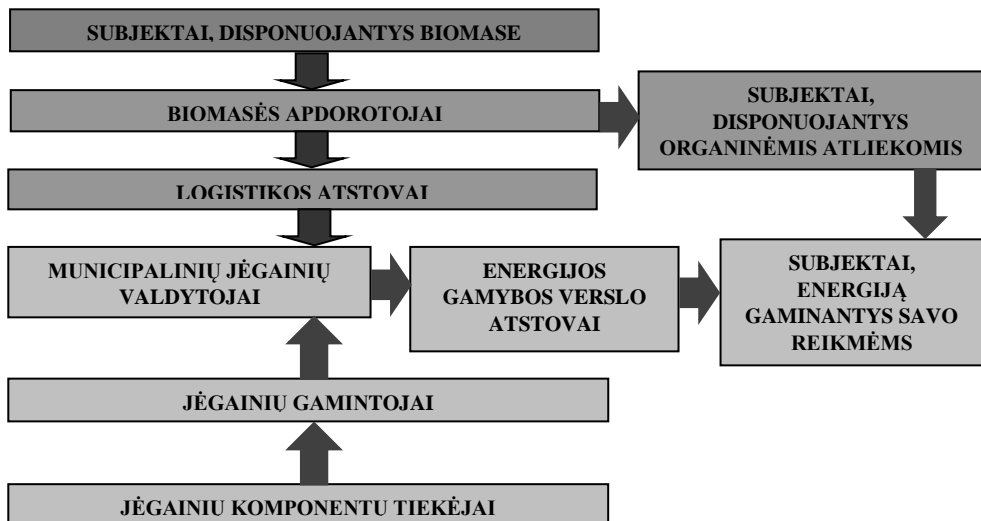


**6 pav.** Santykių kapitalo apytaka biokuro energetikos atveju (Braun, McRae-Williams, Lowe, 2005)

Steinfeld, LaRose Chew, Tong (2012) plėtodami šią mintį, teigia, jog klasteriai turi per tam tikrą laikotarpį sukauptas žinias, pagrįstas savo narių patirtimi. Klasterio nariai gali pasinaudoti šiomis žiniomis vystant aktualius produktus. Tokiu atveju biokuro energetikos sektorius dėl būtinybės išlaikyti nedidelį veiklos atstumą atitinka informacijos mainų efektyvumo kriterijus. Erkus-Ozturk (2009) moksliniame darbe išsakyta mintis, kad klasteriai vienija įvairaus lygio pramonės grandines (tiekėjus, klientus) su paslaugų sektoriumi, todėl klasterio įmonės tampa tarpusavyje

priklausomos dėl vertės grandinės jungčių per bendras technologijas, tiekimą, klientus, infrastruktūrą ir paskirstymo kanalus. Biokuro energetikos sektoriaus struktūros tvirtumui tobulėjimas sutelkiant išteklius yra viena esminių konkurencinės sėkmės dedamųjų. Dicken, P. (2003) išskiria tris svarbius geografinio klasterio procesus: tiesioginis kontaktas, socialinė ir kultūrinė sąveika bei žinių ir *know-how* plėtojimas.

Apibendrinant pateiktas teorinės idėjas sudaryta biokuro energetikos sektoriaus struktūra (7 pav.) matyti, kad ji orientuota į jėgainių valdytojus, kurie dažniausiai yra municipalinio pobūdžio arba veikia regionų lygmenyje. Struktūroje išryškėja sąsaja tarp biomasės apdorojimo subjektų ir disponuojančiųjų atliekomis – pastarieji gali gaminti energiją savo reikmėms, jos perteklių realizuojant per municipalinių tinklų valdytojus, o poreikiui esant trūkstamą energijos kiekį galima iš jų įsigyti. Sektoriaus struktūra yra palanki klasterizacijai, kadangi visi struktūros dalyviai gali produktyviai kontaktuoti tarpusavyje. Struktūra yra palanki informacijos mainams ir išteklių telkimui.



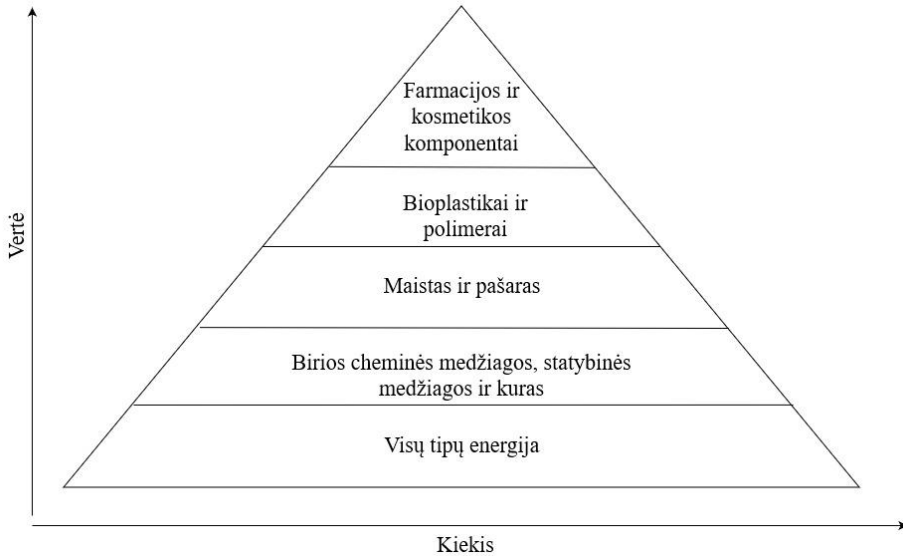
7 pav. Bendroji biokuro energetikos sektoriaus struktūra

Biokuro energetikos sektoriaus struktūra yra nulemta apsirūpinimo biokuru bei jo panaudojimo galimybėmis. Struktūrai funkcionuoti reikalingas verslo ir viešųjų institucijų bendradarbiavimas, taip pat kapitalo sutelkimas. Biokuro energetikos sektoriaus struktūra gali būti nagrinėjama per išteklių ir produktų rinkos prizmę ir jų sąveiką. Biokuro panaudojimas leidžia pasiekti sinergiją ir sukelti teigiamą ekonominį, socialinį ir aplinkosauginį efektą, laikantis darnaus vystymosi principų. Sektoriaus struktūra yra kintanti, priklausomai nuo kiekviename regione vyraujančių biokuro tipų ir gaminamų galutinių produktų.

### 1.1.2. Produktai biokuro energetikos rinkoje

Biokuras susiformuoja iš medienos ir kitų organinių elementų, kurios turi energetinę vertę. Pūdami ar degdami jie išskiria anglies dvideginį, kuris vėliau virsta

šiluma, elektra, biodujomis arba panaudojamas garo gamybai. Vis dėlto, objektyviai vertinant būtina pabrėžti, kad organiniai elementai gali būti panaudojami plačiau nei energijos gamyba. Tai gali būti išreiškama maistu, statybinėmis medžiagomis, farmacijos ir kosmetikos ingredientais, sudarančiais galutinius produktus. Pastaraisiais metais alternatyvus biokuro panaudojimas reikšmingai pažengė, tačiau plataus masto proveržiui pasiekti reikalingos sudėtingos technologijos ir ilgalaikiai moksliniai tyrimai. Tuo pačiu, plečiantis atsinaujinančios energetikos idėjų sklaidai auga energijos ir šilumos iš biokuro gamyba. Biokuras panaudojamas jį deginant, pūdant arba džiovinant. Priklausomai nuo panaudojimo būdo, generuojamas žaliavos kiekis ir sukuriama pridėtinė vertė iš esmės skiriasi (8 pav.)



**8 pav.** Biokuro panaudojamumo ir pridėtinės vertės kūrimo sąsaja (Danish Transport Authority, 2013)

Pagal pateiktą paveikslą matyti, kad didžiausias organinių elementų kiekis gali būti panaudotas energijos gamybai. Vis dėlto, didžiausią pridėtinę vertę galima pasiekti organinius elementus panaudojant farmacijos ir kosmetikos ingredientų gamybai. Pagrindinis aukštesnės pridėtinės vertės produktų gamybos apribojimas – žema tokių produktų išeiga. Esant tokiai situacijai, didelė dalis susidarančių atliekų panaudojamos energijos gamybai, kadangi jos negeneruoja didesnės finansinės vertės ir rizikuoja būti nepanaudotos visai. Kol kas farmacijos ir kosmetikos ingredientai yra nerentabilūs, tuo tarpu bioplastikų ir polimerų gamybą gali reikšmingai paskatinti įsigalioję nauji ES reglamentai, darysiantys įtaką taršaus plastiko vartojimui (EP, 2019). Tai turėtų iš esmės pakeisti dabar egzistuojančią padėtį bendrijoje, tuo pačiu kuriant naujas pramonės šakas. Tai suteiks laiko energetikos sektoriui persiorientuoti nuo medienos atliekų iki kitokio tipo biokuro panaudojimo energijos gamybai.

Biokuro energetikos vystymosi metu produktai yra skirtingi, tačiau klasifikuotini į dvi grupes – pirminius ir galutinius produktus. Pirminiai produktai yra skirti galutinio produkto – energijos gamybai. Tai yra skirtingos frakcijos organinės atliekos, kurias galima deginti arba pūdyti. Iš jų gaunami galutiniai produktai, kurie

vėliau parduodami energijos pavidalu. Nuo pirminio produkto tipo priklauso galutinio produkto savikaina, o kiekvienoje šalyje ji skiriasi, priklausomai nuo toje šalyje egzistuojančių atsinaujinančių išteklių. Plečiantis pramonės įmonių veiklos spektrui, atsiranda naujų biokuro porūšių, kurie vėliau panaudojami energijai gaminti.

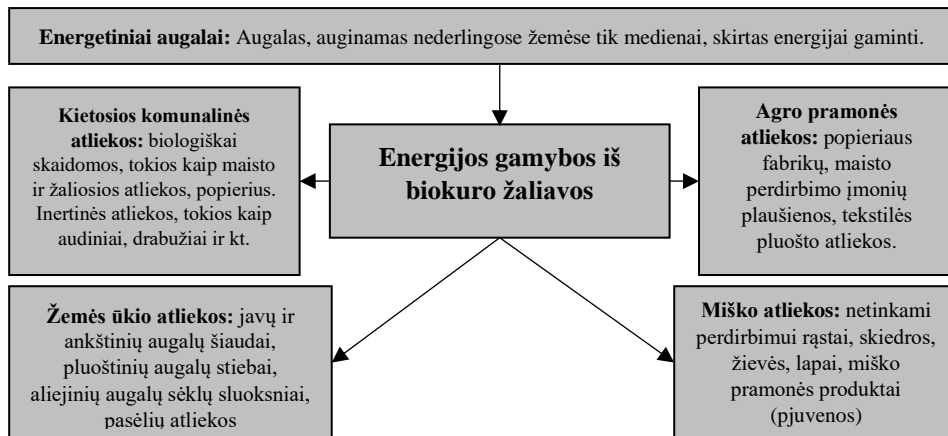
Produktai šioje rinkoje klasifikuojami dviem būdais. Pirmu atveju vertinami pirminiai – kuro – produktai, antruoju – galutinė energija, gaunama apdorojant kuro produktus. Mokslininkų darbuose matyti, kad kuras dažniausiai klasifikuojamas pagal atskirose šalyse esančią kuro struktūrą. Vienais atvejais tai gali būti supaprastinta struktūra, klasifikuojanti kuro rūšis pagal jų atsiradimo požymius. Biomasė ilgą laiką buvo siejama su įvairiomis kietosiomis atliekomis. Piriou (2007) teigia, kad medienos biomasė yra laikoma viena geriausių žaliavų energijai gaminti dėl prieinamumo, išlaidų ir santykinio homogeniškumo. Mediena gali būti vertinama kaip organinių polimerų, turinčių mineralinių medžiagų tam tikru mastu, išdėstymas. Biomasės (daugiausia medienos) deginimas plačiai naudojamas visame pasaulyje, ypač besivystančiose šalyse, tačiau, nors šis gamybos būdas dažnu atveju ir yra pigesnis, jo šiluminis efektyvumas yra palyginti žemas. Tačiau vis aktyviau įsisavinamos dujų gavybos iš biomasės technologijos. Pagal Prins, Ptasinski, Janssen (2006), biomasės gazifikacija yra laikoma vienu iš geriausių biokuro konversijos sprendimų, nes energijos gamybos procesas yra lanksčiai koreguojamas pagal paklausos pokyčius. Pagrindiniai pirminių produktų klasifikacijos sprendiniai yra būtent galimybių gaminti energiją skirtingais būdais pateikimas.

Įvairių šalių mokslininkai biomasės produktus klasifikuoja skirtingai. Tai priklauso tiek nuo tiriamojoje šalyje vyraujančios biomasės, tiek nuo galimos išgauti galutinės energijos rūšies. Vávrová, Knápek, Wege (2017) požiūriu, iš esmės biomasė yra labai nevienalytė kategorija; skirtingos biomasės rūšys dažnai turi labai skirtingus parametrus, atsižvelgiant į jų šilumingumą arba technologiją (arba technologinius apribojimus). Ozcan, Öztürk, Oguz (2015) teigia, jog biomasę galima naudoti tiesiogiai (pvz., kūrenant medieną šildymui ir maisto ruošimui) arba netiesiogiai ją paverčiant skystu ar dujiniu kuru (pvz., alkoholiu iš cukraus kultūrų ar biodujomis iš gyvūninių atliekų), naudojant konvertavimo procesui reikalingas technologijas. Carneiro, Ferreira (2012) nurodo, jog biomasė, kuri gali būti naudojama energijai gaminti, pagal kilmę gali būti klasifikuojama kaip viena iš dviejų rūšių: i) pirminė biomasė, gaunama iš miško ar žemės ūkio sektorių, auginama išskirtinai energetikos tikslams, arba ii) antrinė biomasė (biokuras), gauta perdirbant pirminę biomasę, įskaitant žemės ūkio ar miškininkystės liekanas, atliekas ir subproduktus. Tai aktualu verslo subjektams, vykdančioms atsinaujinančią energetiką pagrįstą veiklą.

Priklusomai nuo regiono kilmės, dislokacijos vietos galima išskirti daugiau biokuro rūšių. Tiesa, ne visais atvejais yra aišku, ar jos gali turėti ekonominę vertę, būti perdirbamos be papildomų sąnaudų ir turtinti visuomenę. Singh, Kumar, Rai (2014) prie biomasės resursų priskiria likutinius vartojimo išteklius, tokius kaip gyvūniniai riebalai ir tepalai, naudoti augaliniai aliejai, pakuočių atliekos, statybinės ir griovimo atliekos. Jų apdorojimo savikaina yra didesnė nei kietosios biomasės ar energetinių augalų. Šio tipo biomasė gali būti naudojama kaip alternatyva arba kuriant sinergiją, kai šalinami nebenaudingi objektai ar medžiagos. Vis dėlto, dar nėra

pakankamai informacijos ir skaičiavimų, kaip tokio kuro panaudojimas veikia verslo subjektų finansinę situaciją ir regiono bei šalies ekonomiką.

Išskiriamos kelios biomasės grupės – miško pramonės biomasė, žemės ūkio sektoriaus biomasė, miestuose išgaunama biomasė (9 pav). Pagal tai biomasė klasifikuojama į smulkesnes grupes, kurių pagrindu formuojamas skirtingų tipų biokuras. Skirtingose valstybėse gali egzistuoti kitokie biomasės potipiai, tačiau pagrindiniai principai, išdėstyti mokslinėje literatūroje, yra tapatūs. Iš esmės iš visų biomasės rūšių galima išvystyti energetinę vertę turintį biokurą, kurio pagalba galima pagaminti skirtingo tipo energiją. Energijos gamyba vykdoma priklausomai nuo vietovės energetinių poreikių, taip pat tam tikros biomasės rūšies energetinės vertės ir galimybių išgauti tam tikros rūšies energiją.



9 pav. Supaprastinta biokuro produktų klasifikacija (Kumar, Kumar, Baredar, Shukla, 2015)

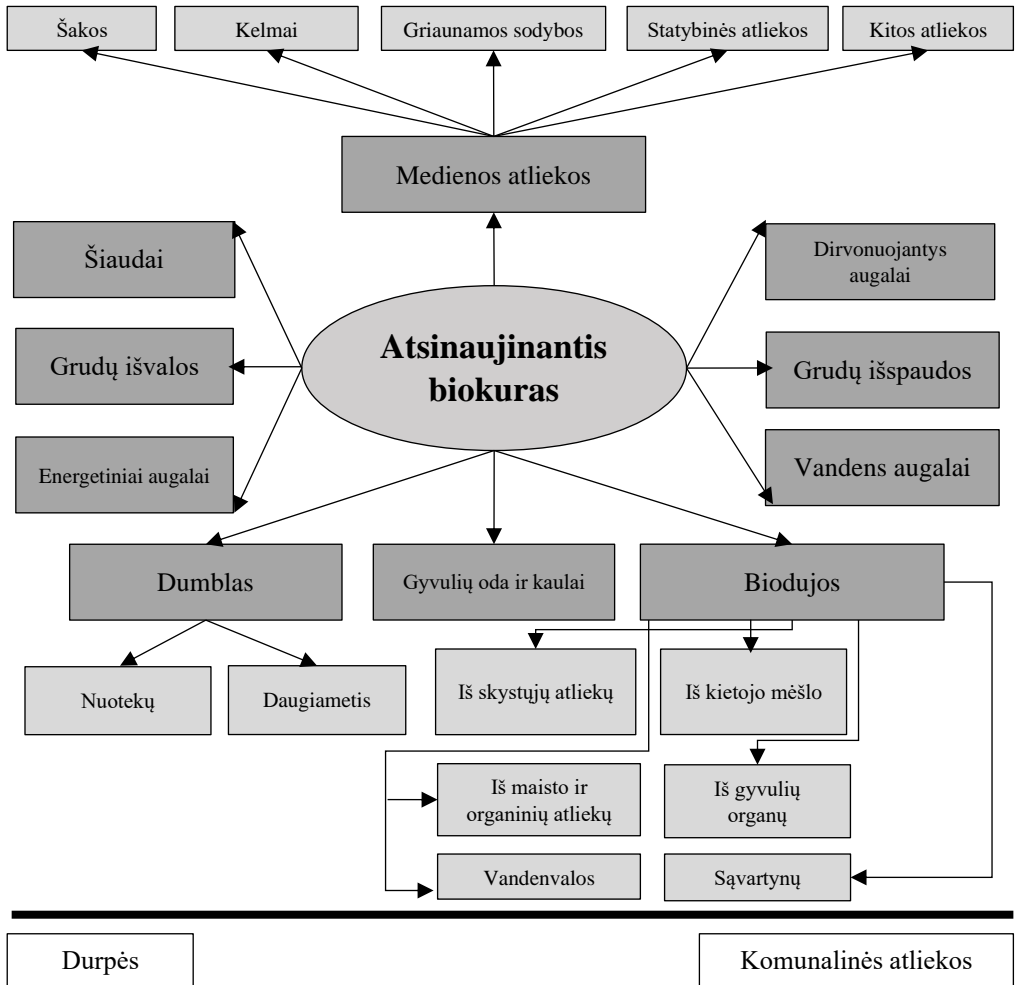
Pagrindiniai pirminiai produktai biokuro energetikos rinkoje susiję su įvairaus tipo degintinomis atliekomis. Ilavsky, Oravec (2000) biokurui priskiria kietąjį biokurą, skystojo ir kietojo pavidalo žemės ūkio atliekas, pramonines atliekas. Sobczyk, (2011) prie biokuro priskiria medžio anglis, nuotėkų dumblą, kitą medienos ir popieriaus masę. Tačiau medžio anglis yra antrinis produktas, kurio apdirbimui reikia didelių energetinių išlaidų. Keoleian, Volk (2005) teigimu, biomase laikomi greitos rotacijos augalai, panaudotas, bet tinkamas deginti popierius. Gavrilescu (2008) biokurui priskiria natūralias nuosėdas, kurios dažniausiai pasireiškia nuotėkų dumblo pavidalu. Jasiulewicz (2012) požiūriu, biokuro gamyba daugiausia priklauso tiek nuo energijos tikslams naudojamų žaliavų kainų, tiek nuo garantuojamos daugiametės biokuro rinkos. Įsigytas biokuras pirmiausia turėtų būti gaunamas iš vietinių šaltinių, t.y. iš žemės ūkio ir miškininkystės atliekų, tačiau taip pat reikėtų atsižvelgti į pramonines atliekas, komunalines atliekas, nuotėkų dumblą, skerdyklų atliekas, maitinimo atliekas, taip pat augalines ir gyvulines atliekas – tiek skystas, tiek kietas. Ciubota-Rosie, Gavrilescu, Macoveanu (2008) savo moksliniame darbe biomasei priskiria miestuose ir kaimuose susiformuojančias medienos atliekas, žievę. De, Assadi (2009) požiūriu, biokurui gali būti priskiriama mediena, trumpos rotacijos

energetiniai augalai, žemės ūkio atliekos, trumpos rotacijos žolinės rūšys, medžio atliekos, bagažo popierius, makulatūra, kietosios komunalinės atliekos, pjuvenų dulkės, žolė, maisto perdirbimo atliekos, vandens augalai, gyvulinės atliekos. Cornelissen, Koper, Deng (2012) šalia išvardytų rūšių priskiria visus energetinius augalus, visų tipų kaitrųjų dumblą, kitą kurą, kuris gaunamas nepažeidžiant darnaus vystymosi principų. Iglinski, Piechota, Buczkowski (2015) biokuru laiko furniturą klientų sunaudotus medžio gaminius (angl. *post-costumer wood*) ir pakavimo atliekas, kurios yra medienos pavidalo. Borjesson, Berglund, (2016) atskirais atvejais biokuru laiko nebepanaudojamo maisto atliekas, kurios nukreipiamos biodujų reaktoriams papildyti. Kuro produktai gali būti klasifikuojami ir pagal panaudojimo būdą. Balat, Ayar (2005) ir Carneiro, Ferreira (2012) kaip geriausią kuro panaudojimo būdą pateikia deginimą. Caputo, Palumbo, Pelagagge, Scacchia (2005) pateikia galimybę pūdyti sunkiai deginamas natūralias atliekas ir iš jų išgauti dujas. Routa et al. (2013) alternatyviai biomasei priskiria miško kirtimo liekanas (žievė, šakos ir medienai netinkamos stiebų viršutinės dalys), šurkščias šaknis ir kelmus. Tuo pačiu paminimos vandens piktžolės. Saxena Adhikari, Goyal (2009) ir Toklu (2017) apjungia biomasės klasifikavimo ir biokuro šaltinių sąvokas. Jų požiūriu, biomasę sudaro žemės ūkio sektoriaus atliekos, kertamų miškų atliekos, energetiniai augalai. Šalia to išskiriamos dvi sąvokos – modernioji biomasė ir tradicinė biomasė. Pagal tai:

- Šiuolaikinė biomasė paprastai naudojama plačiu mastu, taip siekiama pakeisti įprastus energijos šaltinius;
- Tradicinė biomasė paprastai apsiriboja besivystančiomis šalimis ir naudojama mažu mastu.

Visos biomasės rūšys, kurios gali būti paverstos biokuru turi energetinę ir ekonominę vertę. Didžioji dalis tokio tipo biomasės yra išgaunamos regionų vietovėse išskyrus nuotekų dumblą, didelę dalį maisto atliekų, tam tikras rečiau atrandamas biomasės rūšis. Heinimo, Junginger (2009), Cosentino, Copani, Patanè, Mantineo, D'Agosta, (2008) prie anksčiau išvardytų biomasės rūšių priskiria visus augalus, iš kurių galima gaminti biodegalus bei etanolį, taip pat pjuvenas. Priduriama, kad klaidingai manoma jog augalai maistui, dėl jų žemo produktyvumo dažnai turi neigiamus energetinius rodiklius ir poveikį aplinkai (anglies sekvestracija, gyvavimo ciklo vertinimas). Atvirkščiai, pasėliai, kurių turima biomasė yra produktyvesnė, pasižymi palankesniu energijos balansu ir poveikiu aplinkai. Cornelissen, Koper, Deng (2012) paklausiausiais organiniais ištekliais laiko tradicinę biomasę; tvarias atliekas; tvarius papildomus kirtimus; tvarias energetines kultūras; tvarius dumbliaus. Pecznik (2001) biomasei priskiria nendres ir kitus kaitriuosius vandens augalus. Biomasės potencialui plėsti priskirtos pluoštinės kanapės. Borjesson, Berglund (2016), nagrinėję biodujų energetikos galimybes, jų gamybai tinkamomis žaliavomis laiko mėšlą, organines namų ūkių ir maisto pramonės atliekas, bioskaidžius energetinius augalus. Kabak, Dagdeviren (2014) rekomenduoja nukreipti investicijas į žemės ūkio sektoriaus atliekų ir energetinių augalų perdirbimą į energiją. Lewandowski, Scurlock, Lindvall, Christou (2003) šalia energetinių augalų biomasei priskiria daugiametę žolę, kuri susidaro dirvonuojančiuose plotuose. Joshi, Ghose (2014) kalba apie skirtingą biomasės energetinę vertę, kurią dar labiau veikia oro sąlygų pokyčiai. Vávrová, Knápek, Wege (2017) savo tyrime nustatė, kad žemės ūkio

ir miško žemės biomasės potencialas trumpuoju laikotarpiu gali būti reikšmingai padidintas (paprastai nuo 18 iki 40 proc., priklausomai nuo biomasės šaltinio ir regiono). Yra trys pagrindiniai papildomo biomasės potencialo šaltiniai: dirvožemyje įterptų šiaudų kiekio sumažinimas, miško medienos, tinkamos biokuro gamybai, panaudojimo pokyčiai ir trumpos rotacijos pasėlių plantacijų rotacijos trumpinimas.



**10 pav.** Energijos gamybai naudojamo, ekonominę vertę turinčio biokuro struktūra

Mokslinių tyrimų analizės metu gauta informacija leidžia teigti, kad įmanoma platesnė biokuro klasifikacija, kuri daugiausiai išreiškiama pagal fizines kuro savybes, nulemtas atsiradimo aplinkybių ir galimo panaudojimo energetikoje, išgaunant ekonominę vertę (10 pav.). Pateikiami energetinę vertę turintys biokuro subproduktai, iš kurių galima išgauti skirtingų tipų energiją ir multiplikuoti sukuriamą ekonominį poveikį. Didžioji dalis atsinaujinančio biokuro rūšių ir porūšių randami visame pasaulyje ir jų panaudojimas priklauso nuo šalies ekonominio ir technologinio išsivystymo. Klasifikacijoje pateiktos biokuro rūšys yra apdirbamos skirtingai –

deginimo, pūdymo, kitais alternatyviais būdais. Tai sudaro galimybes efektyviau panaudoti skirtingas biokuro rūšis ir derinti skirtingas panaudojimo technologijas. Išgaunant šiuos produktus regiono viduje galima sukurti produktą, kuris parduodamas rinkoje, o gautos lėšos sukuria sąlygas vykdyti tolimesnius ekonominius veiksmus. Ekonominę vertę turinčio biokuro klasifikacija:

- **Medienos atliekos.** Tai yra plačiausiai naudojama biokuro atmaina, kuri yra dažniausiai pasitaikanti nagrinėjant miestų biokuro panaudojimo įrenginius. Šakos, kurios lieka apdorojus apvaliąją medieną yra plačiausiai naudojama medienos atlieka. Kelmai yra naudojami rečiau – nėra apsispręsta, ar jų panaudojimas apskritai yra tvarus, atitinkantis darnaus vystymosi principus. Kitos atliekos daugiausiai susiformuoja medienos pramonės įmonėse perdirbant apvaliąją medieną.
- **Šiaudai.** Šis kuras daugiausiai naudojamas išsivysčiusiose, tačiau stiprų žemės ūkio sektorių turinčiose valstybėse. Šiaudų kuras yra medienos atliekų papildinys, o jų sąveika padeda išlaikyti kainų stabilumą ir amortizuoti atskirų kuro rūšių kainų kilimą. Šiaudus deginti yra sudėtingiau nei medienos atliekas, kadangi reikalingi patvaresni įrenginiai, mažinantys ardomąjį šiaudų deginimo poveikį. Taip kyla energijos pardavimo savikaina, tad šiaudų kuro panaudojimas yra reikšmingai mažesnis nei medienos atliekų.
- **Grūdų išvalos.** Tai kuras, kuris gaunamas po pirminio grūdų išvalymo, prieš juos pakraunant į sandėlį. Tai yra kaitrus ir ilgai degantis kuras, kurio savikaina yra minimali. Juos galima deginti šiaudų arba kombinuoto biokuro jėgainėse, tačiau didelis reikalingas kuro kiekis ir sandėliavimo sunkumai daro šį kurą ekonomiškai mažiau priimtiniu. Be to, šis kuras pradėtas naudoti sąlyginai neseniai, tad dar nėra pakankamos informacijos sklaidos apie šio kuro panaudojimo privalumus;
- **Energetiniai augalai.** Tai viena perspektyviausių biokuro rūšių, tapati medienos atliekoms. Tai gali būti gluosniai, žilvičiai, drambliažolė ir kt. augalai, kurie pasižymi greitu augimu ir aukšta energetine verte. Pagrindinis augalų privalumas yra tas, kad jie gali būti auginami nenaudojamose žemėse, ir taip kurti naują vertę. Tačiau kol iš jų yra gaunamas teigiamas ekonominis poveikis, praeina 3-5 m., o aprūpinti jėgaines reikalingas didelis augalų kiekis. Tad energetinių augalų auginimas turi būti subalansuotas, pritaikytas atskirų regionų poreikių patenkinimui. González-García, Mola-Yudego, Murphy (2013) požiūriu, pagrindiniai energetinių augalų privalumai yra šie: 1) efektyvus žemės naudojimas kartu su didėjančia atsinaujinančių energijos šaltinių paklausa; 2) biologinės įvairovės didėjimas, teigiamas poveikis kaimo ekonomikai per žemės ūkio kultūrų įvairinimą; 3) papildomos aplinkos kontrolės ir nuotekų valymo galimybės, (4) sinergija su dabartine ūkio veikla (5) mažos ekonominės investicijos po veiklos pradžios. Pagal del Río, Burguillo (2009), papildomu pranašumu galima laikyti tai, kad energetinius augalus galima auginti nenaudojamoje ir nederlingoje žemėje. Tai leidžia diversifikuoti ir sumažinti riziką, kai yra remiamasi maistinio augalininkystės ūkio verslo modeliu.

- **Dumblas.** Ši kuro rūšis energetikoje pradėta naudoti pakankamai neseniai. Tai yra sudėtingos konsistencijos kuras, kuris prieš deginimą turi būti pilnai išdžiovintas. Iš nuotekų dumblo jam pūvant ir džiūvant galima gauti biodujų, o išdžiovinus jis tinkamas deginti. Daugiametis dumblas susidaro valant vandens telkinius jų tvarkybos metu. Kadangi tokio tipo dumblas neturi didelio kiekio organinių medžiagų, jis tinkamas tik deginimui, kuris vykdomas po džiovinimo. Kaip ir šiaudų deginimo atveju, dumblui deginti reikalingas sudėtingesnės konstrukcijos biokuro katilas. Dėl nepilnai parengto teisinio reglamentavimo valstybėse dumblas dar nėra plačiai naudojamas.
- **Dirvonoaujantys augalai.** Šie augalai auga dirvonoujančiuose plotuose ir yra gaunami siekiant šiuos plotus sukultūrinti. Šie augalai dažniausiai yra sumedėję, susiformavę dėl daugiametės žemės ūkio plotų nepriežiūros. Jie tinkami deginti maišant su šiaudais, dumblu, tačiau jų deginimas yra dar pakankamai retas reiškinys dėl informacijos ir kuro pasiūlos stokos.
- **Grūdų išspaudos.** Ši kuro rūšis pirmiausiai atsirado spaudžiant aliejinius rapsus ir yra viena pagrindinių spaudimo proceso atliekų. Pastaraisiais metais stiprią aliejaus gamybos ir biodegalų pramonę turinčios šalys aktyviai naudoja išspaudas šilumos gamybai. Jos tinkamos deginti šiaudų katilinėse, savo struktūra jos dalinai panašios į grūdų išvalas, tačiau skirtingai nuo pastarųjų, išvalų nebūtina pilnai išdžiovinti.
- **Vandens augalai.** Vykstant vandens telkinių tvarkybos projektams susiformuoja didelis pašalintų vandens augalų kiekis. Nendriniai vandens augalai pasižymi kaitrumu, tačiau juos yra būtina išdžiovinti. Šių augalų išgavimas koreliuoja su daugiamečio dumblo gavyba valant vandens telkinius. Juos išdžiovinus galima deginti maišant su dumblu, šiaudais ir kitu biokuru. Tai dar pakankamai nauja biokuro rūšis, pradėta naudoti aktyvėjant žiedinės ekonomikos ir darnaus vystymosi idėjų sklaidai.
- **Gyvulių oda ir kaulai.** Tai sąlyginai nauja biokuro rūšis, gaunama utilizuojant galvijus. Laikantis griežtų gyvulinių atliekų tvarkymo standartų, kritę gyvuliai privalo būti tinkamai apdorojami. Taip išvengiama galimo ligų protrūkio bei visapusiško kenkimo aplinkai. Dažnu atveju oda yra panaudojama aukštesnės pridėtinės vertės produktų gamybai, tačiau netinkamai perdirbta arba per vėlai apdorota oda gali būti deginama. Gyvulių kaulai, atskirti nuo odos ir mėsos, yra smulkinami, o gauti kaulų miltai yra deginami arba pūdomi. Tokio tipo šiluma dažnai yra panaudojama technologiniams gaišenų utilizacijos įmonių poreikiams patenkinti, tačiau perteklinė energija gali būti patiekta rinkai. Tokio tipo kuro ruoša leidžia išvengti atliekų kurios galėtų neigiamai paveikti aplinką. Tuo pačiu tai užtikrina tvarų tiek regiono, tiek visos šalies vystymąsi.
- **Biodujos.** Bielski (2015) teigimu, viena perspektyviausių biomasės naudojimo energijai gaminti krypčių yra žemės ūkio biodujų gamyba. Biodujų reaktorius yra įrenginys, vykdomas tikslingą biodujų gamybą iš augalų biomasės, gyvūninių atliekų ar organinių šalutinių produktų (pvz., iš maisto pramonės). Tai vienintelė biokuro rūšis, kuri yra išskirtinai skystuoju

pavidalu. Iš jų galima išgauti tris galutinius produktus – šilumą, elektrą ir dujas. Pastarosios išgaunamos retai dėl didelės savikainos, nulemtos aukštų gamybos įrenginių kainų. Vis dėlto, Kaltschmitt (2011) papildė, kad be tiesioginio elektros (ir šilumos) tiekimo iš biodujų jėgainės, vis daugiau biodujų jėgainių modernizuoja pagamintas biodujas ir pateikia jas kaip atitinkančias gamtinių dujų kokybę, kad gautas metanas būtų pateiktas į gamtinių dujų tinklą. Egzistuoja keturios galimybės, kaip išgauti biodujas. Skystojo mėšlo biokuras gaunamas ant galvijų kompleksų esančių mėšlo rezervuarų pastačius biodujų reaktorius. Abiem atvejais gyvulinės atliekos yra maišomos su maisto arba bioskaidžiomis atliekomis, taip skatinant puvimą. Kietasis mėšlas naudojamas kaip viena iš pūvančiųjų medžiagų biodujoms gaminti, kadangi jis turi šiaudų priemaišų. Sąvartynų dujos gaunamos surenkant sąvartoje esančias metano dujas ir jas deginant. Taip galima gauti šilumos ir elektros energiją. Vandenvalos biodujų išgavimo tiesioginis rezultatas – nusausintas nuotekų dumblas, kurį vėliau galima sudeginti. Sąlyginai nauja biodujų energetikos sritis – gyvulių organų panaudojimas energijos gamyboje. Pramoninės struktūros, perdirbančios mėsą ar žuvį generuoja dideliu atliekų kiekiu. Jos gali būti panaudotos biodujų gamybos procese. Bendrai biodujų įsisavinimas yra viena perspektyviausių biokuro panaudojimo technologijų.

Galimi biokuro papildiniai, pateikti paveiksle, yra durpės ir komunalinės atliekos. Durpės nelaikomos atsinaujinančiu kuru, kadangi jos yra išgaunamos iš jau susiformavusių pelkių. Šiandieninės technologijos leidžia atkurti po durpių kasimo pažeistą žemę, tačiau jos neskaitina plataus masto durpių atsinaujinimo. Komunalinės atliekos yra atsinaujinantis, tačiau ne biologinio pagrindo kuras, tad taip pat negali būti laikomas biokuru. Šios vietinio kuro rūšys gali padėti diversifikuoti šalies energetinę sistemą mažinant angliavandenilių importą. Abi pateiktos kuro rūšys turi ekonominę vertę, tačiau dėl kuro kilmės, disertacijoje nėra atliekami platesni analitiniai ir statistiniai veiksmai, siekiant apskaičiuoti šio kuro panaudojimo poveikį regiono ir šalies ūkiui.

Pasak Dornburg, Faaij, Verweij, Langeveld, van de Ven (2008), skirtingose šalyse gali būti naudojama skirtingo tipo biomasė, nes egzistuoja faktoriai, veikiantys biomasės potencialą. Šie faktoriai yra: maisto tiekimas, vandens vartojimas, biologinė įvairovė, energijos poreikis ir agroekonomika. Būtina pabrėžti, kad biokuro panaudojimo kryptis išsivysčiusiose valstybėse diktuoja ekonominė logika. Taip parenkama, koks biologinės kilmės kuras yra naudojamas skirtingų subjektų energetiniams poreikiams patenkinti. Vienu atveju, biodujos yra labiau tinkamos naudoti verslo subjektams dėl pastovaus energijos tiekimo kiekio ir generuojamų atliekų utilizavimo. Kitu atveju, medienos atliekos yra labiausiai naudojamas biologinis kuras dėl tokio kuro gausos ir suderinamumo su aplinkos tvarkymo projektais. Apskritai, nuolatinė besiformuojanti skirtingų tipų sinergija leidžia sukurti reikšmingus biokuro panaudojimo rezultatus. Kajikawa, Takeda (2008) nurodo, jog biomasė yra saulės energijos saugojimui skirtas šaltinis, kurį iš pradžių surenka augalai, įskaitant organines medžiagas, pagamintas iš augalų ir gyvūnų. Biomasės žaliavą, pavyzdžiui, augalus, medžius, ir maisto atliekas galima paversti patogesniais

energijos nešėjais, tokiais kaip kietasis kuras (pvz., medžio drožlės, granulės, briketai), skystasis kuras (pvz., metanolis, etanolis, biodyzelinas, bioaliejus), arba dujinis kuras (sintezės dujos, biodujos, vandenilis). Tinkamai panaudota biomasė yra svarbus vertės kūrimo iniciatorius, pritraukiantis kapitalo ir žmogiškuosius išteklius.

Siekiant naudoti biokurą energijos gamybai būtina įsigilinti į tam tikro energijos gamybos būdo ekonominę logiką. Tai priklauso nuo kuro telkinio artumo, technologijų kainos, galimybės apsirūpinti žmogiškaisiais ištekliais. Pagal Oró, Depoorter, Garcia, Salom (2015), kai kurios atsinaujinančio kuro rūšys, tokios kaip biokuras, nėra įtrauktos į atsinaujinančius energijos šaltinius vietos gamyboje, tačiau jie yra laikomi atsinaujinančiais tiekiamos energijos dalimi. Šia prasme galima atskirti:

- Gamyba vietoje iš vietos atsinaujinančių energijos šaltinių: atsinaujinantis energijos šaltinis yra tiesiogiai prieinamas tam tikroje vietoje;
- Gamyba vietoje iš įvežtinių atsinaujinančių energijos šaltinių: atsinaujinantis energijos šaltinis turi būti tiekiamas iš išorės, tačiau tinkamos energijos formos gaminamos projekto vietoje, t.y. energetinis kuras gali būti traktuojamas kaip biomasė arba biodujos.

Antriniai produktai, susiję su galutine energija yra keturių tipų – tai elektros ir šilumos energija, garas, biodujos (Bauen, Woods, Hailes, 2004; Borowski, 2008; Hämäläinen, Näyhä, Pesonen, 2011, Kabak, Dagdeviren, 2014). Labiausiai įprasta yra šilumos gamybos technologija, tačiau atsirado galimybė kogeneracijos būdu kartu gaminti šilumą ir elektrą. Naujausia gamybos technologija – gazifikacija – leidžia rinkai pateikti išvalytas biodujas ir taip pakeisti iškastines gamtines dujas, kurios šiandien yra naudojamos buičiai. Toklu (2017) teigia, jog pagrindiniai gazifikacijos pranašumai yra šie: didesnis elektrinis efektyvumas (pvz., 40 proc. ar daugiau, palyginti su 26–30 proc. deginimo atveju), tuo tarpu gamybos išlaidos dažnu atveju gali būti panašios. Tačiau tai taikytina technologiškai stiprioms valstybėms su išvystyta teisine baze ir atliktais politiniais sprendimais vykdyti brangias pirmines investicijas. Savo ruožtu, Plieninger, Thiel, Bens, Hüttl, (2008) pateikia keturis pirminių biokuro klasterių produktų panaudojimo kelius:

1. Kietojo biokuro deginimas / dujinimas šilumos ir elektros tiekimui mažose / didelėse įmonėse.
2. Anaerobinis įvairių organinių medžiagų, tokių kaip maisto atliekos, skystas mėšlas, mėšlas ir energetiniai augalai, fermentavimas į biodujas, metano, CO<sub>2</sub> ir kitų dujų mišinį.
3. Žemės ūkio medžiagų, turinčių daug anglies hidrato, tokių kaip cukranendrių cukrus, kukurūzai, rugiai ar cukriniai runkeliai, fermentacija į skystus angliavandenilius, ypač bioetanolį.
4. Augalinių aliejų, ypač rapsų aliejaus, arba gyvūninių riebalų transesterinimas į biodyzeliną, alkilo esterį ir dyzelino ekvivalentą, kuris bus naudojamas kaip dyzeliniam varikliui tinkamas kuras.

Pateiktuosiu atveju biokuro produktu laikomi biodegalai, tačiau tai laikytina kitokio tipo produktu, kol kas negalinčiu pilnai patenkinti susidariusių visuomenės poreikių. Be to, biodegalų savikaina yra reikšmingai didesnė lyginant su iškastiniu kuru. Likę trys biokuro panaudojimo keliai yra glaudžiai susiję tarpusavyje ir padeda užpildyti tuos pačius visuomenės energetinius poreikius. Guida, Hannioui (2016)

nurodo, jog biokuras kaip energijos šaltinio forma gali būti naudojamas dviem skirtingais būdais: netiesiogiai jį paverčiant kietu, skystu ar dujiniu kuru ir tiesiogiai sudeginant biomasę. Biokuro apdorojimas ir pavertimas energija yra priklausomas nuo kuro struktūros bei skaidymosi ypatybių, taip pat ekonominių tikslų. Pasak Ciubota-Rosie, Gavrilescu, Macoveanu, (2008) galimi keturi biokuro apdorojimo būdai:

- Tiesioginis deginimas
- Termocheminiai procesai;
- Biocheminiai procesai;
- Agrocheminiai procesai.

Šiai nuomonei iš esmės pritariama didelėje dalyje mokslininkų įžvalgų. Chiang, Chien, Lu (2012) išskiria termocheminius ir biocheminius biomasės apdirbimo procesus. Pastarieji yra mažiau efektyvūs nei termocheminiai, kadangi keliant temperatūrą suskaidoma daugiau biomasės medžiagos. Biocheminiais procesais energija paverčiama skystuoju ar dujiniu kuru. Gavrilescu (2008) prie šios klasifikacijos prideda chemines technologijas, kai cheminių medžiagų pagalba biomasės žaliava konvertuojama į skystą kurą, tokį kaip biodegalai ar etanolis. Pagrindinės termocheminės technologijos – deginimas, pirolizė, dujinimas, skystinimas ir torefikacija. Demirbas (2008) išskiria tiesioginį degimą tokiu būdu, kuris vis dar plačiai naudojamas daugelyje pasaulio vietų. Pagal Kishore, Bhandari, Gupta (2004), biomasė apdorojama tiesioginiu deginimu, energiją paleidžiant pro garo turbinas ar variklius, gazifikacijos būdu, kai kaip pagrindinis produktas gaunamos dujos, arba išgaunant biodujas iš gyvulių mėšlo ir jas deginti, taip gaminant energiją.

Biokuro apdorojimas, siekiant išgauti ekonominę vertę gali būti vykdomas skirtingais būdais. Tai vykdoma atsižvelgiant į reikalingos energijos tipą, vyraujančią energijos paklausą, galutinį energijos vartojimo subjektą. Ilavsky, Oravec (2000) pateikia platesnį biokuro apdorojimo sprendimų mechanizmą:

1. Tiesioginis kuro, kuris pritaikytas pagal tam tikrus matmenis, deginimas;
  - Karšto vandens pašildymui pastatams;
  - Technologinio garo gamybai;
  - Elektros energijos gamybai (garo turbina, dujų turbina) ir pastatų;
  - Džiovinimui karštu oru žemės ūkyje.
2. Energetinis džiovintų žaliavų dujinimas (gazifikacija), pritaikytas pagal matmenis;
  - elektros energijos gamyba (dujinis variklis ir generatorius);
  - elektros energijos gamyba ir pastatų šildymas (atliekinė šiluma);
3. Džiovintų atliekų briketavimas namams, rekreaciniams pastatams.

Šiuo metu tiesioginis miško biokuro deginimas yra energetiškai ir ekonomiškai efektyviausias energijos sunaudojimo būdas didelius biokuro kiekius turinčiuose regionuose Šiuo būdu gaminama elektros energija ir šiluma. Gazifikacija gaminant elektros energiją gali būti naudojama medienos apdirbimo įmonėse arba už viešųjų elektros paskirstymo tinklų ribų.

Pagal Caputo (2005) sudarytą galutinių biomasės produktų klasifikaciją pagal procesus (1 lent.) matoma platesnė galutinių produktų amplitudė, ypač aktuali

pramoninę veiklą vykdančioms subjektams. Produktų gausa ir gaminimo aplinkybės priklauso nuo galutinio vartojimo pakankamumo ir technologinio išsivystymo. Kartu priskiriamas ir transporto kuras, kadangi jis gaunamas taikant biochemines priemones, artimas komposto ir biodujų gamybai. Pagal Bull (2001), galutinio produkto gamyba itin priklauso nuo to, koks biokuro apdorojimo būdas yra pasirenkamas. Biokuro jėgainės gamina elektrą iš biomasės išteklių, pradedant žemės ūkio ir miško produktų likučiais ir baigiant pasėliais, auginamais energijos gamybos tikslams. Tiesioginio degimo sistemose biokuras yra deginamas tam, kad būtų išgautas garas, kuris išplečiamas per turbiną / generatorių, siekiant gaminti energiją. Taip pat egzistuoja biokuro pakaitalų deginimas esamose anglimi kūrenamose jėgainėse. Pasirinkus gazifikaciją, biokuras paverčiamas dujomis kurios gali pakeisti gamtines dujas, kurios yra priskiriamos iškastiniam kurui.

**1 lentelė.** Galutiniai produktai, gauti po biomasės apdorojimo (Caputo, 2005)

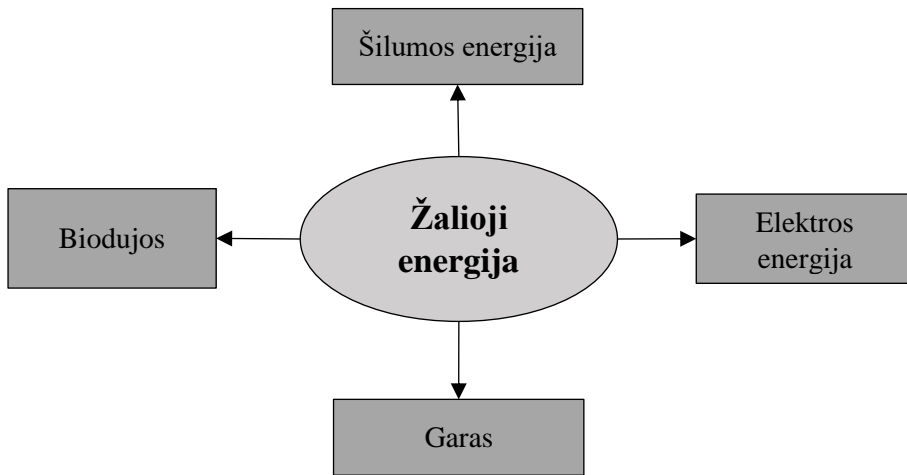
Konversijos procesai	Technologiniai sprendimai	Galutiniai produktai
Termocheminiai procesai	Deginimas	Garas
		Atliekinė šiluma
		Elektros energija
	Gazifikacija	Garas
		Atliekinė šiluma
		Elektros energija
		Metano dujos
	Pirolizė	Medžio anglis
		Bio anglis
		Kuro dujos
Biocheminiai procesai	Fermentacija	Etanolis
	Anaerobinis skaidymas	Laistymo vanduo
		Kompostas
		Biodujos

Anderson, Fergusson (2006) savo moksliniame darbe, kurio rezultatai pateikiami 2 lent., suformuoja platesnę klasifikaciją, įtraukdami energijai gaminti būtiną kurą. Matyti, jog iš didelės dalies pateiktų biomasės resursų galima pagaminti bent keturių rūšių galutinį produktą. Tai priklauso nuo investicinių sprendimų ir regiono ekonominių poreikių. Svarbų vaidmenį atlieka ir vyriausybės požiūris į atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimo plėtotę. Technologijų kaina skirtingose šalyse gali svyruoti, tad kai kurio kuro gamybą lemia subsidijų skyrimo principai. Taip pat įtaką turi technologinis progresas atskirose valstybėse bei inovacijų kūrimo mokslo ir verslo institucijose skatinimas. Klasifikuojamos tiek vienmečiai, tiek daugiamečiai biomasės šaltiniai, taip išryškinant galimybes išnaudoti biomasės resursus. Taip pat išskirtos įvairios atliekos, kurių dalis bendroje biokuro struktūroje pastaruoju metu reikšmingai auga. Tai yra būdinga šalims, kurios vadovaujasi darnaus vystymosi ir žiedinės ekonomikos principais.

**2 lentelė.** Biomasės energetikos resursai, procesai ir produktai (Anderson, Fergusson, 2006)

Biomasės šaltinis	Tinkamumas:						
	Procesas	Deginimas	Presavimas/ esterifikacija	Fermentacija	Pirolizė	Gazifikacija	Anaerobinis skaitymas
	Pagr. produktai	Šiluma/ elektra	Biodegalai	Bioetanolis	Bio- aliejus	Dyzelinas, metanolis	Bio- metanas
Naudingi šalutiniai produktai		Pašarai, šiaudai, glicerinas	Pašarai, šiluma				
Vienmetės kultūros							
Rapsai			X				
Saulėgražos			X				
Kviečiai				X			
Kukurūzai				X			
Cukriniai runkeliai				X			
Bulvės				X			
Daugiametės žolės							
Miskantai		X		X	X	X	
Nendrinės žolės		X		X	X	X	
Drambliažolė		X		X	X	X	
Daugiamečiai medienos augalai							
Gluosniai, tuopos		X		X	X	X	
Miško mediena		X		X	X	X	
Šalutiniai produktai							
Miškų liekanos		X		X	X	X	
Ariamųjų augalų šiaudai		X		X	X	X	
Organinės komunalinės atliekos		X		X	X	X	X
Riebalų atliekos				X			

Susisteminant galutinių produktų – žaliosios energijos struktūrą išskirtos aktualios energijos rūšys, kurios naudojamos buitiniams ir pramoniniams poreikiams patenkinti. 11 pav. pateikiamos tos energijos rūšys, kurių gamyba iš biokuro šiuo metu yra rentabili, energijos gamybos principas yra panašus, o kai kuriais atvejais gali būti kombinuotas.



**11 pav.** Galutinių produktų, turinčių ekonominę vertę – žaliosios energijos – struktūra

Remiantis 11 pav. pateikta galutinių produktų klasifikacija pateiktos žaliosios energijos rūšys, gautos panaudojant biomasę. Šios energijos rūšys turi ekonominę vertę ir gali būti prekybos objektu:

- **Šilumos energija.** Tai dažniausiai išgaunama energijos rūšis. Šilumos energija gaunama deginant kietąjį biokurą, rečiau – deginant biudujas. Kietojo biokuro deginimas yra dažniausias ir seniausias biomasės panaudojimo būdas, ilgą laiką nereikalavęs technologinio progreso. Šiuolaikinio biokuro deginimo technologijos leidžia gaminti šilumą tiek deginant biokurą, tiek išgaunant šilumą iš karštų išmetamųjų dūmų. Biokuro deginimo įrenginiai kiek skiriasi. Medienos atliekų deginimo įrenginiai yra technologiškai paprastesni, tuo tarpu šiaudų deginimui reikalingi tvirtesnio metalo įrenginiai. Tai būtina todėl, kad šalutiniai deginimo produktai skatina koroziją. Šiuolaikiniai biomasės deginimo įrenginiai leidžia vienu momentu gaminti šilumos ir elektros energiją. Naudojant kogeneracijos technologiją pagrindiniu produktu laikoma šilumos energija, o kaip atlieka gaunama elektros energija. Tuo būdu biokuras yra panaudojamas efektyviau, o jėgainė gali gaminti dviejų tipų produktus.
- **Elektros energija.** Tai vis plačiau gaminama energija, kai biokuras deginamas tokio tipo elektrinėse. Elektros gamybos įrenginiai yra brangesni nei vien tik šilumos gamybos įranga, tad tai labiau aktualu vidutinio dydžio (per 50 tūkst. gyventojų) miestams, taip pat pramonės įmonėms. Gaminant elektrą, susiduriama su šilumos panaudojimo klausimu – žiemos laikotarpiu ji parduodama rinkoje, tuo tarpu vasarą, sumažėjus šilumos paklausai, ji naudojama kitiems tikslams. Investuojant į elektros gamybos pajėgumus į tai būtina atsižvelgti. Tai mažiau aktualu pramonės įmonėms, kadangi jos šilumą gali panaudoti kitiems technologiniams procesams. Elektra gali būti gaminama tiek iš kietosios biomasės, tiek panaudojant biudujas. Pastaruoju

atveju elektra gali būti gaminama ir kaimiškose vietovėse, šalia elektros skirstymo tinklų.

- **Biodujos.** Tai sąlyginai naujas produktas, paremtas iš biologinių atliekų išgautomis biodujomis. Skirtingai nuo šilumos ar elektros gamybos technologijų, šiuo atveju jos yra išvalomos ir patiekiamos į dujų tinklus. Bendruoju atveju, ši technologija yra vadinama gazifikacija. Naudojant biodujas, galima pakeisti įprastai naudojamas gamtines dujas ir taip auginti žaliosios energijos panaudojimą. Dujos gaminamos miesto tipo vietovėse, netoliese skirstomųjų dujų tinklų. Siekiant gaminti biodujas reikalingas didelis organinių atliekų kiekis, kuris turi būti tiekiamas nenutrūkstamu srautu. Taip pat būtina įvertinti, kaip bus eliminuojami likutiniai produktai, tokie kaip susidaręs žlaugas. Įvertinus šias aplinkybes, gazifikacija yra pakankamai brangi technologija, reikalaujanti politinių sprendimų ir subsidijų.
- **Garas.** Tai pramonei aktuali energijos rūšis, gaunama deginant kietąjį biokurą. Garas yra naudojamas specifinėms technologinėms operacijoms įvykdyti, kuriose jis yra gaminamas turint tam tikrą temperatūrą ir slėgį. Pastaruoju metu besivystančiose valstybėse įsikūrusios pramonės įmonės vis labiau atsisako į garo iš biokuro gamybą. Taip apsaugoma nuo pasaulinių išteklių kainų pokyčių ir sudaromos sąlygos geriau planuoti sąnaudas. Taip pat didinamas energetinis savarankiškumas. Garo gamyba yra vienas iš svarbių biokuro klasterio veiklos objektų, kadangi pramonės įmonėms yra palanku bendradarbiauti patenkinant apsirūpinimo biokuru poreikį. Gaminant garą jėgainėse sumontuojami specialūs garo katilai, kurie pagamintą energiją konvertuoja į garą. Vėliau jis perduodamas per turimą technologinę grandinę. Garo gamyba įgauna vis didesnį pagreitį ir yra sparčiai auganti biokuro panaudojimo kryptis.

Atlikta produktų, išgaunamų biokuro energetikos rinkoje analizė parodė, kad visų rūšių biokuras yra racionaliai panaudojamas. Iš atsinaujinančio biokuro galima gauti skirtingus produktus, reikalingus pramonei, transportui ir namų ūkių vartojimui. Biokuro klasifikacijos tyrimai pagal pirminio kuro rūšis leido nustatyti, kad biokuras gali būti naudojamas deginant, pūdant arba išgaunant dujas esant tinkamoms sąlygoms. Biokuras pagal savo porūšius formuojasi žemės, miškų ūkiuose, atskiruose pramonės sektoriuose, vandenvalyje. Pažymėtina, kad skirtingos biokuro rūšys gali padėti kurti bent kelis galutinio produkto tipus, priklausomai nuo pasirinktos perdirbimo technologijos. Biokuro panaudojimą galima traktuoti kaip be atliekų vykstantį technologinį procesą. Siekiant vykdyti biokuro ruošos ar energijos iš biokuro gamybą, gali kilti specifinių kliūčių. Jos gali būti tiek infrastruktūrinio, tiek administracinio pobūdžio. Egzistuojant veiklos kliūtims, biokuro klasterių veikla gali būti reikšmingai apribota, arba visai sustabdyta.

### **1.1.3. Pagrindiniai biokuro klasterizacijos barjerai ir institucinės kliūtys**

Pagrindinės kliūtys biokuro panaudojimo augimui ir sektoriaus klasterizacijai labiausiai susijusios su finansiniu, administraciniu ir politiniu aspektais. Išorinės grėsmės gali kelti biokuro klasterio egzistencijos klausimą. Susidūrus su šiomis

kliūtimis, klasteris iššvaisto didelius finansinius ir laiko išteklius, taip mažinant įsitraukimą į pagrindinės veiklos vykdymą. Be to, aktuali ir duomenų analizės problema. Popp, Lakner, Harangi-Rakos, Fari (2014) teigimu, bioenergetikos sektorius yra gana sudėtingas, nes yra daugybė biomasės išteklių formų; įvairių kietų, skystų ir dujinių bioenergijos nešėjų, daugybė krypčių, kuriomis galima juos paversti naudingomis energetinėmis paslaugomis. Biokuro rinkos dažnai remiasi neoficialiomis struktūromis, dėl kurių sunku oficialiai sekti duomenis ir tendencijas. Upreti (2004) pateikė keletą pavyzdžių, įrodančių, kad pagrindinė kliūtis skatinti biomasės energijos vartojimą yra visuomenės nepasitikėjimas ir konfliktai biokuro išgavimo vietoje. Pagrindinė finansinė klasterizacijos biokuro sektoriuje stabdymo priežastis pagal Baxter (2005) yra tuo laikotarpiu vyravęs technologijos brangumas. Bendra išvada, kurią tuo metu pateikė autorius yra ta, kad biokuro deginimas yra šiek tiek brangesnis nei anglių deginimo sistemos naudojimas. Jei šalis nėra motyvuota mažinti išmetamo CO<sub>2</sub> kiekį, sunku nustatyti deginimo pagrindimą. Pagal Carneiro, Ferreira (2012) egzistuoja konkurencija su iškastiniu kuru ir kitais atsinaujinančiais šaltiniais. Taip pat pastebimas nuolatinis energijos rinkos nestabilumas ir rinkos bei tarifų liberalizavimo tendencijos. Kai kuriais atvejais įmanoma socialinio pasipriešinimo galimybė. Opozicija gali kilti tada, kai būtų panaikintos darbo vietos anglių šachtose ir būtų pereita prie biokuro ir kitų atsinaujinančios energetikos sprendimų. Tai apsunkintų šalių socialinę politiką, kadangi reiktų ieškoti alternatyvų dideliame menkai išsilavinusių žmoniškųjų išteklių kiekiui. Tad biokuro klasterizacijos plėtotė šiandien palankesnė tose šalyse, kurios neturi iškastinių išteklių, yra priklausomos nuo brangios importuojamos energijos ir geba apsirūpinti biomase.

Pasak Stigka, Paravantis, Mihalakakou (2014), biokuro panaudojimo trūkumai sietini su kraštovaizdžio estetikos pokyčiais ir objektų vizualiniu įsiskverbimu, poveikiu florai ir faunai, triukšmo tarša ir didelėmis pirminėmis įrengimo išlaidomis. Siekiant išvengti neigiamų aplinkybių būtinas nuoseklus pasiruošimo etapas, kuriame turi būti rasta labiausiai tinkama vieta biokuro jėgainei, taip pat aiškiai reglamentuotos biokuro ruošos apimtys. Vis dėlto, tobulėjant technologijoms šią padėtį pavyko išspręsti biokuro deginimo naudai. Tuo pačiu, siekiant perorientuoti energetikos sektorių link atsinaujinančių išteklių panaudojimo valstybės vaidmuo yra itin svarbus. Tai leistų išvengti dirbtinio veiklos plėtos stabdymo, tačiau tikslui pasiekti reikalingas sklandžiai veikiantis valstybinio administravimo mechanizmas. Politiniai barjerai gali užkardyti verslo iniciatyvą veikti, taip skatinant neefektyvią ir taršią energijos gamybą. Tuo pačiu kyla korupcijos grėsmė, siekiant apeiti nepalankius verslui nutarimus. Labai svarbu, koku moksliniu lygiu pasižymi valstybė – tai gali nulėmti sėkmingą biokuro konversijos procesą.

Mokslinėje literatūroje kliūtys, kurios gali trukdyti biokuro panaudojimui ir klasterizacijai, įvardijamos skirtingai. Akcentuojami ekonominiai ir politiniai veiksniai, kurie reikšmingai veikia tiek verslo apimtis, tiek gebėjimą konkuruoti rinkoje. Roos, Graham, Hektor, Rakos (1999) suformulavo veiksnius, kurie gali padėti įgyvendinti arba sukliudyti biokuro konversiją (3 lent.). Autoriai teigia, biokuro sektoriuje veikiančių subjektų integracija galima su aprūpinimo, infrastruktūros, mokslo subjektais, taip mažinant rinkoje susiformavusių barjerų įtaką. Sektoriaus narių susitelkimas gali padėti sumažinti galutinio produkto – energijos – savikainą ir

leisti aprūpinti regionus švaria energija. Susitelkimo efektui pasiekti labiausiai tinkama klasterio struktūra, kurioje dirbama betarpiškai ir siekiant vieningų tikslų. Visgi, svarbu gauti politinį pritarimą, taip išvengiant galimų kliūčių ateityje ir užtikrinant sklandų vietinio atsinaujinančio kuro panaudojimą.

**3 lentelė.** Pagrindiniai biokuro konversijos įgyvendinimo aspektai ir barjerai (Roos, Graham, Hektor, Rakos, 1999)

<b>Veiksny</b>	<b>Paaiškinimas</b>
Integracija	Bioenergetikos verslo subjektai bendradarbiauja su kitais verslo vienetais (pvz., miškininkyste ar žemės ūkiu), išnaudojami sinerginiai efektai.
	Integracija gali būti horizontali ar vertikali.
	Integracija gali būti formali ir neformali..
	Integracija gali būti susijusi su žaliavomis, infrastruktūra, žiniomis ir kt.
Masto efektas	Didesnės gamybos apimtys sumažina vieneto sąnaudas.
	Įgyjamas teigiamas tinklo išoriškumas.
	Įvedami standartai, mažinantys operacijų sąnaudas.
	Specialistai (pvz., konsultantai) įeina į rinką ir gerina rinkos rezultatus.
	Moksliniai tyrimai ir plėtra sukuria augančią rinką, išlaidas inovacijoms.
Konkurencija bioenergijos sektoriuje	Konkurencija bioenergijos įrangos ar degalų rinkoje gerina inovacijas ir produktyvumą.
	Konkurencijai reikalinga nereguliuojama rinka su keliais žaidėjais.
Konkurencija su kitais verslo vienetais	Bioenergijos rinkos augimas priklauso nuo jos konkurencingumo, palyginti su kitomis įmonėmis žaliavų, įrangos ir vartotojų rinkose.
	Konkurencija grįžta kaina, kokybe, paslaugomis arba per „įėjimo kliūtis“.
Nacionalinė politika	Politikai gali palankiai arba nepalankiai vertinti bioenergią jai konkuruojant rinkoje
	Politika susijusi su rinkos nuostatais, MTEP finansavimu subsidijomis, mokesčiais, informacija
	Prekybos organizacijos ir kitos grupės stengiasi paveikti politiką pagal savo programą (lobizmas)
Vietos politika ir nuomonė	Politikos formuotojų ir visuomenės nuomonės palaikymas palengvina bioenergijos verslo įvedimą. Ši parama priklauso nuo bendrųjų žinių ir supratimo apie bioenergijos sistemas

Siekiant užtikrinti sklandžią klasterio veiklą ir biokuro panaudojimo nenutrūkstamumą, reikalingas sutarimas su įvairiomis suinteresuotomis grupėmis. Rosch, Kaltschmitt (1999) išskyrė šiuos subjektus: sprendimų priėmėjai iš kraštutiniai skirtingų sričių, pvz., žemės ūkio, energetikos ekonomikos; valstybės finansavimo institucijos; privatūs finansuotojai; draudimo kompanijos; administracinės ir vietos valdžios institucijos; planavimo biurai, gamybos, inžinerijos ir statybos įmonės; augalų savininkai ir valdytojai; žaliavų gamintojai, prekybininkai ir tiekėjai; energijos, pagamintos iš biokuro, pirkėjai, kurie nėra jautrūs kainai; visuomenė, ypač asmenys, kuriuos asmeniškai paveikė biokuro ruošos ir deginimo veiksmai. Tuo pačiu biokuro energetikos verslo vystymuisi yra itin svarbi integracija su sektoriuje veikiančiais subjektais. Tai leidžia ieškoti sektoriaus klasterizacijos motyvų. Bringezu, O’Brien, Schütz (2012) pastebi, kad vyriausybėms trūksta supratimo apie biokuro rinką, o tai gali lemti neteisingus sprendimus ateityje. Tai gali paveikti

pramonę ir darnų vystymąsi, kadangi žaliavos, naudojamos pramonėje, būtų neprasmingai sudeginamos. Tad pirmiausiai turima siekti, kad išgaunamos natūralios žaliavos būtų panaudojamos ekonomiškai naudingiausiu būdu. Autoriai priduria, jog siekdamas sukurti tausaus biomasės naudojimo pagrindą, vyriausybės pirmiausia turi išplėsti savo perspektyvą, pradėdant vien biokuru ir baigiant biokuru kaip didesnės žemės ūkio ir miškininkystės sistemos dalimi. Jie turi atidžiai stebėti, kaip jų šalys suvartoja bendrą pasaulinę maisto ir ne maisto biomasę, taip pat žemę, reikalingą šiems ištekliams aprūpinti. Tikslui pasiekti būtina tinkamai valdyti informaciją apie turimus išteklius, siekiant greitai ir efektyviai identifikuoti atskirų išteklių panaudojimo galimybes. Domac, Richards, Risovic (2005) priduria, kad viena iš pagrindinių kliūčių plėsti ir priimti bioenerziją į pasaulio energijos rinkas yra ta, kad tam tikros rinkos nepripažįsta realių išlaidų ir rizikos, susijusios su iškastinio ir branduolinio kuro naudojimu. Tai yra perkeliama ateinančioms kartoms, taip įrodant neatsakingą dabarties požiūrį. Siekiant gamybos proveržio, būtinas teigiamas tiek valstybės, tiek savivaldos požiūris į žaliojo verslo plėtrą. Šalinant nepagrįstus įėjimo barjerus gama pasiekti naujos verslo šakos, paremtos darnaus vystymosi idėjomis, augimo. Vienas svarbiausių veiksnių – sklandžios tiekimo grandinės užtikrinimas, taip kuriant sąlygas konkurencingam energijos tiekimui ir lyderystei rinkoje. Adams, Hammond, McManus, Mezzullo (2011) požiūriu, pagrindinis biomasės tiekimo grandinių iššūkis yra užtikrinti, kad biomasė būtų naudojama racionaliai. Yra duomenų, kad biomasės išteklių sunaudojimas energijos gamybai dažnai atliekamas neturint tinkamo pakaitinio sodinimo plano. Taip susidaro neracionalaus išteklių panaudojimo situacija, kuri formuoja neigiamą ekonominę poveikį. Tai sudarytų sąlygas ilguoju laikotarpiu formuoti biokuro žaliavos trūkumui ir kuro kainų augimui, kadangi žemos savikainos telkiniai būtų išeksplatuoti, nepasirūpinant jų reprodukcija. Taip pat neigiamą įtaką daro tiekimo sezoniskumas, kai oro sąlygos riboja apsirūpinimą biokuru. Šiuo atveju galima vykdyti nuolatinę ekonominę veiklą, kadangi išeksplatuotus išteklius ilguoju laikotarpiu pakeistų prevenciniais veiksmais sukurti nauji biokuro ištekliai. Tuo pačiu tai suteiktų tvarumo verslui, kadangi taip būtų įrodoma verslo ateities perspektyva ir veiksmai, siekiant užtikrinti ilgalaikį veiklos palaikymą.

Biokuro panaudojimas yra susijęs su įvairiais trikdžiais, kurie kliudo tolesnei biokuro sklaidai. Kai kada jie būna susiję su techninėmis specifikacijomis ir infrastruktūros stygiu, tačiau trikdžius dažnai lemia biurokratinio aparato neveiklumas, korupciniai veiksniai. Didžioji dalis veiksnių gali būti pateikti finansine išraiška, įvertinant neigiamą ekonominę poveikį tiek verslo subjektams, tiek visai visuomenei. Zēverte-Rivža (2014) pastebi, kad trikdžiai bei rizikos yra labiausiai susijusios būtent su politiniais ir ekonominiais veiksniais. Šie veiksniai (4 lent.) gali iššaukti giluminius trikdžius, kurie iš esmės keistų energetikos politiką bei galėtų nukreipti šalis nuo atsinaujinančios energetikos krypties. Tokia situacija būdinga besivystančioms valstybėms, kuriose korupcijos lygis yra pakankamai aukštas ir nėra suinteresuotumo atsisakyti iškastiniu kuru paremtos energetikos dėl galimos terpės šešėlinei ekonomikai ir neteisėtiems susitarimams. Laisvos rinkos nebuvimas taip pat yra reikšminga kliūtis formuojant skaidrų, rinkos santykiais paremtą biokuro sektorių.

**4 lentelė.** Biokuro rinkoje vyraujančių rizikų klasifikacija (Zēverte-Rivža, 2014)

<b>Rizikos charakteristika</b>	<b>Rizikos grupė</b>
Personalo atsakomybės trūkumas	Personalo rizika
Žema personalo kvalifikacija ir patirties trūkumas	
Profesinės saugos rizikų pažeidimai	
Žema biomasės kokybė	Gamybos rizika
Mikrobiologinių procesų nestabilumas biojėgainėje	
Įrenginių aptarnavimo operatyvinės problemos	
Kogeneracinių įrenginių gedimai	
Biomasės naudojimo nutraukimas	
Galimas prisijungimo prie bendrųjų tinklų nefunkcionavimas	
Šilumos panaudojimo kliūtys	
Uždelstas galimų problemų likvidavimas	Nuosavybės rizika
Menka išorinė jėgainės apsauga	
Ugnies ar žaibo rizika	
Finansinių resursų investicijoms trūkumo rizika	
Finansinių obligacijų rizika jų išpirkimo metu	Logistikos rizika
Nereguliarus biomasės poreikis	
Problemos su biologinių atliekų saugojimu	
Problemos su biomasės saugojimu	
Nelaimingi atsitikimai transportuojant biomase	
Nelaimingi atsitikimai transportuojant biologines atliekas	Aplinkosaugos rizika
Problemos utilizuojant nepanaudotas atliekas	
Kitos aplinkosauginės rizikos	Politinė rizika
Energijos politikos pokyčiai	
Besikeičiančios energijos kainos rinkoje	

Lentelėje matyti, jog plačiausiai apibūdinama gamybos rizika. Visgi vystant verslą biokuro energetikos sektoriuje, būtina įvertinti galimus logistikos, aplinkosaugos ir politinius iššūkius. Biokuro logistika padidina transportavimo paslaugų poreikį, o tai gali neigiamai atsiliepti regionuose įsikūrusių gyvenimo kokybei. Tai gali iššaukti politinį nepritarimą, kuris lemtų augančias sąnaudas logistikai, taip mažinant biokuro klasterio konkurencingumą. Įvykę energetikos politikos pokyčiai gali išstumti biokuro verslu užsiimančius subjektus iš rinkos.

Vienas aspektas, kurį būtina išskirti kaip kliūtį vystant efektyvų biokuro energetikos sektorių – šešėlinė ekonomika. Ji gali būti dviejų tipų – kai neskaidrūs susitarimai pastebimi kliudant biokuro konversiją arba kai jie vykdomi konversijos metu. Benkraiem, Lahiani, Miloudi, Shahbaz (2019) savo darbe ištyrė, kad egzistuoja asimetrinis ryšys tarp energijos gamybos ir šešėlinės ekonomikos. Šiuo atveju akcentuojamas iškastinio kuro panaudojimas energijos gamyboje. Tuo tarpu Osunmuyiwa, Biermann, Kalfagianni (2018) teigia, jog atsinaujinančios energijos naudojimas gali padėti sumažinti šešėlinės ekonomikos mastą, kadangi kuro ruoša ir energijos sklaida yra lengviau atsekami nei naftos ir dujų naudojimo atveju. Bitzenis, Makedos, Kontakos (2015) pabrėžia, kad atsinaujinančios energetikos subjektams yra sunku veikti šešėlinėje rinkoje. Biokuro klasterio atveju teigtina, kad šešėlinės ekonomikos apraiškos gali formuotis biokuro ruošos sektoriuje. Taip gali įvykti dėl

šio sektoriaus nekvalifikuotumo ir galimų sunkumų užtikrinant kuro atsekamumą ir jo ruošos apimtį. Tai gali sudaryti sąlygas pertekliniam kuro pateikimui į rinką, kuro vagystėms arba nepakankamai kokybiško kuro ruošą.

Biokuro energetika yra pakankamai jaunas verslo sektorius, tad tai lemia investicinio sprendimo priėmimo sudėtingumą. Nesant visuotinai susiformavusio teigiamo investicinio precedento, reikia remtis atskirais pavyzdžiais, matomais valstybėse ar jų regionuose. Pagal regionų specifines savybes galima sudaryti investicijų planą, paremtą esamų išteklių ir infrastruktūros išnaudojimu. Bioenergijos gamyba paprastai formuoja didesnes kapitalo sąnaudas nei iškastinio kuro alternatyvos, tačiau mažesnės medienos kuro sąnaudos užtikrina greitą technologijų atsipirkimą ir sudaro sąlygas kaupti santaupas (Hashiramoto, 2007). Deja, daugelis potencialių investuotojų į bioenergetikos projektus neturi tvirto supratimo apie visus susijusius ekonominius, techninius, socialinius ir aplinkos klausimus (Sims et al., 2006). Įvertinant visus reikalingus veiksnius, galima atlikti tinkamą investicinį sprendimą, tačiau šiuo atveju būtina itin nuodugni analizė. Tai dažnai atbaido investuotojus, kadangi analitiniai sprendimai reikalauja nemažų finansinių ir laiko išteklių. Prasertsan, Sajjakulnukit (2006) išskiria šiuos barjerus: instituciniai, politiniai, techniniai, finansiniai, informacijos, visuomenės paramos. Balat, Ayar (2005) teigimu, biomasės energijos naudojimas, pavyzdžiui, elektros energijos gamybai, gali formuoti specifines problemas. Tuo atveju, kai mokesčių lengvatos buvo skirtos skatinti naudoti biomasės pagrindu pagamintą energiją, jos gali būti bet kada atšauktos arba atsirastų sąlygos, kurias būtų sunku patenkinti. Weiland (2006), priduria, kad higienos ir maistinių medžiagų perdirbimo taisyklės yra griežtesnės, be to, teisinės sąlygos yra daug sudėtingesnės. Dėl to žymiai padidėja investicijos ir veiklos sąnaudos, kurios sumažina ekonominę naudą. Bergmann, Hanley, Wright (2006) prideda, jog investicijos į biomasės energetiką dažnai gali turėti išorinių kaštų ir naudų, į kuriuos reikia atsižvelgti, jei norima socialiai optimalias investicijas. Išorinis poveikis gali būti jaučiamas kraštovaizdžio kokybei, laukinei gamtai ir oro kokybei. Tai gali tapti reikšmingu lobistiniu argumentu, siekiant pateisinti iškastinio kuro pramonę. Qi, Wang, Lu (2013) teigimu, vyriausybės politika yra svarbus veiksnys, katalizuojantis technologinių inovacijų diegimą klasteriuose. Be to, klasterių technologinių inovacijų motyvacija priklauso nuo kelių veiksnių: rinkos sistemos, ekonominės ir teisinės aplinkos. Assmann, Laumanns, Uh (2006), papildydami prieš tai išsakytą mintį, išskiria veiksnius, nuo kurių priklauso technologinių inovacijų diegimas:

- Įvairių lygių politinėse sistemose reikia atsižvelgti į būsimus pokyčius;
- Naujosioms technologijoms diegti būtina skirti reikalingą lėšų dalį;
- Inovacijoms diegti būtina palanki aplinka: informacijos vertinimo ir sąmoningumo gebėjimai.

Klasterių plėtotei kliudo ir tam tikri klasterio koncepcijos netobulumai. Jie atbaido investuotojus nuo siekio telkti savo išteklius vardan bendrosios naudos. Dėl žinių trūkumo ir skirtingų kryptų gausos verslo subjektai gali pasirinkti netinkamą klasterio funkcionavimo mechanizmą, kuris nesukurtų apčiuopiamos pridėtinės vertės klasterio dalyviams. Be to, veiklą klasteryje reikia reglamentuoti kuo tiksliau, kad būtų išvengta galimų turtinių ginčų ateityje. Klasterio koncepciją kai kada

entuziastingai priima politikai, tačiau ekonomistai ir geografsai į tai žiūri su didesniu nepasitikėjimu: kai kurie iš jų nėra visiškai įsitikinę, kad tai yra panacėja regioninėms problemoms spręsti (Duranton, 2005). Arnesano, Carlucci, Laforgia (2012) pažymi, jog klasteriui taip pat reikia palaikymo paketo, t. y. informacijos, supratimo, priežiūros, kokybės standartų, MTEP grindžiamo veiklos tobulinimo. Ebbekink, Lagendijk (2013) pastebi, jog klasterių politika visada susiduria su aukšto lygio priklausomybe nuo vyraujančio konteksto: specifinės socialinės ir ekonominės bei institucinės konfigūracijos, apibūdinančios konkrečius atvejus, sudarančio kliūtis mokymosi perdavimui išvalgos ir politikos formavimo prasme. Klasterio struktūra dažnai yra pernelyg progresyvi besivystančių šalių atžvilgiu, kadangi ji yra grįsta bendradarbiavimu ir veiklos laisve. Egzistuojant suvokimo kliūtims iškyla verslo subjektų ir viešųjų institucijų komunikacijos keblumai. Pagal Falck, Heblich, Kipar (2010), Pagrindinė kritika nukreipiama į bendrą ir neaiškų klasterio sampratos formulavimą - interpretacijai paliekama per daug vietos. Dėl specifikacijos trūkumo tampa sunku arba net pavojinga suformuluoti konkrečią politiką, nes nevisiškai apibrėžta sistema neleidžia nustatyti priežastinių ryšių. Atitinkamai niekas negarantuoja, kad klasterio koncepcija pagrįsti politiniai veiksmai iš tikrųjų duos norimų rezultatų. Režiuuojant, jei taikomos politikos pagrindimas priklauso nuo to, ar tai skirta tam tikrų neefektyvių procesų išlaikymui dėl inercijos, klasterio politikai tiesioginio pateisinimo nėra. Tačiau tai nereiškia, kad kiekvienas politinis veiksmas, apibrėžtas klasterio politika, yra neveiksmingas; tai reiškia, kad nėra garantuojama, kad klasterių politika bus sėkminga vien todėl, kad tai klasterio politika. Kad būtų galima įvertinti jos veiksmingumą, politinėms struktūroms reikės išsamiai apibūdinti jos konkrečius tikslus. Viešojo sektoriaus netobulumai gali apsunkinti sąlygas klasterių plėtrai, jai suteikti neapibrėžtumo, didinti įėjimo į rinką sąnaudas. Wolfe ir Gertler (2004) požiūriu, viešojo sektoriaus sprendimai gali paveikti klasterių trajektorijas įvairiais būdais, nors poveikis dažnai būna nenuspėjamas ir dažnai nenumatytas. Ypač tai pastebima besivystančiose šalyse, neturinčiose tvaraus valstybės valdymo tradicijų. Barradale (2010) požiūriu, didelę neigiamą įtaką verslo plėtrai daro verslo aplinkos kintamumas. Pokyčiai aplinkoje gali iššaukti šiuos veiksnus: didesnis pasitikėjimas užsienio gamyba; plėtros planavimo sunkumai; sumažėjusios privačios išlaidos MTEP veikloms. Tokiu atveju susiduriama su pasekmių šalinimo būtinybe, nukreipiant laiko ir finansinius išteklius nuo pagrindinės veiklos vykdymo. Kuula, Neittaanmäki, Pölönen, Tuovinen (2011) prideda, jog būtina turėti mažų biokuro ir energijos gamintojų siekiant diversifikuoti galimas tiekimo rizikas. Mažų gamintojų trūkumui taip pat gali būti daugybė kitų priežasčių, pavyzdžiui, stipri rinka ir didžiųjų energijos gamintojų lobistinė galia, nacionalinė energetikos politika, mažas bendros šalies energijos rinkos dydis, žemi miškų savininkų verslumo gebėjimai, rizikos kapitalo trūkumas, investuotojų į nedidelės apimties energijos gamybą skaičius, bioenergijos šaltinių derliaus nuėmimo ir transportavimo logistikos trūkumas, bioenergijos tiekimo kanalų ir infrastruktūros trūkumas. Šie neatitinkimai gali sužlugdyti klasterio iniciatyvą ir yra pagrįstai laikomi grėsme biokuro rinkos plėtotei. Tuo pačiu, tai mažina verslo subjektų investicijas intencijoms ir socialiai jautrių asmenų sluoksnių norą integruotis į visuomenę. Tuo

tarpu Rosch, Kaltschmitt, (1999) teigia, kad norint pastatyti ir eksploatuoti jėgainę, naudojančią biokurą, reikalingi įvairūs administraciniai leidimai:

- Susijusių techninių procesų reglamentavimas;
- Jėgainės statybos ir ilgalaikio eksploatavimo leidimai;
- Į atmosferą išmetamų įvairių medžiagų reglamentavimas;
- Įvairių rūšių biomasės, kaip medienos, šiaudų, organinių atliekų, naudojimo kaip žaliavos leidimai;
- Šalutinių produktų ir (arba) atliekų, tokių kaip pelenai, naudojimo ir (arba) šalinimo leidimai.

Leidimų reikalingumas ir jų išdavimo terminai gali reikšmingai keisti projekto paleidimo terminus ir atsipirkimo laikotarpį. Dažnai būtent šis veiksnys atspindi biurokratinių struktūrų neveiklumą ir korupcijos lygį vietovėje. Išduoti leidimai reglamentuoja klasterio veiklą gaminant energiją, vystant biokuro ruošos verslą ar pagrindžiant transportavimo apimtis. Leidimų išdavimu rūpinasi tiek vietos, tiek valstybinės institucijos. Biurokratiniai suvaržymai labiausiai matomi savivaldoje, kurios inertiška veikla yra linkusi apriboti veikiančius subjektus. Valstybės lygiu matomi naujų iniciatyvų įvedimo sunkumai, kai keliami neadekvatūs pertekliniai reikalavimai jų išpildymui. Vis dėlto, Palazuelos (2005) požiūriu, daugumą sąlygų, prisidedančių prie klasterių sėkmės, sunku sukurti nuo nulio. Valstybės politikos pokyčiai yra ilgi, sudėtingi, dažnai sunkiai tikėtini, tad verslo subjektams būtina nuo pat pradžių tinkamai iširti rinką, administracinius reikalavimus, numatyti išteklius nenumatytiems atvejams.

Biokuro klasterizacijos sėkmė yra sietina su biokuro naudojimo srauto augimu. Augant biokuro sunaudojimui energetikoje, kyla daugiau apraiškų kurtis klasteriams. Tačiau dėl sektoriaus jaunumo kyla tiek finansinių, tiek politinių biokuro klasterių plėtros problemų. Pagal McCormick, Kaberger (2007) pagrindinės problemos, susijusios su biokuro vartojimo augimu ir klasterizacijos sektoriuje plėtra yra:

- Egzistuoja iškastinio kuro elektros energijos perteklius;
- Reikšmingas finansinių problemų skaičius, trukdantis tinkamai remti atsinaujinančią energiją, ypač mokslinių tyrimų ir plėtros srityje;
- Dvejojimas dėl investicijų į atsinaujinančią energetiką ir suinteresuotumas iškastinio kuro sektoriumi;
- Neveiksmingas politikos vykdymas, kuris yra būtinas norint aiškiai parodyti intencijas verslo subjektams ir ūkininkams, kurie planuoja investuoti į energetinius augalus;
- Menka patirtis sodinant ir nuimant energetinius augalus. Ūkininkams būtina parama, demonstracijos ir sutartys su municipalinėmis įmonėmis dėl biokuro gamybos.

Tuo pačiu egzistuoja aplinkosaugos iššūkiai, kuriuos ignoruojant gali kilti rimtų projekto atitikties darnaus vystymosi standartams problemų. Pagrindiniai su biokuro deginimu susiję techniniai iššūkiai yra šie (Baxter, 2005):

1. Kuro paruošimas, saugojimas ir pristatymas;
2. Pelenų panaudojimas;
3. Kuro konversija;
4. Teršalų susidarymas;

5. Korozija;
6. Lakiųjų pelenų panaudojimas;
7. Poveikis katalizacijos sistemoms;
8. Suskaidytų srautų susidarymas.

Mokslininkų darbuose beveik nediskutuojama apie plataus masto neigiamą biokuro panaudojimo poveikį. Tam, kad būtų išvengta neigiamo poveikio, išskiriamos papildomos sąlygos. Jos sutampa su darnaus vystymosi principais. Amponsah, Troldborg, Kington, Aalders, Hough, (2014) pateikia keletą galimų kliūčių, kurios mažintų biokuro klasterių pranašumus aplinkosaugos srityje. Mokslininkai teigimu, kadangi biologinės atliekos susidaro bet koku atveju, jų panaudojimas energijos gamybai paprastai nesukuria neigiamo poveikio aplinkai, išskyrus šias išimtis:

- Miškų ar žemės ūkio liekanų pašalinimas iš žemės gali sumažinti anglies kaupimąsi ir anglies telkinius tokius kaip aliejus, negyva mediena ar šiukšlės, tačiau tai gali išekvoti dirvožemio maistines medžiagas;
- Sukūrus biomasės atliekų ar šalutinių produktų rinką, sudarant sąlygas papildomoms pajamoms, pagrindinio produkto (pvz., medienos) gamyba gali būti ekonomiškai patrauklesnė, o tai gali turėti neigiamos įtakos aplinkai.

Prie aplinkosauginių iššūkių priskiriamas energetinių augalų auginimas aplinkosaugos požiūriu jautriuose regionuose. Energetiniai augalai yra imlūs vandeniui, o tai ateityje gali sukelti vandens trūkumą. Berndes (2008) teigia, kad palyginti su maistinėmis kultūromis, krūmais ir ganyklų augmenija, želdiniai dažnai būna aukšto produktyvumo, o produktyvumui išgauti reikalingas didelis vandens kiekis. Augalų specifika neleidžia papildyti vandens išteklių ir užtikrinti vietinių žmonių poreikių aprūpinimą. Tai leidžia konstatuoti, kad energetinių augalų plėtrai rimtą kliūtį daro vandens išteklių stoka. Ahmad, Tahar (2014) prideda, jog neatsakingai užsiimant biokuro energetikos verslu galima padaryti žalą biologinei įvairovei. Kitas išvelgiamas pavojus – energetinių augalų auginimas žemėje, kuri tinkama maisto produktų auginimui. Kaltschmitt (2011), sistemindamas vykstančias politines ir visuomenės diskusijas, išskyrė šiuos klausimus, kurie galėtų sukelti klasterizacijos biokuro energetikos sektoriuje barjerus:

- konkurencijos klausimai (t. y. diskusijos dėl maisto ar degalų gamybos);
- aplinkos problemos (pvz., šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimas per biodujų gamybos ciklą, kvapų išmetimas iš biodujų gamyklų, kietųjų dalelių išmetimas iš katilų, kūrenamų biokuru);
- netiesioginis žemės paskirties pakeitimas (pvz., biokuro gamyba valomose miško žemėse);
- tvarumo aspektai.

Tęsiant tvaraus biokuro panaudojimo užtikrinimo problematiką, Becker (2008) pabrėžia, kad kalbant apie kitus atsinaujinančius energijos šaltinius, tokius kaip vėjo, geotermine, vandens ir saulės energija, biomasė turi specifinių savybių:

1. Visuotinis ariamos žemės prieinamumo apribojimas. Biomasė nėra neišsenkama per trumpą laiką;
2. Biomasė yra ne tik energijos šaltinis, o kiti naudojimo būdai, pavyzdžiui, maistas, pašarai ar papildomos pramoninės įmonės, konkuruoja su energijos gamybos opcija.

Etiniu požiūriu nėra priimtina, kad žemės plotai būtų panaudoti biokuro gamybai. Šiuo atveju būtina užtikrinti, kad biokuro auginimui bus paskirti tik neproduktyvūs plotai, iš esmės netinkami maisto produktų gavybai. Taip sudaromos sąlygos išvengti konfliktinių situacijų tarp verslo ir visuomenės atstovų. Scarlet, Dallemand, Monforti-Ferrario, Nita (2015) pagrindžia šią mintį, teigdami, jog ženkliai padidėjęs organinių medžiagų poreikis ir numatomas biomasės poreikio padidėjimas padidins konkurenciją dėl gamtos išteklių, ypač dėl žemės ir vandens, o gali neigiamai paveikti žemės naudojimo būdus, biologinę įvairovę ir aplinką. Iš kitos pusės, būtina efektyviai naudoti visus medienos išteklius – pramonei naudingi ištekliai turi būti perdirbami. McKay (2006) išskleidžia mintį, nuroydamas tai, kad jei biokuro pramonė ateityje sparčiai vystysis, tikėtina, kad biokuro kiekio pokyčiai, ypač jei jie daro didelį vizualinį poveikį, bus vertinami vietos politiniame lygmenyje. Tai lemia būtinybę užtikrinti reikalingus biokuro panaudojimo kontrolės mechanizmus, kurie atitinka visuomenės ir aplinkosaugos poreikius. Tuo pačiu išskirtinas miško kirtimų ir jų metu susidarancios biomasės panaudojimo poveikis. Nesilaikant pamatinių aplinkosaugos principų galima sukelti žalos, kuri vėliau bus aktuali ekonominiu požiūriu, sumažėjus pajamoms iš miško gavybos. Pedrolí et al. (2013) pažymi jog miško kirtimo intensyvumas gali turėti neigiamos įtakos biologinei įvairovei dėl:

- Negyvos medienos praradimo. Tai laikoma svarbiausiu veiksniu, darančiu neigiamą įtaką valdomų miškų biologinei įvairovei;
- Kelmų ir šaknų bei miško kirtimo atliekų pašalinimas taip pat gali neigiamai paveikti miško augalų rūšių įvairovę ir dirvožemio fauną;
- Padidėjęs tręšimas (azotu ir pelenais) gali turėti įtakos augmenijai.

Įvertinant šiuos aspektus būtina suteikti lemiamą reikšmę aplinkosaugos dedamajai, neiškeliant jos virš ekonominių interesų. Tuo atveju, jei biokuro telkinys yra neeksploatuojamas dėl galimo neigiamo poveikio aplinkai, būtina ieškoti kitų prieinamų alternatyvų. Tokiu atveju nebus pažeisti ateinančių kartų interesai.

Kai kuriose šalyse, kuriose yra išplėtotą taršios energijos gamyba, biomasės energetikai paskantinti gali prireikti subsidijų. Vis dėlto, Sovacool (2008) teigimu, subsidijos atgraso vartotojus nuo švaresnių alternatyvų, skatina per daug naudoti esamus išteklius, taip naudojant daugiau elektros energijos, o vartotojų įpročiai lieka stabilūs. Abolhosseini, Heshmati (2014) požiūriu, alternatyvi aplinkos apsaugos politika taikoma ekonomine forma (paskata) arba reglamentacine forma (be skatinimo). Ekonominė politika galėtų tapti paskata naudoti atsinaujinančią energiją arba rinkti mokesčius, taikomus išmetamiems teršalams ar iškastinio kuro sunaudojimui. Plačiai naudojami trijų tipų paramos mechanizmai: (i) tarifai už pirkimus (angl. *feed-in-tariffs*); ii) mokesčių lengvatos; iii) prekyba ekologiniais sertifikatais. Bowden, Payne (2009) papildoma mintį teigdami, jog vyriausybės politikos priemonės, tokios kaip atsinaujinančiosios energijos gamybos mokesčių kreditai, nuolaidų už atsinaujinančiosios energijos sistemas įrengimas, atsinaujinančiosios energijos portfelio standartai ir atsinaujinančiosios energijos sertifikatų rinkų sukūrimas, yra kritiškai svarbios skatinant atsinaujinančią energetiką kaip gyvybingą energetikos sektoriaus sudedamąją dalį įvairiose šalyse. Tačiau sprendimą subsidijuoti energetikos sektorių sunkina politinio pritarimo būtinybė. Subsidijos gali sukelti ir

tam tikros visuomenės dalies nepasitenkinimą, ypač tų, kurie dirba darbui imliuose energetikos sektoriaus dalyse, pvz. anglių išgavimo versle.

Biokuro klasterizacijos procesų sklandumą gali trikdyti ir tai, kad bus sudėtinga apsirūpinti energetine žaliava. Tai ypač aktualu kai energijai gaminti yra naudojami energetiniai augalai. Dažnai šie augalai vertinami geriau nei kietosios biomasės atliekos, kadangi yra aiškiai įrodoma, kad jos skirtos tik energetikai. Ūkininkai, nusprendę auginti energetinius augalus, dažnu atveju turi tam tikrų dvejonų. Dvejonės skatina tam tikros kliūtys, tokios kaip (McCormick, Kaberger, 2005):

1. Ribotas lankstumas, susijęs su energetiniais augalais, yra pagrindinis faktorius, skatinantis atsargią poziciją. Siekiant įtikinti ūkininkus, daugeliu atvejų reikia įrodyti trumpalaikę ekonominę naudą kartu su ilgalaikiais išpareigojimais pirkti energetinius augalus.
2. Investicijos į energetinius augalus apima pokyčius versle, pradedant maisto ir baigiant energijos gamyba. Žinių trūkumas apie energetinių augalų sodinimą ir derlių bei energetinių augalų rinkas atbaido daugelį ūkininkų.
3. Rizikos skaidymo galimybė yra esminis veiksnys norint paskatinti ūkininkus auginti energetinius augalus. Siekiant skatinti energetinių augalų sklaidą, būtina sudaryti sutartis tarp ūkininkų ir vietinių energetikos įmonių, kuriose, dažnu atveju, dalyvauja vietos valdžios subjektai.

Žaliavos tiekimo sunkumus taip pat reprezentuoja būtinieji transportavimo aspektai. Biokuras yra vežamas iš skirtingų telkinių, tad atsiranda būtinybė užtikrinti nenutrūkstamą biokuro srautą. Caputo, Palumbo, Pelagagge, Scacchia (2005) požiūriu, nepaisant plačiai sutarto bioenergijos panaudojimo potencialo, pagrindinės biomasės naudojimo problemos išlieka tam tikrose ribose, atsižvelgiant į biomasės sezoniškumą ir geografinį pasiskirstymą visoje teritorijoje, o dėl šių problemų biokuro surinkimo, transportavimo ir saugojimo operacijos yra sudėtingos. Biokuro jėgainės, palyginti su iškastinio kuro jėgainėmis, yra nedidelės, ir tuo pačiu metu joms reikia didelių žaliavų kiekių, nes biomasės kaloringumas yra mažas, palyginti su anglimi ar nafta. Įvertinus šiuos aspektus teigtina, kad biokuro panaudojimas yra labiausiai palankus lokalioje vietovėje, kuri turi pakankamus vietinio biokuro išteklius ir energijos gamybos šaltinį. Tai leidžia išlaikyti sąnaudų kontrolę ir kurti reikšmingą konkurencinį pranašumą iškastinio kuro jėgainių atžvilgiu.

Biokuro paremtos atsinaujinančios energetikos sklaidai reikšmingai kliudo tai, kad nėra susiformavusios tinkamos prekybinės sąlygos. Šiuo atveju svarbu tinkamai reglamentuoti energijos gamybos žaliavos rinką, kad būtų išvengiama konkurencijos iškraipymo ir korupcinių veiksnių. Be to, būtina peržiūrėti regioninių jėgainių efektyvumą ir pajėgumus, kad būtų užkardytas neefektyvus biokuro panaudojimas. Tikslui pasiekti būtina skirti investicijas tiek infrastruktūrai, tiek moksliniams tyrimams ir plėtrai. Pastarosios investicijos yra reikšmingos todėl, nes skatina naujų biomasės rūšių panaudojimą energetikoje. Panaudojant jas, galima ir toliau išlaikyti pastovų biokuro žaliavos kainų lygį. Daebeler, (2006) išskiria tokias pagrindines kliūtis, kurios neleidžia biokuro jėgainėse pagaminti energijai išskleisti savo potencialą platesniu mastu:

- Iškastinių išteklių rinkos kainos kilo nepakankamai greitai, tad biokuro panaudojimu besiremiančioms jėgainėms tapo sunkiau konkuruoti;

- Dažnu atveju skirtingi valstybiniai subjektai yra atsakingi už energetikos konversiją, MTEP finansavimą;
- MTEP prioritetų ir biudžetų svyravimai;
- Nepaisant teigiamo žemės ūkio sektoriaus požiūrio į bioenergetikos veiklą, aplinkos apsaugos politikos formuotojai biokuro panaudojimo naudą atrado palyginti neseniai;
- Aukšta priklausomybė nuo politinio rėmimo skatina verslo subjektus koncentruotis į klasikinės energetikos sritis, tuo pačiu apribojant MVĮ iniciatyvą, MTEP veiklą.

Viena esminių atsinaujinančios energetikos problemų šiandien – poreikis balansuoti nestabilius energijos gamybos srautus. Kietojo biokuro atveju tai nėra aktualu, tačiau padidėjus biodujų, ypač stambiųjų, jėgainių skaičiui, neišvengiamai atsiranda elektros energijos balansavimo poreikis. Pagal Fitiwi, de Cuadra, Olmos, Rivier (2015) atsinaujinantys išteklių vaidins vis didesnę vaidmenį ir darys didelį poveikį energijos sistemoms. Viena vertus, neišvengiama, kad tokių išteklių naudojimas sukelia didesnę sistemos veikimo kintamumą ir netikrumą dėl jų periodiškumo. Kita vertus, pasiekus didelę AEI energijos gamybos dalį, elektros tinklų vaidmuo tampa aktualesnis, nes dėl energijos gamybos iš tokių energijos šaltinių kintamumo reikia užtikrinti didesnę tinklų sujungimo pajėgumų kiekį, kad būtų užtikrintas tiekimo saugumas. zonos, kur atsinaujinančių išteklių (pavyzdžiui, vėjo ir saulės) yra labai mažai.

Bendrinio požiūriu mokslininkai išskiria įvairių tipų barjerus, kurie neleidžia plėstis biokuro energetikai. Tuo pačiu tai apriboja sektoriaus klasterizacijos galimybes. Vienas iš esminių barjerų susijęs su kapitalo pritraukimu, (5 lent.), tačiau svarbūs ir infrastruktūros, visuomeniniai aspektai. Sumažinus šių barjerų įtaką, atsirastų prielaidos įmonių išteklių telkimui klasteriuose ir jų panaudojimui naujoms rinkoms užimti. Užtikrinant finansinę veiklos vykdymo pusę, būtina ir veikla su socialiniais partneriais – jų supažindinimas su vykdoma veikla, veiklos poveikio išaiškinimas, veiklos naudos visuomenei pateikimas. Taip gali pavykti eliminuoti grėsmes, kylančias iš informacijos asimetrijos ir dezinformacijos.

**5 lentelė. Biomasės energetikos plėtros barjerai**

<b>Šaltinis</b>	<b>Identifikuoti barjerai</b>
Tabas, Beranová, Vavřina (2014)	Instituciniai ribotumai
	Žmogiškieji išteklių
	Informacijos srautai
	Vyriausybės politika
Lund-Thomsen, Lindgreen, Vanhamme (2016)	Nacionalinių įstatymų nevykdymas
	Klasterių slopinamos profesinės sąjungos
	Tarpklasteriniai subrangos procesai
	Dalyvavimas lokaliuose vertės grandinėse
Veleva, Todorova, Lowitt, Angus, Neely (2015)	Techniniai
	Ekonominiai
	Informaciniai
	Organizaciniai
	Teisės

Trianni, Cagno, Farné (2016).	Ekonominiai
	Informaciniai
	Elgsenos
	Suvokimo
	Organizaciniai
	Kompetencijos
	Technologiniai
Madrid-Guijarro, Garcia, Van Auken (2009)	Nerami verslo aplinka
	Informacijos stoka
	Vyriausybinių paramos stoka
	Nekvalifikuoti žmogiškieji ištekliai

Vienos didžiausių kliūčių, su kuriomis gali susidurti biokuro klasterizacija yra techninės kliūtys. Jos gali reikšmingai apriboti biokuro energetikos sklaidą, stabdyti investicijas ir energetinę pažangą. André, Cristofari (2014) požiūriu, atsižvelgiant į akivaizdžius neišvengiamus klausimus, susijusius su iškastiniu kuru, įskaitant iškastinio kuro prieinamumą ateinančiais metais, atsinaujinanti energetika gali būti tinkamas kelias į energetikos ateitį. Tačiau taip pat keičiasi ir vartojimo įpročiai, o naujo produkto paklausa priklauso nuo kuriamos pridėtinės vertės, susijusios su patogumu, ekonomine, socialine ir aplinkos nauda. Nauji produktai turi būti technologiškai ir ekonomiškai perspektyvūs, kad būtų sėkmingi. Pagal Dasappa (2011), pateikia kai kurias galimas technines kliūtis, turinčias ekonominę pagrindą:

- Biomasės išteklių ir geografinis pasiskirstymas;
- Biomasės (medienos atliekų ir pasėlių liekanų) poreikis (energijai, pašarams ir kt.) ir geografinis pasiskirstymas;
- Elektros energijos poreikis ir galimas elektros energijos paklausos augimas (augant elektrifikacijai) pagal geografinį pasiskirstymą;
- Potencialių regionų, pasižyminčių turimų išteklių ir energijos poreikio suderinamumu, nustatymas;
- Gazifikacijos techniniai aspektai;
  - Atsinaujinančios energijos efektyvumo, gamybos, montavimo ir priežiūros normos ir standartai yra silpni ir (arba) jų nėra.
  - Vietinės gamybos atsinaujinančiosios energijos technologijų komponentų surinkimo vietų trūkumas, neišnaudojant regione koncentruotų žinių, įgūdžių ir patirties eksploatuoti atsinaujinančiosios energijos sistemas.
  - Ribotos techninės galimybės projektuoti, įdiegti, eksploatuoti, valdyti ir prižiūrėti atsinaujinančiosios energijos pagrindu pagamintus lokalius tinklus (angl. *mini-grids*).

Weitemeyer, Kleinhans, Vogt, Agert (2015) papildo, jog bendras energetinės sistemos konversijos procesas apima daugybę skirtingų aspektų. Net jei atsižvelgiama tik į technologinius parametrus, dabartiniai energetikos sistemų modeliai paprastai tampa labai sudėtingi. Ateityje klasterizacija biokuro sektoriuje sulauks aiškių iššūkių. Jie susiję su pagrindiniu klasterio konkurenciniu pranašumu – prisitaikymu prie besikeičiančios energetinės politikos. Kuo labiau klasteris sugebės panaudoti atliekas

bei efektyvinti savo procesus, tuo ateities kliūtys bus mažesnės. Junginger, Goh, Faaij (2013) nurodo šiuos pagrindinius bioenergijos ir apskritai bioekonomikos iššūkius:

- Tiesioginis tam tikrų (energetinių) augalų ir biomasės atliekų panaudojimo poveikis aplinkai;
- Netiesioginis poveikis - aprūpinimas maistu ir žemės paskirties keitimas;
- Efektyvi logistika: reikalingos išankstinio apdorojimo technologijos ir optimizuotos logistikos grandinės, kad būtų sumažintos bendrosios išlaidos ir ŠESD išmetimas.

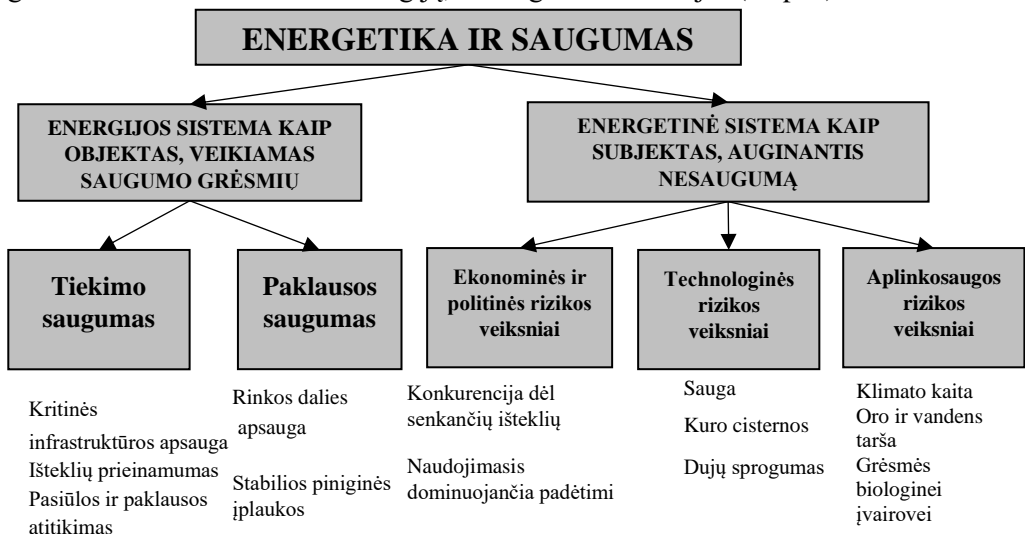
Klasterių veiklos skatinimui ir problemų sprendimui egzistuoja kitose sferose patikrinti variantai. Desrochers, Sautet (2004) požiūriu, būtina pašalinti kliūtis naujovėms, investuojant į pagrindinę žmoniškųjų išteklių ir kapitalo infrastruktūrą ir remiant susijusių įmonių geografinę koncentraciją. Klasterio formavimo procesas apima pripažinimą, kad klasteris egzistuoja, tada pašalinamos kliūtys, sušvelninami suvaržymai ir pašalinami galimi neefektyvūs veiksmai, kurie kliudo produktyvumui ir inovacijoms, vykdomoms klasteryje. Apribojimai apima žmoniškuosius išteklius, infrastruktūrą ir reguliavimo apribojimus. Krupa, Burch (2011) biokuro klasterio plėtotei siūlo galimybes, kurios aktualios gilių sektoriaus veiklos tradicijų neturinčioms šalims. Skatinimo instrumentai gali būti taikomi pradinuose veiklos etapuose, siekiant veiklos pagreičio išvystymo. Mokslininkų nuomone, naujas pajėgus energijos gamybos klasteris turėtų būti reikšmingai remiamas vykdant tam tikrą suderintą vyriausybės politiką. Galimos įvairios energetikos klasterio plėtros galimybės, tačiau į bet kokią sprendimą greičiausiai reikės įtraukti mokesčių politikos pokyčius ir apimti mokesčių paskatas, „mokesčių atostogas“, pradinių investicijų dotacijas, savanorišką infrastruktūros atnaujinimą (pvz., kelius į jėgaines ar į biomasės telkinius) ir viešojo ir privačiojo sektorių partnerystes. Tuo tarpu Filippova et al. (2016) išskiria pagrindinius projekto veiklos rodiklius:

- Pagrindinių gamybos rodiklių – ekonominės veiklos (pardavimo apimties, pelningumo, kapitalo produktyvumo ir kt.) optimizavimas klasterio narėse;
- Mokestinių pajamų padidėjimas;
- Pritrauktų investicijų, įskaitant užsienio fondus ir privačias investicijas, apimties augimas;
- Klasteryje dalyvaujančių įmonių ir organizacijų, įskaitant MVI, skaičiaus padidėjimas;
- Kvalifikuotų darbo vietų skaičiaus didinimas, taip pat įtraukiant aukštųjų technologijų ekspertus.

Biokuro klasterio veiklai kliūčių gali daryti nepilnai ištirti veiksniai, galintys sukelti visuomenės interpretacijas. Biokuro panaudojimo srityje trūksta informacijos apie galimą neigiamą panaudojimo poveikį. Tokia padėtis gali suformuoti būsimus veiklos barjerus Gonzalez-Salazar, Venturini, Poganietz, Finkenrath, Kirsten, Acevedo, Spina (2016) teigia, kad tariamos kliūtys apima neigiamą poveikį aplinkai, žemės naudojimo konkurenciją, maisto produktų panaudojimo energetikoje etinę dilemą, tiesioginį ir netiesioginį žemės paskirties pakeitimą, miškų kirtimą, spaudimą vandens ištekliams ir t.t. Thornley (2006) nurodo, jog transporto ir infrastruktūros reikalavimai bei su tuo susiję biomasės išteklių ruošos metu sukuriama teršalų išmetimai taip pat gali sukelti neigiamą reakciją iš vietinės bendruomenės grupių.

Burfitt, Macneill (2008) konstatuoja, jog net tarp klasterių politikos šalininkų pripažįstama, kad dėl visuomenės skepticizmo vargu ar daug klasterių iniciatyvų gali būti pilnai išpildytos. Negebant susitvarkyti su verslo aplinkos keliamais iššūkiais, klasterio veikla įgauna riziką žlugti. Pagal Ballarin, Vecchiato, Tempesta, Marangon (2011), biokuro energetika keletą trūkumų. Pirmasis iš jų yra vandens poreikis, kuris gali prieštarauti kitiems poreikiams. Analogiškas konfliktas įvyksta dėl biomasės ir maisto gamybos kompromiso, atsižvelgiant į žemės paskirstymą ir derliaus paskirstymą. Dėl šio kompromiso gali padidėti maisto kainos, o tai turėtų socialinių padarinių skurdesnėms šalims. Iš pasėlių pagamintos biomasės privalumai ir trūkumai rodo, kad politikoje, kuria siekiama skatinti šį sprendimą, turėtų būti atidžiai įvertinamas jos poveikis teritoriniu, socialiniu ir aplinkos požiūriu. Siekiant išvengti nepalankių veiksmų, biokuro klasterio veikloje būtinas maksimalus skaidrumas ir korupcijos prevencija, taip pat visuomenės nušvietimas apie darniu vystymusi pagrįstą klasterio veiklą. Taip pat būtina laikytis visų aplinkosauginių reikalavimų ir užtikrinti, kad biokuras bus gaunamas iš atliekų ar neproduktyvių medžiagų.

Integrali energetikos verslo dalis yra energetinio saugumo užtikrinimas. Tai yra sudėtingas procesas, priklausantis nuo didelio skaičiaus dedamųjų. McKay, H. (2006) pabrėžia, kad biokuro panaudojimas galėtų reikšmingai sustiprinti tvarų tiekimo saugumą. Biomasė yra plačiai paplitęs ir įvairiapusis išteklius, kurį galima ne mažiau lengvai naudoti tiek šildymui, tiek elektrai gaminti. Didžiulis miško ir žemės ūkio atliekų potencialas ilgą laiką nebuvo tinkamai išnaudotas. Biokuro klasterių atveju atsiranda papildomų rizikų. Jos susijusios su tiekimo patikimumo užtikrinimu, technologinėmis rizikomis, papildomais aplinkosaugos reikalavimais. Johansson (2013) išskyrė dvi energetinio saugumo grėsmių grupes, kurios yra aktualios biokuro klasteriui. Egzistuoja tiek vidiniai, tiek išoriniai energetinio saugumo rizikos faktoriai, į kuriuos biokuro klasteris turi atsižvelgti. Pateiktos grėsmės yra aktualios tiek gaminant šilumos ir elektros energiją, tiek išgaunant biodujas (12 pav).



**12 pav.** Energetinio saugumo iššūkiai biokuro klasterių atveju (Johansson, 2013)

Apibendrinus biokuro energetikos sektoriuje egzistuojančias kliūtis, pateikiamos priemonių grupės, kurios gali padėti panaikinti įvardytus barjerus (6 lent.). Išskiriami teisiniai, technologiniai, ekonominiai, darbo jėgos barjerai leidžia kompleksiskai įvertinti galimybes pašalinti biokuro energetikos sektoriuje esančius sunkumus, taip didinant pridėtinės vertės kūrimo apimtį ir klasterio narių konkurencingumą. Barjerų panaikinimas susijęs su ekonominiais veiksniais – investicijomis, išteklių panaudojimo sklandumu, reguliacinės aplinkos poveikiu ekonominei struktūrai. Atlikta mokslinės literatūros analizė leidžia teigti, kad daugiausiai pasiūlymų pateikiama dėl technologinių veiksmų sprendimo. Technologinių ir informacinių barjerų panaikinimas yra susijęs su investicijų būtinybe, tad tai tampa ekonominių tyrimų objektu. Akcentuotinos investicijos tiekimo grandinės valdymo ir žemės informacinėms sistemoms. Jos leistų efektyviai valdyti einamuosius procesus ir turėti tikslią informaciją apie disponuojamus išteklius. Susidariusias problemas galima išspręsti taikant kompleksinius sprendimus. Pagal 6 lent. pateiktas priemones matyti, jog ekonominių, žmoniškųjų išteklių ir reguliavimo barjerų šalinimo sprendimus galima grupuoti tarpusavyje, kadangi žmoniškųjų išteklių barjerų šalinimas turi aiškų teigiamą ekonominį poveikį. Reguliavimo barjerų eliminavimas leistų pasiekti proveržį ekonomikoje, kadangi būtų reglamentuojamas naujo sektoriaus kūrimas ir vystymasis šalies viduje, o tam būtų pasitelkti vietiniai atsinaujinantys ištekliai. Tuo būdu ekonominių ir technologinių priemonių taikymas sudaro sąlygas efektyviai biokuro klasterizacijai, taip sukuriant pridėtinę vertę veiklos regionui.

**6 lentelė.** Biokuro klasterizacijos barjerų pašalinimo priemonės

Priemonių grupė	Priemonė	Autoriai
Ekonominės	Mokesčių lengvatos, apyvariniai žaliosios plėtros instrumentai	Rodriguez, May, Herr, O’Connell (2011); Shahbaz, Balsalobre-Lorente, Sinha (2019)
	Supirkimo tarifai (angl. <i>feed-in-tariffs</i> )	Kyriakopoulos, Arabatzis, Chalikias (2016)
Technologinės	Monitoringo sistema	Salvini, Herold, De Sy, Kissinger, Brockhaus, Skutsch (2014)
	Skaitmeniniai jėgainių valdymo sprendimai	Moussa, Mahmoud, Hatem (2020)
	Duomenų bazių, susijusių su biomasės potencialu, valdymas	Bilandzija, Voca, Jelcic, Jurisic, Matin, Grubor, Kricka (2018)
	Tiekimo grandinės valdymo sistemos	Scholz, De Meyer, Marques, Pinho, Boaventura-Cunha, Van Orshoven, ..., Nummila (2018)
Informacinės	Žemės informacinės sistemos (angl. <i>land informational systems</i> )	Orlando, Greco, Tuttolomondo, Leto, Cammalleri, La Bella (2017); Mukhamediyev, Kiseleva, Kireeva, Yakunin, Muhamedijeva, Mustakaezv (2018)
	Informacinį saugumą užtikrinančios priemonės	Zaslavskiy, Pasichna (2019)

Reguliavimo	Aiškaus energetinio teisyno suformavimas ir legitimizavimas	Singh, Setiawan (2013)
	Atsinaujinančios energetikos reguliavimo institucijos	Coote, Thiffault, Brown (2016)
Žmogiškųjų išteklių	Mokymų, perkvalifikavimo sistemų sukūrimas	Androniceanu, Popescu (2017).
	Darbuotojų motyvavimo strategijos	Busu, Nedelcu (2018)

Apibendrinant galima teigti, kad sumažinus valstybinio reguliavimo įtaką ir tinkamai informavus visuomeninius partnerius apie klasterio veiklą, galima tikėtis rentabilios energijos gamybos naudojant vietinius atsinaujinančius išteklius. Eliminuoiant neigiamą požiūrį į biokuro vartojimą, automatiškai atsiranda galimybė sektoriaus įmonių klasterizacijai. Vyraujant šiandieninei ekonominei pažangai galima efektyviai panaudoti biokurą skirtingų rūšių energijai gaminti, taip mažinant investicijų atsipirkimo laikotarpį. Eliminavus ekonominius, socialinius ir aplinkosaugos iššūkius, sudaromos sąlygos biokuro klasterio naudoms plėtotei. Įvairiose pasaulio šalyse, turinčiose biomasės išteklių, galima vykdyti žaliosios energetikos gamybą. Ypač tai aktualu toms valstybėms, kurios neturi nuosavų iškastinių išteklių, arba turimi resursai yra nepakankami valstybės apsirūpinimo energija užtikrinimui. Įvertinus visas paminėtas aplinkybes, pagrindinės biomasės energetikos plėtros prielaidos yra:

- Besikeičiantis požiūris į žaliąją energetiką;
- Krintanti biomasės panaudojimo technologijų kaina;
- Biomasės panaudojimo plėtra – kai naudojama skirtingų tipų biomasė, o energijos savikaina lieka panaši.
- Energetinės nepriklausomybės siekis;
- Politinis nestabilumas;
- Galimybė panaudoti perdirbimui netinkamas medžiagas;
- Galimybė utilizuoti gyvulinės kilmės atliekas ir iš jų išgauti energiją;
- Galimybė spręsti įsisenėjusias socialines problemas regionuose.

## **1.2. Biokuro sektoriaus klasterizacijos motyvai**

### **1.2.1. Biokuro klasterizacijos poveikis mikro ir makro lygmenims**

Biokuro klasteris savo veikla generuoja visokeriopą poveikį tiek valstybei, tiek visuomenei. Teigiamas klasterio veiklos poveikis pasireiškia per kuriamas naujas darbo vietas, didėjančią energetinį savarankiškumą ir ekologinių idėjų pritaikymą šiandieniniams visuomenės poreikiams. Biokuro klasterizacijos naudoms kūrimo galimybės reikšmingai priklauso nuo klasterių plėtros motyvų. Jie gali būti sąlygojami skirtingų priežasčių, dažnu atveju priklausančių nuo šalies specifikos. Plėtros motyvai geriausiai yra matomi tada, kai šalis ieško, kaip užsitikrinti saugų apsirūpinimą energija vietiniu išteklių pagrindu.

Biokuro klasterio specifiką lėmė atskiri veiksniai, nulemti susidariusios situacijos skirtingose šalyse. Valstybės ar jų regionai, priklausomi nuo importuojamo

iškastinio kuro ar energijos, ieško alternatyvų, kurios padidintų energetinį savarankiškumą. Didžiojoje dalyje valstybių yra gausūs biomasės ištekliai, pats kuras pasižymi teigiamomis energetinėmis ir balansavimo savybėmis. Tai lemia, kad būtent biokuras yra pasirenkamas kaip galima alternatyva, ypač mažiau išsivysčiusiose šalyse, kuriose stokojama aukštųjų technologijų. Pagal klasterio metodologiją, tai yra darinys, kuriame verslo įmonės sujungia turimus išteklius ar jų dalis, siekiant naujos rinkos poreikių patenkinimo. Dažniausiai orientuojamasi į užsienio rinkų aprūpinimą klasterio gaminamomis prekėmis ar teikiamomis paslaugomis. Gamybiniame klasteryje ypač svarbu sutelkti žaliavų ir įrangos tiekėjus, taip užtikrinant nepertraukiamą vertės kūrimą vartotojams. Ankstyvu klasterių koncepcijos plėtros laikotarpiu Ergas (1998) plėtoja idėją, jog klasterių rinka atsiranda tada, kai dėl masto ekonomijos reikalaujama, kad verslo subjektai konkuruotų ne atskirais elementais, o su bendrai sutelktų prekių rinkiniu. Smit (2010) išskleidžia mintį ir teigia, kad klasteris atspindi aplinką, kurioje gali klestėti mokymasis, inovacijos ir veiklos produktyvumas. Būtent tokie lokalizuoti klasteriai yra ryškus beveik bet kurios išsivysčiusios ekonomikos bruožas, tačiau jų trūksta besivystančiose šalyse ir kurios riboja produktyvumo augimą tose ekonomikose. Turint reikalingus biomasės kiekius ir šiuo verslu užsiimančius verslo subjektus, susidaro sąlygos biokuro klasteriui kurti. Klasterio veikla didžiausią poveikį sukurtų besivystančiose valstybėse, kurios stokoja iškastinių energijos šaltinių.

Biokuro klasteris, kaip ir visa klasterio koncepcija yra sąlyginai naujas reiškinys verslo pasaulyje. Nors pats terminas buvo paminėtas ankstesniais laikotarpiais, tik pastaraisiais dešimtmečiais atrandamas teigiamas klasterizacijos poveikis. Klasterio prototipas yra pramoninis rajonas, kurį jau 1890 m. apibūdino Alfredas Maršalas darbe „Ekonomikos principai“ (angl. *Principles of Economics*) (Marshall, 1920). Biokuro klasteris apima tris svarbiausius veiklos lygius – aprūpinimą biokuru, biokuro deginimą ir mokslo institucijas, teikiančias veiklos efektyvinimo sprendimus. Klasterio veikla ypač priklauso nuo klasterio veiklos tikslo, sandaros ir pobūdžio. Pagal Enright, Fflowcs-Williams (2001), viena iš pagrindinių padidėjusio susidomėjimo klasteriais priežasčių yra numanomas klasterių poveikis įmonės veiklos rezultatams, regionų ekonominei plėtrai ir šalies konkurencingumui. Khanaposhtani, Hariri (2005) nurodo, jog verslo klasterį sudaro ekonominių organizacijų, asmenų bei bendrovių, turinčių reikalingų įgūdžių ar žinių, susijusių su vykdomąja veikla, bendruomenė. Be to, šios įmonės ar organizacijos, tokios kaip universitetai, tyrimų centrai, pramonės ir techninės asociacijos, plėtoja ekonominę veiklą, tarpusavio bendradarbiavimą bei dalijimąsi techninėmis žiniomis. Huggins (2008) teigimu, pagrindinė klasterių klasifikavimo savybė stadija jų gyvavimo cikle. Pagrindinis klasterio rodiklis yra jo brandumas: jis leidžia suvokti klasterius apibūdinančias savybes. Klasteriai gali būti orientuoti ir į taikymo sritį. Pagal Xiaoqiang (2009), pagrindiniai klasterių skirtumai egzistuoja jų vertės grandinėse ir sektoriaus ypatybėse. Šių dviejų galimų pjūvių klasifikacija esmingai skiriasi savo pobūdžiu: pramoniniai klasteriai yra ekonomikos mokslo objektas, o vertės grandinės klasteriai yra arčiau verslo organizavimo, klasterizacijos mokslų. Tuo tarpu Gajšek, Kovač (2016) požiūriu, vidiniai klasterio sėkmės veiksniai yra šie: bendros vizijos ir strategijos sukūrimas, bendrų veiklos sričių apibrėžimas, organizacijos ir bendros

kultūros organizacijoje projektavimas, bendros informacijos infrastruktūros sukūrimas.

Biokuro klasteris yra svarbi visos verslo architektūros dalis, padedanti smulkioms įmonėms įveikti naujų rinkų barjerus. Taip jos gali sudaryti atsvarą korporacinėms struktūroms, siūlydamos tas pačias prekes ar paslaugas priimtinesne kaina. Pasak Versteeg, Bouwman (2006), pagrindiniai verslo architektūros elementai yra verslo sritys, kurios yra nuoseklios verslo funkcijos ir objektai, už kuriuos verslo procesuose gali būti prisiimta reikšminga atsakomybė. Šiuo atveju verslo architektūrą galima įvardyti kaip verslo funkcijų ir susijusių verslo objektų grupavimą į klasterius (verslo sritis), atsižvelgiant į narių atskaitomybės galimybes. Verslo architektūrą sudaro:

- Verslo sričių išdėstymas (įskaitant jų atsiradimą įvairiuose lygiuose) ir jiems priskirtos verslo veiklos bei pridėtinė vertė;
- Verslo funkcijos ir verslo koncepcijos (aukšto lygio duomenų aprašai (angl. *high-level data descriptions*)), kurių reikia šioms verslo sritims, kad galėtų vykdyti priskirtą verslo veiklą;
- Aukšto lygio verslo procesai, kurie parodo, kaip šios sritys veikia kartu siekdamos organizacijos tikslų ir strategijų.

Klasteriai dėl savo specifikos reikalauja nemažai individualios priežiūros ir paramos. Tai reikalinga tam, kad klasterio augimas būtų subalansuotas, o klasterio dalyvių konkurencingumas didėtų. Christensen, Lämmer-Gamp, Meier zu Köcker (2011) pateikia pagrindimą šioms teiginiam:

1. Klasterių programos turi būti kuriamos atsižvelgiant į specifinį kontekstą, kuriame jos veikia; klasteriai gali būti skirtinguose gyvenimo ciklo etapuose, skirtingoje aplinkoje, su skirtingais finansiniais pajėgumais ir su skirtingais ištekliais - programos būtina pritaikyti pagal vyraujančią padėtį, kitaip jų efektyvumas bus menkas;
2. Klasteriui sukurti nepakanka vienos klasterio programos - tai turi būti suderintos ir bendros įvairių subjektų pastangos kartu su investicijomis į infrastruktūrą, MTEP ir verslo plėtros programas, įgyvendinant reglamentus, kurie palaiko ekonominę plėtrą kuriant naujų produktų ir paslaugų rinkas, taip pat makroekonominę ir fiskalinę politiką palankiai verslo aplinkai plėtoti;
3. Klasteriams reikalingas efektyvus valdymas, kuris turėtų būti remiamas tol, kol jie sukurs veiksmingą institucinę struktūrą;
4. Kiekviena programa turi būti įvertinta naudojant lyginamosios analizės metodus; mažėjant programos efektyvumui, tada būtina arba ieškoti priežasčių ir taisyti programą, ar ją visiškai sustabdyti.

Teigiamo klasterizacijos poveikio formavimosi prielaidos neatsiejamos nuo klasterizacijos motyvų. Pagrindinė klasterio kūrimo motyvacija yra pridėtinės vertės kūrimas kooperuojant išteklius. Išteklių kooperacija formuoja sinergiją, o tai atsispindi kiekybiniu poveikiu. Pagrindinės bendradarbiavimo kryptys klasteriuose yra (Staniszewska, Kočańska, 2013):

- Poreikis įdiegti bendradarbiavimo tinklą, siekiant patobulinti gaminius ar paslaugas rinkoje;
- Standartai ir pameistrystė;

- Viešųjų finansų sistema, palaikanti mokslo ir verslo bendradarbiavimą vietos lygiu;
- Valstybės finansų sistema, palaikanti mokslo ir verslo bendradarbiavimą vietos lygiu;
- Skatinimas ir informavimas apie mokslo ir verslo bendradarbiavimo naudą;
- Akademinių darbuotojų kvalifikacija, atitinkanti dabartinius verslo poreikius;
- Logistikos galimybės bendriems tyrimams ir plėtrai;
- Bendros investicijos į tyrimų priemones;
- Mokslo ir verslo bendradarbiavimo formų prieinamumas;
- Ekonominių ir mokslinių tyrimų struktūrų lankstumas.

Viena iš galimų klasterio stiprybių yra aiški ir veikli lyderystė bei ateities vizija (Anbumozhi, Gunjima, Prem Ananth, Visvanathan, 2010). Atsiranda būtinybė kuo aiškiau apibrėžti klasterio veiklą, įmonių įnašą ir gaunamos naudos galimybes. Kitu atveju klasterio veikla nebus sėkminga ir galimos konfliktinės situacijos. Šiuo atveju svarbu, kad klasterio veiklą administruotų subjektai, puikiai išmanantys energetikos verslo bei klasterių koncepcijos dedamąsias. Gajšek, Kovač (2016) nurodo pagrindines teigiamo poveikio kryptis klasterio nariams: sinergijos pasiekimas žinių stiprinimo srityje, bendri pirkimai ir rinkodara, suformuota bendra strategija ir tikslai, pasitikėjimas tarp narių, kiek įmanoma daugiau bendrų plėtros projektų, turinčių ilgalaikį ir trumpalaikį poveikį, finansinis nepriklausomumas nuo vyriausybės paskatų. Pagrindiniai klasterių koncepcijos užtikrinimo principai plėtojamose įmonių ekonominės plėtros strategijose (Kuznetsov, Tronina, 2014):

1. Stabilus investicijų pritraukimas į pramonės organizacijų strategines verslo linijas siekiant padidinti ekonominį patrauklumą, kitaip tariant - gerinti įmonių investicinį patrauklumą;
2. Būtinis ekonominės aplinkos sukūrimas, siekiant užtikrinti klasterinį požiūrį ir atitinkamai ekonomikos augimą;
3. Veiksminga savivaldos institucijų regioninė politika.

Kaplinsky (2016), požiūriu yra akivaizdu, kad dinamiškiems ir tvariems klasteriams būdinga tai, kas vadinama „kolektyviniu efektyvumu“. Tai apima du reiškinius. Pirmasis susijęs su išorės ekonomika, kuri atsirado kaip nenumatytos aglomeracijos pasekmės. Tai apima tokius privalumus kaip įgūdžių rezervas, vietiniai tiekėjai ir paskata klientams, ieškantiems alternatyvių tiekėjų. Antrasis kolektyvinio efektyvumo komponentas yra tada, kai klasterio įmonės imasi tikslingų, suplanuotų bendrų veiksmų. Vaz ir Nijkamp (2009) teigia, kad kūrybiškumas ir produktyvumo siekis skatina burtis į klasterius, o tai savo ruožtu skatina verslumo siekį, norą kelti verslo struktūrų efektyvumą ir produktyvumą bei yra raktas į darnų vystymąsi, kuris yra akcentuojamas šiandienos pasaulyje. Klasteris gali pasiekti savo tikslą dviem būdais – savo pagamintas prekes ar teikiamas paslaugas parduoti per pasaulinio dydžio rinkos žaidėjus, arba pačiam eiti į galutinę prekių teikimo rinką.

Teigiamą biokuro klasterizacijos poveikį pravartu segmentuoti pagal ***mikroekonominį ir makroekonominį lygius.***

#### ***Mikroekonominis lygmuo***

Mikroekonominiam lygmenyje biokuro klasteriai kuria tinkamas sąlygas savo nariams bendrai užimti tam tikrą rinkos dalį, bendradarbiauti su mokslo ir inovacijų

struktūromis siekiant nuolatinio veiklos efektyvinimo. Biokuro klasteris orientuotas į tam tikro šalies regiono energetinių poreikių tenkinimą, tuo skirdamasis nuo didžiosios dalies verslo klasterių, kurių orientacija – užsienio vartotojas. Kadangi klasterio veiklos laukas yra lokalus, jis įtraukia reikšmingą kiekį žmoniškųjų ir kapitalo išteklių. Campbell, Price (2008) nurodo pamatinį tiek biokuro, tiek visos atsinaujinančios energetikos privalumą: dauguma atsinaujinančios energijos technologijų yra decentralizuotos ir tokiu būdu padeda sumažinti poveikį, atsirandantį dėl technologinių nesklandumų ar teroristinių išpuolių, kurie galėtų rimtai pakenkti šalies elektros tinklui. Valentine (2011) nurodo, kad investicijos į biokuro energetiką gali padėti tinkama linkme nukreipti pelną, gautą iš iškastinių išteklių gavybos. Pagal Roberts (2008), bioenergija gali tapti sprendimu sprendžiant klausimus, susijusius su ekonominiu, nacionaliniu, aplinkos ir politiniu saugumu. Braun, McRae-Williams, Lowe (2005) teigimu, stambios įmonės įtraukia didžiąją dalį šoninio, horizontaliojo ir vertikaliojo klasterio veikimo sričių. Šie subjektai sugeba tai padaryti, nes turi masto ekonomiją. MVI turi ribotas galimybes naudotis specializuotais išteklių ir intelektualiu kapitalu. Tuo tikslu būtina koncentruoti išskaidytą ekonominį potencialą. Grigoras, Scarlatache (2015) nuomone pagrindinės biomasės panaudojimo kuriamos naudos yra: energetinis efektyvumas, racionalus energijos vartojimas, konkurencijos politika, energijos šaltinių įvairinimas, galimybė naudotis modulinėmis elektrinėmis, sąlygos mažesnių generatorių plėtrai, trumpesnis statybų laikas, mažesnės kapitalo sąnaudos. Pasak Korobeinikov, Read, Parshotam, Lermontov (2010), žemės paskirstymo politika klasterizuotose struktūrose, kuria siekiama gaminti biokurą ir užsiimti tvaria miškininkyste, gali vaidinti svarbų vaidmenį kontroliuojant šiltnamio efekto sukeliančių dujų kiekį. Tai gali suteikti reikšmingą ekonominį postūmį šalims, kadangi atsiranda būtinybė perorientuoti esamą energetikos politiką. Tam reikalingos reikšmingos investicijos, skatinančios naujų ekonominių vienetų kūrimą. Rocha (2004) išskiria poveikį visai verslo sistemai: klasteriai skatina verslumą, sukurdami sąlygas užmegzti santykius ir skleisti informaciją apie rinkoje esančias galimybes; mažina įėjimo ir išėjimo barjerus; teikia prieigą prie fizinės, finansinės ir komercinės infrastruktūros; naujų įmonių kūrimasis; mažinama rizika ir netikrumas ketinančių prisijungti verslininkų tarpe; kultūrinės aplinkos kūrimas, kai nuosavo verslo įkūrimas yra normali praktika, o nesėkmė nėra socialinė stigma. Kaip ir kiti verslo klasteriai, biokuro klasteris gali sumažinti verslo pradžios sąnaudas, telkdamas specializuotus tiekėjus, vietinius klientų ratus ir papildomų produktų bei paslaugų gamintojus (Slaper, Harmon, Rubin, 2016). Tai galima laikyti veiklos efektyvinimo kryptimi – klasteris, generuojantis savo narių išteklius, nukreipia juos ta kryptimi, kuri užtikrintų mažiausią produkto savikainą ir maksimizuočių klasterio narių naudą. Tuo pačiu išvengiama perinvestavimo situacijų, kai klasterio narės investuoja į tuos pačius įrenginius ir taip švaisto finansinius išteklius. Vietoje to koncentruojamasi į patrauklaus rinkai produkto pateikimą, mažinant jo savikainą ir prisitaikant prie rinkos kainų. Bergman, Feser (2011) ir Adu, Shokunbi, Cole, (2014) plėtoja mintį apie klasterizacijos naudą MVI, o tai vėliau atsiliepia ekonomikai. Kai mažos gamybos įmonės jungiasi į klasterius, jos turi potencialo gauti naudos iš veiklos vietos ir išorės rinkose. Įmonės gali lanksčiai specializuotis, kai vykdo tam tikras operacijas arba gamina tam tikras rūšis kitoms klasterio narėms. Šios sąlygos įgalina mažas įmones

įgyti konkurencinį pranašumą išorės ekonomikos aspektu. Kolektyvinį efektyvumą palengvina klasterizavimas daugeliu veiksnių, įskaitant produktų specializaciją, greitą specializuotų produktų gamybą, tiekėjų atsiradimą, paslaugų teikėjų, rinkodaros agentų atsiradimą, kvalifikuotos darbo jėgos sutelkimą ir konsorciūmų ar asociacijų, susijusių su konkrečiomis paslaugomis ir lobizmu, sudarymą.

Kalbant apie energetinės sistemos decentralizaciją, būtina akcentuoti atsiradusią galimybę atskiriems regionams apsirūpinti reikalingu energijos kiekiu. Tai leistų plėtoti regionų ekonomiką ir sudarytų reikšmingas sąlygas bendrajam šalies ekonomikos augimui. Didžiausią vietinės energijos gamybos efektyvumą galima pasiekti, kai yra naudojama kombinuota šilumos ir energijos (angl. *combined heat and power, CHP*) arba kogeneracijos gamybos technologija. Vienu metu gaminant šilumą ir elektrą, efektyviau naudojami turimi biomasės ištekliai. Bernotat, Sandberg (2004) nurodo svarbų tokio gamybos sprendimo poveikį – vietinė kogeneracinė jėgainė turi atsarginę funkciją, kad aprūpintų teritoriją reikalinga energija – šilumos gamyba yra galima net nutrūkus elektros tinklui. Vietiniai energetiniai pajėgumai kurį laiką galėtų veikti izoliuotai nuo šalies energetinės sistemos. Mokslininkai pabrėžia, jog perteklinės energijos panaudojimas, priklausomybės nuo iškastinio kuro mažinimas, vietinių užimtumo galimybių skatinimas ir padidėjęs energijos vartojimo efektyvumas yra galimybės, kurias teikia vietinis šildymas naudojant mažo dydžio termofikacines elektrines. Didelių ir mažų vietovių atveju gali būti taikomi skirtingi technologiniai sprendimai. Kai vietovėse, kuriose koncentruota didelė dalis gyventojų ir verslo subjektų yra tinkami tiesioginio deginimo įrenginiai, atokesniuose regionuose būtina ieškoti efektyvių biokuro panaudojimo sprendimų. Šiuo atveju siūlytinas jau minėtos gazifikacijos technologijos naudojimas. Naudojant šią technologiją įvairaus tipo biokuras konvertuojamas į dujinę formą, o vėliau naudojamas pagal poreikį – šilumos, elektros gamybai ar šių energijų kombinacijai išgauti. Gazifikacijos atveju kuras panaudojamas efektyviau, sumažinamas pagamintos šilumos kiekis, tuo pačiu sudarant galimybę didinti elektros energijos gamybai. Regioninėms vietovėms, neturinčioms galimybės panaudoti perteklinės šilumos kiekių, gazifikacija yra tinkamas sprendimas. Holmgren, Andersson, Berntsson, Rydberg (2014) šiuos teiginius papildė nurodydami, jog akivaizdus skirtingų energijos nešėjų lygių kompromisas, t.y. didesnė elektros energijos gamyba sukelia mažą šilumos perteklių centralizuotam šildymui ar kitoms pramonės reikmėms. Šiam kompromisui labai svarbi naudojama biomasės apdorojimo technologija ir tai, ar šis procesas vyksta vartojimo vietoje, ar už jos ribų. Kishita, Nakatsuka, Akamatsu (2017) pažymi ilgą laiką naudojamą – atsižvelgiant į medienos biomasės energijos gamybos infrastruktūros gyvavimo trukmę (pvz., biokuro jėgainės), medienos biomasės energijos verslo tvarumas turi būti užtikrintas ilguoju laikotarpiu (pvz., 20–30 metų). Apibendrinant mokslininkų darbuose pateiktas mintis Lehr, Lutz, Edler (2012) konstatuoja, jog kad teigiamas didėjančios atsinaujinančiosios energijos dalies poveikis klimato pokyčių švelninimui ir sumažėjusiai energijos importo priklausomybei yra neginčijamas. Naujausių technologijų panaudojimas sudaro sąlygas efektyviai išnaudoti atsinaujinančius išteklius atsižvelgiant į regiono energetinius poreikius. Tuo pačiu iš atliekų sukuriama pridėtinė vertė klasteriui.

Klasteris mikroekonominiu požiūriu apima tiek vartotojus, tiek įmones. Jame tiekėjais gali būti įvairūs verslo subjektai, o su vartotojais yra palaikomas glaudus ir pasitikėjimu paremtas ryšys. Kadangi pagrindinis klasterio tikslas yra užimti naują rinką, jie yra suinteresuoti dirbti efektyviai ir pasiūlyti vartotojui jam priimtina kainą. Biokuro klasterio veiklai skatinti itin reikalingas teigiamas valstybės požiūris ir noras skatinti atsinaujinančią energetiką. Tam gali pasitarnauti priimti politiniai sprendimai, kurie orientuoti į biomasės energetikos sektoriaus plėtrą. Potencialiai galimi politiniai sprendimai apima (Krupa, Burch, 2011):

1. Tiesioginės vyriausybės investicijos į tam tikrą atsinaujinančių išteklių technologiją;
2. Atsinaujinančių išteklių energijos finansavimo schemos skurdžiose bendruomenėse;;
3. Žaliosios energijos rinkos plėtra;
4. Žaliosios energijos gamybos klasteriai.

Saxena, Adhikari, Goyal (2009) nurodo pagrindinius biomasės naudojimo energetikoje privalumus, kurie turi sinerginį pobūdį:

- Deginant biokurą pelenų susidaro mažiau nei apdorojant akmens anglį, o pelenai gali būti naudojami kaip dirvos priedas ūkiuose ir pan.;
- Žemės ūkio ir miškininkystės liekanų bei kietųjų komunalinių atliekų deginimas energijos gamybai yra veiksmingas atliekų panaudojimo būdas, kuris sumažina atliekų šalinimo problemą, ypač savivaldybių teritorijose;
- Biomasė yra vietinis išteklius, kuriam netaikomi pasaulinių kainų svyravimai ar neapibrėžtumas, kuris yra dažnas importuojamo kuro atveju.

Carroll, Reid (2004), remdamiesi mikroekonominiu požiūriu, išskiria klasteriuose kuriamą teigiamą poveikį:

- Klasteriai padidina vietos kompetencijos lygį. Tai suteikia tiekimo įmonėms galimybę įsigilinti į jų tiekimo grandinę ir suteikia galimybę mokytis ir bendradarbiauti tarp įmonių – klasterio dalyvių;
- Klasteriai suteikia įmonėms galimybę kaupti papildomus įgūdžius, ilguoju laikotarpiu sudarant sąlygas siūlyti didesnės apimties sutartis, kurių, kaip atskiri vienetai, įmonės neturėtų sąlygų pasiūlyti;
- Klasteriai leidžia pasiekti masto ekonomiją specializuojant gamybą kiekvienoje įmonėje, bendrai įsigyjant žaliavas, gauti didesnes nuolaidas, vykdyti bendrą rinkodarą;
- Klasteriai leidžia plėtoti profesionalių, teisinių, finansinių ir kitų specialistų paslaugų infrastruktūrą;
- Klasteris padidina labai mažų ir mažų įmonių produktyvumą ir konkurencingumą.

Biokuro klasterio veikloje esama tam tikrų esminių sąlygų, kurių vykdymas yra būtinas sėkmingai klasterio veiklai. Pagal Kaul, Edinger, (2004), biokuro panaudojimo atveju energetinė konversija įprastose elektrinėse gali būti neekonomiška, nes yra sudėtinga ekonomiškai efektyviai biokurą gabenti dideliais atstumais. Todėl tam tikro regiono turimi išteklių gali būti per maži, kad centrinėse elektrinėse būtų pakankamai biokuro. Biokuro deginimo veikla yra ekonomiškai perspektyvi tol, kol neviršijamas maždaug 150 km tiekimo atstumas. Toks atstumas

užtikrina, kad biokuro savikaina išliks optimali, o nuo biokuro paruošimo iki sudeginimo praėjęs laikas atitiks nustatytus standartus. Taip pat itin svarbų vaidmenį atlieka intelektinė infrastruktūra – mokslo įstaigos, ekonominio vystymosi centrai, kurie užtikrina, kad efektyvinimo procesai būtų tęstiniai, padedantys dar labiau mažinti energijos pardavimo savikainą. Tai leidžia teigti, jog klasteris pasižymi aiškiai išreikšta tiekimo grandine, kurios pagalba užtikrinamas nenutrūkstamas biokuro tiekimas jėgainėms. Be to, klasteris gali susitvarkyti su įvairiomis problemomis, kurios gali iškilti iškastinio importuojamo kuro atveju. Pagrindinis biokuro klasterio tiekimo grandinės bruožas – klasterio nariai aprūpina kuru galutinius kuro degintojus, kurie taip pat priklauso klasteriui. Taip galima auginti efektyvumą, o sutaupytas lėšas investuoti į tolesnį procesų gerinimą. Biokuras, naudojimas energijai gaminti, daro įtaką visoms aplinkos terpėms - dirvožemiui, vandeniui ir orui. Be to, šis poveikis gali turėti įtakos žmonių ir gyvūnų sveikatai ir gerovei, dirvožemio kokybei, vandens naudojimui, biologinei įvairovei ir visuomenės patogumui (Bauen, Woods, Hailes, 2004). Biokuro panaudojimas šalies viduje užtikrina didesnę mobilumą, gebėjimą reaguoti į pasikeitusią energijos paklausą regione. Taip pat klasteris generuoja ir kitokią naudą (Lam, Varbanov, Klemeš, 2011):

1. Sprendimų priėmimo erdvės padalijimas ir problemos išskaidymas. Tai leidžia suskaidyti pradinę sudėtingą problemą į keletą mažesnio dydžio ir sudėtingumo problemų, palengvinančių modeliavimą ir sprendimų priėmimą;
2. Sumažinus svarstomų problemų apimtį ir dydį, proceso modeliuose galima pridėti daugiau informacijos ir tikslumo bei padidinti pasitikėjimą susidarančiais tiekimo grandinės tinklais.

Teigiamas biokuro energetikos požiūris mikroekonominio požiūriu matomas per sprendimo auginti energetinius augalus priėmimą. Verslo subjektai, siekiantys perorientuoti savo verslą link žaliosios energetikos krypties, ieško teigiamų biokuro panaudojimo požymių ir grėsmių. Dažniausiai renkamosi dvi biokuro verslo kryptis – biokuras išgaunamas arba iš kietosios biomasės atliekų, arba per tam tikslui auginamus energetinius augalus. Tuo būdu gaunamas finansinis poveikis, atsispindintis įmonės veikloje. Wang, Han, Dunn, Cai, Elgowainy (2012) teigia, kad energetinių augalų auginimas padeda žymiai padidinti energijos suvartojimo efektyvumą ir sąlygoja ŠESD išmetimo sumažėjimą, Balachandra, Ravindranath, Ravindranath (2010) prideda, kad iš biomasės pagaminta energija teikia kitą nematerialią naudą, tokią kaip dykviečių plėtros, melioracijos sistemų degradacijos, pavojaus aplinkai mažinimas ir užimtumo regionuose kūrimas. Pagal Walker (2008), biokurą naudojantys energijos projektai generuoja pajamas regiono viduje parduodami energiją ir sukurdami vietos medienos, žemės ūkio atliekų ir energetinių augalų rinką. Tai leidžia tarpusavyje lyginti regionus ir juose esančių verslo subjektų pajamas. Grigoras, Scarlatache (2015), Fase, Winter, Grote (2014) teigimu, biomasė prisideda prie energetikos rinkos decentralizacijos. Decentralizuota energijos gamyba yra skirta suteikti vartotojams nedidelės sąlyginai apimties energiją, naudojant platų atsinaujinančių energijos išteklių diapazoną. Decentralizuota biokuro gamyba suteikia kaimiškų vietovių gyventojams geresnes galimybes patekti į rinką ir pajamų diversifikavimo strategijas. Šiems tikslams įgyvendinti egzistuoja dvi pagrindinės strategijos, pagal kurias vyriausybė gali remti žemės ūkio sektorių: bioenergetikos

iniciatyvų skatinimas ir argo miškininkystės įgyvendinimas. Yang, Hao, Cai (2015) priduria, jog klasterių raida skatina specifinį teritorinį procesą, kuris veikia kaip tarpinė sistema tarp produktus gaminančių mikroekonominių struktūrų ir galutinių makroekonominių struktūrų. Keoleian, Volk (2005) teigimu, perėjimas link energetinių augalų auginimo gali atgaivinti kaimo ekonomiką, diversifikuojant auginamas žemės ūkio kultūras, sukuriant alternatyvų žemės savininkų pajamų šaltinį ir padidinant lėšų kiekį vietos ekonomikoje. Kadangi užaugintas kuras yra parduodamas vietoje, lėšos gautos pardavus augalus, išleidžiamos veiklos regione, taip skatinama vietos ekonomika, o gautos pajamos išleidžiamos vietos įmonėse. Biomase kaip atsinaujinančios energijos rūšis gali sukurti daugiau darbo vietų pagamintos energijos vienetui nei kiti atsinaujinantys energijos šaltiniai ar iškastinis kuras. Tai pabrėžia tiesioginę naudą šalies regioniniam vystymuisi ir juose gyvenančių asmenų pajamų augimui. Kojima, Mitchell, Ward (2007) biomasės naudojimo naudą pateikia kitu požiūriu – per skystųjų atliekų panaudojimą. Mokslininkų teigimu, egzistuoja trys principiniai tokių atliekų panaudojimo faktoriai: susirūpinimas energetiniu saugumu; aplinkos aspektai, daugiausia dėmesio skiriant ŠESD išmetimui; siekis išlaikyti ir kurti darbo vietas bei ekonominę plėtrą kaimo vietovėse. Silveira (2005) priduria, kad pasiektas teigiamas efektas neapsiriboja energijos tiekimu – sukuriama unikalios galimybės regionų plėtrai. Pagal Huang, Ramaswamy, Al-Dajani, Tschirner, Cairncross (2009), skirtingai nei naftos perdirbimo įmonių atveju, norint pasiekti masto ekonomiką biokuro panaudojimo aspektu būtina įvertinti didelį skaičių skirtingų dedamųjų, tokių kaip biomasės pasiekiamumas, biomasės augimo greitis, geografinė vieta. Tad siekiant išgauti teigiamą klasterio veiklos vertę yra labai svarbu tai, kokia yra jo veiklos geografinė dislokacija ir kaip arti gali būti išgaunami ir suvartojami biomasės išteklių.

Biokuro klasteris gali inicijuoti naujovių diegimą ir tapti inovacijų sistemos katalizatoriumi. Klasterio veiklos inovacijos yra svarbios ekologinio lygio auginimo požiūriu. Ekologinės inovacijos kuria poveikį ne tik visuomenei, bet ir pačiam klasteriui. Tessitore, Daddi, Iraldo (2010) požiūriu, ekologinės inovacijos turi potencialo ir galios sustiprinti klasterio įmonių, kurios ilgainiui parodo sugebėjimą tobulinti savo strateginį ir vadybinį elgesį, atsparumą atlaikant konkurencinius iššūkius. Pasak Angelo, Chiappetta, Charbel, Vasconcellos (2012), tai gali būti tik pavieniai patobulinimai, sustiprinantys jau egzistuojančio klasterio veikimą, arba radikalūs pokyčiai, skatinantys precedento neturinčius veiksmus, kai pagrindinis tikslas yra sumažinti įmonės poveikį aplinkai, nepakenkiant pelningumo lygiui. Klewitz, Hansen (2013) teigia, kad ekologinės inovacijos yra naudingos tiek aplinkai, tiek verslo subjektams, taip sukuriant *win-win* situaciją, kai dėl klasterio veiklos pokyčių pagerėja aplinkosaugos padėtis. Pagrindiniu inovacijų tikslu laikomas mažesnis kenksmingų medžiagų išmetimas į aplinką. Hojnik, Ruzzier, Lipnik, (2014) prideda, jog ekologine inovacija gali būti laikomas bet koks naujas ar žymiai patobulintas produktas (prekė ar paslauga), procesas, organizacinis pakeitimas ar rinkodaros sprendimas, dėl kurio sumažėja gamtos išteklių (įskaitant medžiagas, energiją, vandenį ir žemę) naudojimas ir sumažėja ŠESD išleidimas į aplinką per visą produkto gyvavimo ciklą. Tad socialiai atsakinga verslo veikla klasteryje yra reikalinga visoms suinteresuotosioms pusėms. Už inovacijų diegimą klasteryje

atsakingos mokslo institucijos, o už jų palaikymą – vietinės ar nacionalinio lygio valdžios struktūros. Visgi, Saah, Patterson, Buchholz, Ganz, Albert, Rush. (2014) perspėja apie tam tikrus veiksnius: namų ūkiai ir biokuro ruošos infrastruktūra patiria dideles pereinamojo laikotarpio išlaidas, kurias būtų galima iš dalies finansuoti sutaupant šilumos energiją. Medienos kuro naudojimas šilumai gaminti dažnai laikomas netvariu, nes jis susijęs su miškų naikinimu ir (arba) miškų nykimu, todėl norint gauti plačią paramą bioenergijos programoms, ypač svarbu komunikuoti apie esamų miško kirtimo liekanų naudojimą. Tad siekiant kurti naudą, paremtą biomasės panaudojimu, būtina išspręsti komunikacijos ir reglamentavimo problemas.

Biokuro klasterio naudą galima apibrėžti per „inovacinio klasterio koncepciją“, kai pagal iš esmės naują technologiją yra kuriama vertė. Kadangi biokuro klasteris yra iš esmės grįstas inovatyvia veikla, tad jo naudą kūrimas susijęs su kuo didesniu inovacijų panaudojimu. Koncepcijos plėtros motyvai yra šie:

1. Inovacijos grindžiamos mokslo žiniomis, kurias palaiko moderni infrastruktūra;
2. Inovacijos grindžiamos individualiu ir instituciniu mokymu;
3. Individualus ir institucinis mokymasis gali vykti, jei bus nustatytas bendrų normų, taisyklių ir vizijų rinkinys;
4. Norint įgyvendinti technologinio perdavimo ir inovacijų procesus, reikalinga ekonominė ir socialinė sanglauda (Popa, Popescu, 2013).

Įvairesnė ekonominė veikla skirtinguose sektoriuose stiprina ekonominę konjunktūrą, nes atsiranda daugiau būdų uždirbti pajamas regiono viduje. Investicijos į atsinaujinančią energiją gali padėti pajavairinti ekonomiką. Vietoj vieno ar dviejų pagrindinių energijos šaltinių (tokių kaip nafta ar anglis) gali būti naudojama daugybė šaltinių, atstovaujančių įvairioms technologijoms, atsižvelgiant į tai, kokie išteklių yra konkrečioje vietoje (pvz., biomasės) (Akella, Saini, Sharma, 2009). Taip pat teigiama, kad tarp įmonių įsitraukimo į aplinkosauginę ir socialinę veiklą ir jų finansinės veiklos yra teigiamas ryšys (Masini, Menichetti, 2012). Biokuro klasteris geba sukurti didelį skaičių naujų darbo vietų, kurios nėra susijusios su kitais sektoriais, t.y. žmogiškieji išteklių nebūtų gaunami iš kitų verslo sričių, o būtų pasitelkiami iš egzistuojančių rezervų. Tai liečia žemesnės kvalifikacijos asmenis. Be to būtų skatinamos aukštosios technologijos energetikos srityje, moksliniai tyrimai.

Kadangi klasterio veikla yra orientuota į išteklių pritraukimą ir nukreipimą į jam aktualias kryptis, tai sukelia teigiamą poveikį aglomeraciniu požiūriu. Klasteriai gali iš esmės keisti regionų ekonominę ir socialinę žemėlapi, pagerindamas jame esančių subjektų padėtį ir sudarydamas sąlygas veiklos išraiškai. Klasteriai, keisdami regionų industrinį klimatą, sudaro sąlygas naujų, šalutinių verslų kūrimuisi ir plėtrai. Pasak Lechner ir Leyronas, (2012), regioniniai industriniai klasteriai geba pritraukti ir apjungti dideles kompanijas, taip sudarant aglomeruotus jų junginius. Šie junginiai yra esminis veiksnys, auginantis įmonių produktyvumą. Pagrindinė apjungimo sąlyga – specifinė geografinė zona, kurioje visi verslo subjektai gali suvienyti savo jėgas bei išteklius bendram darbui. Šiuo atveju, biokuro klasteris būtent tuo ir pasižymi – vienoje geografinėje teritorijoje išdėstyti tiek išteklių, tiek jų panaudojimo objektas, tiek klientai. Visa tai padeda supaprastinti logistikos grandinę ir maksimaliai efektyviai patenkinti galutinio vartotojo poreikius. Perles-Ribes, Rodríguez-Sánchez,

Ramón-Rodríguez (2015) neapčiuopiama nauda laiko įmonių tarpusavio sąveiką, kryžminę rinkodaros veiklą, inovacinių sprendimų paieškas. Delgado, Porter, Stern (2014), nurodo, jog stiprus regioninis klasteris (ir susiję klasteriai) gali sudaryti sąlygas aglomeracijos ekonomikai, įskaitant didesnius kvalifikuotų darbuotojų kiekius, žinių sklaidą, specializuotus tiekėjus ir įnoringesnius pirkėjus. Claudiu-Marian (2011) prideda, kad pramonės teritorijose įsikūrusios įmonės veikia geriau nei klasteriams nepriklausančios įmonės. Nustatyta teigiama verslo klasteriams būdingų veiksmų (masto ekonomija, urbanizacija ir įmonių grupių formavimas) įtaka veiklos rezultatams. Gilbert, McDougall, Audretsch (2008) papildė, kad pramoninė aglomeracija daro teigiamą poveikį klasterio dalyvių novatoriškumui ir pardavimams. Susijusių ekonominės veiklos subjektų artumas taip pat gali sumažinti sandorių sąnaudas ir paskatinti specializuotų vietos institucijų, tokių kaip švietimo programos ir prekybos grupės, kūrimąsi, taip stiprinant sustiprina susijusių pramonės šakų papildomumą, augimą. Stiprus regioninis klasteris turi skatinti klasterio atstovaujamos pramonės šakos užimtumo augimą didindamas efektyvumą, našumą ir (arba) gražinant investicijas. Prieinama bendros išvados – klasteris turi būti stipriai orientuotas į tam tikro regiono konjunktūrą, taip išgaudamas maksimalią sinergiją.

Susisteminius atliktuose moksliniuose darbuose pateiktą medžiagą galima teigti, kad biokuro klasterizacijos poveikis mikroekonominiam lygmeniui yra teigiamas, veikiantis tiek klasterio narius, tiek artimąją klasteriui aplinką – socialinius partnerius, veiklos regioną, aplinkos išteklius. Klasterio veikla yra nuolat inovuojama, taip palaikant konkurencingumą rinkoje. MVĮ subjektai, dalyvaudami klasterio veikloje, turi galimybę auginti savo turimas kompetencijas. Veikla klasteryje vykdoma naudojant organines atliekas, taip gerinant aplinkos būklę, o prie veiklos prisidėjus socialiai jautrioms grupėms auga viso veiklos regiono konkurencingumas. Viešojo ir privataus sektoriaus partnerystė leidžia kurti visokeriopai teigiamą poveikį.

### ***Makroekonominis lygmuo***

Biokuro klasterio veikla kuria platų makroekonominį poveikį, kuris vertinamas regiono ir šalies mastu. Klasterizacija inicijuoja platų socialinį persiskirstymą, kuris pasireiškia nekvalifikuotų darbo vietų kūrimu, nedarbo mažinimu, išaugusiu stabilumu, aplinkos apsaugos, plėtros ir regioninės politikos pokyčiais. Kiriya, Kajikawa (2014) priduria, jog biomasės panaudojimas yra pageidautinas dėl kelių priežasčių, įskaitant energetinio saugumo veiksmus, aplinkosaugos problemas, užsienio valiutos taupymą, socialinius bei ekonominius klausimus. Sinerginiai efektai, kylantys iš biokuro klasterizacijos, leidžia perorientuoti tiek energetinę sistemą, tiek regionų ekonomiką.

Šalies vystymasis išnaudojant regionų potencialą yra vienas pagrindinių klasterio plėtros aspektų. Vystantis regionams pagerėja bendroji makroekonominė padėtis šalyje, o tai leidžia pasiekti ekonominės gerovės augimą. Klasterio savybė išnaudoti regionų fizinius ir žmogiškuosius išteklius padeda pasiekti šį tikslą. Mokslininkų nuomonės dėl biokuro klasterizacijos poveikio regionams iš esmės sutampa, kadangi tai padeda lemti jų vystymosi raidą. Khanaposhtani, Hariri (2005) nustatė, kad klasterizavimas imituoja stambių įmonių struktūrą – kai MVĮ neturi galimybių išorės aspektų internalizuoti naudodamiesi masto ekonomija, jos telkiasi į klasterius norėdamos pasiekti gamybos išteklius, sumažinti išlaidas, konkuruoti su

didesnėmis įmonėmis ir nuolat diegti naujoves. Kitaip tariant, sujungdamos veiktas ir besidalydamos žiniomis, MVĮ gali konkuruoti dėl išteklių ir informacinių sistemų, taip pat internalizuoti kompetenciją ir turtą, kurį paprastai internalizuoja stambios įmonės, turinčios masto ekonomiją. Steinfield, Scupola, Lopez-Nicol'as (2010) teigimu, regioniniai verslo klasteriai gerina verslo aplinkos rezultatus suteikdami pranašumą tam tikroms vietovėms, turinčioms išteklių, taip pat atveria galimybes plėtoti e.verslo infrastruktūrą, taip skatinant naujoves. Regioniniai verslo klasteriai taip pat yra siejami su regioniniu socialiniu kapitalu, kuris apibūdinamas kaip santykinė ir informacinė nauda, kuri atsiranda regionui, atsirandanti dėl bendradarbiavimo plėtos regionų įmonėse. Huber, (2009) išplečia socialinio kapitalo sąvoką teigdamas, kad verslo klasterio socialinis kapitalas priklauso nuo to, kiek su verslu susijusių žinių klasterių nariai sugeba įgyti iš kitų klasterių narių, taip pat iš asmenų organizacijose, esančiose klasterio išorėje. Socialinis kapitalas gali apimti įvairių nematerialių turtą. Šiuo atveju, tai gali būti ir elektroninės sistemos. E-verslo infrastruktūra yra svarbi klasteriui, kadangi biomasės tiekimą galima valdyti elektroninėje erdvėje, o užsakymus įgyvendinti biržos veikimo pagrindu. Pacesila, Burcea, Colesca, (2016) teigia, kad biomasės naudojimas yra svarbus mažinant skurdą ir skatinant kaimo plėtrą. Besivystančiose šalyse, kur nėra energetikos infrastruktūros, atsinaujinanti energija galėtų būti daug pigesnė ir patikimesnė alternatyva kaimų elektrifikavimui, užtikrinant gyventojų elektros energijos ir šildymo poreikius. Pagal del Rio, Burguillo, (2008), tvari regioninė (vietos) politika turi apimti tris darnumo aspektus, kad būtų padidintas jos piliečių gyvenimo lygis:

1. **Aplinkosaugos.** Vietos taršos mažinimas, gamtos išteklių naudojimas teritorijoje ir ekosistemos atsparumo (gebėjimo prisitaikyti prie pokyčių), ekosistemos vientisumo ir stabilumo palaikymas;
2. **Ekonominis.** Didėjančios pajamos regiono gyventojams, gerėjantis vietinių gyventojų gyvenimo lygis, sumažėjusi energetinė priklausomybė ir išaugęs energijos tiekimo įvairinimas;
3. **Socialinis.** Kai kada pabrėžiama, kad tvarus vystymasis negali būti pasiektas be socialinių ir kultūrinių sistemų tvarumo, kuris apima taikos ir socialinės sanglaudos, stabilumo, socialinio dalyvavimo, pagarbos kultūriniam identitetui ir institucinio vystymosi pasiekimą. Pagrindiniai veiksmai vietos lygiu siekiant socialinio tvarumo yra susiję su pastangomis mažinti nedarbo lygį ir gerinti darbo vietų (nuolatinių darbo vietų) kokybę, didinti regioninę sanglaudą ir mažinti skurdo lygį. Atsinaujinančios energetikos vystymo veiklos regionuose gali tapti alternatyva tradicinėms žemės ūkio veikloms. Tai galėtų padaryti teigiamą psichologinį poveikį jauniems gyventojams.

Bendradarbiavimas klasterio lygmeniu leidžia plėsti bendradarbiavimo apimtį ir tobulinti bendrąją švietimo sistemą. Bendradarbiavimas vykdomas projektiniu lygmeniu, sudarant perspektyvą plėsti bendradarbiavimą. Ntona, Arabatzis, Kyriakopoulos (2015) nurodo, jog šie projektai stiprina socialinio komandinio darbo ir vadybos įgūdžius, tuo pačiu sudarydami galimybę įtraukti platų mokslo sričių spektrą: nuo žemės ūkio ir atsinaujinančių šaltinių iki chemijos, biotechnologijų, inžinerijos ir ekonomikos mokslų. Šie energijos gamyba pagrįsti projektai taip pat skatina aktyvų dalyvavimą projektuose su vietinėmis įmonėmis, universitetais ir

mokslinių tyrimų institutais. Įmonių sąveika leidžia kurti pridėtinę vertę su mažesniais ištekliais, o tai palanku tiek šalies, tiek visuomeniniu požiūriu. Biokuro klasteris atitinka šią koncepciją, kadangi jame dalyvauja giminingi verslo subjektai, išsidėstę nedideliame veiklos plote. Tuo pačiu egzistuoja sinergija tarp skirtingų ūkio sričių, o tai padeda padidinti bendrąją naudą. Makroekonominio požiūriu bioenergija prisideda prie visų svarbių šalies plėtros elementų:

1. Ekonomikos augimas plečiant verslą arba didinant užimtumą;
2. Importo pakeitimas (tiesioginis ir netiesioginis ekonominis poveikis BVP kitimui);
3. Efektyvumo didinimas;
4. Energijos tiekimo saugumas ir įvairinimas (Domac, Richards, Risovic, 2005).

Licht, Isebrands (2005) požiūriu, klasterio sukuriama ekonominę naudą gali apibrėžti procesų efektyvumas. Taip juos būtų galima palyginti su iškastiniu kuru besiremiančiais subjektais. Autoriai siūlo šiuos vertės kūrimo standartus:

- Žmonių sveikatos ir aplinkos apsauga;
- Valymo standartų pasiekimas;
- Išteklių šaltinio kontrolė;
- Ilgalaikis patikimumas ir efektyvumas;
- Teršalų toksiškumo, judrumo ar tūrio sumažinimas;
- Trumpalaikis efektyvumas;
- Įgyvendinimo gebėjimai;
- Sąnaudos.

Ellabban, Abu-Rub, Blaabjerg (2014) pabrėžia itin svarbų biokuro energetikos vaidmenį ateityje. Mokslininkai teigia, kad biokuro jėgainės atliks svarbią balansavimo funkciją, kuri dabar tenka dujinėms jėgainėms. Kadangi numatomas vėjo ir saulės energetikos augimas, atsiras daugiau energijos tiekimo netolygumų. Mokslininkų požiūriu, biokuras gali būti gabenamas ir sandėliuojamas, o šiluma ir energija gali būti gaminama pagal poreikį, o tai yra būtina energijos rūšių derinyje, kuris priklauso nuo nestabilių energijos šaltinių, tokių kaip vėjas. Šie panašumai lemia svarbiausią biomasės vaidmenį, kuris, tikėtina, egzistuos būsimoose energetikos scenarijuose. Taip deginamas biokuras ne tik atliks tiesioginę regionų aprūpinimo energija funkciją, tačiau tuo pačiu kurs stabilią šalies energetinę sistemą. Klasterio veikla užtikrins kertinių funkcijų atlikimą, o naudos gavėjais taps klasterio dalyviai.

Teigiamas poveikis, kurią teikia biokuro klasteris, galima klasifikuoti į skirtingus lygius, kurie paliečia įvairias subjektų grupes. Šiuo atveju kuriamą poveikį galima išskaidyti į keturias dedamąsias – socialinę, makroekonominę, pasiūlos ir paklausos (7 lent.). Taip išskiriama platesnis biokuro klasterio kuriamas teigiamas poveikis, sudarant sąlygas ieškoti sąsajų tarp atskirų naudos krypčių. Lentelėje matyti, jog vertinant ekonominį poveikį išskiriamos trys dimensijos, tačiau plačiau įsigilinus į socialinės naudos dedamąsias pastebima, kad jos ilgametėje perspektyvoje veikia ekonominius procesus. Klasteris atlieka labai svarbią socialinę funkciją, kurdamas naujas darbo vietas nekvalifikuotiems asmenims, o tai tuo pačiu veikia paklausą. Produktyvumo augimas daugiausiai pasiekiamas dėl aukštųjų technologijų vystymo, kuo užsiima mokslo institucijos.

**7 lentelė.** Konkurencingumo dimensijos biokuro klasterio atveju (pagal Madlener, Myles, 2000)

Dimensija	Naudos grupė
Socialiniai aspektai	Padidėjęs gyvenimo lygis
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplinkosauga.</li> <li>• Sveikata.</li> <li>• Švietimas.</li> </ul>
	Socialinė sanglauda ir stabilumas.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Migracijos poveikis (kaimų tuštėjimo stabdymas).</li> <li>• Regioninis vystymasis.</li> <li>• Kaimų įvairinimas.</li> </ul>
Makroekonominis lygis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiekimo saugumas / rizikos diversifikacija.</li> <li>• Regioninis augimas.</li> <li>• Sumažėjęs regioninės prekybos balansas.</li> <li>• Eksporto potencialas.</li> </ul>
Tiekimo pusė	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Padidėjęs produktyvumas.</li> <li>• Pakeltas konkurencingumo lygis.</li> <li>• Darbo jėgos ir gyventojų mobilumas.</li> <li>• Pagerinta infrastruktūra.</li> </ul>
Paklausos pusė	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Užimtumas.</li> <li>• Pajamų ir turto kūrimas.</li> <li>• Paskatintos investicijos.</li> <li>• Susijusių pramonės šakų rėmimas.</li> </ul>

Biokuro klasterizacijai plėstis stimulo suteikia ir nestabili politinė ir situacija, kintančios energijos išteklių kainos, noras užtikrinti didesnę energetinį savarankiškumą. Biokuro klasterizacija keičia stabilumo politiką, auginant energetinį saugumą. Energetiniam saugumui didinti šalys imasi įvairių priemonių, kurios skatina energijos tiekimo įvairovę. Vienu atveju šalys tiesia naujus energijos perdavimo tinklus, siekiamos diversifikuoti importą, kitu atveju stato daugiau iškastinį kurą naudojančių jėgainių, nors toks kuras yra importuojamas iš kitų valstybių. Trečiuoju atveju stiprinama vietinė gamyba, bet ji paremta atsinaujinančių išteklių panaudojimu. Šiuo atveju biokuro klasterio plėtros motyvai ir raiška yra aiškiai matomi. Pagal Borowski (2008), efektyviausias būdas užtikrinti šalies energijos tiekimą yra įvairių atsinaujinančių energijos šaltinių portfelis, kurį sudaro švarūs, efektyvūs ir iš šalies viduje gaminami energijos šaltiniai. Energetinis saugumas tampa svarbiu prioritetu, tai sąlygojant didėjančiu pasaulio gyventojų skaičiumi ir gerėjančiu jų gyvenimo lygiu. Šių reiškinų išvestinė – didėjantis energijos suvartojimas. Iškastinio kuro atsargų baigtinumas ir politinis nestabilumas daugelyje šalių, tiekiančių iškastinį kurą, sukėlė susirūpinimą dėl būsimo energetinio saugumo ir galimai augančių išlaidų. Tikėtinas iškastinio kuro deficito rezultatas yra tai, kad didėjant šių prekių kainai, jos bus prieinamos tik dideliems pramoniniams procesams išpildyti, todėl vidaus reikmėms patenkinti reikia rasti pigesnių atsinaujinančių šaltinių

Panaudojant vietinius išteklius energijos gamybai, svarbu, kad jų panaudojimas būtų rentabilus, pagrįstas ekonominio naudingumo principais. Tokiu atveju galima pasiekti nacionalinio ir energetinio saugumo proveržį šalyje. Biokuro įvairovė ir

technologinė pažanga leidžia užtikrinti, kad energijos gamyba bus rentabili ir kainos atžvilgiu tenkinanti vartotojus. Tad biokuro klasterio sąsaja su energetiniu saugumu pasireiškia trimis kryptimis:

1. **Energijos importo mažėjimas.** Biokuro klasteris, vykdydamas veiklą, padidina energijos gamybą šalies viduje, o tai padeda mažinti energijos importą iš trečiųjų šalių. Pagrindinė tokios situacijos ekonominė sąlyga – energija iš atsinaujinančių išteklių turi būti gaminama konkurencinga kaina. Egzistuoja atvejai, kai valstybė priima sprendimą subsidijuoti vietinę energijos gamybą, tačiau tai daugiau taikoma kitiems atsinaujinančius išteklius naudojantiems sprendimams, o ne biokuro panaudojimui, kuris iš esmės yra rentabilus. Mažėjant energijos importui, apsisaugoma nuo galimo energijos tiekimo nestabilumo jos eksporto rinkose, ypač geopolitinės nesantaikos atveju. Taip pat įvairinama suvartojamos energijos struktūra, o tai eliminuoja rinkos monopolizavimo iš išorės galimybes.

2. **Energetinių išteklių importo mažėjimas.** Viena iš energetinio importo rūšių gali būti kuro (pvz. dujų, mazuto) importas energijos gamybai šalies viduje. Biokuro klasteriai, gamindami energiją iš atsinaujinančių išteklių, sudaro sąlygas šio, didesnės kainos kuro, kiekio mažėjimui ir žaliosios energijos bendrojo kiekio didėjimui. Kuro importo mažėjimas leidžia išvengti situacijos, kai tiekėjas – monopolininkas vienašališkai pakelia kuro kainas o šalis, neturėdama galimybės įsivežti kuro iš laisvosios rinkos pagrindu grįstų rinkų, priversta sutikti su monopolininko nustatytais sąlygomis. Tuo pačiu mažinama aplinkos tarša, krenta išlaidų, skirtų apyvartiniams taršos leidimams, lygis, energijos gamyba prisitaiko prie šalies vidaus poreikių, o ne prie kuro importo sutarčių apimties. Tai yra ypač aktualu, kai sutartyse dėl kuro yra taikoma „take-or-pay“ sąlyga.

3. **Vietinės energijos gamybos augimas iš nepanaudojamų atliekų.** Biologinės atliekos ir jų antrinis panaudojimas ilgą laiką buvo viena opiausių problemų valstybių aplinkosaugos politikoje. Tačiau augantis technologinis lygis ir žaliavų kainų augimas sukūrė situaciją, kai vienu metu išsprendžiamos dvi problemos – šalies viduje gaminama energija iš biologinių atliekų, taip jas šalinant. Biokuro klasterio veikla leidžia pasiekti sinerginį efektą – padidinama energijos gamyba šalies viduje sukuria sąlygas pašalinti susiformavusias įvairaus tipo biologines atliekas, kurios gali būti deginamos, pūdomos ar kitaip apdorojamos, o gaunama energija yra patiekiamą rinkai.

Vis aktyviau diskutuojant apie klimato kaitos poveikį aplinkai, energetinio saugumo užtikrinimas tapo dar aktualesniu klausimu. apsaugant ilgojo laikotarpio energijos pasiūlą imamas įvairių sprendimų, o šiandien viena iš tokių opcijų gali būti biokuro panaudojimas. Tačiau šiuo metu reikalingas balansas tarp iškastinės ir atsinaujinančios energetikos, kadangi pastaroji dar negali pilnai atstoti iškastinio kuro dėl technologijų trūkumo ir sąlyginai didelės jėginių įrenginių savikainos. Ilgalaikio energijos tiekimo saugumo palaikymo politika turėtų užtikrinti (Turton, Barreto, 2006):

1. Egzistuojanti regioninė naftos ir dujų gavybos pramonė, kuri gali greitai plėstis, siekiant naudotis vidaus ištekliais;
2. Prieinami regioniniai ištekliai, kurie leidžia išlaikyti dabartinį regioninio vartojimo lygį mažiausiai 20 metų.

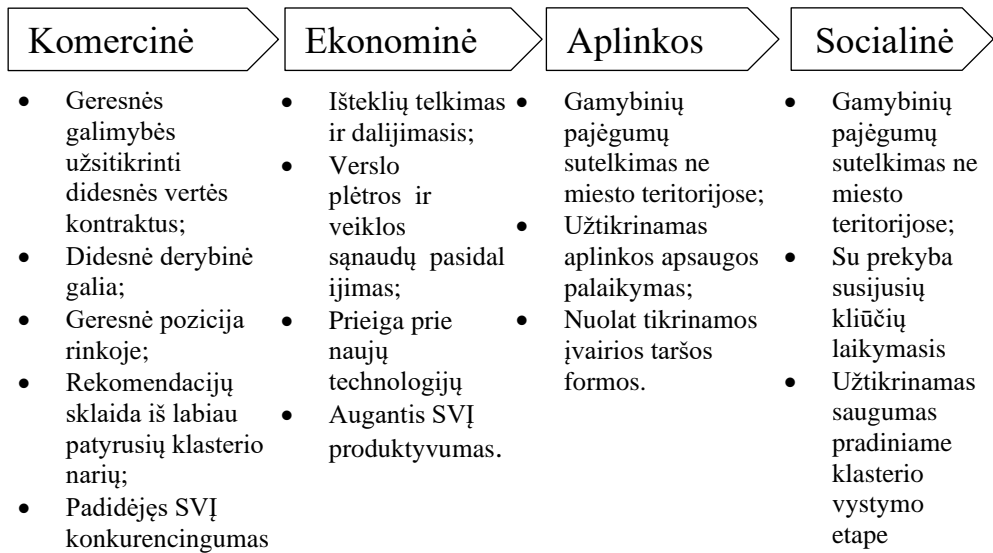
Biokuro klasteris gali padidinti šalies energetinį saugumą, kadangi tiek kuras, tiek naudojamos technologijos gali būti išgaunamos šalies viduje, nepriklausomai nuo neigiamos užsienio valstybių įtakos. Tačiau esminį vaidmenį vaidina kainų lygis. Jei biokuro klasterio tiekiamos energijos kaina yra konkurencinga, ji gali pakeisti iškastinį kurą ir stiprinti šalies energetinį saugumą. Carneiro, Ferreira (2012) požiūriu, biomasė yra endogeninis energijos šaltinis, todėl augantis biomasės energijos panaudojimas prisideda prie tiekimo saugumo, išorinės energetinės priklausomybės mažinimo ir apsaugo energetikos sistemą nuo iškastinio kuro kainų padidėjimo. Naudojant vietinį biokurą sukuriama situacija, kai daug didesnis šalių skaičius gali tapti energetinio kuro valdytojais. Taip racionaliau panaudojamos lėšos energetiniams poreikiams tenkinti. Pagal Loschel, Moslener, Rubbelke (2010), energijos tiekimo saugumą galima laikyti egzistuojančiu, jei trumpalaikiu ir vidutinės trukmės laikotarpiu tiekiami einamieji energijos kiekiai tomis kainomis, kurios reikšmingai neviršija ankstesnių vidutinės trukmės kainų tendencijų lygio. Pasiekus optimalią atsinaujinančios energijos kainą, atsiranda sąsaja tarp biokuro klasterio ir energetinio saugumo nacionalinio saugumo kontekste. Išlaikant kainų stabilumą formuojamos energetinio saugumo augimo prielaidos, kadangi stabilus energijos tiekimas ir vietinės energijos gamyba leidžia lėšas nukreipti kitų subjektų poreikių tenkinimui. Kajikawa, Takeda (2008) prideda, kad naftos kuro atsargos yra koncentruotos tam tikruose geografiniuose pasaulio regionuose. Siekiant pristatyti žaliavą reikalingi naftos vamzdynai, kurių nutiesimas ir išlaikymas yra santykinai brangus. Šalys, neturinčios šių išteklių, turi energetinio saugumo problemų. Tuo tikslu būtina ieškoti alternatyvių energijos gavybai tinkamų išteklių, kurie būtų prieinami vietoje. Biokuras geografiškai pasiskirsto tolygiau nei iškastinis kuras, tad šis energijos šaltinis didžiąja dalimi užtikrins tiekimo saugumą. Vietinių išteklių naudojimas gali padėti šalims eliminuoti nestabilumą pasaulinėje iškastinio kuro rinkoje ir tuo pačiu padidinti energijos gamybos šalies viduje saugumo lygį.

Kruyt, van Vuuren, De Vries, Groenenberg (2009) pabrėžia, jog susidomėjimas energetiniu saugumu grindžiamas nuostata, kad nenutrūkstamas energijos tiekimas yra gyvybiškai svarbus ekonomikos veikimui. Taip yra pabrėžiama energetikos svarba kasdieniame gyvenime, bet energetinio saugumo svarbos paaiškinimą galima papildyti žaliavų, iš kurių gaminama energija, tiekimo saugumo užtikrinimu. Būtent šiuo atveju biokuro panaudojimas sudaro sąlygas bendrajai energetinio saugumo plėtrai, kadangi energetinis saugumas pasiekiamas nuo pat žaliavų ruošos momento. Autoriai tuo pačiu išskiria pagrindinius energetinio saugumo indikatorius:

- Išteklių sąmatos;
- Atsargų ir gamybos apimčių santykis;
- Įvairovės indeksai;
- Priklausomybė nuo importo;
- Politinis stabilumas;
- Energijos kaina;
- Vidutinio dispersijos portfelio teorija;
- Nulinio anglies išmetimų degalų dalis;
- Rinkos likvidumas;
- Paklausos rodikliai.

Energetikos performavimui yra ir kitų priežasčių – klimato kaita, auganti biokuro paklausa, nacionalinis saugumas kuro pasiūlos aspektu. Energetinė nepriklausomybė šiandien yra viena svarbiausių valstybingumo įrodymo formų, o biokuras gali padėti didesniai šalių skaičiui gaminti energiją šalies viduje iš vietinių išteklių. Esama ir aiškių, skirtinguose žemynuose esančių valstybių pavyzdžių, kaip stengiamasi perorientuoti energijos gamybą. Skandinavijoje ir Brazilijoje pabrėžiami aplinkos aspektai (klimato pokyčiai ir tvarumas), o JAV pabrėžiamas nacionalinis kuro tiekimo saugumas ir miškų klasterio konkurencingumas. (Näyhä, Hämäläinen, Pesonen, 2009). Didėjant šalių savimonei naudoti atsinaujinančius išteklius, tuo pačiu padaugėja ir motyvų burtis į klasterius ir taip efektyvinti kuro panaudojimą ir technologijų kūrimą. Kadangi biokuro klasterio infrastruktūra dažnu atveju yra kapitaliai atnaujinama, dar viena sinerginė klasterio veiklos kryptis yra energijos taupymas. Tai pasireiškia per energijos nuostolių mažėjimą ir energijos išgavimą iš išmetamų dūmų. Pasak Bala Subrahmanya (2006), energijos taupymas ir efektyvumas apima du pagrindinius veiksnius: padidinus energijos vartojimo efektyvumą, atsiranda prielaidos padidinti grynąjį pelną ir energijos taupymas daro didelį poveikį aplinkai, nes didesnis energijos vartojimo efektyvumas yra viena greičiausių ir ekonomiškiausių priemonių siekiant išvengti globalinio atšilimo keliamos grėsmės. Šiuo atveju pasiekiami pagrindiniai klasterio tikslai – teigiamas ekonominis, socialinis ir aplinkosauginis poveikis.

Energetinio saugumo ir energijos gamybos efektyvumo siekis leidžia įgyvendinti darnaus vystymosi idėjas. Mokslinėje literatūroje dažniausiai matyti klasterių naudos grupavimas pagal ekonominę, socialinę ir aplinkosauginę perspektyvas. Chinnici, D'Amico, Rizzo, Pecorino (2015) pabrėžia tai, kad atsinaujinančių energijos išteklių srityje biokuro naudojimas yra su į ekologinį požiūrį orientuotos ekonomikos augimo faktoriaus, darančio įtaką investicijoms su teigiamais rezultatais dirvožemio apsaugos ir tvaraus agrarinės miškininkystės išteklių valdymo, pavyzdys. Veiklos integracija klasteryje leidžia koordinuoti socialinę plėtotę, lėšas nukreipiant žmonių gyvenimo kokybės ir aplinkos apsaugos lygio auginimui. Tuo pačiu didinamas užimtumo lygis, taip mažinant bendrąsias valstybės išlaidas. Aplinkosaugos idėjų plėtra gali duoti ekonominį impulsą šalies ekonomikai, skatinti inovacijų proveržį, vietinių verslo subjektų progresą kuriant naujus sprendimus. Pasak Netsanet (2009), būtina įtraukti ir dar vieną naudos dedamąją – tai komercinę naudą. Dedamoji apima platesnį naudos diapazoną nei ekonominė naudos dedamoji. 13 pav. matyti, kad viena komercinės naudos išraiškų yra augantis smulkių ir vidutinių įmonių (SVĮ) konkurencingumas. Tai itin aktualu biokuro klasteriui, kurio veikla grįsta būtent tokių įmonių įtraukimu. Kokybinis SVĮ veiklos augimas neapsiriboja vien konkurencingumo augimu – produktyvumo augimas yra tiesioginė klasterio kuriamos ekonominės naudos išraiška. Subalansuotas resursų ir kaštų pasidalijimas tiesiogiai prisideda prie produktyvumo augimo, kadangi turimi riboti ištekliai panaudojami efektyviau nei atskirų įmonių veiklos atveju. Aplinkosaugos ir socialinio vystymosi naudos kryptys kyla kaip sinergija iš komercinės ir ekonominės naudos grupių. Visumoje, klasterio funkcionalumas leidžia jo nariams augti tiek kiekybiškai, tiek kokybiškai, darant teigiamą poveikį visuomenei.



**13 pav.** Klasterio naudos dedamosios (Netsanet, 2009)

Vis daugiau šalių naudojant atsinaujinančius išteklius ir tuo pat metu mažėjant iškastinio kuro rezervų, biokuro klasteris, veikdamas pagal darnaus vystymosi principus, leistų išlaikyti žmonių aprūpinimą energija ir keičiantis energetinei situacijai stiprinti šalies energetinį saugumą. Hanley, McClellan, Barnard, Friberg (2013) teigimu, tiek kiekybiniai, tiek kokybiniai biokuro klasterizacijos privalumai visuomenei nebus suprantami nepateikiant gerosios praktikos pavyzdžių. do Carmo Farinha, de Matos Ferreira, Gouveia (2014) nuomone, konkurencingumas sukuria pagrindines tvarios plėtros ir augimo, naujų gamybos veiklų ir naujų darbo vietų kūrimo, geresnės gyvenimo kokybės sąlygas. McCauley, Stephens (2012) papildė šią mintį ir teigia, jog tvarios energijos klasterių iniciatyvomis siekiama skatinti vietos ir regionų ekonomikos plėtrą sukuriant sąlygas, kurios pritraukia ir skatina inovatyvias įmones tvarios, atsinaujinančios energijos pagrindu pagamintos energijos srityje. Ypač ieškoma įmonių, kurios kuria ir diegia atsinaujinančiosios energijos technologijas, išmaniųjų tinklų technologijas ir mažo poveikio transporto sistemas, nes šie sektoriai vertinami kaip sparčiai augantys, galintys spręsti kritinius tvarumo iššūkius ir sustiprinti bei plėsti ekonomines regiono žinias. Figge, Hahn (2004) požiūriu, siekiant komerciškai išnaudoti darnaus vystymosi metodologijos privalumus, tai turi būti įtraukta į įmonės korporatyvinio valdymo gaires. Turima atsižvelgti, kaip įmonės veikla keičia gamtos, žmogaus ir socialinio kapitalo lygį. Tai tiesiogiai taikytina biokuro klasterio veikloje, kadangi jis veikia visus šiuos veiksnius. Varun, Prakash, Bhat (2009) išskyrė darnumo vertinimo indikatorius: Energijos atsipirkimo laikas; ŠESD išmetimas; Elektros energijos gamybos sąnaudos. Lund (2007) priduria, jog tvarios energijos plėtros strategijos paprastai apima tris pagrindinius technologinius pokyčius: energijos taupymas paklausos srityje, energijos gamybos efektyvumo didinimas ir iškastinio kuro keitimas įvairiais atsinaujinančios energijos šaltiniais. Gomes, Muylaert de Araujo (2009) pridėda, kad biokuras,

pagamintas iš biomasės atliekų arba iš biomasės, išaugintos apleistose žemės ūkio paskirties žemėse, apsodintose daugiamečiais augalais, neturi neigiamo anglies balanso ir siūlo tiesioginį ir ilgalaikį ŠESD pranašumą. Awerbuch (2006) konstatuoja, kad efektyvus šalies energetikos paslaugų portfelis sumažina staigių energijos kainų pokyčių riziką. Tai yra esminis energetinio saugumo aspektas. Tvarus energetikos sektoriaus valdymas yra svarbus vietos plėtros komponentas. Tai ypač svarbu žemės ūkio regionuose, kur biomasės išteklių yra iš esmės neišsenkantys (Kurowska, Kryszk, Bielski, 2014). Biokuro gamybos ir panaudojimo ekonominius rezultatus sudaro: tvarus augimas, išteklių įvairovė, kuriamos darbo vietos kaimo vietovėse, didesnės pajamų mokesčio įplaukos, daugiau investicijų į ilgalaikį turtą, skatinanti žemės ūkio plėtrą, įgyjamas tarptautinis konkurencinis pranašumas (Sanchez, Cardona, 2008). Visa tai leidžia teigti, kad vietinio biokuro panaudojimas suteikia konkurencinį pranašumą prieš kitas energijos gamybos rūšis tuo metu, kai iš esmės keičiasi visa energijos gamybos struktūra.

Darnaus vystymosi tikslams sektoriuje pasiekti reikalingas energijos šaltinių tiekimo decentralizavimas. Kuras, reikalingas elektros ir šilumos energijai gaminti gali būti tiekiamas iš įvairių šaltinių, nesuteikiant reikšmės galimiems kuro pasiūlos kiekiams. Tai padeda nuolat užtikrinti reikiamus kuro kiekius išskleidžiant naudą dideliame tiekėjų skaičiui. Pastaruoju metu yra gausu alternatyvaus kuro rūšių. He, Bluemling, Mol, Zhang, Lu (2013) pateikia Kinijos pavyzdį, kai yra šalies regionuose yra skatinama įsidiesti bioreaktoriai, kurie ne tik gali gaminti energiją, tačiau didina sanitarijos ir švaros lygį. Technologijos buvo patobulintos tiek, kad būtų galima derinti vidaus energijos gamybą su buitinių tualetų, virtuvių, žemės ūkio ir gyvulių atliekų tvarkymu. Vėliau buitinės bioenergijos sistemos buvo papildytos labiau centralizuotomis bioenergijos sistemomis kaimo lygmeniu, dažnai susijusiomis su intensyvia gyvulininkyste. Atsiradus šiam sinerginiam efektui pasiekama, kad iš nenaudingų medžiagų būtų gaunama dvejopa nauda – vienu metu tvarkomos atliekos ir jų pagalba išgaunama energija.

Investicinių projektų darnumą galima išmatuoti tyrimo metodikų pagalba. del R10, Burguillo (2009) pateikia metodikas, kurios skirtos analizuoti biomasės energetikos plėtros projektų poveikį darnumui investicinėse vietovėse:

- **Esminis darnumas** (angl. *Substantive sustainability*) reiškia poveikį atsinaujinančios energijos projektui trimis darnumo aspektais (ekonominiu, socialiniu ir aplinkosaugos).
- **Procedūrinis darnumas** (angl. *Procedural sustainability*) apibūdina darnumą atsižvelgiant ne tik į šias dimensijas, bet ir į visų suinteresuotųjų šalių nuomones ir interesus. Tam reikalingas platus dalyvavimo socialiniuose sluoksniuose procesas įgyvendinant darnaus vystymosi priemones ir veiklą vietos lygiu, įtraukiant visas suinteresuotas šalis.

Klasterio veikla užtikrina tai, kad energijai gaminti bus naudojamos natūralios atliekos, kurių neįmanoma kitaip perdirbti. Būtent iš atliekų kuriama ekonominė vertė yra klasterio dalyvių veiklos pagrindas. Darnus išteklių naudojimas yra būtina klasterio veiklos sąlyga, kuri jį išskiria kitų energijos gamintojų kontekste. Gebėdamas iš neperdirbtų biologinių atliekų kuri ekonominę ir finansinę vertę, klasteris tampa svarbiu ekonominiu subjektu, formuojančiu energetikos politiką šalies

regionų mastu. Pasak Lozano (2008), svarbus darnumo siekimo žingsnis yra suvienodinti trijų aspektų svarbą ir juos integruoti, kad ekonominių aspektų santykinė svarba ir poveikis turėtų būti lygūs aplinkosauginiams ir socialiniams aspektams. López-Menéndez, Pérez, Moreno (2014) teigimu, tvarios energetikos politika turėtų būti skatinama pasauliniu mastu siekiant katalizuoti ekonomikos augimą ir aplinkos apsaugą, ypač mažinant šiltnamio efektą sukeliančių dujų, kurios prisideda prie klimato pokyčių, išmetimą. Hackl, Harvey (2016) požiūriu, biokuras, nenaudojamas šilumos energijos gamybai, gali būti paverčiamas kitais produktais, taip padidinant konversijos efektyvumą, arba parduodamas kaip žaliava išorės klientams. Integracijos į pramonės klasterį pranašumu galima laikyti tai, kad dažnu atveju naudojamosi jau sukurta esama infrastruktūra (katilai, komunalinės sistemos, oro atskyrimo įrenginiai ir kt.). Palyginus su atskirais bioenergijos gamybos įrenginiais, tai gali turėti teigiamą poveikį proceso ekonomikai, kadangi būtų geriau panaudojama elektros, garo, nuotekų, saugos ir kt. infrastruktūra. Esamos infrastruktūros panaudojimas biokuro konversijos metu mažina bendrąsias energetikos sistemos perorientavimo sąnaudas ir naujų įrengimų atsipirkimo terminus. Lund (2007), požiūriu, esminis iššūkis yra integruoti didelę protarpinių išteklių dalį į energetikos sistemą, ypač į elektros tiekimą. Būtina pabrėžti, kad netinkamas biokuro panaudojimas sąlygoja neigiamus veiksnius, kuriuos jaučia aplinka ir visuomenė. Netinkamai naudojama biomasė gali išmesti didelį teršalų kiekį, tad jėgainėms reikalingi filtrai ir kitos priemonės, mažinančios kietųjų dalelių emisiją. Taip pat būtini kondensaciniai ekonomai, kurie į šildymo sistemą perduoda dūmų šilumą. Taip užtikrinamas efektyvesnis biokuro panaudojimas ir didesnės pridėtinės vertės kūrimas. Naudojant biomasę yra labai svarbu neiškreipti dabar vyraujančio aplinkosauginio balanso, kitaip pagrindinė biomasės naudojimo idėja – mažiau taršios aplinkos kūrimas – liks neįgyvendinta. Hughes, (2000) išskiria itin svarbių biomasės panaudojimo poveikį – ateityje biomasės energijos gamyba gali būti siejama su projektais, naudingais atliekoms šalinti. Tai gali būti energijos iš nuotekų dumblo ar gyvūninių atliekų regeneravimas, kartu užkardant galimą neigiamą poveikį. Energetinių augalų auginimas gali būti dirvožemio regeneravimo ir vandens kokybės kontrolės projektų dalis. Tai padėtų sutaupyti valstybės lėšas, kurios būtų skirtos kovoti su jau įvykusiu įvykių pasekmėmis. Esen, Yuksel (2013) pateikia biodujų panaudojimo poveikį – biodujos vaidina svarbų vaidmenį panaudojant atliekas energijai atgauti, nes tai sudaro sąlygas efektyviam atliekų šalinimui. Atliekų šalinimas yra visuotinė aplinkosaugos problema. Iš atliekų gaunama energija kaip alternatyva iškastiniam kurui yra svarbus indėlis mažinant atliekų šalinimo sąvartynuose apimtį ir visuotinį atšilimą. Evans, Strezov, Evans (2009) išskiria pagrindinius darnumo indikatorius, kurie yra pastebimi biokuro klasterio veikloje:

1. Reikia atsižvelgti į energijos gamybos vieneto kainą, nes neefektyvi ekonomika nėra tvari;
2. Siekiant prasmingo palyginimo, būtina turėti duomenis apie energijos transformacijos efektyvumą;
3. Atitiktis žemės naudojimo reikalavimams kadangi visuomenėje manytina, jog atsinaujinančios energijos technologijos konkuruoja su žemės ūkio naudmenomis arba keičia biologinę įvairovę;

4. Socialinis poveikis yra svarbus norint teisingai nustatyti ir kiekybiškai įvertinti žmonėms keliamą riziką ir padarinius, tai leis geriau priimti ir suprasti kai kurias technologijas, yra prieštaringai vertinamos visuomenėje.

Darna vystymosi idėjų plėtra ne tik dera su makroekonominio augimu, bet ir padeda spręsti aktualias taršos problemas, tuo pačiu sukuriant pridėtinę vertę. Visuotinai pripažįstama, kad gyvulinės kilmės dujos skatina klimato kaitą labiau nei išmetamosios automobilių dujos. Šią aktualią problemą gali padėti išspręsti biodujų jėgainės, gaminančios šilumą, elektrą bei buitines bioduogas. Panwar, Kaushik, Kothari (2011) teigimu, dideli gyvūnų mėšlo ir srutų, kurias šiandien gamina gyvulininkystės sektorius, kiekiai, taip pat šlapių organinių atliekų srautai kelia nuolatinę taršos riziką ir gali turėti neigiamą poveikį aplinkai, jei nebus tinkamai tvarkomi. Siekiant užkirsti kelią ŠESD išmetimui ir maistinių bei organinių medžiagų išplovimui į natūralią aplinką, būtina sukurti uždarą ciklą nuo gamybos iki utilizacijos, naudojant optimalias perdirbimo priemones. Czapiewska, (2010) priduria, jog žemės ūkio biodujų jėgainės suteikia ūkininkams galimybę patenkinti savo energijos poreikius, parduodant perteklinę energiją į elektros tinklą ir pakartotinai panaudojant pūdymo liekanas dirvai tręšti. Žemės ūkio biodujų jėgainės gali skatinti valstybės ekonomiką, remti pastangas užtikrinti energijos saugumą ir sudaryti naujas galimybes ūkininkams, ypač atsižvelgiant į nuolat vykstančius žemės ūkio politikos pokyčius. Biodujų jėgainių statyba yra itin svarbi siekiant diversifikuoti ir padidinti ūkininkų pajamas. Efektyvus šių taršių atliekų panaudojimas leidžia mažinti kenksmingų dujų išmetimų kiekį, tuo pačiu sukuriant naują vertę, pasireiškiančią vietinės gamybos energija, atliekų sutvarkymu, ekologiška trąša, mokesčiais ir infrastruktūros plėtoje.

Naudojant biokurą galima išgauti teigiamą efektą ir tuo atveju, kai biokuru keičiama branduolinėse jėgainėse gaminama energija. Lyginant biomasę ir branduolinę energiją, matomi aiškūs poveikio aplinkosaugai skirtumai. Branduolinė energetika yra vienas dažniausių sprendimų siekiant gaminti elektros energiją, tačiau ši technologija turi aiškų ir ilgalaikį poveikį aplinkai. Branduolinės energetikos plėtotė yra itin ilgo laikotarpio veikla, nes energijos gamybos laikotarpis yra mažesnis nei to laikotarpio padarinių šalinimas. Valentine (2011) teigimu, nors branduolinė energija yra patrauklesnė už iškastinio kuro technologijas prieinamumo (atsargos yra politiškai stabilesnėse šalyse) ir įperkamumo požiūriu, ji yra mažiau patraukli nei daugelis pagrindinių atsinaujinančių energijos šaltinių technologijų, atsižvelgiant į bendrąsias išlaidas per visą jėgainės gyvavimo ciklą, ilgalaikį prieinamumą ir atsparumą. Be to, branduolinei energetikai būdingi pavojai, susiję su urano gabenimu, atominių elektrinių eksploatavimu ir branduolinių atliekų saugojimu, yra rimčiausi energetinio saugumo iššūkiai ir daro šią technologiją daug mažiau patrauklią už atsinaujinančiosios energijos technologijas. De, Assadi (2009) pateikia anglies naudojimo atvejį – kai biomasė naudojama anglies jėgainėse vietoje šio kuro, dėl didesnės jėgainės galios sumažėja išmetamo CO<sub>2</sub> kiekis ir padidėja papildomos biomasės krosnių modifikavimo išlaidos. Visuomenėje, tai teigiamai atsiliepia ekonominiu požiūriu, kadangi mažėja išlaidos aplinkos taršos poveikiui mažinti. Autoriai priduria, kad biomasės deginimas anglies jėgainėse susijęs su biokuro, kaip papildomo energijos šaltinio, naudojimo efektyvumo praktika komunaliniuose katiluose. Tai užtikrina galimybes diversifikuoti verslą, pritaikant jį prie

besikeičiančių aplinkos apsaugos reikalavimų. Tuo pačiu išlaikomos galimybės generuoti finansinį poveikį verslo subjektui.

Klasterio makroekonominis poveikis plačiai matomas tiriant pokyčius periferijoje. Kadangi biomasės išteklių yra išgaunami kaimiškose vietovėse, jose lieka didelė pridėtinės vertės dalis. Sobczyk (2011) teigia, kad netradiciniai energijos šaltiniai vaidina svarbų vaidmenį didinant žemės ūkio prekių pelningumą ir aktyvinant kaimo gyventojus. Ypatingą alternatyvių energijos šaltinių naudingumą kaimo vietovėms lemia tai, kad energijos gamybos įrenginius galima pritaikyti ūkininkų ir vietos bendruomenių poreikiams. Kaimo vietovių atveju tai gali būti papildomas, ekonomiškai patrauklus energijos šaltinis, palengvinantis perkrautą kaimo elektros tinklą. Biokuro energetikos plėtra šildymo tikslais gali būti paskata auginti augalus ne maisto tikslais. Tuo pačiu kaimiškiosios vietovės gali panaudoti neįsisavintus žemės išteklius ir biomasę gaminti pačios. del Rio, Burguillo (2008) priduria, kad atsinaujinančios energijos projektas gali turėti teigiamą poveikį regiono biudžetui. Pirma, tai gali būti tiesioginiai finansiniai pervedimai už galimybę naudotis regiono energetine sistema. Antra, dėl didesnio projekto sukulto ekonominio aktyvumo sudaromos sąlygos didinti vietinę mokesčių bazę. Galiausiai, įgyvendinant atsinaujinančios energijos projektą, gali tekti skirti subsidijas įmonei ir vietos bendruomenei iš Europos fondų ar nacionalinių ar regioninių valdžios subjektų. Vietos organizacijos ir ūkininkų asociacijos taip pat gali vertinti projektą kaip teigiamą vietos bendruomenės vystymosi alternatyvą, skatinančią pajamų ir užimtumo įvairinimą. Silalertruksa, Gheewala, Hünecke, Fritsche (2012) priduria, kad investicijos į biokuro sektorių leistų generuoti pinigų srautus įvairiuose vietos ekonomikos sektoriuose per visą gamyklos gyvavimo laiką. Šios išlaidos paveiks kitus ekonomikos sektorius ir padidins ekonominę veiklą. Visumoje, tai padeda sukurti tvarų ekonominės plėtros mechanizmą tuose regionuose, kuriuose esama tam tikrų specifinių kliūčių verslo plėtrai. Kuriant pridėtinę vertę sprendžiamos socialinės problemos, kurios ilgą laiką stabdė regiono kokybinę plėtrą.

Nagrinėjant teigiamą biokuro klasterių poveikį socioekonominiu požiūriu pabrėžtina, kad biokuro klasteris skatina išteklių integraciją ir jų panaudojimą bendrosios gerovės kūrimui. Pagal Krajnc ir Domac (2007), bioenergijos socialinė nauda buvo įvardyta per augančią socialinę sanglaudą ir stabilumą, regionų plėtra, migracijos kaime sumažėjimas, grynųjų darbo pajamų padidėjimas ir energijos gamybos savarankiškumas. Biokuro klasterio veikla suteikia galimybę stabilizuoti vidinės migracijos mastus kuriant naujas darbo vietas regionuose. Thornley, Rogers, Huang (2008) priduria, jog investicijos į atsinaujinančius energijos šaltinius yra susijusios su naujų darbo vietų kūrimu ir užimtumo galimybėmis visuose biokuro energijos tiekimo grandinės etapuose. Remiantis šia situacija, įvairios kvalifikacijos ir išsilavinimo asmenys, gyvenantys regionuose turi galimybę rasti darbo vietą ir auginti regiono ekonominį savarankiškumą. del Rio, Burguillo (2009) pabrėžia aplinkosauginių ir socialinių procesų sąveiką, kuri vėliau gali būti išreikšta teigiamu poveikiu ekonomikai. Autorių nuomone, aplinkosaugos aspektas pasireiškia per vietinės taršos mažinimą, gamtos išteklių naudojimą teritorijoje ir ekosistemos atsparumo (gebėjimo prisitaikyti prie pokyčių), vientisumo ir stabilumo palaikymą. Ekonominis aspektas yra susijęs su regioninių pajamų vienam gyventojui padidėjimu,

vietos gyventojų gyvenimo lygio pagerėjimu, priklausomybės nuo energijos mažinimu ir energijos tiekimo įvairinimo padidėjimu. Nedarbo mažinimas ir darbo vietų kokybės gerinimas, regioninės sanglaudos didinimas ir skurdo lygio mažinimas yra pagrindiniai veiksmai vietos lygiu siekiant socialinio tvarumo.

Darbo vietų kūrimas yra pagrindinė ekonominės plėtros ir sveikos ekonomikos dalis. Dirbant daugiau žmonių, sukuriamas teigiamas poveikis pasireiškia ne vien išmokėtų atlyginimų dydžiu. Teigiamas poveikis atsiranda tada, kai darbuotojai dalį savo pajamų išleidžia vietinėje ekonomikoje, sukurdami papildomas išmokas, taip sukurdami multiplikacinį efektą. Dėl padidėjusių išlaidų sukuriama ekonominė veikla (darbo vietos ir pajamos) kituose sektoriuose, tokiuose kaip mažmeninė prekyba, restoranai, laisvalaikio praleidimo sektorius ir pramogos. Atsinaujinančios energijos sistemos gali sukurti daugiau darbo vietų vienam investuotam piniginiam vienetui nei įprasti energijos tiekimo projektai. Darbo vietų skaičius taip pat priklauso nuo to, kiek gamybos etapų vykdoma regione, nes daugiau darbo vietų bus sukurta tuo atveju, jei medžiagos ir technologijos bus perdirbtos ir gaminamos vietoje (Akella, Saini, Sharma, 2009). Mokesčių iš darbo santykių augimas tiesiogiai atsispindi šalių ir socialinio draudimo biudžetuose, o pridėtinės lėšos gali būti nukreipiamos į jautriausių visuomenės sluoksnių apsaugojimą nuo tolesnės stagnacijos. Wei, Patadia, Kammen (2010) priduria, kad biomasės energetika gali sukurti daug darbo vietų vidaus rinkoje, be to, garantuojama, kad daugelis šių darbo vietų nebus iškeltos į kitas vietas dėl išteklių lokalumo. Į energijos vartojimo efektyvumo didinimo priemones investuotos lėšos kuria pinigų srautus, kurie gali būti nukreipti siekiant skatinti ekonomiką bei kuriant darbo vietas.

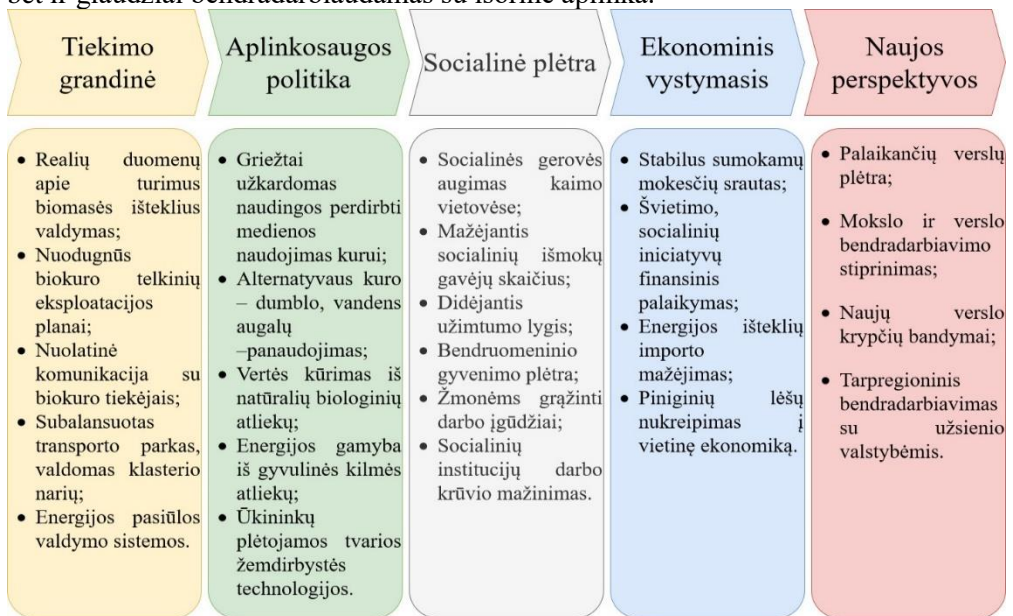
Galiausiai būtina išskirti, kad biokuro klasterių veiklos poveikis neapsiriboja tik sumažintu taršos lygiu ir pagerėjusiu biologinių atliekų tvarkymu. Pagal Suzuki, Tsuji Shirai, Hassan, Osaki (2017), biokuro panaudojimas energetikoje sudaro sąlygas tvarios visuomenės vystymuisi. Tvari visuomenė įsivaizduojama kaip žmonių sambūris, gebantis tausiai naudoti ribotus išteklius. Taip pat priduriama, kad vienas veiksnys, būtinas tvariai visuomenei plėtoti, yra mažėjantis arba bent nedidėjantis bendras sunaudojamos energijos kiekis. Biokuro klasteriai gali prie to prisidėti, siūlydami vartotojams pereiti prie efektyvesnių energijos vartojimo sprendimų. Išlaikydamas nuolatinę komunikaciją su energijos vartotojais, klasteris gali juos nukreipti energijos vartojimo pokyčių keliu.

Apibendrinant biokuro klasterio poveikį mikroekonomikai matyti, kad poveikis pasireiškia tiek tiesiogiai (naujo verslo sektoriaus vystymas) tiek netiesiogiai (vietinių išteklių eksploatacija švarinant aplinką, socialinių problemų sprendimas kartu kuriant vertę). Klasterio poveikis grindžiamas sinergija – vietinių išteklių naudojimo veiksniai kartu stiprina energetinį saugumą, regionų ekonominį gyvybingumą, gerina aplinkos būklę. Klasterio veikloje akcentuojama darnaus vystymosi principų sąsaja – ji neatsiejama nuo kasdienės klasterio veiklos ir yra pagrindinis konkurencingumą užtikrinantis veiksnys.

Lietuvoje publikuotuose ir gintuose darbuose klasterizacijos kuriamas poveikis ekonomikai išvelgiamas skirtingai. Rubčinskaitė (2019) savo koncepciniame klasterių nustatymo ir jų poveikio Baltijos valstybių regiono ekonomikai ir inovacijoms modelyje išskyrė klasterių grupavimą pagal tam tikrus veiksnius –

užimtumą, našumą, galutinį rezultatą pateikiant algoritmų pavidalu. Autorė teigia, kad ekonominių veiklų klasterizacija regione ir klasteriai siejami su aglomeracijos reiškiniais. Tai yra visiškai priešinga idėja lyginant su biokuro klasterių atveju, kai veikiama regioninėse vietovėse, o aglomeruotos vietovės yra pagrindinis produkcijos realizavimo tikslas. Viederytė (2014) vienu iš tyrimo kryptių paremta ekspertiniu vertinimu siekiant gauti Lietuvos jūrinio sektoriaus klasterizacijos prielaidų vertinimo rezultatus. Pasitikėjimo tarp organizacijų stiprinimas laikomas jūrinio sektoriaus klasterizacijos formavimosi esminė sąlyga. Gudelytė (2018) rezultatams, leidusiems gauti integruoto verslo klasterių veiklos efektyvumo valdymo rezultatus, taip pat naudojo ekspertinio vertinimo priegą. Autorė teigia, kad klasteryje kuriama vertė yra plėtojama per sinergijos prizmę.

Galutiniame teigiamo biokuro klasterio poveikio vertinimo etape suformuojama vertės grandinė. Pagal vertės grandinės koncepciją, skirtingais aspektais pateikiama situacija, kuri leidžia sukurti teigiamą poveikį vartotojui. Šiuo atveju laikoma, kad vartotojo pozicijoje plačiaja prasme pateikiama šalies ir/arba atskiro šalies regiono visuomenė, kuri tiesiogiai patiria biokuro klasterio veiklos formuojamą poveikį. Vertės grandinėje sutelkiami tie aspektai, kurie pabrėžia teigiamą biokuro klasterio veiklos įtaką visuomenei plačiuoju mastu. 14 pav. matyti, jog šiuo atveju vertės grandinėje išdėstomas sisteminis požiūris, kaip biokuro klasteris kuria poveikį jo nariams, ir kaip tai atsispindi visuomenėje. Pastaruoju atveju nurodoma, kokias ekonomines ir socialines problemas biokuro klasteris padeda spręsti. Problemos, tokios kaip žemas užimtumo lygis ir socialiai remtinų asmenų skaičiaus stabilumas susiformuoja regioninėje dimensijoje, kurioje klasteris ir veikia. Klasteris veikia visuose veiklos lygmenyse taip ne tik kurdamas poveikį savo nariams bet ir glaudžiai bendradarbiaudamas su išorine aplinka.



14 pav. Biokuro klasterio veiklos vertės grandinė

Išskiriamos penkios kryptys, kuriose klasteris veikia, ir būtent šios kryptys formuoja klasterio veiklą. Galiausiai šios kryptys gali būti išreikštos kaip poveikis galutiniam subjektui – visuomenei. Vienas klasterio veiksnys išskiriamas kaip specifinis – tai tiekimo grandinė. Visi kiti veiksniai yra bendrojo pobūdžio. Nepaisant to, pastarieji veiksniai leidžia parodyti klasterio kuriamą pridėtinę vertę visuomeniniu požiūriu. Vietoje vykdomų veiklų, kurios įprastu atveju yra pateikiamos vertės grandinėje, pateikiami poveikio formavimo aspektai, darantys įtaką klasteriui ir visuomenei. Sunkiausia įvertinti paralelinius reiškinius, kadangi keičiantis verslo modeliams ir visuomenės konjunkčiai, klasteris gali reformuoti savo veiklą, pritaikydamas ją prie būsimųjų laikotarpių realijų. Kiti aspektai įvertinti remiantis prieš tai atlikta mokslinės literatūros analize bei nustatytomis biokuro klasterio veiklos ypatybėmis.

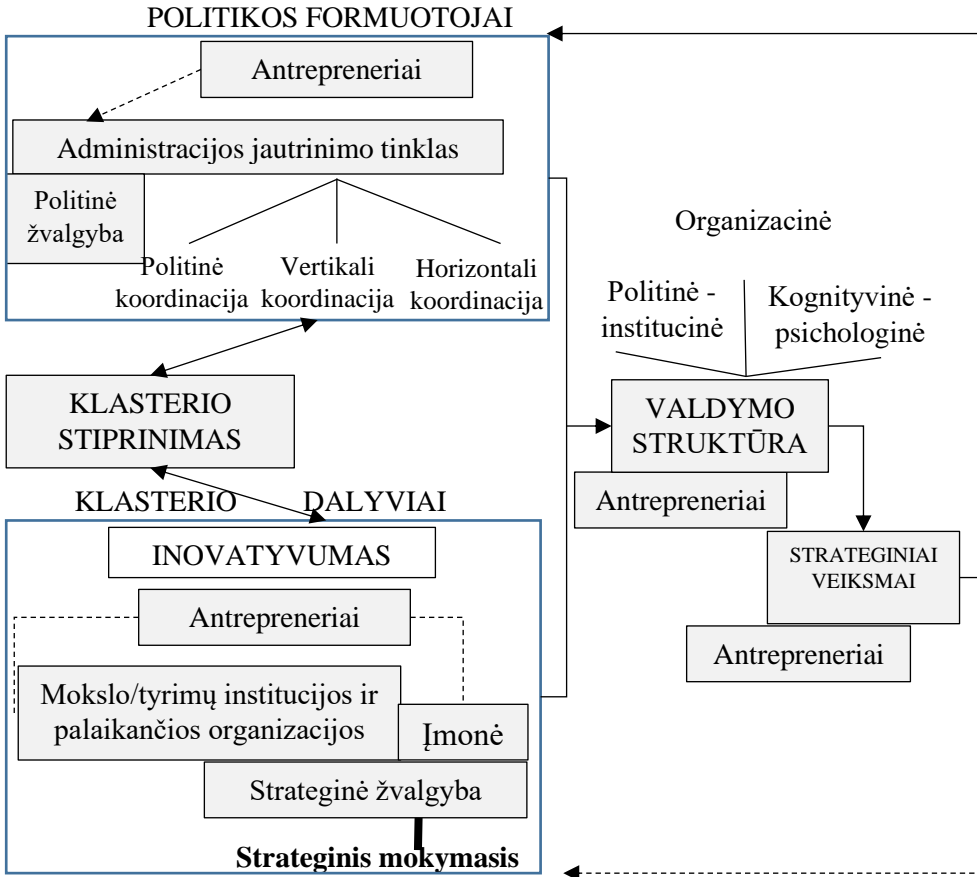
Apibendrinant galima teigti, kad pagrindiniai klasterių plėtros motyvai bendrinio požiūriu yra susiję su užsienio rinkų prisotinimu, tačiau pagrindinis biokuro klasterio tikslas yra lokalsios rinkos energijos poreikių patenkinimas. Klasterio plėtrą sektoriuje skatina ir didėjantis darnaus vystymosi poreikis bei energetinio saugumo būtinybė. Vietinio kuro naudojimas padeda išvengti kainų manipuliacijų, staigių rinkos pertrūkių, taip pat vietiniai verslo subjektai skatinami perimti atsakomybę už valstybei kritiškai svarbų sektorių. Biokuro klasterio veikla padeda stiprinti šalies socialinę sanklodą, didindama užimtumą tarp socialiai jautrų visuomenės grupių. Biokuro klasterio struktūrą lemia veiklos lokalumas ir orientacija į konkretaus regiono vartotojus. Klasteriui ypač svarbu subalansuoti savo veiklą per tiekimo grandinę ir užtikrinti konkurencingą energijos tiekimą. Klasteris, kaip energetinės sistemos dalis, formuoja poveikį, kurį jaučia ir visuomenė, ir kitiems energijos gamybos būdams atstovaujantys verslo subjektai.

### **1.2.2. Pagrindiniai konceptualaus biokuro klasterio poveikio ekonomikai vertinimo modelio determinantai**

Biokuro klasteris yra dinamiška struktūra, todėl skirtingose šalyse klasterį gali sudaryti skirtingų tipų subjektai. Tai priklauso nuo biokuro gausos konkrečiose šalyse, nuo esamos tiekimo ir skirstymo infrastruktūros, tuo metu vyraujančio energijos gamybos tipo. Klasterio struktūrai įtaką gali daryti ir bendra klasterių kultūros būklė šalyje. Kiti veiksniai – verslo finansinė būklė, kooperacijos mastai, korupcijos lygis – sudaro sąlygas palengvinti arba pasunkinti klasterių plėtrą. Artėjant ketvirtajai pramonės revoliucijai, didelę įtaką biokuro klasterizacijai šiandien daro technologijų pažanga ir imlumas inovatyviems sprendimams. Siekiant suformuoti konceptualų biokuro klasterio poveikio ekonomikai vertinimo modelį, reikalinga ištirti, kokios pagrindinės dalys – determinantai – sudaro biokuro klasterį.

Biokuro klasterio veikloje dalyvauja ir privatūs, ir vieši subjektai. Abiejų tipų subjektai siekia panašių tikslų – naudos maksimizavimo, galimybių vykdyti veiklą ir plėstis. Vyriausybiniu požiūriu siekiama naudos vartotojams, kad šie už energiją galėtų mokėti mažiausią kainą. Verslo požiūriu, siekiama užsitikrinti veiklos rinkoje sąlygas, suponuojančias uždirbamą gerą pelną. Biokuro naudotojai, esantys rinkoje, turi siekti maksimalaus veiklos efektyvumo, nes tik taip galės konkuruoti rinkoje ir įtikinti politikos formuotojus leisti vykdyti veiklą. 15 pav. matyti, jog biokuro

klasterio struktūra pateikiama kaip klasterio dalyvių ir politikos formuotojų sąveika. Pagal ją sprendimų priėmėjai ir klasterio dalyviai sustiprina savo ryšius taip įtikindami Vyriausybę leisti plėtoti biokuro energetiką.



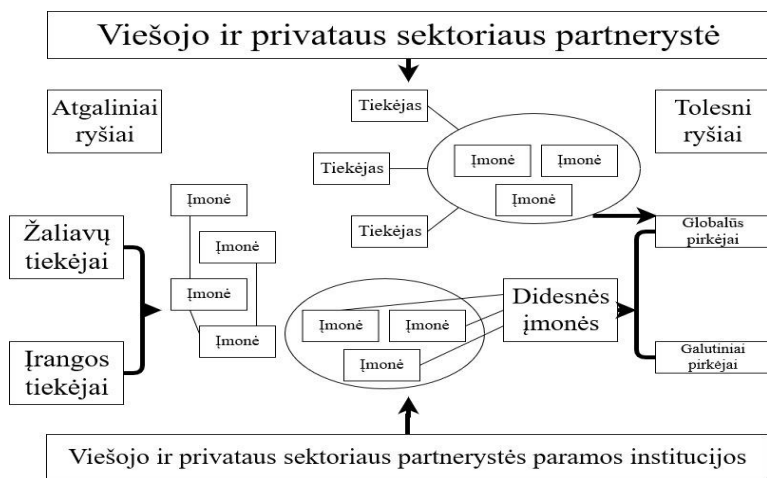
**15 pav.** Biokuro klasterio struktūra joje dalyvaujančių subjektų aspektu (Ebbekink, Legendijk, 2013)

15 paveiksle matyti, jog klasterio veikla yra grindžiama inovacijų skatinimu, švietimo įstaigų įtraukimu, darbu su politikos formuotojais. Minėtųjų subjektų tarpusavio sąveika leidžia derėtis su vyriausybe, siekiant legitimizuoti veiklą konkrečiame regione. Pagal šį modelį, klasterio politikos kūrimas ir viešojoji politika turi būti glaudžiai susieta ir paremta bendradarbiavimu. Tokiu būdu įmanoma pasiekti teigiamą poveikį, jaučiamą ir verslo subjektų, ir visuomenės. Svarbus aspektas – antrepreneriai. Jie yra vieni iš pagrindinių klasterių veiklos katalizatorių, kadangi sudaro sąlygas naujų idėjų plėtrai bei geba įtikinti tuo abejojančias viešąsias įstaigas. Glaudžiai bendradarbiaujant verslui ir vyriausybei, gaunami aktualių socialinių ir aplinkosauginių problemų sprendimo būdai. Antrepreneriai padeda klasteriui plėstis ir didinti konkurencingumą.

Milanović, Mihailović, Paraušić (2010), išskiria skirtingus klasterių funkcionavimo elementus, kurie taip pat aktualūs ir biokuro klasteriams:

1. **Pagrindinės įmonės** – tai įmonės, kurios yra pagrindinės klasterio dalyvės ir dažniausiai uždirba didžiausią pelną iš klasteriui nepriklausančių vartotojų.
2. **Palaikomosios įmonės** – tai įmonės, kurių verslas tiesiogiai ir netiesiogiai palaiko pagrindinių įmonių veiklą. Tai specializuotų mašinų, komponentų ir žaliavų tiekėjų įmonės, taip pat ir kitos paslaugų įmonės, įskaitant finansų ir maklerio įmones bei jų kapitalą, advokatus, dizainerius, rinkodaros ir viešųjų ryšių firmas. Paprastai šios įmonės yra labai specializuotos ir fiziškai įsikūrusios netoli pagrindinių įmonių.
3. **Intelektinės paramos infrastruktūra** – tai pagrindinės ir palaikymo įmonės, dalyvaujančios veikloje klasterių, veikiančių aukščiausiu lygiu. Klasterių veikloje dalyvauja daugelis vietos bendruomenės narių: vietinės mokyklos, universitetai, politiniai institutai, vietinės komercinės ir profesinės asociacijos, ekonominės plėtros centrai ir daugelis kitų, palaikančių klasterio veiklą. Faktiškai jie ir yra pagrindiniai klasterių dalyviai.
4. **Fizinės paramos infrastruktūra** – tai keliai, uostai, užsakytos klasikinių ar specifinių atliekų šalinimo priemonės, ryšių jungtys ir kt. Pageidautina, jog šios infrastruktūros kokybė būtų bent jau tokia pati, kaip ir konkurentų, arba dar geresnė.

Pastaruoju atveju įprasčiausias fizinis atėjimo į rinką būdas, turint savo pardavimo kanalus. Pagal Netsanet (2009) (16 pav.), svarbi vieta klasterio veikloje tenka viešosioms ir privačiosioms partnerystės iniciatyvoms. Jos padeda užtikrinti viešųjų institucijų paramą vykdomai veiklai, prisidedamos prie vyraujančių ekonominių ar socialinių problemų regione sprendimo. Partnerystė gali būti palaikoma per konkrečią instituciją, kurioje kontrolę atlieka ir viešieji, ir privatūs subjektai.



16 pav. Tipinis klasterio žemėlapis (Netsanet, 2009)

Biokuro naudojimo specifika lemia lokalią ir orientuotą į konkretaus regiono energetinių poreikių užtikrinimo veiklą. Pagal tai formuojasi klasterio dalyvių ratas.

Klasterio veikloje kertiniai yra du procesai – biomasės paruošimas ir jos perdirbimas į energiją. Šalia paruošimo ir perdirbimo veiklų randasi palaikymo ir vystymo struktūros, užtikrinančios šių dviejų procesų nenutrūkstamumą. Energijos tiekimui naudojama ilgai besiformavusi infrastruktūra, o paruošimo ir deginimo procesams naudojama tokia infrastruktūra, kuri negali būti panaudojama jokiam kitam kurui paruošti ir deginti. Tafarte, Hennig, Dotzauer, Thrän (2017) savo moksliniame darbe išplėtojo dvi klasterių koncepcijas. Jos yra grįstos naudojamomis gamybos technologijomis. Pirmąjį klasterį sudaro šiluminės biokuro jėgainės, pagrįstos kondensacijos technologija, naudojant garą, taip pat organinių medžiagų klasifikavimo ciklo procesą. Antrasis klasteris sutelkia biodujų ir kitas jėgaines, kurių technologijos yra panašios.

Biokuro klasteriai padeda išsaugoti miškus, efektyviai ir darniai naudoti miškų resursus, tačiau tam būtina aktyvi visų suinteresuotųjų pusių veikla klasteryje. Pagal Saah, Patterson, Buchholz, Ganz, Albert, Rush (2014), miškų verslu grįstose bendruomenėse klasterinis požiūris reikalauja glaudesnio bendruomenės narių, esamų miško produktų gamintojų, ne miško verslo atstovų, žemės savininkų ir žemės valdytojų, besidominčiųjų klasterio pranašumais, veiklos koordinavimo. Kadangi biokuro klasterių veikla yra kompleksinė, jie gali veikti ir kaip darnaus krašto valdymo struktūros. Jos padeda išsaugoti miškus, į klasterio struktūrą įtraukiami kiti aktualūs tinklai. Autoriai teigia, kad be užimtumo, biomasės energijos alternatyvų įtraukimas į žemės valdymo veiklą turi daug motyvų. Į valdymo procesą būtina integruoti naują informaciją ir duomenų šaltinius apie infrastruktūrą, transporto tinklus ir vietos energijos poreikius ir iš naujo išnagrinėti ankstesnes bendros gamybos prielaidas (pvz., medienos ir biokuro pramonė prieš poilsio industriją ir laukinės gamtos buveines). Iš esmės, biokuro klasteris gali koordinuoti miškų išteklių naudojimą platesniu požiūriu, užtikrindamas teigiamą ekonominį ir aplinkosauginį poveikį, taip pat rekreacijos galimybes.

Biokuro klasteryje esminį vaidmenį atlieka biomasės valdytojai ir apdorotojai. Jie paruošia kurą naudoti, kadangi kuras yra atliekų kilmės, panaudotas jis sukuria ekonominę vertę. Šie verslo subjektai gali sukurti naujo tipo vertę tose valstybėse, kurios prieš tai tik importuodavo energetinius išteklius. Beveik visais atvejais biokuras išgaunamas sinergijos principais bendradarbiaujant su miškų apdorėjimo, žemės ūkio, pramonės sektoriais. Auginant energetinius augalus pridėtinė vertė kuriama tada, kai biomasė auga apleistose, maistui auginti netinkamose teritorijose. Dažnėjant pramoninių ir biologinių atliekų naudojimui, klasterio veikla gali plėstis, aprūpindama vartotojus skirtingų tipų energija. Dažnu atveju augintojai ir apdorotojai yra skirtingi subjektai, kadangi apdorėjimui yra reikalinga didelių finansinių investicijų reikalaujanti technika, kuri rentabili tampa tik pasiekus tam tikrą biokuro ruošos mastą. Mažesni tiekėjai naudojami apdorotojų paslaugomis, taip suformuodami tarpinę struktūrą tarp biokuro tiekėjų ir galutinio vartotojo. Centrinė biomasės realizacijos ašis yra jėgainė, kurioje biokuras virsta šiluma, elektra ar biodujomis. Kietąjį kurą naudojančios biomasės jėgainės turi užsitikrinti logistinius pajėgumus, ir taip apsirūpinti biokuru. Taip pat yra vertinami pelenų susidarymo kiekiai ir išlaidos pelenams pašalinti. Jie gali būti šalinami į įprastus sąvartynus arba naudojami išskirtinėms reikmėms, pavyzdžiui, naujiems keliams tiesti. Pastaruoju atveju pelenai

gali formuoti naują finansinę vertę klasteriui ir būti dar vienu realizuojamu produktu. Skystą biokurą naudojančių jėgainių logistiniai sprendimai priklauso nuo reaktoriaus darbo dažnio, tačiau po puvimo proceso likusi medžiaga turi komercinę vertę ir gali būti realizuota kaip ekologinės trąšos. Abiem atvejais tai kuria papildomą vertę verslo subjektams ir sudaro sąlygas dirbti žiedinės ekonomikos pagrindu, išvengiant atliekų.

Klientai su energija gaminančia jėgaine susijungia naudodami municipalinius ar valstybinio masto skirstomuosius tinklus. Apmokėjimas yra nulemtas kliento komunikacijos su energijos gamintojais. Besivystančioms valstybėms būdinga tai, kad energija yra perkama iš valstybinių skirstymo tinklų. Taip užtikrinamas patogus energijos gavimas, tačiau eliminuojama galimybė ieškoti geriausio kainos ir kokybės santykio. Sklandžiam biokuro klasterio darbui būtini tiekimo ir aprūpinimo subjektai. Ne visi aprūpinimo subjektai yra lokalūs, bet narystę klasteryje jie užsitikrina dėl savo mobilumo. Jie užtikrina, kad biomasės apdorojimo ir deginimo procesai įvyks kaip įmanoma greičiau, taip palaikydami aukštą klasterio konkurencingumo lygį. Siekiant šio tikslo, nuolat bendraujama su biomasės katilų gamintojais ir verslo subjektais, atsakingais už visos reikalingos įrangos eksploataciją. Visus, aprūpinimu besirūpinančius subjektus, galima laikyti vienu klasterio determinantu, kurio reikšmė yra aiškiai matoma klasterio veikloje.

Kiekvienoje šalyje energetikos politiką koordinuoja atskiros valstybinės institucijos. Jos gali būti ministerijų arba priežiūros agentūrų lygio. Klasterio veiklai reglamentuoti būtinas energetikos ir aplinkosaugos institucijų dėmesys, kadangi klasteris daro didelę įtaką aplinkos būklei, taip pat regioninės energetinės sistemos pokyčiams. Klasteris disponuoja daugeliu žmoniškųjų išteklių, tad valstybinės institucijos turi reglamentuoti jų darbo sąlygas bei bendrąją darbo politiką. Kadangi klasterio veikla yra įvairialypė ir pakankamai nauja, atsiranda būtinybė reglamentuoti mokestinius aspektus. Atsižvelgus į valstybinį reguliavimą, galima užtikrinti sklandžią klasterio veiklą, išvengiant pažeidimų bei nenumatytų aplinkybių. Tam reikalinga nuolatinė teisės aktų apžvalga ir naujų teisės aktų analizė. Klasterio veikloje yra itin svarbu analizuoti energetikos rinką, pokyčius joje, besikeičiančią teisinę situaciją, mokslinius išradimus. Tam gali pasitarnauti patariamąjo flango atstovai, priklausantys įvairiems mokslo institucijų ir verslo konsultavimo subjektams. Patarėjai gali padėti klasteriui padidinti jo vykdomos veiklos efektyvumą, kurti akivaizdesnį poveikį aplinkosaugai ir visuomenei. Patarėjų veiklos rezultatai gali būti reikšmingi klasteriui ir valstybei, taip pat gali turėti teorinę ir praktinę vertę. Tai kurtų paskatą tolimesniems tyrimams, kurie ateityje būtų komercializuoti.

Nurodytos aplinkybės lemia, kad klasterio struktūra yra dinamiška, tačiau jau turinti pagrindinius veikimo principus. Galima išsiskirti energijos gamintojų ir kuro aprūpinimo struktūrų svarbą ir nuolatinę sąveiką. Kadangi šie subjektai yra glaudžiai tarpusavyje susiję, laikoma, kad jie veikia tiekimo grandinės pagrindu. Taip išskiriamas vienas svarbiausių klasterio determinantų. Savivaldybių ir valstybės institucijų įtaka yra padalyta, kadangi jos yra nevienodai įsitrauktos į veiklą. Savivalda yra atsakinga už einamųjų procesų kontrolę, o valstybės institucijos formuoja ilgalaikę veikimo aplinką ir perspektyvą. Aprūpinimo struktūros yra svarbus determinantas, kuris tiesiogiai remia tiekimo grandinės determinanto veiklą. Visos ekspertinės institucijos sudaro likusį determinantą, kuris yra ypač svarbus klasterio tobulėjimo

palaikymui. Iš esmės, klasterio struktūrą galima apibrėžti kaip tarpusavyje veikiančių determinantų sąveiką, kai atskirų procesų atstovai, susivieniję į klasterį, siekia teigiamo finansinio poveikio. Visa klasterio struktūra, pateikta 17 pav., rodo tiesioginį kiekvieno determinanto bendradarbiavimą ir veiklų persidengimą. Kiekvienas determinantas yra neatsiejamas nuo klasterio veiklos, tačiau jų indėlis į kasdienę ir ilgojo laikotarpio klasterio veiklą yra skirtingas. Kasdieninei veiklai užtikrinti būtina tiekimo grandinės ir aprūpinimo struktūrų sąveika. Norint užtikrinti ilgalaikę sėkmę, šie elementai turi atsižvelgti į patarėjų nuomonę. Savivaldos ir valstybės institucijų vaidmuo yra nereguliarus ir nebūtinai teigiamas. Ypač tai matoma besivystančiose šalyse, neturinčiose verslo poreikių supratimo kultūros. Pačiu geriausiu atveju savivaldybė yra įtraukiama į klasterio veiklą kaip municipalinių tinklų valdytoja ir tokiu būdu tampa vienu iš tiesiogiai teigiamą ekonominį poveikį jaučiančių subjektų.

<p style="text-align: center;"><b>TIEKIMO GRANDINĖ</b></p> <p>Biomasės tiekėjai Energetinių augalų augintojai Transportavimo subjektai Biokuro ruošos subjektai Biokuro saugojimo subjektai Biokurą naudojančios jėgainės Energijos vartotojai</p>	<p style="text-align: center;"><b>APRŪPINIMAS</b></p> <p>Biokuro katilų gamintojai Montavimas ir palaikymas Eksploatacija</p>
<p style="text-align: center;"><b>SAVIVALDYBĖS</b></p> <p>Mikro reguliatoriai Mezo energijos tinklai Viešosios energetikos įmonės</p>	<p style="text-align: center;"><b>PATARĖJAI</b></p> <p>Asociacijos Ekspertai Mokslo institucijos</p>
	<p style="text-align: center;"><b>VYRIAUSYBĖ</b></p> <p>Makro reguliatoriai Makro priežiūra Mokesčių institucijos</p>

**17 pav.** Biokuro klasterio struktūra – determinantai instituciniu požiūriu

Klasterio struktūra yra palanki bendradarbiauti įvairiais lygmenimis, tačiau kiekvienas determinantas formuoja savo indėlį į klasterio veiklą. Visi penki determinantai glaudžiai tarpusavyje bendradarbiauja ir užtikrina nepertraukiamą energijos tiekimą. Klasteriai keičiasi ne tik ištekliais, bet ir žiniomis. Išvardytos klasterio dalys suskirstytos į determinantus, taip išryškinant jų poveikį klasterio veiklai. Determinantai yra tarpusavyje susiję, papildantys vienas kitą ir taip sudarantys bendrą klasterio struktūrą. Tačiau kiekvienas klasteris atlieka savo funkcijas ir jų svarba yra skirtinga. Vis dėlto, kiekvienas determinantas yra neišvengiamas ir būtinas klasteriui. Penki klasterį sudarantys determinantai:

- **Tiekimo grandinė.** Tai yra esminis klasterio determinantas, atsakingas už biomasės apdorojimą ir jos pavertimą energija. Tiekimo grandinės veiklą veikia likusieji klasterio determinantai, tačiau būtent tiekimo grandinė ir daro didžiausią poveikį viso klasterio veiklai. Be tiekimo grandinės, kitų determinantų veikla klasteriui taptų beprasmė, kadangi tiekimo grandinės

veiklos metu vykstantys procesai sudaro sąlygas gauti finansinį rezultatą. Pagrindiniai efektyvumo didinimo ir tobulinimo sprendimai susiję su tiekimo grandinės procesų optimizavimu. Tiekimo grandinės veiklos metu sąveikauja pirminiai biomasės paruošėjai, transportavimo subjektai ir energijos gamintojai. Veikla vykdoma nedideliais atstumais, siekiant išlaikyti efektyvumą ir tiekimo greitį. Galutiniame veiklos etape, energija perduodama vartotojui. Tai atliekama automatinio būdu, atsižvelgus į oro sąlygas ir realiuoju laiku susidariusią energijos paklausą.

- **Savivalda.** Savivalda ir jos turimi tinklai yra pagrindinis tiekimo grandinės palaikymo veiksnys. Tiekimo grandinės veiklos metu gauta energija perduodama municipaliniais prekybos tinklais. Viešojo sektoriaus reguliuotojai yra atsakingi už tai, kad būtų patiektas reikiamas energijos kiekis, išlaikomos energetinės charakteristikos. Jei susidaro perteklinis energijos gamybos pajėgumas, reguliuotojai yra atsakingi už gamybos kvotų paskirstymą. Tuo atveju, jei klasterio veikloje dalyvauja savivaldybių įmonės, jos gali padėti tenkinti energetinius poreikius savivaldybės teritorijoje arba įsijungti į klasterio veiklą. Pastaruoju atveju jos taptų tiekimo grandinės subjektu. Kiekvienas tiekimo grandinės veiklos pokytis turi būti aptartas savivaldybės lygmeniu. Esant ekstremalioms oro sąlygoms, savivaldybė gali keisti energijos gamybos apimčių reikalavimus, tad tiekimo grandinė privalo prognozuoti galimai padidėsiantį biokuro poreikį. Savivalda yra svarbus tarpinis klasterio determinantas, be kurio pritarimo ir palaikymo klasterio ir tiekimo grandinės veikla būtų neįmanoma.
- **Aprūpinimo paslaugos.** Iškilus eksploatacijos problemoms, atsiradus poreikiui tobulinti procesus ar juos plėsti, pasitelkiami aprūpinimo subjektai. Jie yra būtini užtikrinti sklandų tiekimo grandinės darbą visuose lygmenyse. Aprūpinimo struktūros gali būti kiek nutolusios nuo klasterio centro, tačiau didžiausio efektyvumo jos pasiektų turėdamos atstovybes klasterio veiklos teritorijoje. Tai padėtų operatyviai spręsti problemas. Tiekimo grandinės subjektų veiklos sėkmė labai priklauso nuo aprūpinimo paslaugų našumo ir efektyvumo. Jeigu klasterio veikloje dalyvauja viešasis sektorius, aprūpintojai prisideda ir prie šio determinanto dalių sėkmės. Aprūpinimo struktūrų veikla yra labai svarbi norint operatyviai spręsti susidariusias ruošos ir deginimo problemas, jos užtikrina sklandų procesą.
- **Vyriausybė.** Vyriausybės atsakomybė – formuoti nacionalinę politiką biokuro naudojimo atžvilgiu. Ją sudaro nacionalinės energetikos strategijos parengimas, mokestinis reguliavimas, palankių verslo sąlygų sudarymas. Vyriausybė gali reikšmingai paskatinti ir biokuro energetikos plėtrą, ir biokuro klasterių kūrimąsi. Kadangi klasterio veiklai valstybės subsidijos nėra būtinos, valstybės skatinimas gali būti susijęs su veiklos vykdymo supaprastinimu, sąlygų kurtis klasteriams palengvinimu. Taip pat vyriausybė per pavaldžias institucijas atlieka šilumos ir elektros kainų reguliavimo funkcijas, įgauti techninės būklės analizę. Pagrindinis prižiūrimas subjektas yra tiekimo grandinė bei jos segmentai, kiek mažiau yra stebima savivaldos veikla vietiniame energetikos sektoriuje. Labiausiai stebima sritis

– mokestinės prievolės. Klasteris, įdarbindamas daug asmenų, generuodamas skirtingus procesus, sudaro sąlygas ekonominei veiklai plėstis regione viduje. Ekonominė veikla yra susijusi su apmokestinimu, o klasteris vykdo pilną energijos gamybos veiklą nuo kuro paruošimo iki jo pavertimo energija. Vyriausybė gali daryti reikšmingą teigiamą arba neigiamą poveikį klasteriui, priklausomai nuo vyriausybės požiūrio į išteklių sutelkimą ir veiklą konkrečiame regione.

- **Patarėjai.** Klasterio progresą palaiko ir inovatyvumą skatina įvairaus tipo patarėjai. Patarėjai gali būti susiję su mokslo institucijomis, verslo vystymo konsultacinėmis struktūromis bei kitomis asocijuotomis struktūromis. Konsultacijos gali būti susijusios su biomasės naudojimo efektyvumo didinimu, vadybinių kompetencijų plėtra, klasterio strateginio plano formavimu. Klasteris gali dalyvauti įvairių pramonės organizacijų veikloje, taip pabrėždamas savo tarpdiscipliniškumą. Darbas organizacijose gali padėti rasti efektyvumo didinimo sprendimų, taip pat galimybių palengvinti konkurenciją rinkoje. Nepriklausomi ekspertai paprastai pasitelkiami siekiant taktinių ar operatyvinių tikslų, kai yra būtina reikalingų sprendimų atlikimo kontrolė. Mokslo institucijos klasteryje pritaiko naujausius išradimus bei atlieka nuolatinius aktualius tyrimus. Patarėjų determinantas biokuro klasteryje rodo šio klasterio brandą ir progresyvų požiūrį į mokslo ir verslo bendradarbiavimą. Jis yra svarbus siekiant ilgalaikio teigiamo poveikio. Patarėjų veikla yra aktuali siekiant išlaikyti klasterio veiklos progresą, gebėjimą atsižvelgti į vartotojų poreikius ir sąlytį su aplinka.

Visi nurodyti klasterio determinantai yra reikšmingi ir įnešantys savitą indėlį į kasdieninę klasterio veiklą. Siekiant orientuoto progreso, reikalingas darnus aprūpinimo struktūrų, tiekimo grandinės ir patarėjų darbas. Savo veikloje naudodamas vietinius atsinaujinančius išteklius, klasteris rodo aukštą savo konkurencingumo lygį ir stiprumą. Klasteris veikia disciplinuotai tarp skirtingų procesinių veiksmų, todėl planingas darbas leidžia kurti teigiamą poveikį. Tiekimo grandinė yra geriausias to pavyzdys – valdydama paruošimo, transportavimo ir sunaudojimo procesus, pasiekia energijos gamybos tikslą. Įvertinus procesų dinamiką teigtina, kad tiekimo grandinė yra pagrindinė biokuro klasterio determinantė.

Biokuro tiekimo grandinė, palyginus su iškastinio kuro tiekimo grandine, yra kur kas kompleksiškesnė. Siekiant efektyvios energijos gamybos būtina, kad biomasės telkiniai būtų arti jėgainės. Tai pasunkina biokuro atsivežimą iš tolimesnių vietovių, bet užtikrina maksimalų regione esančio biokuro panaudojimo efektyvumą. Priklausomai nuo telkinio, reikalingos atitinkančios transporto priemonės, galinčios pervežti biokurą. Yue, You, Snyder (2014) teigia, kad eksploatavimo požiūriu biokuras yra per mažo kalingumo, nestabilus transportuoti tolimaisiais reisais dėl mažo energijos tankio ir didelio vandens kiekio. Modeliavimo praktikoje tinkamas biokuro verslo veiklos regionas yra lygus „įmanomam atstumui“, kuris apibendrina žaliavos transportavimą. Murphy, Devlin, McDonnell (2014) tyrimas atskleidė, kad transportavimo dedamoji tiekimo grandinėje daro didžiausią poveikį energijos ir šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimo cikle. Ši išvada parodo lokalios miško biomasės gamybos ir naudojimo svarbą. Medienos drožlių, susmulkinto pluošto ir

kelmų gamyba yra palanki lokaliaje vietovėje palyginti su kitais biomasės šaltiniais ir iškastiniu kuru. Lam, Varbanov, Klemeš (2011) svarsto, kad įprastose biomasės gavybos vietose (ūkiuose, miškuose ir kt.) reikalinga plati infrastruktūra, įskaitant biokuro surinkimą ir gabenimą lauko ir kelių transportu. Įvertinęs šiuos faktorius, klasteris formuoja tiekimo grandinę, kuri gali būti paremta miško biomase, energetiniais augalais, žemės ūkio atliekomis. Klasterio veiklai optimizuoti būtina aiški transportavimo trajektorija, kuri yra laikytina svarbia tiekimo grandinės dalimi. Būtina tiksliai įvertinti galimybes eksploatuoti konkrečius biokuro telkinius arba įveisti naujas energetinių augalų plantacijas. Prevencinė veikla gali užtikrinti ilgalaikį efektyvios tiekimo grandinės konkurencingumą.

Įvairioms pasaulio valstybėms ar jų regionams pereinant prie ekologiškos energijos naudojimo, tampa svarbu subalansuoti energijos tiekimo procesus. Eliminuoiant žmogiškąjį faktorių būtina užtikrinti techniško tiekimo patikimumą, tačiau kai kurioms energijos gamybos rūšims žmogiškieji ištekliai yra neišvengiami. Tai ypač pasakytina apie biokuro naudojimą, kadangi deginant biomasę reikalinga darbo jėga nuo pat kuro paruošimo iki jo pristatymo. Čia labai svarbi tiekimo grandinė, kuri yra būtina sąlyga siekiant sklandaus šilumos energijos tiekimo. Joje sąveikauja biomasės ruošos, transportavimo, deginimo subjektų interesai. Tyrimų, atliktų biokuro tiekimo grandinės srityje, yra pakankamai daug, tačiau jie yra fragmentuoti. Annevelink, de Mol, (2007) teigimu, biomasės tiekimo grandinės valdymas apibrėžiamas kaip integruotas bioenergijos gamybos procesas nuo biomedžiagų derliaus nuėmimo iki energijos konversijos įrenginių. Pirraglia, Gonzalez, Saloni, Denig (2013) teigia, kad sklandus tiekimo grandinės darbas yra neišvengiamai susijęs su atsakingu kaštų valdymu. Pagal San Miguel et al., (2015), auginant energetinius augalus, šioje veikloje biokuro gamybos išlaidos visų pirma susijusios su žemės nuoma (39 proc), derliaus nuėmimu (21 proc.) ir transportavimu (8 proc., atsižvelgiant į 25 km tiekimo atstumą). Didėjant atstumui, didėja transportavimo išlaidos, tokiu atveju būtina subalansuoti tiekimo grandinę. Lygiagrečiai egzistuoja kiti svarbūs veiksniai, lemiantys biokuro tiekimo konkurencingumą lyginant su iškastiniais ištekliais. Testa, Di Trapani, Foderà, Sgroi, Tudisca (2014) požiūriu, rezultatų pokytis vyksta dėl biokuro išėigos skirtumų (tai priklauso nuo daugelio parametru, tokių kaip dirvožemio tipas, klimatologija, vandens prieinamumas, energetinių augalų rūšys ir kt.), žemės nuomos išlaidų, medžio drožlių rinkos kainos ir galimybės gauti valstybines subsidijas.

Lim, Lam (2016) pateikia naują požiūrį į tiekimo grandinę, paremtą Biomasės elementų gyvavimo ciklo analizės (angl. *BELCA*) modeliu. Pagrindiniai *BELCA* taikymo tikslai: a) klasifikuojant elementus, atrasti potencialiai nepakankamai panaudotą biomasę, b) tobulinti biomasės tiekimo grandinę, atsižvelgiant į nepakankamai panaudotą biomasę. Awudu, Zhang (2013) savo tyrime pateikė stochastinį biokuro tiekimo grandinės gamybos planavimo modelį, kurį sudaro biomasės tiekėjai, biokuro perdirbimo įmonės ir paskirstymo centrai. Mokslininkų nuomone, tiekimo grandinė yra viena svarbiausių biokuro konkurencingumo dedamųjų, tačiau stokojama informacijos apie pačią tiekimo grandinės sudėtį. Mokslininkai biokuro tiekimo grandinę tiria remdamiesi skirtingomis tyrimo sąlygomis. Shabani, Sowlati, Ouhimmou, Rönnqvist (2014) teigimu, neapibrėžtumas

dėl biomasės tiekimo yra kritinė problema, į kurią reikia atsižvelgti planuojant bioenergijos gamyklų darbą. Jei tiekimo grandinės planavimo modeliuose yra neapibrėžtumo, turi būti atlikti patobulinimai ir priimti stabilūs sprendimai. Sharma, Ingalls, Jones, Huhnke, Khanchi (2013) teigia, kad dėl nestabilaus meteorologijos faktoriaus biokuro tiekimo grandinėje, tiekimo scenarijaus kūrimo procesas yra kintamas. De Meyer, Cattrysse, Rasinmäki, Van Orshoven (2014) į tiekimo grandinės tyrimus įtraukė šias pagrindines, analizuoti reikalingas sąlygas: biomasės tiekimą, pajėgumų subalansavimą, naudojamą technologiją ir laikymo, paruošimo bei konversijos įrenginių vietą. Tai lemia, kad tyrimų rezultatai nėra koncentruoti ir plačiai pritaikomi tiems subjektams, kurie yra sprendimų priėmėjai perorientuojant šalių ar regionų energetines sistemas.

Tyrimų gausa rodo, kad tiekimo grandinė yra aktuali ir svarbi viso proceso sėkmei. Tačiau tyrimai, susiję su klasterių struktūroje kontroliuojamomis tiekimo grandinėmis, yra reti ir fragmentuoti. Tyrimuose aptiriamos tik specifinės tiekimo grandinės, taikomos atskiriems atvejams. Dažnu atveju pateikiami pavyzdžiai yra teorinio pobūdžio, neparemti praktiniais pavyzdžiais ir pateikiami kaip galimi pasiūlymai. Žaliosios energetikos atveju, tiekimo grandinių tyrimai yra dar retesni, kadangi kuro tiekimas yra aktualus tik biokuro naudojimo atveju. Yu, Klein, Jang (2014) ir De Meyer, Cattrysse, Van Orshoven (2016) nagrinėjo jėgainių aprūpinimo energetiniais augalais tiekimo grandines. Taigi, buvo įtraukti augalų sodinimo ir derliaus nuėmimo procesai. Čuček, Varbanov, Klemeš, Kravanja, (2012) biokuro tiekimo grandinę tyrė remdamiesi gyvavimo ciklo vertinimo modeliu. Uslu, Faaij, Bergman (2008) pateikė, kad biokuro tiekimo grandinės išlaidos yra labai jautrios derliaus nuėmimo laikotarpiu. Laikoma, kad energetinių augalų auginimo atveju derlius nuimamas vyksta kas 8 mėnesius. Dėl trumpesnių derliaus nuėmimo laikotarpių padidėja biomasės gamybos išlaidos. Tačiau vyrauja požiūris, kad tiekimo grandinė nėra svarbiausia konkurencingumo dalis. Alsaleh, Abdul-Rahim, Mohd-Shahwahid (2017) prideda, kad tiekimo grandinė gali atlikti reikšmingą vaidmenį didinant energijos iš biokuro gamybos efektyvumą ir mažinant veiklos sąnaudas. Plėtojant naujas verslo strategijas ir tinkamai investuojant į augalų auginimą, tiekimo grandinės optimizavimas padėtų didinti biomasės gamybos ekonominį efektyvumą. Taip pabrėžiamos biokuro tiekimo grandinės savybės, tačiau trūksta jų kompleksinio pateikimo. Daugeliu atvejų vertinamas tiekimo grandinės techninis ir ekonominis pagrindumas, siekiant įrodyti tiekimo grandinės vaidmenį susidarančių sąnaudų valdymo procese.

Tiekimo grandinė yra glaudžiai susijusi su klasterio veikla ir atitinka klasterio struktūrą. Sąsaja tarp klasterio ir tiekimo grandinės pasireiškia per tiekėjo ir vartotojo santykius. Pagal Patti (2006), klasteriuose veikia tiekėjai ir vartotojai. Tiekėjai tiekia žaliavas, specializuotą įrangą ir paslaugas. Paskesni pirkėjai gali būti galutiniai produkto vartotojai arba tarpinė grandis visoje tiekimo grandinėje. Klasteriai horizontaliai išplečiami panašių ir vienas kitą papildančių gaminių, kuriems reikalingi tie patys pagrindiniai įgūdžiai, žaliavos ir specializuota įranga, gamintojais. Be to, daugelyje klasterių taip pat yra universitetai, standartų nustatymo agentūros, ekspertų grupės, profesinio mokymo institucijos, prekybos asociacijos ir net vyriausybės institucijos. Biokuro klasterio tiekimo grandinėje reikšmingą vaidmenį atlieka

biokuro perdirbimo ir deginimo subjektai, per kuriuos yra pasiekiamas galutinis vartotojas. Nuolatinis bendradarbiavimas tarp klasterio subjektų užtikrina, kad klientai būtų aprūpinti reikiamu energijos kiekiu nepertraukiamai.

Biokuro klasterio tiekimo grandinės ypatybė yra ta, kad tarp susijusių subjektų ji plėtojama palyginti nedideliu atstumu. Tai padeda išlaikyti aukštą įsitraukimo į procesus lygį ir leidžia vartotojams pasiūlyti energiją už konkurencingą kainą ir reikiamu metu. Grandinėje vykdomi procesai pereina į veiklos etapus, tokius kaip biomasės paruošimas ir apdorojimas, saugojimas, transportavimas ir deginimas. Auginant energetinius augalus, pradiniai veiklos etapai yra susiję su žemės paruošimu ir augalų sodinimu, reguliaria jų priežiūra, derliaus nuėmimu. Kiekvienas tiekimo grandinės etapas formuoja energijos gamybos kainos dedamąją, tad atskiri tiekimo grandinės trukdžiai didina bendrą energijos kainą. Taigi, biokuro konkurencingumas iškastinio kuro atžvilgiu gali mažėti, o tiekimo grandinės efektyvumas yra viena pagrindinių biokuro sklaidos sąlygų. Dėl to bendradarbiaujama su daugeliu tokių biokuro tiekėjų, kurie gali užtikrinti nepertraukiamą biokuro tiekimą.

Tiekimo grandinės sudarymas yra daugialypis procesas, susidedantis iš techninių ir derybinių sprendimų paieškos. Ayoub, Martins, Wang, Seki, Naka, (2007) požiūriu, kuriant biokuro tiekimo grandinę, reikia pasiekti kompromisą tarp skirtingų suinteresuotųjų šalių tikslų, t. y. užtikrinti, kad iš biokuro pagaminta energija kurtų teigiamą ekonominį, ekologinį ir socialinį poveikį. Šis poveikis daugiausia priklauso nuo susijusios tiekimo grandinės. Pasiekus susitarimą ir balansą tarp visų tiekimo grandinės dalyvių, atsiranda sąlygos kurti pridėtinę vertę energijos vartotojams. Tai leidžia tiksliau prognozuoti ateities veiklą. Geldermann (2016) požiūriu, biologinės pramonės sėkmė priklauso nuo sugebėjimo tiksliai numatyti žaliavų srautus integruotoje biokuro tiekimo grandinėje. Bendras sutarimas svarbiausiais klausimais biokuro versle yra itin reikalingas, tad būtina kuo lanksčiau koordinuoti bendrus veiksmus rinkoje. Biokuro klasteriui tai neišvengiama – tiekimo grandinėje nuolat keičiamasi informacija apie energijos poreikį, kuris lemia biokuro paklausą ir pasiūlą.

Konkretinant tiekimo grandinės veiklos etapus, įtraukiamos pagrindinės kuro grupės – kietosios atliekos ir energetiniai augalai. Biokuro klasterių tiekimo grandinėje transportavimo funkciją atlieką kelių transporto priemonės, užtikrinančios mobilumą tarp biomasės išgavimo vietos ir deginimo įrenginio. Priklausomai nuo deginimo įrenginio pajėgumų, infrastruktūros galimybių ir klasterio veiklos politikos suplanuojami sandėliavimo pajėgumai. Visi šie procesai turi būti tinkamai optimizuoti, siekiant tiekti energiją konkurencinga kaina. Pabrėžtina, kad iškastinis kuras didžiąją dalimi atveju tiekiamas vamzdiniais, taip supaprastinant tiekimo grandinę – ji susideda iš mažesnio skaičiaus dedamųjų. Biokuro klasterių atveju visi sutinka, kad pradinis tiekimo grandinės taškas yra biokuro telkinys, o galutinis – energijos gamybos jėgainė. Rentizelas et al. (2009) manymu, biokuro tiekimo iš jo gamybos vietos į jėgainę seka yra tokia:

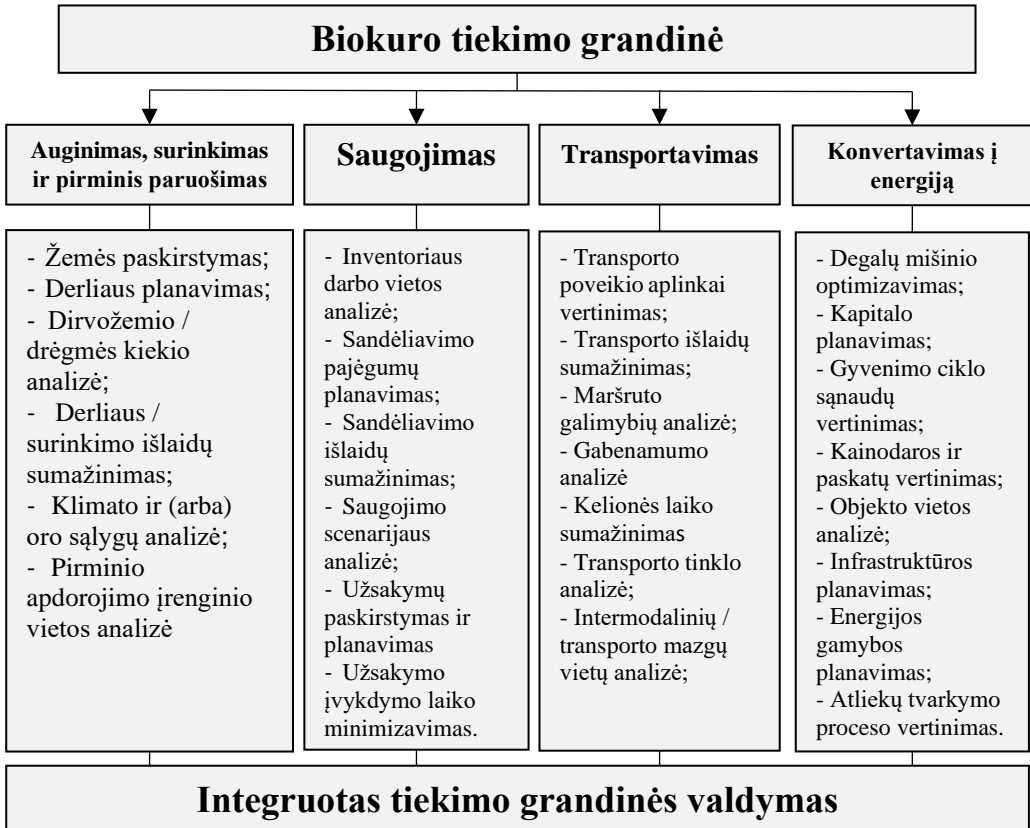
- Biomasės nuėmimas / surinkimas lauke / miške;
- Biomasės pavertimas biokuru ir biokuro transportavimas, siekiant perkelti biokurą į vietą, kur galima naudoti kelių transporto priemones;
- Sandėliavimas;
- Biokuro pakrovimas ir iškrovimas į kelių transporto priemones;

- Vežimas kelių transporto priemonėmis;
- Galutinis suvartojimas.

Tiekimo grandinės procesus galima apibendrinti dar koncentruočiau. Gold, Seuring (2011) pateikia kiek kitokią biokuro tiekimo grandinės veiksmų seką:

- derliaus nuėmimas ir biomasės surinkimas;
- saugojimas visoje tiekimo grandinėje;
- transportas tiekimo grandinėje;
- išankstinio apdorojimo būdai;
- bioenergijos gamybos sistemos projektavimas.

Kiekvienam tiekimo grandinės procesui skiriamos papildomos funkcijos, kurios taip pat yra ir planavimo objektai. Pagal tai galima geriau subalansuoti tiekimo grandinę ir pasiekti aukštesnį reakcijos lygį. Taip sukuriamas optimaliausias tiekimo grandinės modelis, pritaikytas prie konkretaus regiono specifikos ir naudojamo kuro tipo. Išlaikytas veiksmų eiliškumas yra viena svarbiausių tiekimo grandinės sėkmės dedamųjų. Pagal 18 pav. pateiktą schemą matyti, jog išskiriami keturi tiekimo grandinės procesai, pagal kuriuos atliekami grandinės balansavimo veiksmai.



18 pav. Biokuro tiekimo grandinė ir pagrindinės dedamosios (Mafakheri, Nasiri, 2014)

Nagrinėjant atskirus tiekimo grandinės balansavimo veiksmus pastebėtina, kad jie gali būti skirstomi į vienkartinius ir tęstinius. Vienkartiniai veiksmai dažniausiai atliekami pradinėje tiekimo grandinės formavimo stadijoje, o tęstiniai veiksmai atliekami nustatant konkretų laikotarpį. Gautus skirtingų laikotarpių duomenis vėliau galima lyginti. Šie veiksmai padeda išlaikyti nuolatinį tiekimo grandinės valdymo efektyvumą. Daugiausiai tai taikoma išgavimo ir transportavimo procesams, kadangi šie procesai yra reikšmingai veikiami išorės veiksnių. Taip pat jie labiausiai mažina efektyvumą.

Kiekvienai tiekimo grandinei keliami tam tikri standartiniai atitikties reikalavimai. Pagal juos suformuojama tiekimo grandinės vystymo politika ir išskiriamos svarbiausios sklandžios veiklos dedamosios. Tai padeda užtikrinti ne tik tiekimo grandinės valdymo efektyvumą, bet ir visų susijusių sąnaudų valdymą. Biokuro klasteriams tai yra ypač svarbu, kadangi tiekimo grandinės procesas yra sudėtingesnis negu iškastinių išteklių naudojimo atveju, o nuo tiekimo grandinės efektyvumo reikšmingai priklauso klasterio galimybės pasiūlyti konkurencingą energijos kainą. Šiuo atveju galima sutikti su Kishore, Bhandari, Gupta (2004) nuomone, kad norint jog konkrečios organizacijos tiekimo grandinės veiktų stabiliai pelningai reikalingi šie duomenys:

- Kokybiška techninė ir MTEP produkcija iš mokslo institucijų;
- Aukštas sistemos integravimo lygis, siekiant optimizuoti operacijas;
- Biokuro tiekimo ir energijos bei kitų prekių ir paslaugų pardavimo užtikrinimo mechanizmai;
- Finansavimo schemas su mažomis palūkanų normomis ir pradiniam, ir apyvartiniam kapitalui.

Biokuro klasterio tiekimo grandinės veikla atitinka pagrindinį biokuro klasterio tikslą – iš nenaudojamų atliekų išgauti energiją. Vis dėlto, tai formuoja skirtumus tarp biokuro klasterio ir tradicinės tiekimo grandinės. Pagal Iakovou et al. (2010), žemės ūkio biomasės rūšims paprastai būdingas sezoniškumas, todėl tai diktuoja poreikį didelius biomasės kiekius kaupti ilgą laiką, tai savo ruožtu sukuria dideles atsargų sandėliavimo išlaidas visus metus veikiančiai jėgainei. Tad skirtingais metų laikais, biomasės išgavimo ir apdorojimo tempai yra nevienodi. Įvertinus tai, telkiami tiekimo grandinės pajėgumai ir numatoma žaliavos tiekimo politika. Kadangi energijos gamyba yra nenutrūkstama, būtina tam tikru laikotarpiu sukaupti kuro rezervą. Taigi, tiekimo grandinės veikla įgauna sezoniškumo požymių – kai veikla vykdoma įprastai ir kai ruošiamasi energijos gamybos augimui, t.y. dažniausiai šaltuoju metų laiku. Kadangi energijai gaminti yra naudojamos atliekos arba energetiniai augalai, tiekimo grandinės valdymas turi esminę reikšmę sėkmingam tokių atliekų šalinimui.

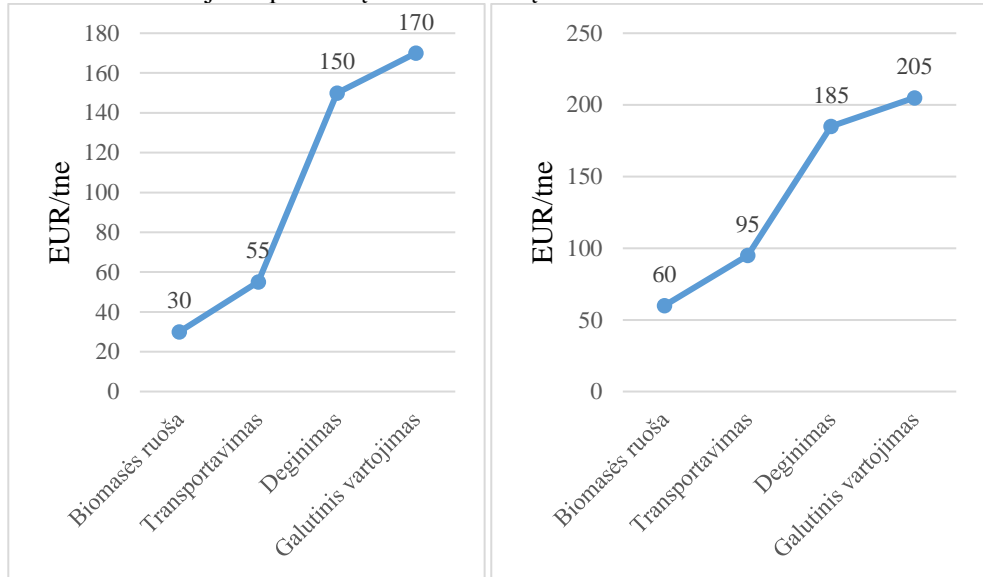
Biomasės energetikos sektoriaus logistika dėl esamų būtinų dedamųjų skaičiaus yra pakankamai sudėtinga. Ji yra veikiamą sezoniškumo, ir tai turi įtakos galutinei energijos kainai. Esant palankesnėms klimatinėms sąlygoms, galima pasirūpinti reikalingu biokuro kiekiu mažesne kaina. Tačiau žiemos arba intensyvaus lietaus laikotarpiu biomasės kaina didėja ypač sparčiai. Kuula, Neittaanmäki, Pölönen, Tuovinen, (2011) teigimu, pavasarį dažnu atveju yra sudėtinga dirbti su sunkiąja technika ir gabenti medieną iš tolimų ir negyvenamų vietovių dėl šlapio dirvožemio ar prastai tvarkomų kelių. Norint išvengti sezoninių pokyčių ir kad visi šie procesai

būtų veiksmingi ir sklandūs, reikėtų peržiūrėti visą gamybos procesą ir kiekvieno veiklos subjekto vaidmenį. Šio proceso logistika ir infrastruktūra taip pat turėtų būti patobulinta visame klasterio lygmenyje, tačiau tai finansiškai brangu ir mažina visos bioenergijos pelningumą. Tai verčia itin tiksliai įvertinti biokuro tiekimo grandinę įtraukiant specifinius veiksnius. Šie veiksniai gali išstėti tiekimo procesą, tad egzistuoja praktika, kai biokuro perdirdimo apimtys ir apsirūpinimas žaliava planuojamas bent keliems mėnesiams į priekį. Turint nuoseklų tiekimo grandinės planavimo mechanizmą, galima skirtingu metu pasirūpinti reikiamais biokuro kiekiais už panašią kainą.

Tiekimo grandinės valdymui pasitelkiamos skirtingos strategijos. Biokuro klasteriams tiekimo grandinę sudaryti ir valdyti įmanoma pasitelkus kartografinius duomenis. Tai ypač naudinga nekonsoliduotose miškų valdose, kai regionuose plyti daug nedidelio ploto miškų. Pramoniniu požiūriu tai nėra naudingi miškai, kadangi jų komercinis potencialas yra per mažas. Be to, dažnu atveju jiems trūksta priežiūros, skirtingai nei konsoliduotose miško valdose. Turint miško valdų klasifikaciją ir biologinius duomenis, galima efektyviau išnaudoti jų potencialą. Remiantis Ba, Prins, Prodhon (2016), GIS (geografinės informacijos sistemos) yra labai vertinamos dėl sąlygų saugoti, vaizduoti ir analizuoti kartografinius duomenis. Tokios sistemos gali sujungti kelis geografinių objektų sluoksnius. Taigi galima sujungti topografinį žemėlapi, kelių tinklą ir infraraudonųjų spindulių palydovinį vaizdą, kad būtų galima įvertinti pasėlių brandą, rasti neteisėtus želdinius ar diagnozuoti ligas. Taikant šį būdą galima nustatyti ilgalaikę biokuro tiekimo politiką ir pagal tai koreguoti tiekimo grandinę. Tai leistų pasiekti nepertraukiamą biokuro tiekimą ilguoju laikotarpiu ir sąnaudų valdymą. Taip pat būtų padidintas potencialių biokuro išteklių generuojančių vietovių skaičius. Naudojimasis GIS leistų optimizuoti tiekimo grandinėje susidarancias sąnaudas, taip didinant klasterio konkurencingumą tiekiant energiją. GIS taip pat leistų mažinti galimą šešėlinę prekybą klasteryje, kai kyla perteklinės gamybos rizika ar klaidingo biokuro kiekio pristatymas į jėgainę.

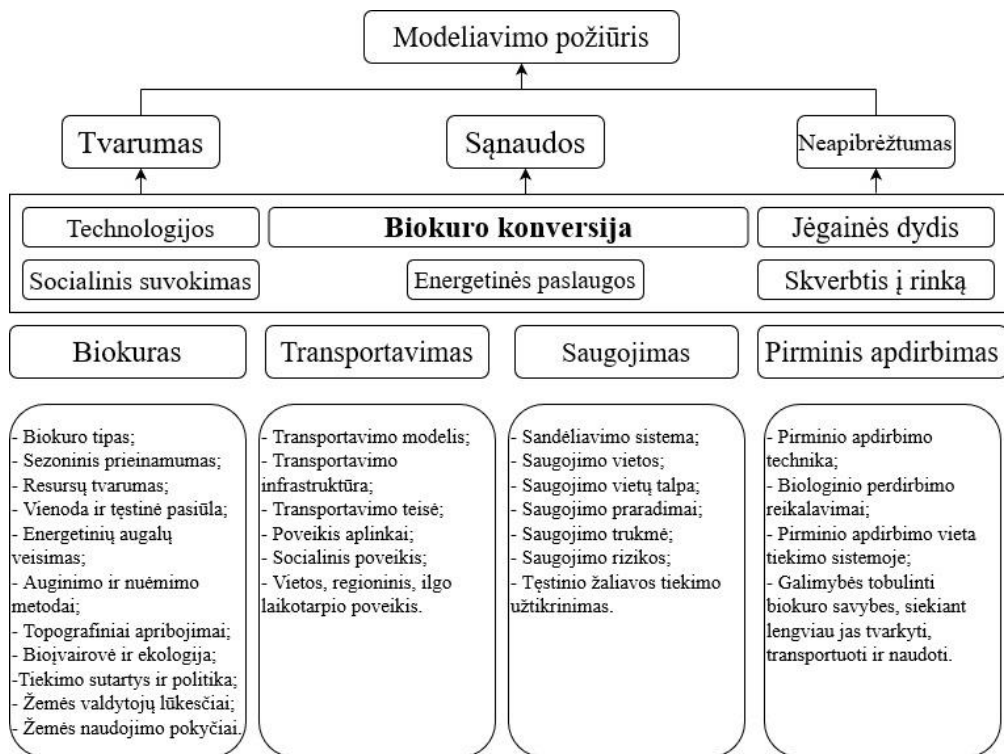
Biokuro tiekimo savikainą galima įvertinti pagal pagrindinius tiekimo grandinės etapus. Savikainai įtakos turi tai, kad biokuras nuo jo paruošimo momento iki jo pavertimo energija pereina keletą infrastruktūros lygių. Jos valdytojai, patirdami biokuro apdoravimo ir perleidimo sąnaudas, suformuoja savo bendrosios savikainos dalį. Pagal 19 pav. matyti, jog pagrindinė biokuro pardavimo savikainos dalis susiformuoja galutinėje vartojimo fazėje. Tada, kai biokuras yra sudeginamas ir paverčiamas energija, atsiranda energijos transportavimo poreikis, tad būtiniosios infrastruktūros kaina didina bendrąsias biokuro energetikos sąnaudas. Augimo etapo sąnaudos susijusios su pirmine priežiūra, kadangi, skirtingai nei žemės ūkyje, auginant biomasę nereikalingos išlaidos dirvos pagerinimui ar derliaus kiekio padidinimui. Kadangi biomasės augimo laikotarpis gali būti ir 4 m. (auginant energetinius augalus) arba dešimtmečius (medienos atliekos), tai dar labiau mažina bendrąją sąnaudų dalį tiekimo grandinėje. Deginimo proceso metu energija perduodama bendraisiais energijos tinklais, o naudojimasis jais reikšmingai didina bendrąsias energijos sąnaudas. Šio tipo sąnaudas dažnai didina neefektyvūs energijos perdavimo įrenginiai, kurie formuoja šilumos ar elektros nuostolius. Tad atnaujinant tiekimo infrastruktūrą ir pritaikant ją prie biomasės apdoravimo įrenginių efektyvumo,

galima pasiekti sinergijos efektą. Savikainą būtina skaidyti į vasaros ir žiemos laikotarpius, kadangi keičiantis metų laikams, reikšmingai keičiasi ir biokuro ruošos sąlygos, ir energijos paklausa. Visa tai veikia šilumos kainą galutiniam vartotojui, o nuo klasterio gebėjimo valdyti tiekimo grandinės procesus priklauso galimybės užtikrinti vartotojams palankią šilumos kainą.



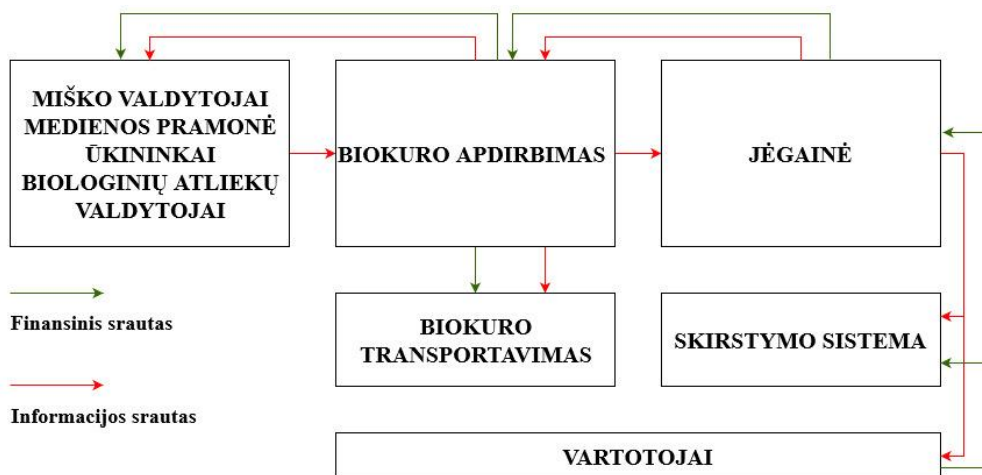
**19 pav.** Biokuro energijos savikaina tiekimo grandinės atveju vasaros (kairėje) ir žiemos (dešinėje) laikotarpiais (sudaryta autoriaus remiantis Kuula, Neittaanmäki, Pölonen, Tuovinen (2011) pateikta logika)

Kiekvienas tiekimo grandinės etapas susijęs su būtinųjų tiriamųjų veiksmy atlikimu. Turint sudarytą tiekimo strategiją ir įvertinant atskirus tiekimo faktorius, galima reikšmingai padidinti tiekimo konkurencingumą. Tai padėtų konkuruoti ne tik su iškastinio kuro energijos gamintojais, bet ir su kitais biokurą naudojančiais neklasterizuotais verslo subjektais. Kad būtų pasiektas šis tikslas būtina sekti skirtingų tipų indikatorius, tirti jų pokyčius ir nustatyti pasiekiamumo normatyvus. 20 pav. matyti, jog didelė dalis tiriamųjų veiksmy yra susijęs su pirminiu – biomasės paruošimo – etapu. Turima iširti, kiek biomasės yra verslo veiklos vietovėje, kiek ilgai bus galima eksploatuoti biomasę ir kaip tai padaryti nepažeidžiant darnaus vystymosi principų. Taip pat būtina atsižvelgti į biomasės telkinių savininkų nuomonę, kaip ji turi būti apdorojama ir tvarkoma. Pažymėtina, kad didelis dėmesys skiriamas biomasės saugojimo sprendimams – šiuo atveju pabrėžiamas ne tiekimo realiuoju laiku požiūris, o atsargų kaupimas. Tai aktualu toms vietovėms, kurios neturi gausių biomasės išteklių ir yra priverstos įsivežti kurą iš tolimesnių vietovių. Pagal egzistuojantį jėgainių skaičių nustatomos pirminio apdoravimo galimybės. Tuo būdu tampa įmanoma planuoti tiekimo bei energijos gamybos dydį.



**20 pav.** Tiekimo grandinės etapuose reikalingų įvertinti veikslių chronologija (Sharma, Ingalls, Jones, Huhnke, Khanchi, 2013)

Apibendrinus teorinę ir praktinę informaciją, sudaroma biokuro klasterio tiekimo grandinė, kuri yra paremta ekonomine logika. Į tiekimo grandinės schemą (21 pav.) įtraukti visi biomasės energijos rinkos dalyviai ir tarp jų vykstantys procesai. Išskirti du šaltiniai – finansiniai ir informaciniai. Ši grandinė gali būti taikoma energijos tiekimo regionams – jų veiklos sritis yra iki 100 km. Atsižvelgiant į tai, kad šis atstumas yra taikomas pagrindiniams rinkos dalyviams, tiekiamo biokuro kiekis gali būti skirtingas, priklausomai nuo regiono dydžio. Pabrėžtina, kad biomasės sandėliavimas nėra įtraukiamas – taip stengiamasi užtikrinti biokuro panaudojimo efektyvumą, išvengti biokuro pardavimo nuostolių ir mažinti galimą neigiamą poveikį aplinkosauginei padėčiai. Biokuras pristatomas remiantis tiekimo realiuoju laiku (angl. *Just-in-time, JIT*) filosofija, kai biokuro tiekimas yra visiškai subalansuotas. Taip išvengiama išteklių švaistymo ir sukuriama sąlyga dėmesio ir išteklių koncentracijai į pagrindinės veiklos vykdymą. Tiekėjų gausa išsklaido prielaidą, kad galima susidurti su biokuro tiekimo sunkumais ar net biokuro stygiu. Išvengiant sandėliavimo būtinybės ir subalansuojant biokuro tiekimo srautus dar labiau išryškėja tiekimo grandinės svarba – konkurencingi tiekimo sprendimai leidžia įgyti pranašumą prieš neklasterizuotas energijos tiekimo struktūras. Biokuro klasterio tiekimo grandinė skatina nuolatinę komunikaciją ir sąnaudų analizę.



**21 pav.** Biokuro klasterio tiekimo grandinė

Šiuo atveju tiekimo grandinė yra papildyta ir visiškai adaptuota biokuro klasterių atvejui. Kadangi pagrindinis biokuro klasterio tikslas yra vartotojų energetinių poreikių patenkinimas, jie įtraukiami kaip galutinė tiekimo grandinės dalis. Esminė biokuro jėgainėse pagamintos energijos tiekimo dalis yra energijos skirstymo sistemos. Jos yra būtinos siekiant aprūpinti vartotojus, ir jomis naudojasi visi rinkos dalyviai. Pagaminta energija dažnai yra realizuojama per skirstymo tinklus valdančias įmones, tad vartotojai neturi tiesioginio kontakto su biokurą naudojančiomis jėgainėmis. Būtent skirstymo sistemos operatoriai nustato galimą realizuoti energijos kiekį, į kurį atsižvelgia biokuro jėgainės. Pagal tai jėgainės formuoja užsakymus biokuro išteklių valdytojams.

Biokuro klasterio tiekimo grandinė yra specifinė, nes ir informacijos, ir finansiniai srautai gali judėti keliomis kryptimis. Pagrindinė šio reiškinių priežastis yra tarpinių subjektų skaičius. Grandinėje yra trys pagrindinės dedamosios – biomasės tiekėjai, jėgainės ir vartotojai. Ypač svarbus tarpinis dėmuo yra medienos perdirbėjai, kurie glaudžiai sieja pirkimo ir pardavimo diapazonus. Jėgaines valdyti gali ir valstybinis, ir privatus verslas, o skirstymo tinklų kontrolė daugiausia priklauso valstybei. Vartotojai gali greitai sužinoti energijos vieneto kainą ir savikainą, kuri nulemta biologinių atliekų kainos ir perdirbimo bei transportavimo darbų optimizavimo. Pagal Anderson, Fergusson (2006), biokuro iš energetinių augalų transportavimo išlaidos tikriausiai darys didelę įtaką bendrai ekonomikai, taigi ekonomiškai biokuro žaliavos gabenimo atstumas tarp šaltinio ir galutinio vartotojo dažniausiai bus ribotas.

Ši tiekimo grandinė apibūdina visą biomasės sektorių – jis yra decentralizuotas ir jame dalyvauja daug rinkos dalyvių. Užtikrinant stabilų biomasės tiekimą ir optimizuojant procesus, energijos kaina yra konkurencinga. Tiekimo grandinės veikloje yra svarbu stabilizuoti ir standartizuoti vykdomus procesus, išlaikyti nuolatinę komunikaciją ir bendradarbiauti tarp skirtingų grandinės lygmenų. Kadangi yra gausu biokuro tiekėjų ir atsakoma sandėliavimo funkcijos, tiekimo grandinė gali

būti valdoma pasitelkus išmaniąsias sistemas. Jos leistų numatyti biokuro paklausos pokyčius ir reikalingu metu koncentruoti jo paruošimo pajėgumą. Būtina išskirti transportavimo sektorių. Sektoriaus dalyviai komunikuoja tik su biomasės ruošos subjektais, kadangi būtent jie teikia užsakymus vežti paruoštą biokurą. Transportavimas gali būti dviejų tipų – samdant transportavimo veikla užsiimančias įmones arba ūkininkus, turinčius biokuroi vežti reikalingą techniką. Pastaruoju atveju tai padėtų diversifikuoti ūkininkų pajamas ir sumažinti pagrindinės veiklos riziką. Kai kuriais atvejais ūkininkai gali valdyti ir biokuro išteklius, ir transportavimo įrangą. Esant šiai situacijai, ūkininkams yra reikalinga biokuro paruošimo paslauga.

Tiekimo grandinės veikla leidžia tvirtinti, kad tiekimo grandinė yra pagrindinė biokuro klasterio determinantė. Veiklos kompleksiskumas, aukštas verslo subjektų įtraukties lygis, nuolatinis duomenų valdymas liudija, kad būtent tiekimo grandinė yra svarbiausias biokuro klasterio konkurencingumą užtikrinantis veiksnys. Per tiekimo grandinės sudarymo prizmę galima iširti, ar esama galimybių veiklos regione ilguoju laikotarpiu apsirūpinti biokuru. Nesant galimybių reikiamą biokuro kiekį užsitikrinti konkrečiame regione, svarstyti kitų regionų pagalbos galimybę. Vis dėlto, biokuro klasteris yra integrali šalies energetinės sistemos dalis, tad bet kokie apsirūpinimo kuru pokyčiai turi būti vertinami per konkurencingumo prizmę. Biokuro klasteris veikia rinkoje tarp kitokiais būdais išgaunamos energijos gamintojų. Kai kuriais atvejais klasterio elgsena grindžiama konkurencingumo siekiu, o kai kuriais galimos ir bendradarbiavimo formos.

Vertinant klasterio veiklą tam tikrame regione, galima įžvelgti daug bendradarbiavimo galimybių. Siekiant patenkinti regiono energetinius poreikius, galimos įvairių įmonių tarpusavio jungtys. Jeigu biokuro klasteris bendradarbiaus su kitokį kurą naudojančiais klasteriais, jie galės naudotis bendra infrastruktūra. Infrastruktūra gali būti municipalinio ar valstybinio tipo, taip pabrėžiant būtinybę komunikuoti tarp klasterių ir viešųjų struktūrų. Klasterių sąveika ypač aktuali aglomeruotose vietovėse, kur būtinas nepertraukiamas energijos – šilumos, elektros ir dujų – tiekimas, kuriam užtikrinti reikalinga skirtingų energijos išteklių sąveika. Norėdamas sąveikauti bendrojoje rinkoje, klasteris turi turėti atvirą struktūrą, leidžiančią kurti pridėtinę vertę. Biokuro klasterių ir kitų klasterių ryšys yra glaudus, nes tai susiję su plačiu natūralaus kuro panaudojimu. Percze, Singh, Szűcs (2007) požiūriu, biokuras gali tapti svarbia energijos, skysto kuro ir chemijos gamybos žaliava. Sėkmingai vykdant mokslinių tyrimų programas, kuriomis padidinamas derlius ir kuriamos tinkamos galios ir cheminės konversijos technologijos, biokuras gali konkuruoti su iškastiniu kuru įvairiose srityse. Palyginti su iškastiniu kuru, biomasės žaliava gali būti naudinga aplinkai. Siekiant šio poveikio, būtinas įvairių mokslo ir verslo struktūrų bendradarbiavimas. Tai sudaro pagrindą tarpklasterinei sąveikai.

Tarpklasterinės sąveikos ryšius gali apibūdinti vieno klasterio veikimo principai. Moyoyama, (2008) nurodo šiuos klasterių veikimo aspektus: a) elementai, kurie sudaro klasterį, ir b) tarpusavio ryšys plėtrai, naujovėms ir konkurencingumui skatinti. Antrasis apribojimas yra empiriniame lygmenyje – tai susiję su geografinėmis kliūtimis ir galimomis dviprasmybėmis pramonės sektoriuje. Praktiškai nustatyti klasterio geografinę ribą vis dar yra iššūkis. Dažnai klasterių

sąvoka yra gretinama su aglomeracijos sprendimais. Tarpklasterinis bendradarbiavimas gali būti panašus į verslo aglomeraciją, tačiau šios dvi koncepcijos turi esminių skirtumų. Aranguren, De La Maza, Parrilli, Vendrell-Herrero, Wilson (2014) požiūriu, aglomeracija *per se* reiškia galimas išlaidas ir numatomą naudą; infrastruktūros naudojimo perpildymas ir darbo rinkos spaudimas yra du aiškūs neigiamo išorinio poveikio pavyzdžiai. Be to, norint gauti teigiamą poveikį, aglomeracija yra tik vienas iš galimų elementų tikslui pasiekti. Siekiant įgyti konkurencinių pranašumų, pasikliaujama bendradarbiavimu; pavyzdžiui, pasidalijamos pirkimų išlaidos ar rizikingų inovacijų projektų sąnaudos arba bendrai naudojamos paslaugomis vietinėse ir tarptautinėse finansų rinkose. Norint plėsti bendradarbiavimą su kitais klasteriais, neužtenka vien techninio išteklių sutelkimo – būtina nuolatinė komunikacija ir dalijimasis gerąja patirtimi. Tai padaryti gali būti sudėtinga, jeigu sektoriaus įmonės nepasižymi kolegialiais santykiais, o bendradarbiavimo koncepcijai trūksta skaidrumo.

Klasterio sąveiką su kitais energetikos klasteriais lemia biomasės specifika. Tai biologinis kuras, kuris nuolat atsinaujina. Pagrindinė atsinaujinimo sąlyga – tinkamai tvarkomas miškų ūkis arba subalansuota žemdirbystė. Vávrová, Knápek, Wege (2017) nurodo, jog biokuras, skirtingai nei kiti atsinaujinantys energijos šaltiniai, turi daug privalumų. Jo logistika ir naudojimas yra panašūs į įprastų iškastinių degalų, ypač rudųjų anglių, logistiką. Vadinasi, tai leistų sumažinti pirmines kompleksines išlaidas į biokuro energetikos infrastruktūrą, kadangi tam tikru lygiu yra įmanoma sinergija. Ši sinergija leistų išsaugoti daugiau darbo vietų. Tai aktualu šalims, kurios naudoja anglis, kadangi viena svarbiausių anglies naudojimo nemažinimo priežasčių yra galimi visuomenės neramumai panaikinus darbo vietas. Tas pačias darbo vietas perkėlus į biokuro ruošos ir naudojimo sektorius galima sumažinti neigiamą energetikos būdo pakeitimo poveikį socialiniu aspektu.

Viena klasterio veiklos sėkmės sąlygų yra veikimo vieta. Vietovė, turinti gausius biomasės išteklius arba galimybę jų užsiauginti, yra tinkama biokuro klasterio kūrimui. Veiklos vietovėje yra būtinas tam tikras viešosios infrastruktūros lygis, nes kitaip, pradinės veiklos išlaidos yra neišvengiamai didelės. Tad pageidautina, kad verslo vystymo pradžioje klasteris pasinaudotų kitų energetikos klasterių veiklos įdirbiu. Phelps (2004) požiūriu, klasterio galimybė plėstis į tam tikrą naują vietovę priklauso ne tik nuo vietinio verslo bazės, bet ir nuo dabartinės klasterio veiklos vietos, palyginti su kitais klasteriais. Biokuro klasterio veikla beveik visais atvejais pradedama tokioje vietovėje, kurios energetinę struktūrą sudaro iškastiniai ištekliai. Siekiant palengvinti veiklos startą, galima kooperacija tarp skirtingų energetikos klasterių. Tai pakankamai realu, ypač ES šalyse, kurios ilgainiui tikisi atsisakyti iškastinio kuro naudojimo. Biokuro klasterio sąveika su kitais klasteriais gali būti lemiamas veiksnys, užtikrinantis sėkmingą žaliosios energetikos plėtrą regionuose.

Klasterio sąveika reikšmingai priklauso nuo pačios klasterio struktūros. Lankstus valdymas leidžia pasiekti tarpdisciplininį bendradarbiavimą siekiant patenkinti vietos vartotojų energetinius poreikius. Turint lanksčią bendradarbiavimo struktūrą galima užsitikrinti reikalingus gamybinius ir palaikomouosius pajėgumus ir sudaryti sąlygas stabiliam verslui. Ilgainiui tai leistų tapti lyderiais energetikos sektoriuje ir formuoti didesnę finansinę naudą klasterio nariams bei gerinti socialinę

padėtį veiklos regione. Pagal Guerrieri, Pietrobelli (2004), siekiant plokštinti klasterio valdymo ir veiklos struktūrą, išskiriamos kelios aglomeracijų formos, kurios apibrėžia galimos lyderystės klasteryje formą. Įmonės linkusios klasterizuotis atsižvelgdamos į šiuos būdus:

1. Atsitiktinis įmonių susivienijimas, kartais susijęs ryšiais tarp įmonių, turintis mažai bendradarbiavimo patirties, neegzistuojančias arba mažai išvystytas vietos institucijas;
2. Maršalo (itališkas), gebantis atlikti sklandesnius tarpkonkurencinius sandorius, daug geriau išvystytą bendradarbiavimo praktiką, geriau išvystytas ir veiksmingesnes vietines institucijas, masto ekonomiją regiono lygmeniu, didelę įmonių specializaciją, gilią integraciją tarp ekonominės veiklos ir vietos socialinio-kultūrinio sluoksnio;
3. Vyraujantis įmonių tinklas, kuriame svarbi tam tikros formos lyderystė. Vadovų grupė teikia strategines paslaugas ir impulsą diversifikuoti įvairius produktus ir sektorius, pertvarkant gamybą, taip pat koordinuoja naujus ryšius tarp įmonių, vietos institucijų, veiksmių ir produktų rinkų.

Klasteriai yra svarbi dalis siekiant sudaryti aglomeruotus energetikos organizacijų junginius. Klasteriai ar jų junginiai gali veikti pagal tam tikrus principus, siekiant patenkinti pačių vartotojų poreikius. Klasteriai ar jų junginiai iš esmės skiriasi veiklos būdu. Biokuro klasterių bendradarbiauja su iškastinio kuro klasteriais aprūpinant vartotojus energija, tačiau aprūpinimo šaltinis iš esmės skiriasi. Taip pat skiriasi ir žaliavos gavybos būdai – biokuro klasteriui reikalingi transportavimo pajėgumai, o iškastinio kuro atveju dažnai tai atlieka magistraliniai ir skirstomieji vamzdynai. Energetikos verslas klasterių bendradarbiavimui yra itin tinkamas, kadangi veikla vykdoma lokalizuotoje vietovėje. Pasak Dicken (2003), specializuotos klasterių grupės susiformuoja tada, kai tos pačios ar glaudžiai susijusios pramonės įmonės įsteigiamos tose pačiose vietose, kad sudarytų tai, kas kartais vadinama pramoninėmis zonomis. Šis reiškinys žinomas kaip ekonominė lokalizacija. Specializuotų klasterių grupių pagrindas atsiranda dėl geografinio artumo tarp įmonių, atliekančių skirtingas, bet susietas funkcijas tam tikruose gamybos tinkluose. Energijos gamyba vykdoma taip, kad jos perdavimas būtų kuo greitesnis ir būtų išvengta energijos nuostolių. Klasteriai dalinasi bendra skirstymo infrastruktūra, o vienoje teritorijoje gali veikti kelių tipų kurą deginančios jėgainės. Klasterių sąveika taip pat padeda pasiekti didesnio veiklos efektyvumo plečiant verslą. Tai iš esmės keičia ekonominę struktūrą ir nusistovėjusią tvarką. Li (2017) atliktas tyrimas parodė, kad energijos suvartojimo mažėjimas, sumažėjęs technologijų lygis, TUI sumažinimas, glaudesnis bendradarbiavimas, įtempta konkurencija bei griežtesnis reglamentavimas buvo naudingi gamybinio klasterio veiklai. Tad galima teigti, kad struktūrinė įmonių pertvarka, nuolatinis produktų kokybės gerinimas ir plėtra buvo naudingi klasteriui vystyti. Energetikos klasterių atveju, veikla tarpusavyje padeda užtikrinti naujausių technologijų taikymą ir apsaugo nuo neefektyvumo spąstų. Taip yra todėl, kad klasteriai veikia vietinėje rinkoje, dalinasi tiekimo infrastruktūra, stengiasi patenkinti vartotojų poreikius, tačiau ir konkuruoja tarpusavyje.

Bendruoju požiūriu klasterių sąveika gali remtis bendrųjų išteklių sutelkimu. Didžiausio efektyvumo galima siekti sutelkiant moksliniams tyrimams skirtas

išlaidas. Energetikos atveju jos aktualios tiriant tinklų pralaidumą ir sąnaudų mažinimą juos naudojant. Tuo būdu galima eiti prie tarpklasterinio bendradarbiavimo, nepaisant konkurencijos regioninėje rinkoje. Sąveika gali būti įvairių formų bei tipų, priklausomai nuo klasterių dydžio. Inovacijos taip pat gali būti reikšmingas pagrindas plėsti klasterių bendradarbiavimą. Omelyanenko (2014) požiūriu, tarpsektorinės sąveikos koordinavimo efektyvumas buvo nulemtas gamybos ir ekonominio išsivystymo bei inovacijų laipsnio mezo ir mikro lygmeniu, remiantis socialine ir ekonomine plėtra. Vis dėlto, formuojant šiuos verslo junginius, pagrindiniu laikomas sektorinis aspektas, kuriuo remiasi klasterizacijos samprata. Bendradarbiaujant klasteriams, galimas bendras inovacijų kūrimas, siekiant efektyviau panaudoti turimus išteklius. Hussler, Muller, Rondé (2015) teigimu, be tarpklasterinių ir plėtos bendradarbiavimo tinklo tyrimų, reikia išnagrinėti klasterių bendradarbiavimo praktiką, atsižvelgiant į tris pagrindines savybes:

- Dominuojanti klasterio dalyvių nuosavybės struktūra, atspindinti pusiausvyrą tarp privačių įmonių, nacionalinių bendrovių ar savivaldybių dukterinių įmonių;
- Klasterio absorbciniai gebėjimai, atspindintys klasterių sugebėjimą efektyviai derinti apsirūpinimą ištekliais su išorės partneriais;
- Dominuojanti klasterio žinių bazė – skirtingų tipų žinių bazės (analitinės, simbolinės) turi skirtingas pasekmes tarpklasteriniam santykiui.

Technologiniu požiūriu klasteriai gali sąveikauti pratęsdami bendrą darbą elektroninėje erdvėje. Siekiant patenkinti vartotojų energetinius poreikius, klasteriai gali keistis informacija apie reikalingus pagaminti energijos kiekius. Esant padidėjusiai energijos paklausai, klasteriai gali veikti efektyviau koordinuodami savo veiksmus ir užtikrindami rinkos prisotinimą. Komunikacija ir informacijos sklaida šiandien įmanoma atliekant veiklą virtualioje erdvėje. Dias Leite, Molina-Morales, Reyes Júnior (2016) teigimu, organizacijos, įmonės ir asociacijos tarpusavyje susijusios pagal teminius tinklus, kurie gali būti virtualių erdvių produktyvių susitarimų (klasterių) pavidalu. Tokia veikla sukuria palankią aplinką mažų ir vidutinių įmonių bendradarbiavimui. Būtent tokios įmonės yra klasterių veiklos pagrindas, tad bendradarbiavimas elektroninėje erdvėje gali išplėsti biokuro klasterio sąveiką su kitais klasteriais. Dalinimasis informacija turi būti suprantamas plačiau, nei įprastas veiksmas, jis turi būti paremtas bendradarbiavimu. Connell, Kriz, Thorpe (2014) prideda, kad dalijimosi mechanizmai, apimantys sąveiką, yra pranašesni už tuos, kurie apima tik keitimąsi dokumentais, kadangi norint veiksmingai dalintis žiniomis reikia tam tikros struktūrinės priklausomybės tarp skirtingų šalių. Esant bendradarbiavimo atmosferai, tarpklasterinė sąveika gali kurti pridėtinę vertę.

Klasterių sąveiką taip pat gali lemti įvairūs neapibrėžtumai. Juos gali lemti oro sąlygos, politiniai ar ekonominiai veiksniai. Vis dėlto, klasterių sąveika gali daryti teigiamą poveikį visam veiklos regionui. Klasterių sąveika gali būti tinkamas katalizatorius regionų vystymuisi, kadangi klasteriai koncentruoja savo išteklius ir efektyviau panaudoja viešąją infrastruktūrą bei paslaugas. Pasak McCauley, Stephens (2012), manoma, kad teigiamas išorinis poveikis, susijęs su įmonių įsikūrimu tam tikruose sektoriuose, yra tylus žinių įmonėms ir susijusioms institucijoms perdavimas, vykstantis dėl darbo jėgos judumo. Klasterių iniciatyvomis siekiama skatinti šią

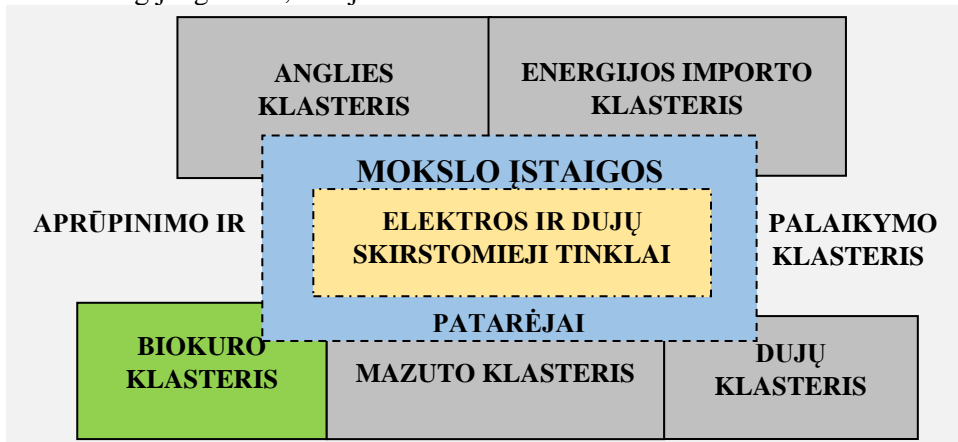
sąveiką, kad būtų sukurti dinamiški, besimokantys regionai, galintys palaikyti augimą ir inovacijas bei nuolatinį regionų konkurencingumą, net ir vykstant nuolatiniams pasaulinės ekonomikos pokyčiams. Kadangi klasteriai veikia lokalizuotoje teritorijoje, jie dažnai naudoja vietos išteklius. Gretinant energetikos klasterius, biokuro klasteriai kurią didžiausią poveikį, kadangi geba iš vietinių atliekų kurti ekonominę vertę. Tačiau naudos maksimizavimui pasiekti būtina bendradarbystė su kitais energetikos klasteriais, kad būtų galima vartotojus kompleksiskai aprūpinti šiluma, elektra ir dujomis. Tai reikalinga tuo laikotarpiu, kai biokuro klasteris stokoja investicijų į būtinąją infrastruktūrą – jėgaines, prisijungimo tinklus.

Pastebima nauja tendencija, kurią būtų galima priskirti sąveikos veiksniams – biomasė gali būti pradėta deginti anglies jėgainėse. Tokiu atveju persidengtų dvi itin gausius žmogiškuosius ir gamtinius išteklius valdančios klasterinės struktūros – jos dalintųsi ne tik skirstomaisiais tinklais, bet ir jėgainėmis. Pagal De, Assadi (2009), biokuro naudojimas esamose anglies jėgainėse tapo galimybe savanoriškai sumažinti išmetamo CO<sub>2</sub> kiekį, siekiant sušvelninti visuotinio atšilimo problemą. Biokuro deginimo ekonominis įgyvendinamumas daugiausia priklausys nuo vyraujančių anglies ir biokuro kainų. Paskatos mažinti išmetamą CO<sub>2</sub> kiekį gali būti reikšmingos užtikrinant biomasės deginimo ekonominį įgyvendinamumą. Toklu (2017) prideda, jog biokurą galima maišyti su anglimis skirtingomis proporcijomis – nuo 2 iki 25 proc. ar daugiau. Tai iš esmės keičia ryšius tarp energetikos klasterių, kadangi atsiranda precedentas dalintis deginimo infrastruktūra ir eliminuoti perinvestavimo galimybę. Esant tokiai padėčiai, šalims ir verslo subjektams pavyktų išvengti didelių pirminių išlaidų, skirtų infrastruktūrai diegti. Šalys, kurios turi anglies išteklių, gali perorientuoti savo energetinę sistemą, tačiau jos turi užsitikrinti vietinės biokuro gamybos pajėgumus. Šiam tikslui pasiekti reikalinga detali miškų išteklių analizė arba suformuota energetinių augalų auginimo politika. Procesus palengvintų sąveika su jau egzistuojančiu biokuro klasteriu – bendradarbiaujant tarpusavyje galima bendrai naudoti infrastruktūrą ir siekti efektyvios žaliosios energijos gamybos. Klasterių grupės gali būti tinkamas energijos vartojimo efektyvumo skatinimo katalizatorius. Melnik, Dyrdonova (2015) teigia, jog efektyvaus energijos vartojimo technologijų pritaikymas turėtų būti integruotas į regionų socialinio ir ekonominio vystymosi strategijas ir svarstomas rengiant regioninių klasterių, teritorinių klasterių, atskirų įmonių ir gamybos įrenginių plėtros strateginius planus. Tai rodo, jog klasterių susitarimas didinti energetinį efektyvumą leistų siekti esamų verslų vystymosi ir naujų verslų sukūrimo. Mäkinen, Laaksonen, Liuhto (2014) priduria, jog dėl tradicinių energijos išteklių išikvojimo, didėjančių energijos sąnaudų ir globalinio atšilimo sparčiai auga ekologiškų sprendimų, tokių kaip ekologiškas kuras ir efektyvus energijos vartojimas, poreikis. Augimui subalansuoti klasterio struktūra yra būtina, nes tai sudaro atsvarą pavienėms neefektyvioms iniciatyvoms, kylančioms iš besivystančių valstybių. Biokuro klasteryje sutelkti ištekliai padeda nuosekliai siekti įsitvirtinimo rinkoje, o sąveika su kitais klasteriais matoma naudojant bendrą infrastruktūrą ir jų patirtį veikiant rinkoje.

Yra įprasta, kad biokuro klasterių atveju vyrauja regioninis bendradarbiavimas šalies viduje. Vykstant tarpklasterinei sąveikai, galima komunikacija bei veikla tarp klasterių skirtingose, tačiau kaimyninėse šalyse. Sąveika gali pasireikšti per žaliavos

tiekiama, technologijų sklaidą, informacinių sistemų efektyvinimą. Tačiau tarpvalstybiniai klasteriniai ryšiai gali būti skirtingi dėl įvairių priežasčių. Mikhailov (2014) teigia, kad skirtingo dalyvavimo tarpvalstybinio klasterio bendradarbiavimo procesuose priežastys yra susijusios su klasterių politikos pobūdžiu ir regiono inovacijomis pagrįstos politikos veiksmingumu. Tai gali būti taikoma ir biokuro klasteriui, kadangi jo veikla yra daug lokalesnė, palyginti su kitų energijos rūšių klasteriais. Taip yra todėl, kad biokuras yra mažiausiai transportuojama kuro rūšis palyginant su anglimi, dujomis ar mazutu. Dėl brangaus transportavimo, bendradarbiavimas su užsienio regionais tampa sudėtingesnis, kadangi biokuro klasterio indėlis į bendrą tarpklasterinės struktūros sėkmę yra ribotas.

Biokuro klasterio sąveika su kitais klasteriais yra nevienalytė. Energetikos klasteriai išsiskiria savo kuro rūšimi – gali vyrauti iškastiniu ir atsinaujinančiu kuru besiremiantys klasteriai, taip pat aprūpinimo struktūros. Biokuro klasteris sąveikauja su mazuto, dujų, energijos importo bei energetikos sektoriaus aprūpinimo klasteriais. Pastarasis veikia visuose šiuose sektoriuose, kadangi visuose sektoriaus lygmenyse reikalinga aptarnavimo paslauga. Pagrindinis biokuro klasterio santykis su kitais klasteriais – naudojimasis skirstomaisiais elektros bei šilumos tinklais. Išskirtinas energijos gamintojų užsienyje klasteris, dažniausiai jungiantis su elektros energijos verslu susijusias įmones. Tai aktualu toms šalims, kurios didžiąją dalį elektros energijos importuoja. Visų rūšių kurą naudojantys klasteriai siekia vieno tikslo – aprūpinti šalį ar regioną jam reikalinga elektros energija. Skirtingi klasteriai gali patenkinti tuos pačius energijos poreikius ir tarpusavyje, pvz. biokuras naudojamas šilumos energijai gaminti, o dujos – elektrai.



**22 pav.** Biokuro klasterio santykių su kitais klasteriais schema

Klasterio sąveikos metu vyksta nuolatinis informacijos srautas tarp visoms energetikos rūšims atstovaujančių klasterių. Aprūpinimo ir palaikymo klasteris dengia visus klasterius, kadangi jis yra aktyvus energetikos klasterių veiklos sferose (22 pav.). Visi klasteriai dalinasi elektros ir dujų skirstomaisiais tinklais, kuriais energija pasiekia vartotojus. Siekiant darbo efektyvumo augimo ir geresnio išteklių naudojimo, pasitelkiamos mokslo įstaigos. Mokslo įstaigos pateikia sprendimus, kokiomis

proporcijomis pageidautina išnaudoti klasterių infrastruktūrą regionuose, kad būtų pasiektas didžiausias veiklos efektyvumas.

Konstatuotina, kad biokuro klasteris yra neatsiejama energetinės struktūros dalis. Klasterio veikla papildo arba užgožia kitų klasterių veikimą, kadangi dėl šiuolaikinių tendencijų biokuro klasteris geba veikti efektyviau ir tausiau. Vieningai veikdami, klasteriai užtikrina šalių energetinių poreikių patenkinimą. Nekoordinuota veika yra neįmanoma, kadangi visų kuro rūšių klasteriai naudojami vieninga energijos perdavimo ir skirstymo sistema, o klasterių rinkos dydis priklauso nuo gamybos infrastruktūros gausos ir gebėjimo veikti efektyviai. Klasteriai nuolat bendradarbiauja su mokslo, konsultacijų, palaikymo subjektais, taip palaikydami nuolatinę efektyvią veiklą ir užtikrindami ateities progresą.

**Apibendrinant** galima teigti, jog biokuro klasterio poveikis skirtinguose ekonominiuose lygmenyse yra reikšmingas. Biokuro energetikos verslo plėtra sudaro prielaidas vietinių išteklių naudojimui, naujų darbo vietų kūrimui, ekonominės veiklos pradžia kaimo vietovėse. Vis dėlto, esamuose moksliniuose šaltiniuose nebuvo įmanoma rasti sprendimų, leidžiančių išspręsti mokslinę problemą – kaip **įvertinti** vietinių išteklių naudojimo poveikį. Ryšium su moksline problema, kyla ir daugiau neapibrėžtumų. Dėl sektoriaus naujumo, nėra visiškai aišku, kokie veiksniai veikia biokuro klasterio veiklą. Taip pat nėra iki galo aišku, kokie rinkos santykiai vienija biokuro ruošos ir energijos gamybos rinkas. Nuo santykių tipo reikšmingai priklauso naujų verslo subjektų patekimas į rinką, jų galimybė kurti pridėtinę vertę. Mokslinėje literatūroje stokojama informacijos, kaip vyksta vertės kūrimo procesas, kurie subjektai sąveikauja tarpusavyje siekdami kurti teigiamą poveikį. Būtent iš šios sąveikos, paremtos vietiniu atsinaujinančiu biokuru, kyla galimos poveikio kryptys.

Dar vienas aktualus trūkumas – neatkreipiamas dėmesys į regioninę dimensiją. Atliktuose teoriniuose ar empiriniuose tyrimuose, akcentuojančiuose biokuro naudojimo naudą apskritai, vyrauja abstraktumas, pateikiamos teigiamo poveikio kryptys jų neverifikuojant. Kai vertinamas poveikis šalies mastu, apsiribojama tik tam tikrų koreliacinių ryšių paieškomis. Tokiu atveju vertinimas atliekamas tik vienai šaliai arba šalių grupei, tačiau nėra vienodos metodologijos, kuri leistų lyginti šalis tarpusavyje, atsižvelgiant į jų dydžio, ekonominio pajėgumo, galimybių apsirūpinti kuru skirtumus. Regionų dinamikos tyrimai sudaro sąlygas lyginti ir vienos šalies, ir atskirų šalių regionus. Vis dėlto, pastebima tokių tyrimų stoka vertinant biokuro naudojimo poveikį. Pagrindinis aspektas, vertinamas regioniniu aspektu – kurio nors objekto konversija (pvz. anglį deginančios jėgainės pritaikymas biokurui (Toklu, 2017) ir kt.). Sinerginiai efektai šiuo atveju yra ignoruojami. Disertacijoje siekiama pasiūlyti metodologinį sprendimą, sudarysiantį sąlygas regionų progreso sekimui ir tarpusavio lyginimui.

Galiausiai, poveikis vertinamas apsiribojant ekonominiais veiksniais ir neįtraukiant poveikio socialinei gerovei bei aplinkos gerinimui. Stokojama apibendrinto vertinimo, kokį poveikį daro būtent vietinių išteklių naudojimas. Taip pat nėra susiformavęs kriterijus, pagal kurį būtų vertinamas biokuro išteklių naudojimo poveikis tam tikrų rodiklių kitimo dinamikai. Tai susiję ir su koreliacija tarp vietinio biokuro naudojimo bei socialinės padėties pokyčio. Moksliniai tyrimai atliekami vertinant poveikį, kurį sukuria energijos gamyba, tačiau ignoruojamas kuro

ruošos sektoriaus kuriamas poveikis. Būtent pastarajame sektoriuje kyla socialinės nelygybės mažinimo ir tvaraus išteklių panaudojimo prielaidos. Tai kuria teigiamą ekonominį poveikį, tačiau esami moksliniai tyrimai neišsprendžia klausimo, kaip tarpusavyje dera ekonominiai, socialiniai ir aplinkosaugos veiksniai atsinaujinančio kuro ruošos atveju ir kokį poveikį jie kartu kuria. Disertacijoje minėtieji veiksniai laikomi lygiaverčiais, pabrėžiant jų integralumą vertinant regionų progresą.

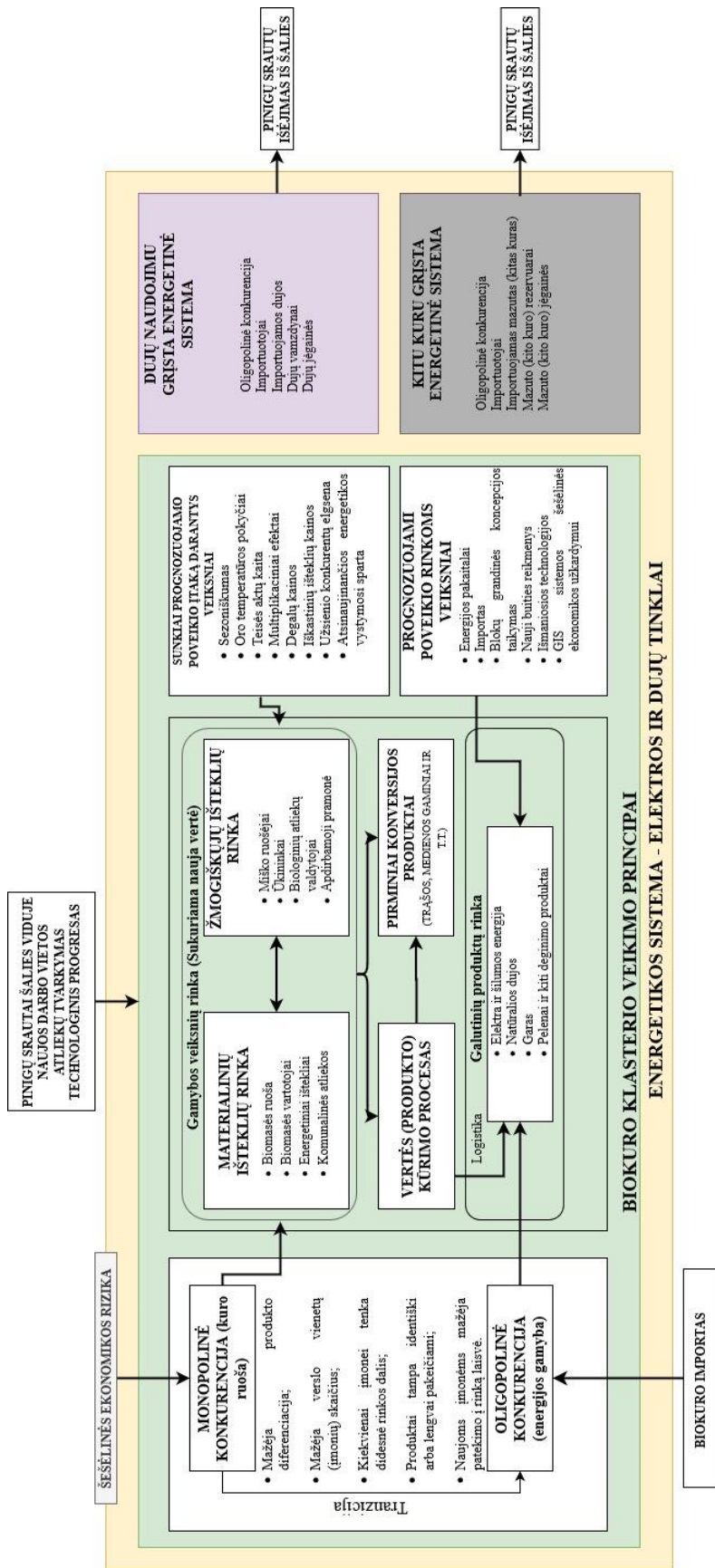
Biokuro energetikos sektoriaus sisteminimas apibrėžiamas per išteklių ir produktų rinkų sąveiką. Išteklių rinkai priskiriami biomasės ruošos subjektai, biomasės valdytojai, logistikos ir transportavimo struktūros. Pagrindinis išteklių rinkos dalyvių tikslas – tiekti biomasę ją naudojančioms jėgainėms ir kurti vertę iš biologinių žaliavų, kurios yra laikomos atliekomis. Išteklių rinkoje veikia daug rinkos dalyvių, kadangi siekiama decentralizuoti biomasės tiekimo kryptis. Rinkoje gali dalyvauti visi subjektai, disponuojantys biomasės ištekliais. Išteklių rinkoje yra realizuojama kietoji biomasė, kietosios ir skystosios žemės ūkio atliekos, aplinkosaugos tvarkybos metu gauti subproduktai. Jie yra tinkamai apdorojami ir tiekiami deginimo įrenginiams. Rinkos veikloje įdarbinama daug žemos kvalifikacijos žmonių ir tokiu būdu sprendžiama regionų užimtumo problema. Veikla vykdoma regioninėse kaimiškose vietovėse, kuriose yra gausu atsinaujinančių biomasės išteklių. Pagrindinė paruošto biokuro tiekimo kryptis – miestų vietovės ir pramonės įmonės, kurioms reikalinga šilumos energija, elektra arba biodujos. Rinkos veikimo fazės susijusios su oro sąlygomis ir nuolatine energijos paklausa. Šilumos tiekimo sezono metu biokuro paklausa didėja, o šiltuoju laikotarpiu biokuras naudojamas pramonės įmonių bei buitinių elektros ir dujų vartotojų poreikiams tenkinti.

Biokuro energetikos sektoriaus struktūroje taip pat egzistuoja produktų rinka, kuri yra faktinė priežastis išteklių rinkai atsirasti. Tai sąlygojama infrastruktūros, naudojančios atsinaujinančių biokurą, atsiradimu. Tuo tikslu reikalinga sukurti tiekimo grandinę, leisiančią aprūpinti jėgainę. Produktų rinkos veikloje gaunama keturių tipų energija – elektra, šiluma, garas ir biodujos. Būtent šių tipų energija yra realizuojama kaip produktų rinkos gaminiai. Produktų rinkoje realizuojamas išteklių rinkoje sukurtas potencialas – vietiniai biomasės ištekliai, kurie yra laikomi atliekomis. Pagrindinis produktų rinkos dalyvių tikslas – patenkinti miesto tipų vietovių poreikius ir pramonės įmonių poreikius tiekiant energiją. Biomasės energetikos produktų rinkoje energija gaunama naudojant išteklių rinkoje apdorotą kurą. Produktų rinka yra pakankamai centralizuota – joje vyrauja tik energijos gamybai reikalingos jėgainės, skirstomieji tinklai, už sistemos priežiūrą atsakingi subjektai. Veikla vykdoma tose vietovėse, kurios turi išvystytus energijos skirstomuosius tinklus, energijos vartojimo paklausą. Tai gali būti miesto tipo gyvenvietės, pramonės įmonės, žemės ūkio verslo sistemos. Rinkoje dalyvauja daugiausia aukštesnės kvalifikacijos darbuotojai, gebantys valdyti sudėtingas energijos sistemas. Priklausomai nuo regiono energetinės sistemos konjunktūros, produktų rinkos subjektai gali dirbti visus metus arba padidėjusios energijos paklausos laikotarpiu.

*Biokuro naudojimas energetikoje keičia visos ekonomikos struktūrą. Efektyviau panaudojamos piniginės lėšos nukreipiamos skirtingomis kryptimis, sudarant sąlygas multiplikuoti sukuriama teigiamą poveikį pinigine išraiška. Mažėjant*

iškastinių išteklių importui, piniginės lėšos lieka šalyje ir padeda kurti pridėtinę vertę. Ji kuriama ne vien ekonominėje, bet ir socialinėje, aplinkosaugos terpėje. Pinigų apytaka viduje prasideda nuo nenaudojamų biologinių išteklių naudojimo, o jiems įveikinti reikalingi ir kvalifikuoti, ir žemos kvalifikacijos darbuotojai. Vystant atsinaujinančią, biokuru grįstą energetiką, skatinamas vietinių gamybos technologijų progresas, padedantis multiplikuoti šalies viduje sukuriama pridėtinę vertę, taip pat plėsti paslaugų eksportą. Naudojant biokurą sukuriama daug naujų produktų – iš biologinių atliekų išgaunama energija, o tarpiniuose gamybos procesuose gaunamos ekologiškos trąšos, pelenai, kurie reikšmingai gausina žemės ūkio produkciją. Susidarantys sinerginiai efektai leidžia teigti, kad vietinio biokuro naudojimas reikšmingai paskatina šalies ekonomiką regionuose, leidžia juose kurti naujus verslo vienetus, sutelkiančius įvairios kvalifikacijos žmogiškuosius išteklius. Importuojant iškastinius išteklius iš užsienio, pinigų srautas nukreipiamas į užsienio valstybes ir prarandama galimybė sukurti vertę šalies viduje pasitelkiant turimus fizinius, žmogiškuosius išteklius, taip pat mokslinį-techninį potencialą.

Visi aukščiau išdėstyti teiginiai apibrėžia biokuro energetikos rinkos struktūrą kaip bendrą energetinės sistemos dalį (23 pav.). Paveiksle pateikiamos pagrindinės sistemos produktų linijos, rinkos struktūros pokyčiai ir jų sąlygos, įtaką darantys veiksniai. Schema pabrėžia biokuro sektoriaus kompleksiskumą ir įvairiapusį poveikį ekonomikai. Gamybos veiksmų rinkoje gauti pirminiai produktai sukuria produktų rinkos gaminius ir galutinius produktus, tokius kaip trąšos, medienos gaminiai ir kiti produktai. Produktų rinkoje vyrauja energetiniai produktai, pagaminti naudojant vietines atliekas. Prie šios rinkos produktų priskiriami pelenai, naudotini kelių reljefo formavimui, sąvartynų sankaujų klojimui, kitai komplektuojamajai veiklai. Paveiksle matyti, kad gamybos veiksmų rinka sudaryta iš išteklių rinkos ir žmogiškųjų išteklių rinkos. Tai yra pagrindinės dedamosios, kurios formuoja klasterio veiklą. Tačiau egzistuoja ir kita gamybos veiksmų modifikacija, kuri susijusi su produktyviu atliekų panaudojimu. Taip vyksta pagrindinis vertės (produkto) kūrimo procesas, kai po galutinio vartojimo produktų gamybos proceso liekamosios atliekos paverčiamos energija. Tokiu būdu pereinama prie išvestinio rinkos struktūros vieneto – produktų rinkos. Ją sudaro elektros ir šilumos energija, pelenai, biodujos ir garo energija. Taip pat įtrauktini ir kiti deginimo produktai, kurie gali būti išgauti atliekant biokuro apdorojimo procesą. Tai gali būti įvairios dervos, kiti šalutiniai produktai. Produktų rinkoje visi energetiniai produktai yra gana identiški, t.y. skiriasi jų panaudojimo ar pritaikymo forma, tačiau patenkinami einamieji vartotojų energijos poreikiai. Vėliau biokuro energetikos sektoriaus struktūra nagrinėjama per rinkos konjunktyrą pjūvį.



23 pav. Biokuro energetikos rinkos struktūros veiksniai

Gamybos veiksmų rinka, grįsta vietiniu biokuru, veikia monopolinės konkurencijos principu – kiekviename regione egzistuoja skirtingi verslo subjektai, teikiantys analogiškas paslaugas. Šios rinkos fazės metu įdarbinimas tam tikruose regionuose ir verslo veikla juose yra sąlyginai lengvi. Esant monopolinei konkurencijai kyla šešėlinės ekonomikos rizika, kuri gali būti sąlygota arba iš vidaus, arba iš išorės. Situaciją galima išspręsti naudojant įvairias technologines ir vadybines monitoringo priemones. Vis dėlto, artėjant prie produktų rinkos, kyla oligopolinės konkurencijos situacija. Keičiantis situacijai keičiasi rinkos konjunkštūra, tad iš monopolinės konkurencijos ties vertės kūrimo procesu pereinama prie oligopolinės konkurencijos. Šiuo etapu patekti į rinką yra kur kas sunkiau, atsiranda ribotai energijos gamybos jėgainių. Kadangi jėgainių skaičius kinta dažniausiai lėtai dėl nedidelio energijos paklausos augimo ir ribotos viešosios infrastruktūros, verslo subjektai, kad atlaikytų rinkos formuojamą padėtį, yra priversti koncentruotis. Konkurencijos nagrinėjimo dalyje rinkos funkcionavimo dinamika yra pristabdoma, o konkurencingumas linkęs mažėti. Oligopolinės konkurencijos rinkoje reikšmingą įtaką daro biokuro importas – padidėjus importui ar visiškai pakitus vietinei biokuro gamybai, veikla gamybos veiksmų rinkoje yra mažinama arba ji išvis eliminuojama. Tuo tarpu dešinėje schemos pusėje pateiktoje informacijoje nurodyti konkurencingumo didinimo veiksniai. Jie yra sunkiai prognozuojami, tačiau suteikiantys dinamikos struktūros funkcionavimui. Galutiniame struktūros etape pateikti prognozuojami poveikio rinkoms veiksniai, tokie kaip tradiciniai ir nauji rinkos vystymosi veiksniai. Iš esmės, biokuro energetikos sektoriaus struktūra yra paremta šiuo biokuro sektoriaus funkcionavimo modeliu, į kurį įeina daugelio veiksmų spektras.

Pateiktuose biokuro energetikos rinkos struktūros veiksmuose aiškiai nurodyta veikla, dalyviai ir pasiekiami rezultatai. Vis dėlto, kiekybiškai įvertinti rinkoje susidarančius sinerginius efektus yra sudėtinga dėl nepakankamo jų apibrėžtumo. Mokslinės literatūros analizė leidžia išskirti tam tikras poveikio kryptis, biokuro rinkos veikimo principus, kurie atsispindi susistemintuose rinkos struktūros veiksmuose. Nėra aišku, ar galima kiekybiškai įvertinti, kokį poveikį kuria 25 pav. nurodyti biokuro klasterio veikimo principai. Mokslininkų išskirti veiksniai (pinigų srautai šalies viduje, naujos darbo vietos, atliekų tvarkymas) leidžia daryti prielaidą, kad teigiamas poveikis egzistuoja, tačiau nėra empirinių prielaidų, rodančių atskirų veiksmų sąsajas ir dermę. Mokslinėje literatūroje trūksta informacijos, kaip naujas, į atliekų naudojimą orientuotas verslo sektorius veikia skirtingus verslo lygius. Socialiai orientuotoje rinkos ekonomikoje ypač svarbus užimtumo skatinimas. Stokojama tyrimų, kurie leistų pagrįsti gerėjančius socialinius veiksmus vietiniame biokuro ruošos sektoriuje. Tiriant bendrąjį biokuro naudojimo poveikį ignoruojama miško tvarkybos apimčių svarba. Iš esmės, daktaro disertacijoje iškelta mokslinė problema remiantis 1-oje dalyje pateiktomis teorinėmis išvargomis, nėra iki galo išspręsta. Ji reikalauja tolimesnių analitinių veiksmų atlikimo. Pažymėtinas platus mokslinis įdirbis, tačiau neatliepiantis praktinių poreikių. Siekiant panaikinti šią neatitiktį, atsižvelgiama į 1-oje dalyje susistemintą mokslinį įdirbį, sudaroma tyrimo metodologija, leisianti įvertinti biokuro klasterių kuriamą poveikį ekonomikai regionų aspektu.

## **2. BIOKURO KLASTERIO POVEIKIO MAKROEKONOMINIAM LYGMENIUI VERTINIMO METODOLOGIJA**

Antroje disertacijos dalyje analizuojama, kaip galima pamatuoti biokuro klasterio poveikį ekonomikai. Pasitelkiamas Lietuvos pavyzdys, kuriuo parodoma, kad valstybė, kuri siekia pavyti senąsias ES valstybes pagal ekonominio išsivystymo lygį, geba apsirūpinti energija, neturint iškastinių išteklių, Siekiant sujungti ekonominius, socialinius, aplinkosaugos rodiklius, sukuriama tyrimo metodologija. Skyriaus pabaigoje pateikiami tyrimo instrumentai, kurie bus naudojami išpildyti disertacijos pradžioje iškeltam tikslui ir uždaviniams.

### **2.1. Atsinaujinančios energetikos klasterizacijos procesų užsienyje metodologinė patirtis**

Biokuro klasterių plėtojei turi įtakos susiformavusios kuro vartojimo tendencijos. Tai atsispindi nagrinėjant skirtingų šalių patirtį. Gilią industrinę praeitį turinčios valstybės pasižymi energijos gamyba iš iškastinių išteklių. Tuo tarpu besivystančiose šalyse pastebima energijos gamybos diversifikacija – remiamasi tiek iškastine, tiek žaliaja energija. Didžiąją dalimi atvejų, pagrindinė žaliosios energijos dalis pagaminama naudojant biokurą. Biokuras pasižymi tuo, kad gali būti naudojamas kaip rezervinis kuras – remiantis biokuru galima balansuoti šalies energetinę sistemą. Nagrinėjant klasterizacijos biokuro sektoriuje požymius ir poveikį, būtina įsigilinti į atskirų valstybių pavyzdžius. Skirtingo ekonominio pajėgumo valstybėse biokuro klasterizacija generuoja įvairiapusį poveikį ir pasireiškia skirtingais požymiais. Nagrinėjant valstybių patirtį siekiama susisteminti klasterio veikimo principus ir išgryninti poveikio kryptis.

Lu, Tang, Xie, Yuan (2009) duomenimis, didžioji dalis (apie 75 proc.) bioenergijos sunaudojama besivystančiose šalyse, tačiau daugiausia dėl to, kad malkos yra neefektyviai naudojamos maisto ruošimui ir patalpų šildymui. Tuo tarpu išsivysčiusiose šalyse energija, pagaminta iš biokuro naudojama išvestinėmis formomis pavyzdžiui, kaip elektra ar biodujos. Be to, besivystančiose šalyse energija, pagaminta iš biokuro daugiausia naudojama kaimo vietovėse, kur ji dažnai sudaro daugiau kaip 90 proc. viso pagaminto energijos kiekio. Režimuojant, išsivysčiusios ir besivystančios šalys turi skirtingus tikslus vertinant biokuro energetikos vystymo kryptis. Klasterizacija yra reikšmingai veikiama jau suformuotos energetinės infrastruktūros ir galimybės ją keisti.

Biokuro klasteriai plėtojami labiau išsivysčiusiose valstybėse, kadangi jos ieško, kaip koreguoti savo energetikos struktūrą keičiantis aplinkosauginiams reikalavimams. Tačiau pasitaiko atvejų, kai valstybės prie biokuro pereina mažindamos priklausomybę nuo importuojamo kuro ir energijos. Egzistuoja praktika, kai šalys, siekdamos paskatinti vietinę pramonę ar technologijų sektorių, taip pat užimtumo didinimą, perorientuodavo savo energetinę sistemą link vietinių biologinių išteklių panaudojimo. Tačiau norint pasiekti biokuro klasterizacijos proveržį būtina ne tik pasinaudoti esamomis stiprybėmis, bet dar didesnę svarbą įgauna silpnybių bei kliūčių šalinimas. 8 lentelėje pateikta išsivysčiusių ir besivystančių pasaulio šalių klasterių patirtis. Pateikiama, kokios pagrindinės stiprybės vyrauja atskirose šalyse ir

ko trūksta, kad būtų pasiektas proveržis energijos iš atsinaujinančių išteklių gamybos srityje.

**8 lentelė.** Biokuro klasterio stiprybės ir silpnybės Europos, Šiaurės ir Pietų Amerikos valstybėse (Näyhä et al., 2009)

	Brazilija	Kanada	Suomija	Švedija	JAV
Stiprybės	Miškininkystės veikla „Know-how“ Bendradarbiavimas tarp pramonės šakų, tyrimų centrų ir technologijų tiekėjų	Biomosės prieinamumas Egzistuojanti infrastruktūra Esama tiekimo grandinė	Technologinė ir cheminė „know-how“ Biomosės prieinamumas Žaliavų logistika	Biomosės tvarkymo žinios Proceso ekspertizė Esamoji infrastruktūra Technologinė lyderystė	Galimybė nuimti, transportuoti ir tvarkyti didelius sumedėjusios biomasės kiekius Biomosės prieinamumas Proceso inžinerijos ekspertizė
Silpnybės	MTEP veiklų trūkumas Konkurencija dėl žaliavos Celiuliozės ir popieriaus sektoriaus nelankstumas Aplinkos tvarumas	Kapitalo stoka	Trūksta valstybės ir privataus finansavimo Žemos investicinės galimybės Pasipriešinimas Biokuro technologijos nesusijusios su šalies kompetencijomis	Pasipriešinimas susijęs su nesugebėjimu suvokti naujos galimybės	Vengimas rizikuoti Konservatyvus pramonės sektorius Vizijos stoka

Biokuro klasterio specifika leidžia padidinti ne tik ekonominę gerovę, bet ir plėtoja nacionalinio ir energetinio saugumo augimo sąlygas. Energetinis saugumas ir stabilus energijos tiekimas yra viena svarbiausių sąlygų, vertinant šalies nacionalinį saugumą, patrauklumą verslui ir pasiruošimą kritinėms aplinkybėms. Biokuro klasterių veiklos ir energetinio saugumo sąsaja yra glaudi, kadangi sėkminga klasterių veikla užtikrina energetinio saugumo augimą, kuris yra jaučiamas ir nacionaliniu mastu. Mažėjant energetikos išteklių importui ir augant vietinei energijos gamybai, energetinio savarankiškumo augimas sudaro prielaidas padidėjusiam nacionaliniam saugumui.

Siekiant klasterizacijos procesų palyginamumo tarp šalių išpildymo pasitelkiami labiausiai aktualūs pavyzdžiai. Jie vienija tiek išsivysčiusias, tiek besivystančias valstybes. Informacija apie šalis pateikiama remiantis standartizuotu požiūriu, įtraukiant svarbiausius šalies ir klasterizacijos biokuro sektoriuje požymius.

Šalis vienija turimi panašaus pobūdžio biokuro rezervai, energetiniai poreikiai ir klimatinės sąlygos.

### **Švedija**

*Energetinė struktūra.* Šalis remiasi atsinaujinančios energetikos sprendimais. Šalyje yra platus hidroelektrinių tinklas, municipaliniame lygmenyje naudojamas reikšmingas biokuro kiekis. Šalyje gausu branduolinių jėgainių – 2019 metais veikė 3 branduolinės jėgainės, sutelkusios 8 reaktorius (WNA, 2019). Šalis stengiasi ieškoti įvairių alternatyvų, kaip pakeisti branduolinę energetiką. Viena iš šių alternatyvų yra atsinaujinantis biokuras. Miestuose yra deginamos komunalinės atliekos, gaminamos biodujos. Palgan, McCormick (2016) teigimu, pastarojo dešimtmečio investicijos į bioenergetikos plėtrą siekė 600-650 mln. eurų kasmet.

*Biomasės panaudojimas.* Biomassė labiausiai naudojama regioninėse vietovėse ir mažesniuose miestuose, turinčiuose gausius biomasės išteklius. Pagal Junginger et al. (2008), bioenergetikos sektorius Švedijoje atsirado per vietinę paklausą ir pasiūlą aštuntojo dešimtmečio pabaigoje ir devintajame dešimtmetyje. Dešimtajame dešimtmetyje energetikos įmonės pradėjo regioninę biomasės rinką, importuodamos pigią perdirbtą griuvėsių medieną iš Olandijos ir Vokietijos, o vėliau - ir medžio drožles iš Baltijos šalių. Švedijoje yra remiamasi bioekonomikos sąvoka. McCormick, Kautto (2013) teigimu, bioekonomikos sąvoka gali būti suprantama kaip ekonomika, kurioje pagrindinės medžiagų, chemijos medžiagų ir energijos sudedamosios dalys yra gaunamos iš atsinaujinančių biologinių išteklių, tokių kaip augalų ir gyvūnų šaltiniai. Knutsson, Werner, Ahlgren (2006) nurodė, kad augant mokesčiams už aplinkos taršą buvo atsigręžta į žaliąjo kuro naudojimą. Tai paskatino investicijas į biokuro sektorių. Pagal Dimitriou, Mola-Yudego (2017), šiuo metu stengiamasi didinti greitosios rotacijos augalų – tuopų ir gluosnių – panaudojimą energetiniams poreikiams tenkinti. Taip siekiama užtikrinti darnią energetikos plėtrą ir apsaugoti nuo medienos atliekų trūkumo. Pasak Berg, Lindholm (2005), biomase apsirūpinama iš šiauriniuose regionuose esančių išteklių ir ji pristatoma į vidurinę ir pietinę šalies dalį. Remiantis Silveira, Johnson (2016) atliktu tyrimu, naudojant biomasę dalyvauja skirtingos interesų grupės – ūkininkai, įrangos gamintojai, savivaldybės, biologinių išteklių valdytojai, mokslininkai, kitos vietinės grupės. Börjesson, Hansson, Berndes (2017) prideda, kad pagrindinis ilgojo laikotarpio šalies tikslas yra neutralaus poveikio klimato kaitai kelimas. Hansson, Hackl (2016) teigimu, biokuro panaudojimą dar labiau gali auginti teisės aktų pokyčiai, išlaisvinantys biomasės tiekimo potencialą. Biokuras 2018 m. patenkino beveik 29 proc. šalies energetinių poreikių (IEA, 2019).

*Klasterizacija biokuro energetikos sektoriuje.* Andersson, Viklund, Hack, Karlsson, Berntsson (2014) pateikė industrinio klasterio Geteborgo mieste pavyzdį, kai klasterio pagrindinis produktas yra biodujos. Pagrindinis veikimo principas – perdirbamas biologiškai užterštas vanduo, o iš jo išgaunamos dujos yra išvalomos ir patiekiamos į energetikos sistemą. Taip pat biodujos išgaunamos iš dumblo. Klasterio veikloje dalyvauja dujas gaminanti jėgainė, užteršto vandens ir dumblo tiekėjai, aptarnaujantys subjektai.

Pagal Sandberg, Vasiri, Trischler Öhman (2014), Švedijoje yra įkurtas miškininkystės industrijos klasteris, kuris yra nacionalinio pobūdžio. Pasak autorių,

Švedijos miškų pramonės klasteris susiformavo per ilgą laiką. Universitetai, technikos kolegijos ir tyrimų institutai vaidina pagrindinį vaidmenį šiame klasteryje, kuriame miškų pramonė bendradarbiauja, pavyzdžiui, su inžinierių, IT ir chemijos pramonės tiekėjais ir transporto sektoriumi. Bioenergetikos sektorius ir įmonės, dirbančios biologinio rafinavimo technologijos srityje, t.y. didelio masto ekologiškų medžiagų, chemijos ir degalų gamybos srityse, yra idealiai integruotos į celiuliozės ir popieriaus gamybą, siekiant optimaliai panaudoti įvairius žaliavos komponentus, kurie yra laikomi svarbia klasterio dalimi. Ilgainiui yra tikėtina, kad energetinė klasterio reikšmė dar labiau augs, kadangi didės poreikis žaliajai energetikai. Ypatingas dėmesys yra skiriamas žemos vertės medienos atliekų, kurios susidaro perdirbant medieną, pavertimui energija.

*Moksliniai poveikio vertinimo sprendimai.* Šalyje biokuro panaudojimo poveikis vertinamas fragmentuotai. Stern, Enflo (2013) naudojo Grangerio priešastingumo (angl. *Granger causality*) metodą tirti ekonominius dėsningumus 150 metų laikotarpiu. Šalies stiprybė yra susijusi su ilgalaikės statistikos kaupimu – tai leidžia išgauti norimus rezultatus, kurie dėl ilgo tiriamojo laikotarpio įgauna daugiau objektyvumo. Šiuo atveju tirtos visos energijos rūšys, tad konkrečius biokuro panaudojimo rezultatus išskirti sudėtinga. Destek (2017) tyrė dešimt didžiausių biokuro vartotojų duomenis. Į šių šalių tarpą patenka ir Švedija. Tyrimui naudota Kobo-Duglo funkcija, taip pat papildytos vidurkio grupės (angl. *augmented mean group, AMG*) metodas. Įvertinus šalies duomenis nustatyta, egzistuoja teigiamas ryšys tarp biomasės panaudojimo ir ekonominio augimo. Pechsiri et al. (2016) tyrė kuro atkūrimo potencialą Švedijoje. Buvo vertinamas energetikos investicijų pelningumas (angl. *energy return on investment, EROI*). Apskirtai, šalyje vykdomuose tyrimuose šalia žaliosios energijos panaudojimo visada vertinamas energetinio efektyvumo dėmuo. Minimame tyrime buvo atlikta jautrumo analizė, jos metu išskirti galimi realūs ir kraštutiniai rezultatai. Kiti analizuoti tyrimai labiau susiję su atsinaujinančios energetikos vertinimu bendrai ir techniniais niuansais. Pastebėtina ekonominio vertinimo stoka.

### **Vokietija**

*Energetinė struktūra.* Šalis pasižymi kombinuota energetine struktūra – remiamasi branduolinėmis ir anglies jėgainėmis bei žaliosios energetikos sistemomis. 2018 metais šalis 11 proc. visos šalyje sunaudotos energijos pagamina iš atsinaujinančių išteklių (IEA, 2019). Šalis itin aktyviai pereina prie atsinaujinančios energetikos ir skiria jai reikšmingas investicijas. Kyriakopoulos, Arabatzis (2016) pateikia faktą, jog siekiama, kad atsinaujinančiosios energijos dalis bendroje energijos gamyboje Vokietijoje padidėtų nuo mažiau nei 20 proc. 2016 m. iki maždaug 60–80 proc. iki 2030 m.

*Biomasės panaudojimas.* Kietoji biomasė ir bioskaidus kuras labiausiai naudojamas regioninėse vietovėse, kuriose gausu natūralių išteklių. Šalyje pastaruoju metu plėtojamos visos atsinaujinančios energetikos rūšys, įskaitant įvairaus tipo biomasės panaudojimą energijai gaminti. Plačiai panaudojamos medienos atliekos, šiaudai, skystosios atliekos. 2018 metais iš biokuro pagaminama 7 proc. šalyje sunaudojamos energijos (IEA, 2019). Pagal BMU (2009), vyriausybė numatė dar ambicingesnę tikslą - iki 2020 m. naudojant biokurą turi būti pagaminta 11 proc.

sunaudojamos energijos. Iš biomasės gaminama šilumos ir elektros energija, gasas, biodujos, kuras automobiliams. Jau 2003 m. buvo pastebėta, kad biodujų gamyba Vokietijoje įgijo didelę reikšmę siekiant tvaraus energijos tiekimo valdant globaliojo atšilimo sukeltą pasekmes, užtikrinant aplinkos apsaugą ir iškastinio kuro konservavimą (Weiland, 2003). Kaltschmitt (2011) teigimu, bioenergija gaminama daugiapakopėje tiekimo grandinėje, pradedant nuo likučių, šalutinių produktų ar atliekų surinkimo, taip pat energetinių augalų auginimo. Šalies geografinė ir ekonominė padėtis formuoja situaciją, kai energetinių augalų auginimui, be kita ko, reikia paruošti vietą sodmenims, paskirstyti trąšas, augalų apsaugos priemones ir įvairias kitas auginimo priemones.

*Klasterizacija biokuro energetikos sektoriuje.* Biokuro sektoriaus įmonės Vokietijoje yra linkusios vienytis į junginius, kurie plėtoja naujausias biokuro pavertimo energija technologijas. Klasterizacijos plėtotei šalyje yra labai svarbi pasiūlos politika. Pagal Bringezu et al. (2009), vidaus pasiūla buvo diferencijuota iš trijų šaltinių: (1) vietinė produkcija, pagaminta iš biomasės, išaugintos vietinėje žemės ūkio paskirties žemėje, (2) vidaus produkcija, pagrįsta importuota biomase, išauginta užsienio žemės ūkio naudmenose, ir (3) užsienio produkcija (tiesioginis importas). Staniszewska, Kochańska (2013) prideda, kad klasteris Vokietijos pavyzdžiu vienija tyrimų, planavimo, gamybos, vartojimo ir mokymų subjektus. Šalyje yra labai svarbus regionalizacijos požiūris, kai išaiškinamos regionų stiprybės. Dilly, Huttel (2009) požiūriu, bet kurios politikos poveikis gali pasireikšti atsižvelgiant į konkrečiam regionui būdingą aplinkos, socialinį ir ekonominį pobūdį, ypač tuose regionuose, kurių tvarumo problemos yra jautrios. Vokietijoje veikia plataus spektro bioekonomikos klasteris, kurio tikslas yra kuo efektyviau panaudoti medienos ir kitas bioskaidžias atliekas, kad jos galėtų sukurti kuo didesnę pridėtinę vertę. Klasteris vienija 80 subjektų – įmonių, institutų, kitų mokslo įstaigų (Germanian BioEconomy Cluster, 2016). Klasterio tyrimai padeda efektyviai panaudoti susidarančias medienos atliekas, mažinti į atmosferą patenkančio CO<sup>2</sup> emisiją, taip pat šalies ekonomikai kuriama papildoma pridėtinė vertė, kadangi panaudojami vietiniai ištekliai. Plieninger, Thiel, Bens, Hüttel (2008) pateikia išsamų Barnim-Uckermark bioenergijos klasterio pavyzdį: klasteris gamina šilumos ir elektros energiją deginimo būdu, taip pat gamina elektrą iš biodujų. Tikslui pasiekti panaudojamos dviejuose regionuose sukauptos žemės ūkio atliekos.

*Moksliniai poveikio vertinimo sprendimai.* Dėl rinkos jaunumo nėra atlikta daug tyrimų, kurie leistų nustatyti platų biokuro panaudojimo poveikį šaliai ir jos regionams. Egzistuoja kelių krypčių tyrimai, nukreipti į ekonominius, socialinius, aplinkosaugos veiksmus. Bilgili, Ozturk (2015) G7 valstybių, tarp kurių yra ir Vokietija, tyrimams naudojo DOLS sprendimą. Naudojami trisdešimties metų duomenys, tiriantys BVP pokyčius. Moksliniame darbe atlikta ekonometrinė analizė, kurioje *naudojama homogeninių ir heterogeninių panelinių duomenų vienetinės šaknies analizė* (angl. *panel homogeneous and heterogeneous unit root analyses*), *homogeninių ir heterogeninių panelinių duomenų kointegracijos analizė* (angl. *panel homogeneous and heterogeneous cointegration analyses*) ir *homogeninių ir heterogeninių panelinių duomenų dinaminis mažiausių kvadratų metodas* (angl. *Panel homogeneous and heterogeneous dynamic ordinary least squares, DOLS*). Klein,

Wolf, Schulz, Weber-Blaschke (2016) naudoja gyvenimo ciklo analizę, siekiant įvertinti tam tikrus aplinkosauginius veiksnius, kurie gali būti pateikti finansine išraiška ir atspindėti teigiamą poveikį šalies ekonomikai. Mokslininkai naudoja tiekimo grandinės platformą kaip pagrindinį veiksnių įgyvendinant energetinę konversiją. Rafindadi, Ozturk, (2017) siekdami ištirti atsinaujinančių energijos išteklių poveikį ekonomikai naudoja Clemente-Montanes-Reyes pašalinto trendo struktūrinių pokyčių testą (angl. *Clemente-Montanes-Reyes detrended structural break test*), kombinuotą Bayer-Hanck kointegracijos testą (angl. *Bayer-Hanck combined cointegration test*) ir modelius su paskirstytais pavėlinimais (angl. *autoregressive distributed lag, ARDL*). Apskritai, atlikus analitinius veiksmus pastebėta, kad stokojama tyrimų, kurie tirtų biokuro panaudojimo poveikį Vokietijos ekonomikoje. Tyrimuose iš esmės akcentuojamas poveikis aplinkai, tačiau tai nėra pateikiami finansiniai ar santykiniai rodikliai ir nevertinamas platesnis veiksmingumo požiūris. Analizėse naudoti panašūs vertinimo sprendimai. Tai mažina galimybes objektyviai pažvelgti į biokuro panaudojimo daromą poveikį.

### **Jungtinės Amerikos Valstijos**

*Energetinė struktūra.* Jungtinės Amerikos Valstijos (JAV) pasižymi iškastinių išteklių gausa ir jais paremtu energetikos sektoriumi. Reikšmingai naudojamos anglis ir dujos, taip pat branduolinis kuras. Vis dėlto, pastaruosius metus šalis intensyviai investuoja į atsinaujinančią energetiką – 2018 m. investicijos siekė 64,2 mlrd. dolerių (IEEFA, 2019). Didžiausios investicijos tenka saulės ir vėjo energetikai, atskiruose regionuose investuojama į biokuro deginimo įrenginius ir pūdymo įrenginius. Šiais būdais išgaunama šilumos ir elektros energija, taip pat dujos. 20XX m. energijos iš atsinaujinančių išteklių suvartojimas siekė 7 proc. (IEA, 2019).

*Biomasės panaudojimas.* Biomasė reikšmingai naudojama šiaurinėje ir rytinėje JAV dalyje, tačiau jos panaudojimas dar nėra pakankamai aktyvus (Wei et al., 2010), Souza et al., 2015), Stephens, Remick, Ducey, Rowe, 2017). Naudojama vietinė biomasė arba auginami energetiniai augalai. Iš biomasės labiausiai propaguojama biodegalų gamyba. Hämäläinen, Näyhä, Pesonen (2011) nurodo, Jungtinėse Amerikos Valstijose atsinaujinančių degalų standartas buvo priimtas 2005 m. Pagal jį, kasmet JAV parduodama arba į prekybą įvežama tinkama apimtis atsinaujinančių degalų. Pirmasis tikslas - 9 milijardai galonų – buvo nustatytas 2008 m., o paskutinis tikslas – 36 milijardai galonų 2022 m.

*Klasterizacija biokuro energetikos sektoriuje.* Biokuro klasterio koncepcija JAV remiasi bioenergijos ekonomikos sąvoka, kai energijai pagaminti panaudojamos biologinės atliekos arba energetiniai augalai. Burnham et al. (2017) teigimu, bioenergetikos ekonomikos plėtra, paremta daugiamečiais energetiniais augalais (pvz., sėjamosiomis ar trumpos rotacijos miškingomis kultūromis), užaugintais nederlingoje žemėje. JAV atveju verslo junginiai remiasi lokalaus biomasės panaudojimo koncepcija, ir ji yra apdorojama netoli išgavimo vietos. Pagal Kircher et al. (2017), pagrindinis verslo subjektus investuoti į bioekonomikos verslo galimybes skatinantis veiksnys yra palanki veikiančios pramonės pradinė padėtis kartu su biologinių produktų paklausa rinkoje. Klasteriai taip pat atlieka svarbią koordinacinę funkciją, kai keičiamasi žiniomis ir laisvais ištekliais. Neffke, Henning, Boschma (2011) teigimu, perėjimas link atsinaujinančios energetikos skatina pramonės

persigrupavimą ir išteklių telkimą. Scutaru (2016), pateikia tai, kad klasteryje esanti plati organizacijų įvairovė, remiama įvairių finansavimo šaltinių, atlieka augimo katalizatoriaus funkciją, palaiko ir paspartina klasterio komponentų kūrimą MVI, teikia konsultacijas ir sprendžia problemas. Nepaisant to, jie užtikrina daugybę specializuotos pagalbos paslaugų, siekdami sukurti, pirmiausia, tvarią visų grupių narių vidinę ryšių struktūrą, kad būtų skatinama sąveika tarp jų, ir, antra, sukurti ryšius su klasterio išorine aplinka. Be to, daugelis klasterių atlieka finansavimo agentūrų vaidmenį.

*Moksliniai poveikio vertinimo sprendimai.* Lyginant su kitomis energijos gamybos rūšimis, biomasės panaudojimo progresas yra mažesnis, tačiau daugiausiai tyrimų yra susiję su biomasės panaudojimu regioninėse vietovėse. Akcentuojama, kad turi būti naudojamos biomasės atliekos. Tyrimams naudoti skirtingi metodai. Aslan, Apergis, Yildirim (2014), siekdami įvertinti priešastingumą tarp energijos vartojimo ir BVP augimo naudoja bangų analizę (angl. *Wavelet analysis*) and Grangerio priešastingumo metodus. Šiuo atveju biokuras yra tik viena iš energijos gamybos dalių, tačiau metodų visuma gali būti naudojama atskiram biokuro vertinimui. Bildirici, Ersin (2015) naudoja Grangerio priešastingumo ir *ADRL* metodus biokuro panaudojimo poveikiui vertinti. Mokslo darbe pateikiama biokuro panaudojimo, ekonominio augimo ir naftos kainų sąsaja. Šiuo atveju vertinama daugiau valstybių, o vertinamų valstybių tarpe yra JAV. Tyrime gautas nepriklausomas ryšys tarp biomasės panaudojimo ir ekonominio augimo. Ohler, Fetters (2014) tyrė Ekonominio bendradarbiavimo ir plėtros organizacijos (EBPO) blokui priklausančių valstybių, tarp kurių yra ir JAV, duomenis. Moksliniame straipsnyje pateiktas sąsajos tarp žaliosios energijos gamybos ir BVP augimo tyrimas. Viena pagrindinių išvadų – biokuro panaudojimas daro reikšmingą teigiamą poveikį BVP augimui. Tyrimui atlikti naudotas panelinis paklaidų korekcijos modelis (angl. *Panel Error Correction Model*). Taip pat ieškota priešastinių ryšių tarp skirtingų energijos gamybos technologijų, taip siekiant atrasti sinergiją. Chang, Gupta, Inglesi-Lotz, Simo-Kengne, Smithers, Trembling (2015) atliktame tyrime naudota Grangerio priešastingumo metodika, jos metu gauti rezultatai rodo neutralų ryšį tarp biomasės panaudojimo ir ekonominio augimo. Visumoje, nėra vienareikšmės nuomonės apie biokuro panaudojimo poveikį JAV, tačiau galima daryti pirminę išvadą, kad kiti atsinaujinančios energetikos sprendimai yra panaudojami efektyviau dėl aukšto JAV mokslo potencialo.

### **Indija**

*Energetinė struktūra.* Indijos energetikos sistema yra nevienalytė ir nepilnai integruota tarp atskirų valstijų. Šalis pasižymi tuo, kad energija gaminama atskiruose regionuose, o energijos mainai yra apriboti jungčių trūkumo. Šalis labiausiai remiasi iškastiniu kuru ir atsinaujinančia energetika. Indija yra išsiskelusi tikslą iki 2030 metų išauginti žaliosios energijos naudojimą dvigubai (The Economic Times, 2019). 2018 m. 75 proc. energijos pagaminama iš atsinaujinančių išteklių, o 25 proc. – iš iškastinio kuro (IEA, 2019).

*Biomasės panaudojimas.* Indijoje biokuras laikomas svarbiu regioniniu ištekliumi, galinčius skatinti lokalią energijos gamybą. 2018 m. 20 proc. energijos pagaminama iš biomasės (IEA, 2019). Pagal Kumar et al. (2015), itin stengiamasi

orientuotis į kogeneraciją, taip efektyviau išnaudojant biomasę. Kiekvienam regionui Indijos Vyriausybė yra numačiusi diversifikuotas biomasės panaudojimo strategijas. Pasak Natarajan et al. (2016), efektyvesniam biomasės panaudojimui kliudo sezoniškumas, platus žaliavos pasiskirstymas ir sociokultūriniai faktoriai. Remiantis Ravindranath, Balachandra (2009), energijai gaminti lygiaverčiai naudojamos tiek medienos, tiek žemės ūkio atliekos. Biomasės auginimo potencialą stiprina dirvonuojančių plotų gausa. Bhattacharya, Jana (2009) priduria, kad iki 2032 m. 30 mln. ha. bus panaudota auginti energetiniams augalams. Kaundinya, Balachandra, Ravindranath, Ashok (2013) priduria, kad apskaičiuota, kad energijos gamybos vien iš žemės ūkio ir miško liekanų potencialas yra 16 000 MW. Pagal Singh, Kumar, Rai (2014), energetinių augalų auginimas laikomas strateginiu valstybės prioritetu. Savo ruožtu Hiloidhari, Das, Baruah (2014) teigia, kad vietinės biomasės duomenų bazės yra svarbios decentralizuotoms bioenergijos programoms. Taip šalis užsitikrintų galimybę pasiekti stabilų energijos tiekimą gyventojams ir verslui.

*Klasterizacija biokuro energetikos sektoriuje.* Pastaraisiais metais klasterizacijos apraiškos labiausiai pastebimos kaimo vietovėse, kur egzistuoja energijos trūkumas. Eswaral et al. (2014) pateikia pavyzdį, kai 24 kaimo vietovės susibūrė į klasterį, kurio tikslas yra gaminti biodujas. Kaimo gyventojai tiekdamo turimą organiką jėgainei, o vėliau naudodavo jos pagamintas dujas ir elektrą. Taip buvo išlyginti energijos tiekimo netolygumai, o vietovės buvo aprūpintos vietinės gamybos energija. Agarwala et al. (2017) prideda, kad biodujų energiją realizuoti per klasterius Indijoje yra patogiau todėl, kadangi klasterio nariai sugeneruoja didelius organinių atliekų kiekius, kurie padeda mažinti energijos pardavimo savikainą. Klasterizaciją energetinių augalų pagrindų kiek sulėtino tai, kad pačioje šios šakos plėtros pradžioje energetiniai augalai būdavo nuimami po dešimtmečio, kai dažnu atveju jų derlius nuimamas prabėgus 2-4 metams (Aronson, Galatowitsch, 2008).

*Moksliniai poveikio vertinimo sprendimai.* Indiją galima priskirti prie šalių, kurios aktyviai vykdo energetinės sistemos perorientavimą link atsinaujinančių išteklių naudojimo. Tai atsispindi ir mokslinės produkcijos rengime. Šalies mokslininkai labiausiai orientuojasi į vėjo ir saulės energetikos poveikio vertinimą, tačiau buvo publikuota keletas aktualių darbų apie biokuro panaudojimo poveikio vertinimą. Pao, Tsai (2010) šalia Indijos nagrinėjo ir kitas BRIC valstybių bloko nares. Mokslininkai, norėdami iširti anglies dioksido išmetimų, energijos vartojimo ir ekonominio augimo sąsają naudojo Grangerio priežastingumo metodą. Purohit (2009) savo darbe nagrinėjo gazifikacijos jėgainių panaudojimo potencialą Indijoje. Šalia šiame straipsnyje pateiktų vienetinių vertinimo rodiklių naudojama log-log formos tiesinė regresija (angl. *linear regression of the log-log form*). Šis sprendimas skirtas logistikos modeliui, kuris vertina galimą clean development mechanism Indijoje, kurti. Mazzola, Astolfi, Macchi (2016) atliko biokuro panaudojimo kaimo vietovėse techninę-ekonominę analizę. Analizės ašis – panaudotas mišrių sveikųjų skaičių tiesinis programavimas (angl. *Mixed Integer Linear Programming*). Atliekami simuliaciniai veiksmai, kurie leidžia gauti reikalingas technines specifikacijas, kurios leistų pasiekti užsibrėžtus ekonominius rezultatus. Šiuo atveju nagrinėjama elektros iš biokuro gamyba, o šiluma traktuojama kaip atliekinis produktas. Baka, Bailis (2014) pasitelkė jau minėtą *EROI* rodiklį, atliko pagrindinius skaičiavimus, pabaigoje

pridedant jautrumo analizės rezultatus. Vertinamas biokuro ir biodegalų panaudojimas keliuose Indijos regionų. Skaičiavimai atliekami remiantis 20 skirtingų indikatorių. Ekholm, Krey, Pachauri, Riahi (2010) tiria namų ūkių dimensiją ir jų energijos vartojimo duomenis. Indijos namų ūkiuose biokuras užima reikšmingą vietą. Autoriai sudaro jiems reikalingas matematinės formules ir jungia jas į vieną modelį. Modeliavimo metodas analizuoja veiksnius, kurie katalizuoja biokuro vartojimo pasirinkimą ž nevienalytėms namų ūkių grupėms, įtraukiant pajamų paskirstymo efektą ir tradiciškai nematerialius veiksnius, tokius kaip lengvatos ir privačios diskonto normos. Galutiniame etape atliekama jautrumo analizė. Moksliniai tyrimai, paremti Indijos atveju vykdomi įvairiomis kryptimis ir metodais, kurie dažnai nesutampa. Vis dėlto, nėra pakankamai išskirta socialinių ir aplinkosaugos aspektų svarba, šie veiksniai nėra įvertinti per ekonominę prizmę. Orientuojamasi į techninių veiksnių vertinimą, juos vėliau išreiškiant į ekonominius rodiklius.

### **Brazilija**

*Energetinė struktūra.* Brazilija yra viena iš sparčiausiai besivystančių valstybių pasaulyje, ir jai būdingas spartus suvartojamos energijos kiekio augimas. Pagrindinę dalį šaliai reikalingos elektros pagamina hidroelektrinės, remiamasi ir iškastiniu kuru. 2018 m. hidroelektrinėse buvo pagaminta 80 proc, o biokuro katilinėse – 12 proc. elektros energijos (IEA, 2019). Dėl šalies dydžio ir vidutinio gyventojų tankumo didžiojoje dalyje regionų egzistuoja lokalūs energijos gamybos įrenginiai. Tuo būdu jie užtikrina energijos tinklų balansavimą tam tikro regiono ribose ir yra atsakingi už atskiro regiono vartotojų energetinių poreikių patenkinimą.

*Biomasės panaudojimas.* Protasio et al. (2014) nurodo, jog šalis yra viena iš nedaugelio, turinčių didelį potencialą išplėsti biomasės naudojimą ir gamybą dėl to, kad yra šalis turi daug biomasės auginimui tinkamų plotų, taip pat dėl lignoceliuliozės likučių iš žemės ūkio pramonės. Naudojamos cukranendrės ir greitos rotacijos augalai. Pasak Pioto et al. (2015), energetinių augalų auginimas derinamas su žemdirbyste – ieškoma augalų, kurie formuotų teigiamą poveikį sėjomainai. Ranade et al. (2008) nurodo, kad pelenai, kurie gaunami sudeginant ūkininkų užaugintą biomasę, yra grąžinami jiems kaip trąša.

*Klasterizacija biokuro energetikos sektoriuje.* Brazilijoje biokuro klasterizacija dar tik žengia pirmuosius žingsnius. Rinka yra perspektyvi dėl didelės energijos paklausos ir gausių biomasės išteklių. Šiuo metu labiausiai pastebima kooperacija tarp ūkininkų ir energijos gamintojų, tačiau nėra itin išgrynintos struktūros. Verslas yra suinteresuotas auginti biomasę, o šalyje yra stokojama bazinių elektros energijos gamybos pajėgumų. Taip atsiranda galimybė vykdyti katilinių plėtrą, o katilinėms yra itin svarbu užsitikrinti stabilų biokuro srautą. Tai pasiekama glaudžiai bendradarbiaujant su biomasės augintojais ir tiekėjais. McKeough, Saviharju (2005) požiūriu, tik sutelkiant išteklius galima pasiekti proveržį nereikalingų biologinių atliekų pavertimo energija procese. Šiandien tai yra vieną pagrindinių klasterizacijos užuomazgų priežasčių šalyje. Pagal Näyhä et al. (2009), biokuro klasterizacija Brazilijoje yra neatsiejama nuo verslo ir mokslo bendradarbiavimo, kadangi tai didina klasterio veiklos efektyvumą. Pasak Borges (2013), biokuro klasteriai Brazilijoje padidina regionų ekonominį aktyvumą ir skatina konvergenciją. Rutz, Janssen (2014) prideda, kad tuose regionuose, kuriuose egzistuoja pavieniai klasteriai, yra geresnė

tiek ekonominė, tiek socialinė padėtis. Taip yra todėl, kadangi klasteris įtraukia plačią visuomenės aprėptį, o tai skatina tolimesnį visuomeninį aktyvumą ir kuriamą ekonominę naudą. Bergmann et al., (2013) teigimu, biokuro panaudojimas per sutelktas verslo organizacijas leidžia pasiekti kraštovaizdžio, laukinės gamtos ir oro kokybę.

*Moksliniai poveikio vertinimo sprendimai.* Brazilija, nepaisant kitų atsinaujinančius išteklius naudojančių jėgainių plėtros, tebėra reikšmingai priklausoma nuo biomasės panaudojimo. Aneja, Banday, Hasnat, Koçoğlu (2017) tyrė BRICS bloko, kuriam priklauso Brazilija, duomenis. Tyrimui atlikti pasitelktas panelinis paklaidų korekcijos modelis (angl. *panel error correction model*). Tyrimo rezultatai parodė, kad egzistuoja ilgalaikis ryšys tarp atsinaujinančios energijos vartojimo, neatsinaujinančios energijos vartojimo, BVP ir bendrojo kapitalo formavimo. Pao and Fu (2013) naudojo paklaidų korekcijos modelį siekdami ištirti atsinaujinančios ir neatsinaujinančios energetikos ryšį su ekonomikos augimu. Šis ilgalaikis ryšys rodo, kad 1 procentu padidėjęs visos atsinaujinančios energijos vartojimas padidina realųjį BVP 0,20 proc. Biokuro panaudojimas reikšmingai prisideda prie rodiklio pasiekimo, kadangi šalies regionai iš esmės naudoja tik biokurą. Al-Mulali, Solarin, Ozturk (2016), Sebri, Ben-Salha (2014) tyrimui atlikti naudojo *ADRL* metodiką ir Grangerio priežastingumo metodą. Rezultatai atskleidė, kad ekonomikos augimas, biokuro energijos suvartojimas, kapitalas, urbanizacija ir ekonominė globalizacija yra tarpusavyje susiję. Be to, biokuro energijos suvartojimas, kapitalas, urbanizacija, bendras gyventojų skaičius ir globalizacija padidina Brazilijos ekonomikos augimą. Klein, Chagas, Junqueira, Rezende, de Fátima Cardoso, Cavalett, Bonomi (2018) atliko vietinio biokuro rūšių techninį-ekonominį ir aplinkosaugos vertinimą. Ekonominėje dalyje naudoti tokie rodikliai kaip kapitalo išlaidos (CAPEX), veiklos išlaidos (OPEX), vidinė grąžos norma (*IRR*) galutiniame etape pasitelkta scenarijų analizė. Gauti rezultatai parodo, kaip techninės investicijos veikia ekonomiką ir aplinkos situaciją. Visumoje, biokuro naudojimas Brazilijoje yra vertinamas teigiamai, o plėtros intencijos atsispindi ir naujausiuose mokslo darbuose.

Klasterizacijos procesai užsienyje yra neatsiejami nuo pasirinktos valdysenos praktikos. Skirtingose šalyse, ypač turinčiose labiau susiformavusią klasterių veiklos kultūrą, galima pamatyti esminių valdymo skirtumų. Besivystančiose šalyse egzistuoja atvejai, kai klasterį valdo specialiai tam įsteigta įmonė, kas sunkiai įsivaizduojama aukštesnio išsivystymo valstybėse. Pastarosiose klasterio valdymas patikėtas arba valdytojui, arba specialiam valdymo subjektui. Klasteriai formuojami pagal tam tikrą struktūrą, iš kurios galima atskirti keturis modelius (Olszewski, Pietrzykowski, 2014):

- Italų - nėra oficialios struktūros, kapitalo jungčių, atskiros valdymo struktūros. Santykius tarp įmonių inicijuoja savininkai – egzistuoja artimi šeimos santykiai tarp įmonių, taip pat stiprūs vietiniai ryšiai, aukštas regioninio identiteto lygis, ilgametė stiprių amatų gildijų tradicija, didelis nepriklausomumas nuo centrinės valdžios.
- Danų – egzistuoja neutralus klasterio dalyvis, kuris koordinuoja grupių veiklą, o vyriausybė skiria paramą ugdant koordinatoriaus įgūdžius.

Užtikrinamas diagnostinių ir analitinių išteklių prieinamumas, taip pat aiškiai apibrėžtas klasterio ar bendradarbiavimo tinklo strategijos kūrimas.

- Olandų – glaudus bendradarbiavimas su MTEP centrais, sudarant galimybę naudotis šiuolaikinėmis technologijomis; aktyvi vyriausybės politika, skiriamas dėmesys naujovėms siekiant auginti klasterio konkurencingumą.
- JAV – glaudus didelių įmonių, dažnai užimančių dominuojančią padėtį, bendradarbiavimas, hierarchiniu aspektu susijęs su daugybe mažų ir vidutinių įmonių.

Ištyrus atsinaujinančios energetikos klasterizacijos procesų užsienyje gerą patirtį matyti, jog vystant žaliąją energetiką būtinas bendradarbiavimas ir nuosekli išteklių kontrolė. Tyrimų ir vystymo veikla padeda siekti nuolatinio efektyvumo ir konkuruoti su iškastiniu kuru besiremiančiu energetikos sektoriumi. Išsivysčiusiose ir besivystančiose šalyse atsinaujinančios energetikos klasterizacijos lygis yra skirtingas. Jį lemia bendra verslo kultūra ir bendradarbiavimo pavydžiai. Besivystančiose šalyse labiau pastebimos pavienės klasterizacijos iniciatyvos, nors požiūrio kaita dėl biokuro panaudojimo teigiamo poveikio jau yra įvykusi. Pagrindiniai išsivysčiusių šalių iššūkiai susiję su infrastruktūros pritaikymu, politinio požiūrio keitimu, jautrių sektorių, tokių kaip anglies energetika, konversija. Būtina išspręsti klasterio veiklos vizijos ir krypties klausimus, siekiant produktyviausio išteklių panaudojimo.

*Paskelbtuose kituose užsienio mokslininkų darbuose matyti, kad biokuro panaudojimo poveikis ekonomikai tirtas keliais aspektais, pasitelkiant panašius vertinimo metodus. Siekta ištirti, kaip biokuro panaudojimas veikia ekonominę plėtrą įvairaus ekonominio pajėgumo šalyse. Tyrimų rezultatai jų autoriams padėjo suformuoti tam tikras išvadas, kurios leidžia valstybėms spręsti apie energetinės sistemos perorientavimo poveikį. Turint skirtingus duomenis ir tyrimo tikslus naudojami diferencijuoti tyrimo instrumentai. Įvairiuose moksliniuose darbuose siūlomi skirtingi tyrimo būdai siekiant ištirti atsinaujinančių išteklių, įskaitant biokurą, panaudojimo ir ekonominio augimo sąryšį. Tikslui pasiekti reikalingi skirtingi duomenys, susiję su šalių ar jų regionų ekonomine, socialine ar aplinkosaugine padėtimi. Kuula, Neittaanmäki, Pölönen, Tuovinen (2011) savo straipsnyje pateikia penkis matematinius modelius, skirtus naudoti bioenergetikos sektoriuje. Tai yra gyvenimo ciklo modeliavimas, logistikos optimizavimas, žaidimų teorija, neapibrėžtumų modeliavimas ir komponentinis optimizavimas. Šie modeliai yra paremti tikslinių regionų analize ir gali būti pritaikyti jų palyginimui tarpusavyje. Kiekvienam modeliui reikalingi skirtingos gausos duomenys, priklausomai nuo tyrimo apimties ir tikslo. Kai kurie modeliai, tokie kaip logistikos optimizavimo modelis, generuoja didelę praktinę vertę ir yra maksimaliai supaprastinti. Tai atlikta siekiant verslo poreikius atitinkančių rezultatų. Modeliai yra koreguojami gavus naujus duomenis ar pasikeitus esminėms verslo aplinkybėms. Müller, Hamm (2014) savo darbe nagrinėjo klasterių analizės panaudojimą tiriant atskirų regionų charakteristikas. Analizei atlikti buvo pasitelktas Vardo (angl. *Ward*) metodas. Tačiau taikant šią metodiką yra tam tikrų apribojimų. Autorių teigimu, šiam duomenų rinkiniui hierarchinių grupavimo metodų taikymo ir interpretavimo galimybės yra ribotos dėl didelio imties dydžio ( $n = 10\ 001$ ). Cavusgil, Kiyak, Yenyurt (2004)*

pažymi, jog didelis hierarchinių metodų trūkumas yra tas, kad kai stebėjimas priskiriamas grupei, jo negalima priskirti niekam kitam. Todėl klasterio rezultatus iš hierarchinio metodo reikia įvesti į K-Vidurkio metodą. Tai papildo hierarchinių metodų pranašumus su nehierarchinių metodų galimybe patikslinti rezultatus keičiant grupių narius. Siekiant panaudoti šį metodą reikalingas didelis tikslų duomenų srautas, pasižymintis aiškiai išreikšta sąsaja bei norimo ištirti reiškinio atitiktimi.

Egzistuoja tiksliniai metodai, skirti šalių duomenų vertinimui atlikti. Tuo pačiu jie leidžia pasiekti palyginamumo tikslą. Šalių vertinimo metodus galima panaudoti ir atskiriems jų regionams ištirti, tačiau turi būti užtikrinamas tinkamas duomenų kiekis. Ozturk, Bilgili (2015), Bilgili, Ozturk (2015) savo tyrimuose nagrinėjo Afrikos šalių biokuro panaudojimo dinamiką. Buvo pasitelkti 1980–2009 periodo duomenys iš 51 valstybės, kurios pasižymėjo skirtingu ekonominiu pajėgumu ir socialiniu išsivystymu. Panelinė vienetinės šaknies analizė (angl. *The panel unit root analyses*), panelinių duomenų kointegracijos analizė, paprastasis mažiausių kvadratų metodas (angl. *ordinary least squares, OLS*) ir *DOLS* atliekami per homogeniškas ir nevienalytes duomenų dispersijų struktūras, siekiant ištirti ryšius tarp kintamųjų. Turint visus duomenis vertinama, koks ryšys yra tarp ekonominio augimo ir biokuro panaudojimo energetikoje. Kaip pagrindinės dedamosios pasirinktos kapitalo dalies, žmogiškojo kapitalo indekso ir biokuro sunaudojimo reikšmės. Apergis, Payne (2010) teigia, jog panelinė vienetinės šaknies analizė ir panelinių duomenų kointegracijos analizė suteiks papildomos galios derinant skerspjūvio (angl. *cross-series*) ir laiko eilučių duomenis, kartu užtikrinant nevienalytiškumą įvairiose šalyse.

Siekiant ištirti klasterizacijos generuojamą poveikį ekonomikai galima pasitelkti ir klasikinius makroekonominis metodus. Šiuo atveju jie pritaikomi atsinaujinančios energetikos ir biokuro klasterizacijos procesų tyrimams. Ekonomikos sąryšio su atsinaujinančios energijos panaudojimu vertinimui Destek (2016) ir Koçak, Şarkgüneşi (2017) siūlo pasinaudoti Kobo-Duglo funkcija. Mokslininkų teigimu, naudojantis Kobo-Duglo gamybos modeliu, bendrasis vidaus produktas apibūdinamas kaip kapitalo, darbo jėgos ir atsinaujinančios energijos suvartojimo funkcija. Shahbaz, Loganathan, Zeshan, Zaman (2015) savo tyrime taip pat panaudojo šią funkciją siekiant išanalizuoti atsinaujinančios energijos vartojimo ir ekonomikos augimo, įskaitant kapitalą ir darbo jėgą, kaip papildomus gamybos veiksnius, ryšį. Inglesi-Lotz (2016) moksliniame darbe pateikia praplėstą funkcijos variantą – vertinamas bendras atsinaujinančios energijos suvartojimas, bendrasis kapitalo formavimas, darbuotojų skaičius, kiekvienos šalies MTEP išlaidos. Ši modelio variacija gali padėti palyginti šalis pagal atsinaujinančios energetikos poveikį ekonominei plėtrai. Dogan (2016) šalia kapitalo, darbo ir atsinaujinančios energijos panaudojimo vienam gyventojui dedamųjų prideda neatsinaujinančių išteklių panaudojimo rodiklį. Jis išreiškiamas kaip skirtumas tarp visos sunaudotos energijos (kg naftos ekvivalento) ir degių atsinaujinančių išteklių bei atliekų (kg naftos ekvivalento). Šią funkciją galima konvertuoti į kitų statistinių modelių funkcijas, taip atliekant labiau statistiškai paremtus tyrimus. Tai galima adaptuoti biokuro klasterių atveju, kadangi biokuras didžiojoje dalyje valstybių yra gausiausiai naudojamas atsinaujinantis išteklius. Tyrimui atlikti vertinami kapitalo ir darbo ištekliai, kurie yra pamatinė klasterio veiklos sėkmės dalis. Per atsinaujinančių išteklių panaudojimo jungtį šie ištekliai

susiejami į vientisą grandinę, rodančia vietinės energijos panaudojimo poveikį šalies ar regionų vystymuisi.

Kobo-Duglo funkcija yra reikšmingai susijusi su *ARDL* metodu. Alper, Oguz (2016) teigimu, Pateikiamos *ARDL* Kobo-Duglo produkcijos funkcijos, kurios turėtų būti įvertintos taikant ribų tikrinimo metodą, kur  $G$  yra realiosios pajamos,  $C$  yra kapitalas,  $L$  yra darbo jėga,  $RE$  yra atsinaujinančios energijos suvartojimo rodiklis,  $\Delta$  yra operacinis skirtumas,  $q$  yra atsilikimo ilgis ir  $u$  yra nuosekliai nesusijęs klaidos terminas. Metodui išreikšti naudojami matematiniai sprendimai. Bildirici (2013), papildo, kad *ARDL* metodas leidžia tuo pat metu įvertinti trumpalaikius ir ilgalaikius komponentus klaidų taisymo modelyje. *ARDL* taikomas nepriklausomai nuo to, ar pagrindiniai regresoriai yra grynai  $I(0)$ , grynai  $I(1)$ , ar yra tarpusavyje integruoti, todėl šiuo atveju nereikia atlikti išankstinio vieneto šaknies bandymo. Kita vertus, *ARDL* procedūra yra statistiškai reikšmingesnis metodas, siekiant nustatyti kointegracijos santykį mažuose duomenų ėminiuose. *ARDL* taip pat leidžia kintamiesiems turėti skirtingus optimalius atsilikimus. Rafindadi, Ozturk (2017) paaiškinimą papildo mintimi, jog *ARDL* ribų tikrinimo metodui nėra reikalinga kintamuosius integruoti ta pačia tvarka. Aslan (2016) išskiria tai, kad *ARDL* metodas veiksmingai pritaikomas atsižvelgiant į galimą aiškinamųjų kintamųjų endogeniškumą, o įvertinimai rodo pageidautinas mažas pavyzdžių savybes. *ARDL* metodas toleruoja skirtingus optimalius atsilikimus, kuriuos gali turėti kintamieji, o klasikinių integracijos procedūrų atveju tai neįmanoma. Tuo tarpu Bildirici (2014) savo straipsnyje pateiktame tyrime naudoja tik dvi dedamąsias. Pateiktu atveju  $Y$  parodo natūralų BVP vienam gyventojui logaritmą; BEC parodo natūralų biomasės energijos suvartojimo logaritmą. Autorė pabrėžia, kad nepaisant galimo mažo imties dydžio, tačiau jo pakanka šiai metodikai taikyti. Naudojant šį metodą galima statistiškai ištirti tiek šalis, tiek atskirus jų regionus.

Biokuro klasterio reikšmę ekonomikai galima tirti panaudojant ir kitokio tipo statistinius metodus. Cebotari, Cristea, Moldovan, Zubascu (2017) biokuro panaudojimo poveikiui ištirti pasitelkia  $Z$ -Kriterijaus (angl. *Z-Score*) metodą.  $Z$ -Kriterijus matuoja, kiek standartinių nuokrypių nuo grupės / imties reiškia duotas balas. Autoriai atliko 3 kaimuose gautų duomenų skaičiavimus. Kaimai energijai gaminti naudoja biokurą. Apskaičiuoti rezultatai, vertinant esamus žemės plotus, užimtumo lygį, populiacijos lygį ir vietinio biudžeto pajamas. Šis metodas yra tinkamas regionų vertinimui, kadangi jam nereikia didelio skaičiaus duomenų, tačiau gaunami reprezentatyvūs rezultatai. Atsižvelgiama į lokalią situaciją regione, pagal tai renkami duomenys tyrimui.

Didžioji dalis statistinių metodų yra paremta priklausomo ir nepriklausomų kintamųjų sąveika. Nepriklausomi kintamieji yra tampriai susiję su priklausomu kintamuoju, kadangi tyrimo tikslas yra rasti tam tikrų kintamųjų pokyčių priežastis. Biokuro klasterių atveju svarbu rasti sąsają tarp ekonominio augimo ir biokuro panaudojimo plėtros. Tuo tikslu mokslininkai dažnai naudoja panelinės analizės instrumentus, tokius kaip panelinis priežastingumo testas, panelinė vienietinės šaknies analizė ir panelinių duomenų kointegracijos analizė instrumentai naudojami siekiant nustatyti ilgojo laikotarpio priežastingumo ryšius. Savo atliktame tyrime Shahbaz, Rasool, Ahmed, Mahalik (2016) nurodo, jog ekonominis augimas ( $Y_t$ ) laikomas

priklausomu kintamuoju, o biomasės energijos suvartojimas ( $E_t$ ), kapitalo sunaudojimas ( $K_t$ ) ir prekybos atvirumas ( $O_t$ ) laikomi nepriklausomais kintamaisiais gamybos įvertinimo modelyje. Pagal tai siekiama išsiaiškinti, kaip biokuro panaudojimas gali paveikti šalies ekonominį augimą. Pagal šias dedamąsias sudaromas linijinis logaritminis modelis. To pačio modelio pagrindu Ali, Law, Yusop, Chin (2017) sudarė savo tyrimo modelį, skirtą ištirti Afrikos valstybių ekonominę padėtį biokuro naudojimo atžvilgiu. Pagal modelį ekonomikos augimas laikomas priklausomu kintamuoju, tuo tarpu biomasės energijos suvartojimas, kapitalo atsargos ir žmogiškasis kapitalas yra nepriklausomi kintamieji. Šiuo atveju įtraukiama žmogiškojo kapitalo dedamoji, kuri yra labai svarbi biokuro klasterio veiklos sėkmei.

Biokuro panaudojimo ir ekonominio augimo ryšius galima tirti pasitelkus netiesinės analizės instrumentus. Bilgili (2012) nurodo, kad du dažniausiai naudojami netiesiniai ekonominio modeliavimo metodai yra Markovo perjungimas (angl. *Markov-switching* (MS) ir slenkstinė autoregresija (angl. *Threshold autoregression*, TAR). Šių metodų pranašumas prieš tiesinius metodus išplaukia iš jų statistinių savybių: (i) jie yra susiję su režimo poslinkiais vertinimo procedūroje, ir (ii) vertinant susijusią (-as) lygtį (-is) laikosi netiesinių formų. Pagal turimus duomenis šalis suskirstomos į tam tikras grupes ir pagal tai yra tiriami pokyčiai laiko tėkmėje. Šis metodas yra palankus lyginti šalis skirtingais laikotarpiais, tačiau tuo pačiu jis yra itin specifinis ir formuojantis tik statistinius santykinus rezultatus. Gauti rezultatai leidžia suformuoti preliminarias išvadas ir nurodyti instrumentus, kurie galėtų pagerinti statistinius rodiklius. Kai kurie statistiniai metodai yra sukurti remiantis tarptautinių organizacijų patvirtintomis tyrimų metodologijomis. Blazejczak, Braun, Edler, Schill (2014) savo moksliniame darbe rėmėsi *SEEEM* (angl. *Sectoral Energy–Economic Econometric Model*) modeliu. SEEEM yra skirtas analizuoti agroekonominį ir sektorinį poveikį aplinkos apsaugos politikai. Jis remiasi nusistovėjusiu makroekonominio daugiašaliu modeliu *NiGEM* (angl. *National Institute Global Econometric Model*). Daugumą EBPO šalių reprezentuojamos su visos apimties modeliu, o mažesnėms šalims ar šalių grupėms, tokioms kaip Naftą eksportuojančių šalių organizacijos (angl. *OPEC*) šalys, modeliuojamas palankesnis požiūris. Mokslininkų pasiūlytu metodu galima praplėsti OECD metodologiją ir biokuro klasterio veiklos bei ekonominio augimo sąsają ištirti nuodugniau. Tuo pačiu išlaikoma galimybė palyginti atskiras valstybes pagal bendruosius duomenis.

Tarptautinių organizacijų naudojamų metodikų tarpui taip pat galima priskirti CAPRI (angl. *Common Agricultural Policy Regional Impact Analysis*) modelį. Becker (2008) nurodo, jog CAPRI modelio, kuris buvo sukurtas analizuoti Bendrąją žemės ūkio politiką (BŽŪP) ir Europos prekybos politiką, pranašumas yra gebėjimas vertinti žemės ūkio produkcijos elgseną Europoje, atsižvelgiant į dabartines BŽŪP priemones ir pasaulinius žemės ūkio produktų prekybos susitarimus. Biokuro klasterių atveju jis aktualus tuo, kad gali įvertinti energetinių augalų prekybos ir panaudojimo poveikį ekonomikai. Domínguez, Fellmann (2015) nurodo, jog CAPRI yra pasaulinis palyginamojo statinio žemės ūkio sektoriaus modelis, kurio pagrindinis dėmesys yra sutelktas į ES ir apima dvišalę prekybą žemės ūkio produktais. CAPRI susideda iš dviejų sąveikaujančių modulių: tiekimo modulio ir rinkos modulio. Tiekimo ir rinkos modulių ryšys pagrįstas pasikartojančia procedūra. Espinosa, Gocht, Heckelei,

Paloma (2016) papildoma mintį teigdami, jog CAPRI yra žemės ūkio sektoriaus modelis, daugiausia dėmesio skiriantis ES-28 NUTS2 regionams. Mokslininkai savo atliktame tyrime naudojo šį modelį, adaptuotą tam tikriems ūkio tipams. Tai leidžia teigti, jog modelis gali būti adaptuotas rinkos santykiams tarp subjektų, užsiimančių biokuro ruošos ir panaudojimo verslu. Waş, Zawalińska, Britz. (2014) nurodo, jog CAPRI modelis yra globalus palyginamosios statinės dalinės pusiausvyros modelis, daug dėmesio skiriantis Europai. Pirmojo modelio modifikacija apėmė tuo metu buvusias 27 ES valstybes, taip pat Norvegiją, Turkiją ir Vakarų Balkanus ir apėmė nepriklausomus apibendrintus netiesinius programavimo modelius, atspindinčius maždaug 50 visų ūkinių veiklų. Šiuo atveju vertinami 280 regioniniai administraciniai vienetai (NUTS II). Modelis leistų įvertinti prekybos biokuru mastą, tačiau jis nepilnai atskleistų poveikį šaliai ir jos regionams. Tai sudarytų sąlygas palyginti atskirų valstybių pastangas naudoti atsinaujinantį kurą, tačiau trukdytų įvertinti šio reiškinio poveikį šalies ekonominiam funkcionavimui.

Atlikta užsienio šalių padėties ir mokslinių sprendimų analizė parodė, kad nėra vienareikšmio sprendimo, kuris padėtų įvertinti biokuro panaudojimo poveikį ekonomikai. Šalyse biokuro panaudojimo intensyvumas yra skirtingas, tai lemia ir tyrimų šia tema gausą. Skirtingų valstybių analizė parodė, kad egzistuoja tam tikri metodai, kurie buvo naudoti keliuose valstybėse. Pagrindinis šalis vienijantis veiksnys – sukaupti ilgo laikotarpio duomenys, kurie leidžia gauti kokybiškus mokslinius rezultatus. Kai kuriose šalyse tyrimas buvo vykdomas per regionų dimensiją. Valstybių palyginimas leidžia išgryninti klasterio veiklos funkcijas ir suformuoti jo veiklos orientaciją. Tai yra reikšminga vertinant ekonominę klasterio poveikį valstybei, kadangi išgryninamas klasterio kuriamo teigiamo poveikio diapazonas. Siekiant pradėti analitinius veiksmus būtina sudaryti tyrimo metodologiją, kuri leistų išgauti rezultatus, įtraukiant skirtingų kryptų duomenis. Tuo pačiu reikalinga pasirinkti tyrimo kryptį – ar bus tiriami šalių, ar jų regionų duomenys.

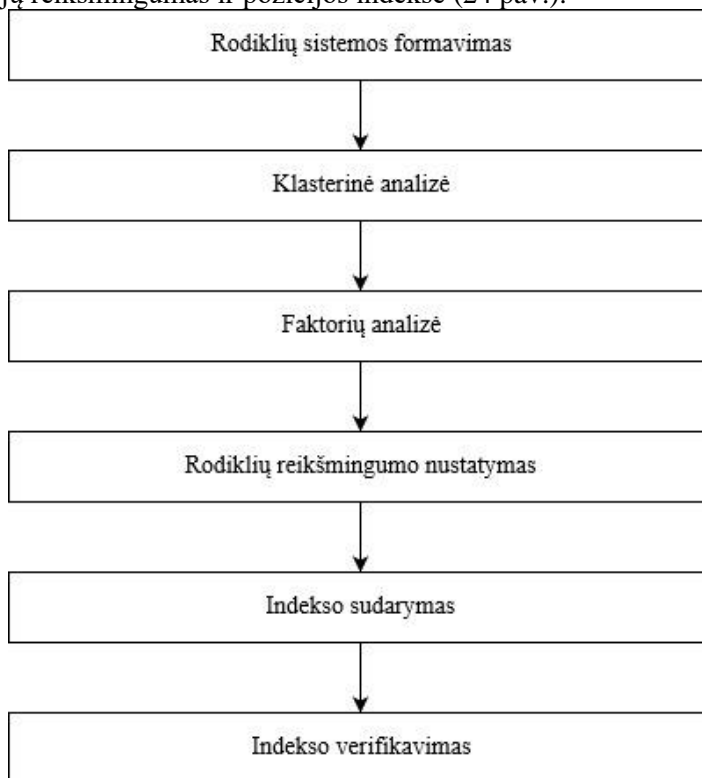
## **2.2. Biokuro klasterių poveikio ekonomikai vertinimo metodologiniai sprendimai**

Klasterizacijos procesų sukuriamas poveikis ekonomikai pirmiausiai yra susijęs su pridėtinės vertės kūrimu. Skirtingai nei kitų verslo koncepcijų atveju, biokuro klasteriai vertę kurią sutelkdami išteklius, o ne naudodami papildomus materialinių resursų vienetus. Pridėtinė vertė gali būti įvertinta pagal iki tol nenaudotų išteklių arba technologijų panaudojimą ir šio reiškinio kuriamą poveikį. Poveikio vertinimui reikalingi metodai susideda iš statistinių duomenų analizės įrankių ir galimybių struktūrizuoti skirtingų dimensijų duomenis. Biokuro klasterių atveju, tiriant poveikį šalies mastu, būtina išskirti regionų dimensiją – bendra biokuro rinka vyrauja regioninėse vietovėse. Visumoje, tyrimus galima vykdyti turint tiek šalies, tiek atskirų jos regionų duomenis, atsižvelgiant į norimą pasiekti tyrimo tikslą.

Siekiant įvertinti klasterizacijos poveikį ekonomikai, reikia išgryninti tikslią poveikio kryptį. Pagal tai ieškoma susijusių duomenų poveikiui pagrįsti. Kadangi biokuro klasteris savo veiklą vykdo regionuose, siekiama išnagrinėti jų galimybes prisidėti prie ekonomikos augimo. Vertinant tai, kad biokuro panaudojimo augimas būtų sąlygotas klasterio veiklos, tikslus poveikio rezultatus galima gauti tiriant

biokuro panaudojimo poveikį ekonomikai statistiniu požiūriu. Mokslinės literatūros analizės metu gauta informacija rodo, kad ekonominis augimas, paskatintas biomasės panaudojimo, tiriamas pasitelkiant statistinės analizės metodus. Tai leidžia objektyviai ištirti, ar biokuro panaudojimas reikšmingai prisideda prie regionų ekonominės gerovės augimo. Šalių palyginimas pagal jų regionų ekonominę ir energetinę pajėgumą yra sudėtingas ir daugiakryptis procesas, kadangi vertinami skirtingi ekonominiai, socialiniai ir aplinkosaugos veiksniai, kurie daro įtaką visos šalies raidai. Pagrindinis šių reiškinų katalizatorius – vietinio biokuro panaudojimas.

Tyrimo metodologijos formavimas neatsiejamas nuo nuoseklių žingsnių, kuriais reglamentuojamas disertacijos tyrimo atlikimas. Šiuo atveju, empirinis tyrimas susideda iš kelių dalių, vienijančių skirtingus statistinius metodus. Galutinėje tyrimo fazėje formuojamas bendras indeksas, leisiantis verifikuoti sukurtą vertinimo modelį. Tyrimo metodologija leis ištirti kompleksinę biokuro panaudojimo poveikį ekonomikai, kuris išreikštas ekonominių, socialinių, aplinkosaugos veiksnių sinteze. Tuo pačiu, išgaunama sinergija - metodologija sudaro sąlygas skirtingų valstybių energetinio savarankiškumo tyrimams. Per kuro, kuris skirtas energijai gaminti, kilmės dinamiką tiriamas energetinio savarankiškumo turėjimo ar atsisakymo poveikis ekonominei sanklodai. Iki tol išrenkami pagrindiniai vertinimo rodikliai, nustatomas jų reikšmingumas ir pozicijos indekse (24 pav.).



**24 pav.** Tyrimo metodologijos etapų loginė seka

Kiekvienas tyrimo metodologijos etapas pateikiamas atskirai:

**Rodiklių sistemos formavimas** atliekamas remiantis išanalizuotų mokslinių šaltinių informacija. Pagal ją parenkami aktualūs indikatoriai, kuriuos veikia biokuro panaudojimo pokyčiai. mokslinės literatūros šaltiniuose buvo pateikti skirtingi veiksniai, kurie yra lemiami besikeičiančio biokuro vartojimo. Juos klasifikuojant gaunama rodiklių grupė, kuri vėliau bus naudojama tolimesniems statistiniams tyrimams atlikti. Pagrindinė rodiklių sistemos formavimo idėja – ekonominių, socialinių ir aplinkosaugos duomenų santalka kompleksiniam poveikiui matuoti ir rezultatų palyginimo su kitomis valstybėmis bazei kurti. Rodiklių sistema prisideda prie biokuro klasterio poveikio koncepcijos verifikavimo.

Disertacijos tema, apimanti ekonomikos ir biokuro energetikos sektoriaus vystymosi sąveiką, formuoja padėtį, kad tyrimui reikalingi skirtingų sričių rodikliai, apimantys ekonominius, socialinius, aplinkos apsaugos veiksnius. Jiems sutelkti ir tinkamai panaudoti reikalinga aiški rodiklių parinkimo argumentacija. Šiam tikslui pasitarnauja daugiakriterinis vertinimas (angl. *multi-criteria analysis, MCA*), kuris leidžia apimti skirtingų dimensijų ir sričių rodiklius, siekiant gauti vieningus tyrimo rezultatus. Daugiakriterinis vertinimas ir jo poveikis mokslinėje literatūroje vertinamas skirtingai. Vienu atveju pabrėžiama, kad toks vertinimo modelis gali sutelkti skirtingus ekonominius, socialinius, aplinkosaugos, techninius rodiklius. Kitu atveju nurodoma, jog svarbu pasirinkti tinkamą daugiakriterinio vertinimo metodą. Mendoza, Martins (2006) teigia, kad daugiakriterinis vertinimas yra bendras terminas, apibūdinantis formalių metodų, kuriais siekiama aiškiai atsižvelgti į įvairius kriterijus, padedant asmenims ar grupėms tiriant svarbius reiškinius, visumą. Pagal Figueira, Greco, Ehr Gott (2005), taikant daugiakriterinio vertinimo metodus galima sutelkti skirtingų dimensijų rodiklius į vieną sistemą, kuri sudaro sąlygas gauti reikalingas tyrimo išvadas. Linkov, Satterstrom, Kiker, Batchelor, Bridges, Ferguson, E (2006) MCA suteikia išsamesnę požiūrį į aplinkos valdymą. Skirtingi MDA metodai reikalauja skirtingų tipų vertės informacijos ir vadovaujasi įvairiais optimizavimo algoritmais. Metodo pasirinkimas priklauso nuo tyrimo tikslo. Šiuo atveju sutinkama su teiginiu, kad aplinkosaugos rodikliai yra ypač svarbūs siekiant atlikti visavertę situacijos vertinimą. Buchholz, Volk, Luzadis (2007) požiūriu, MCA naudoja kriterijus, leidžiančius sprendimų priėmėjams struktūruoti, modeliuoti ir analizuoti problemas ir įvairius rezultatus, atsižvelgiant į grįžtamąjį ryšį, svorius ir su kriterijais susijusias vertybes, įtraukiant daug suinteresuotųjų šalių. Vienas didžiausių MCA pranašumų yra galimybė įtraukti kokybinę informaciją ir išvengti vieningos duomenų dimensijos būtinybės. Tai puikiai atitinka biokuro klasterio poveikio ekonomikai tyrimo tikslus – sutelkti skirtingų dimensijų ir sferų rodiklius siekiant išgauti vieningą rezultatą. Montibeller, Gummer, Tumidei (2006) nurodo, jog daugiakriterinis vertinimas analizė yra skirtas įvertinti galimybes atsižvelgiant į iškelto tyrimo tikslus. Janssen (2001) daugiakriterinio vertinimo taikymo galimybes atskiria į dvi sritis. Šiuo atveju reikšmingas vaidmuo suteikiamas alternatyvų palyginimui, leidžiančiam gauti objektyvius tyrimo rezultatus. Alternatyvų palyginimas laikomas svarbiu tyrimo proceso elementu: apimties nustatymo etape tolesniam tyrimui iš daugelio galimų alternatyvų pasirenkamas nedidelis skaičius alternatyvų, o galutiniame vertinime šios alternatyvos įvertinamos išsamiau. Daugeliu atvejų MCA naudojamas vienai ar abiem pakopoms paremti. MCA naudojimo priešininkai teigia, kad metodas yra linkęs

manipuliuoti, yra labai technokratinis ir pateikia klaidingą tikslumo jausmą. Metodo šalininkai teigia, kad MCA teikia sistemingą, skaidrų požiūrį, kuris padidina objektyvumą ir sukuria rezultatus, kuriuos galima atkurti. Disertacijoje pateikiamos tam tikros, moksliniais šaltiniais grįstos rodiklių grupės, susidedančios iš atskirų dedamųjų. Vėliau atliekami gilesni analitiniai veiksmai rezultatus išreiškiant per regioninę dimensiją. Pohekar, Ramachandran (2004) 25 pav. pateikia pagrindinius daugiakriteriniu vertinimu grįsto tyrimo principus, pagal kuriuos siekiama gauti aktualaus reiškinių rezultatus.



25 pav. Daugiakriteriniu vertinimu grįsto sprendimo priėmimas (Pohekar, Ramachandran, 2004)

Pagal aukščiau pateiktą paveikslą matyti, kad sprendimo priėmimo procesas apima daugiakriterinę analizę sutelkiant reikalingus duomenis, tyrimo metodo pasirinkimą ir sprendimo (vertinimo išvados) priėmimą. Nuosekli veiksmų seka sudaro sąlygas efektyviam modelio pritaikymo procesui, kadangi modelis išrenkamas pagal prieš tai atrinktus kriterijus. Prieš sprendimo priėmimą atliekamas rezultato vertinimas – dažnu atveju tai daroma naudojant apibendrinimo metodą. Daugiakriteriniu vertinimu grįsto sprendimo priėmimas sutelkia skirtingus statistinius, loginius ir analitinius metodus, taip sudarant galimybę gauti objektyvius reiškinių tyrimo rezultatus. Tuo pačiu reikšmingai sumažinama klaidos tikimybė interpretuojant duomenis ir jų apdorojimo metu gautas gilesnes išvalgas. Autoriai prideda, jog MCA taikymas apima tokias sritis kaip integruotos gamybos sistemos, investicijų į technologijas vertinimas, vandens ir žemės ūkio valdymas, įskaitant energijos planavimą.

Egzistuoja skirtingi daugiakriterinio vertinimo metodai. Kiekvienas iš jų naudojamas esant skirtingoms aplinkybėms. Metodų pasirinkimo amplitudė leidžia gauti objektyvius tyrimo rezultatus, atsižvelgiant į turimus duomenis ir į vykdomo tyrimo tikslą. Moksliniuose šaltiniuose aptiktos daugiakriterinių metodų klasifikacijos yra skirtingos, orientuotos į skirtingose disciplinose išsidėsčiusių tikslų įvykdymą. 9 lent. pateikiami mokslinėje literatūroje aptikti daugiakriterinio vertinimo metodai.

**9 lentelė.** Daugiakriterinio vertinimo metodai

Šaltiniai	Metodas	Specifikacija
Zanakis, Solomon, Wishart, Dublisch (1998); Balasubramaniam, Boyle, Voulvoulis (2007); Elmoustafa (2012); Saravanakumar, Stojanovic, Radosavljevic, Ahn, Karimi, (2018)	Svorių suvestinės ( <i>angl. Weighted summation</i> )	Prieš nustatant svertinių balų sumą, atliekamas svertinis apibendrinimas grindžiamas svertinio vidurkio samprata ir apima poveikio matą, išreikštą kriterijumi $x_{ji}$ ir padauginus jį iš kriterijaus svorio $w_j$ . Pagrindinis metodo principas yra tas, kad kiekvieno kriterijaus standartiniai parametrai yra sudedami ir gaunama vieninga reikšmė.
Triantaphyllou, Sánchez (1997); Wang, Liu, Wang, Lai (2010); Khairina, Asrian, Hatta (2016); Aminudin, Sundari, Shankar, Deepalakshmi, Fauzi, Maselena (2018)	Rezultatų suma ( <i>angl. Weighted product</i> )	Šiuo metodu įvertinamos kelios kriterijų rinkinio alternatyvos, kai kiekvienas požymis nėra vienas nuo kito priklausomas. Svartinio produkto metodas, naudoja keletą skirtingų technikų siekiant sujungti kiekvieno kriterijaus vertes, kur kiekvieno kriterijaus vertė turėtų būti padidinta, kad būtų galima pasiekti atitinkamus kriterijų svorius. Šis procesas yra panašus į normalizavimo procesą.
Goodwin, Wright (1998); Gaudenzi, Borghesi (2006); Azizkhani, Vakili, Noorollahi, Naseri (2017); Asakereh, Soleymani, Sheikhdavoodi (2017); Deng, Deng (2019)	Analitinis hierarchinis procesas ( <i>angl. Analythic hierarchy process, AHP</i> )	Metodas skirtas rizikos rodiklių nustatymui ir galimo neigiamų įvykių poveikio bei priežasties ir pasekmių įvertinimui. Klasikiniame AHP modelyje santykinė svarba tarp elementų, dar vadinama pirmenybės santykiu tarp visų elementų, yra pavaizduota palyginimo matricioje. Analitinės hierarchijos procesas yra viena iš potencialių priemonių, naudojamų ne tik reitingavimui, bet ir ekonominėms bei socialinėms sąlygoms analizuoti.
Martel, Matarazzo (2005); Albiñana, J. C., & Vila, C. (2012); Darji, Rao (2014); Chatterjee, Chakraborty (2013);	EVAMIX ( <i>angl. Evaluation of Mixed Data</i> )	Metodas nustatant unikalias alternatyvų poras. EVAMIX metodo kriterijų rinkinys sprendimo matricioje yra padalintas į ordinarines ir kardinalines kriterijų reikšmes. Įprastinis EVAMIX variantas sukuria pranašesnį srautą, pagrįstą kriterijams priskiriamais kiekybiniais

<p>Chojnacka, E., &amp; Górecka, D. (2016).</p>		<p>svoriais ir informacija, gauta grynai ordinariu alternatyvių porų lygių palyginimu. Šis metodas vertinimus atlieka nuosekliau, be to, jis yra pajėgus susidoroti su ordinarinėmis vertėmis, jų nekeičiant į kardinalias vertes.</p>
<p>Uhde, Hahn, Griess, Knoke (2015) Panagiotidou, Stavrakakis, Diakaki. (2015); Wątróbski, Jankowski. (2016); Becchio, Bottero, Corgnati, Dell’Anna (2017); Guney, Hernandez-Perdomo, Rocco (2019)</p>	<p><i>PROMETHEE (angl. Preference ranking organization method for enrichment evaluations)</i></p>	<p>PROMETHEE leidžia išsamiai išanalizuoti priežastinius ryšius, tam tikrų veiksmų intensyvumą ir dominuojančią bei nedominuojančią alternatyvų sąveiką, naudojant porinius palyginimus. Būtent pranašumo (angl. <i>outranking</i>) metodai padeda apskaičiuoti dominavimo santykius tarp alternatyvų, paprastai naudojant nekompensuojamąjį metodą, pagrįstą atstumo matavimais. PROMETHEE metodas yra dažnai naudojamas gamtos išteklių valdyme, tačiau jis taip pat turi savo trūkumų. Jis gali būti naudojamas tik tuo atveju, jei sprendimus priimantis asmuo apibrėžia kiekvieno kriterijaus pasirinkimą ir išreiškia savo sprendimo svarbą.</p>
<p>Dvorský, Krejčí, Moldřík (2006); Prakash, Barua, (2015); Biswas, Pramanik, Giri (2016); Zavadskas, Mardani, Turskis, Jusoh, Nor (2016); Marković (2016); Kumar, Garg (2018); Xu, Guo, Qian, Zhang (2019)</p>	<p><i>TOPSIS (angl. Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)</i></p>	<p>Kompensaciniai metodai, tokie kaip <i>TOPSIS</i>, leidžia kompromisus tarp kriterijų, kai prastą vieno kriterijaus rezultatą gali paneigti tinkamas kito kriterijaus rezultatas. Jie pateikia realistiškesnę modeliavimo formą nei nekompensuojamieji metodai, apimantys arba neįtraukiantys alternatyvių sprendimų, pagrįstų griežtais atskyrimais. Šio metodo taikymo etapai: pirmiausiai sudaroma ir normalizuojama pradinio sprendimo matrica. Vėliau nustatomas kiekvieno indekso svoris. Tada nustatoma svertinė standartizuota sprendimų matrica. Po to nustatomi teigiami ir neigiami idealūs atskaitos taškai. Paskui nustatomi atstumai nuo teigiamų ir neigiamų idealiųjų atskaitos taškų. Galiausiai apskaičiuojamas artumo koeficientas.</p>

Išnagrinėjus daugiausiai naudojamus daugiakriterinio vertinimo metodus priimtas sprendimas toliau naudoti svorių suvestinės (angl. *weighted summation*) metodą. Svorių suvestinės metodas pasirinktas dėl savo kompleksiskumo ir gebėjimo vertinti skirtingų tipų, perspektyvų, dimensijų duomenis. Tuo pačiu, metodas yra ypač lankstus ir gali būti sklandžiai derinamas su kitais metodais. Metodas yra paremiamas

statistiniais skaičiavimais, atmetant tyrėjo ar trečiųjų asmenų nuomonę analizuojant tyrimo objektą. Kiti paminėti metodai yra susiję su sprendimo priėmimu, kuris gali pakreipti galutinio rezultato reikšmę viena ar kita kryptimi. Tuo pačiu, jie yra mažiau lankstūs, sunkiau arba visai nesuderinami su kitais statistinės analizės metodais. Svorių suvestinės atveju rodiklių svoriai sudaromi taikant statistinius metodus pagal tyrėjo surinktus duomenis. Disertacijos atveju galutiniame etape siekiama išgauti formulę, jos išgavimas susijęs su keletu skirtingų metodų taikymu. Galutinėje fazėje dėl gebėjimo sutelkti skirtingų metodų taikyme gautus rezultatus, formulei sudaryti tinkamiausias svorių suvestinės konstruktas. Pagal Janssen (2001), kiekybiniam balams standartizuoti naudojama linijinė funkcija, o bendras balas apskaičiuojamas kaip standartizuotų balų svertinis vidurkis. Būtent naudojantis šiuo metodu bus sudaromas pagrindas tolimesniems analitiniams veiksams atlikti. Triantaphyllou (2000) nurodo, kad tam tikra MCA tiriamą problemą yra apibrėžta remiantis  $m$  alternatyvomis ir  $n$  sprendimo kriterijais. Be to, daroma prielaida, kad visi kriterijai yra naudos kriterijai, tad kuo aukštesnės rodiklių vertės, tuo didesnė bendroji reikšmė. Taip pat teigiama, kad  $w_j$  žymi santykinį kriterijaus  $C_j$  svarbos svorį, o  $a_{ij}$  yra alternatyvos  $A_i$  eksploatacinė vertė, kai ji vertinama pagal  $C_j$  kriterijų. Tada visa (t.y. kai visi kriterijai vertinami vienu metu) alternatyvos  $A_i$  svarba, žymima kaip  $A_i^{WSM-score}$ , apibrėžiama taip:

$$A_i^{WSM-score} = \sum_{j=1}^n w_j a_{ij}, \text{ kai } i = 1, 2, 3, \dots, m. \quad (1)$$

Kim, De Weck (2006) priduria, jog jei  $\sum_{i=1}^m w_i = 1$  and  $0 \leq w_i \leq 1$ , tai svertine suma yra apibendrintas tikslų derinys. Svertinės sumos metodas sistemingai keičia reikšmes ir kiekvienas skirtingas objekto optimizavimas lemia skirtingą optimalų sprendimą. Marler, Arora (2010) požiūriu, svertinis apibendrinimo/sumavimo metodas yra plačiai naudojamas daugiataklės optimizacijos atlikimui ne tik norint pateikti kelis sprendinius nuosekliai keičiant reikšmes, bet ir teikiant vienintelį sprendimą, kuris atspindėtų prioritetus, kurie buvo pasirinkti renkantis reikšmių grupę.

Disertacijos tyrime nagrinėjamos trys kriterijų grupės, apimančios pagrindinius šalies raidos reiškinius ir žalosios ekonomikos skatinimo matavimus (10 lent.). Šie kriterijai apima poveikio kryptis, kurias biokuro klasteris veikia vykdydamas savo veiklą. Vienu atveju sukuriama nauja vertė (panaudojami iki tol nenaudoti produktai), kitu atveju pastebimi sutaupymai ir veiklos efektyvumo augimas. Aplinkosaugos požiūriu išskiriamas aplinkos tvarkymo progresas, sąlygotas atsiradusio teigiamo finansinio poveikio užsiimant šiomis veiklomis.

**10 lentelė.** Tyrimo atlikimui būtini duomenys

Kriterijų grupė	Kriterijus	Mato vienetas	Duomenų šaltinis
Ekonominė perspektyva	Savivaldybių (regionų) biudžetų pajamos	€	Lietuvos statistikos departamentas (2019)
	Savivaldybių (regionų) biudžetų išlaidos	€	
	Gyventojų pajamų mokesčio pajamos	€	VMI (2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018)
	Išlaidos biokurui	€	LŠTA (2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018); Baltpool (2019); VERT (2019)
	Išlaidos dujoms	€	
	Šilumos kaina	€ct/kWh	
Socialinė perspektyva	Išlaidos socialinei pašalpai	€	Lietuvos statistikos departamentas (2019)
	Vidutinis darbo užmokestis	€	
	Nedirbantys asmenys	Asmenų skaičius	
Aplinkosaugos perspektyva	Miško tvarkybos projektai	ha	VMT (2019)
	Miškingumo lygis	%	

Prieš pradėdant naudoti duomenis jie buvo apdoroti ir pritaikyti šiam tyrimui. Iki 2015 m. Lietuvoje cirkuliavo lito valiuta, po to litą pakeitė vieninga ES valiuta euras. Visi duomenys, kurie buvo pateikti litų forma, buvo konvertuoti į eurus. Kai kuriais atvejais, kai duomenys buvo pateikiami apskričių ar kitokių regioninių junginių formatais, jie buvo išskaidyti priskiriant tam tikrą regioninę dalį. Išlaidų dujoms ir biokurui atveju išlaidų dydis pagal savivaldybę nustatytas atsižvelgus į suvartojamo kuro kiekį, sudauginus jį iš tuo metu vyravusios kuro kainos. Nesant BVP indėlio pagal savivaldybes, remiantis teorine analize pasirinktas tirti biokuro panaudojimo poveikis ekonominei, socialinei, aplinkos sanklodai. Tuo būdu pereita prie kompleksiškesnio tyrimo, apimančio ne vien ekonominius veiksnius, tačiau nurodantiems biokuro panaudojimo veiksnių svarbą pagrindiniams regiono veiklos lygiams.

Kiekvieno kriterijaus svarba ir aktualumas pateikiamas atskirai:

**Ekonominė perspektyva:**

*Savivaldybių (regionų) biudžetų pajamos.* Kriterijus parodo savivaldybių gebėjimą surinkti pajamas, palaikyti arba auginti surenkamų pajamų kiekį. Savivaldybės, pasižyminčios žemu nedarbo lygiu, aukštu veikiančių verslo subjektų skaičiumi, efektyviai veikiančiomis municipalinėmis įmonėmis generuoja potencialiai didesnes viešąsias įplaukas. Tai sukuria sąlygas efektyvesnėms viešosioms paslaugoms teikti, struktūrinėms problemoms spręsti, tuo pačiu tai leidžia sukurti tvaresnę savivaldybės energetinę struktūrą. Konstantinavičiute, Bobinaite, Tarvydas, Gatautis (2013) nurodo, kad pajamas trumpuoju laikotarpiu gali veikti subsidijos naujiems žaliosios energetikos įrenginiams diegti. Subsidijos susijusios su atleidimu nuo tam tikrų mokesčių. Romallosa, Kraft (2017) nustatė, kad skaidriai vykdomas biokuro atliekų panaudojimas gali reikšmingai papildyti savivaldybės

biudžetą naujai sukurtoomis pajamomis. Šiuo atveju svarbu užtikrinti kuro išgavimo ir tiekimo skaidrumą, vengiant šešėlinės ekonomikos apraiškų. Dhaubanjara, Nakarmi, Bajracharya (2019) nurodo, kad biokuro panaudojimas gali tapti svarbiu savivaldybės pajamų augimo šaltiniu, kadangi naudojami vietiniai išteklių. Taip būtų sukurtas naujas verslo sektorius, turintis savivaldybės pajamų struktūrą ir kuriantis galimybę įsidarbinti. Dėl duomenų stokos nebuvo galimybės išskaičiuoti pajamų dalies, kurią savivaldybė gauna iš biokuro, todėl naudojamas visų pajamų dydis. Kriterijaus pokyčiai tyrimui svarbūs tuo, kad jis atspindi skirtingų regionų charakteristikas, pasirinktus vystymosi kelius, stipriąsias puses ar neveiklumo apraiškas.

*Savivaldybių (regionų) biudžetų išlaidos.* Remiantis nagrinėjamo kriterijumi galima daryti išvadą apie savivaldybių gebėjimus valdyti sąnaudas. Didžioji dalis savivaldybių biudžetų išlaidų skiriama švietimui ir sveikatos apsaugai, tačiau į šias išlaidas įeina ir pastatų išlaikymo sąnaudos. Energetinio neefektyvumo atveju šios išlaidos auga stabiliai keičiantis iškastinio kuro kainoms. Visgi, išlaidų dinamiką veikia tam tikri veiksniai, susiję su biokuro panaudojimu. Hoffmann, Weih (2005) nurodo, kad biokuro energetikos vystymas leistų sukurti papildomą poveikį – tai mažintų išlaidas žemės ūkiui, kadangi ūkininkai turėtų sąlygas imtis papildomų veiklų – įsisavinti apleistas žemes, gaminti biokurą arba auginti biomasę. Turėdami galimybę gauti papildomą uždarbį, ūkininkai mažintų spaudimą regionų, nacionaliniam ir ES biudžetui. Couto, Silva, Rouboa (2016) nurodo, kad išlaidas energetikai ir biokuro konversijai galima optimizuoti – biokuro tiekimas gali būti užtikrinamas municipaliniu transportu, naudojamu atliekoms surinkti. Taip išvengiama perinvestavimo grėsmės. Lukman (2016) nurodo, kad į savivaldybių biudžetų išlaidas gali būti įtrauktos tiesioginės išlaidos biokuro naudojimo infrastruktūrai arba garantijos savivaldybės įmonėms. Salonen (2019) taip pat akcentuoja, kad savivaldybių biudžetuose gali būti numatytos išlaidos biokuro konversijai tais atvejais, kai valstybė nenumato investicijų į tam tikros savivaldybės energetinę sistemą. Tokio tipo išlaidos labiausiai atsispindi tuo laikotarpiu, kai savivaldybė nusprendžia perorientuoti savo energetinę sistemą link biokuro panaudojimo. Likusi išlaidų dalis didžiąja dalimi atvejų paskirstoma per socialines pašalpas vargingiau gyvenantiems asmenims. Aukštas ilgalaikio nedarbo lygis ir skurstančiųjų dalis bendroje struktūroje yra reikšmingi kriterijaus pokyčių veiksniai. Įvertinus biokuro konversijos galimybes keisti savivaldybių biudžetų išlaidų struktūrą, rodiklis naudojamas tolimesniuose tyrimuose.

*Gyventojų pajamų mokesčio pajamos.* Didelėje dalyje besivystančių valstybių, gyventojų pajamų mokesčio pajamos yra pagrindinė savivaldybių biudžetų pajamų dalis. Kriterijaus svarba susijusi su gebėjimu įžvelgti savivaldybių įdirbį skatinant kurti naujas darbo vietas. Gyventojų pajamų mokesčio įplaukos tiesiogiai susijusios su naujų darbo vietų kūrimu ir esamų darbo vietų išlaikymu. Mažinant energetinių išteklių importo apimtį sudaromos sąlygos kurti naujas darbo vietas regionuose. Darbo vietos yra susijusios su miškininkystės ir kuro ruošos sektoriais, taip pat jėgainių aptarnavimu (EUBIA, 2019). Mirata, Nilsson, Kuisma, (2005), Anwar, Mulyadi (2011) nurodo, kad kai kada galima pajamų mokesčio lengvata naujų darbo vietų skatinimui. Tokiu atveju poveikis ekonomikai per mokesčio surinkimą bus

matomas ilguoju laikotarpiu. Poveikio mastas tokiu atveju sunkiai nuspėjamas – neatmestina, jog dalis įmonių, nors ir gavusios subsidijas, negebėjo dirbti efektyviai ir gali trauktis iš rinkos. Vis dėlto, Malek (2010) teigimu, dėl biokuro energetikos specifikos būtent per gyventojų pajamų mokesčio dinamiką galima įvertinti biokuro energetikos indėlį regionų ir šalies ekonomikai. Tai vyksta todėl, kadangi biokuro energetika yra ypač imli žmogiškiesiems ištekliams. Tai aktualu tiek ruošos, tiek logistikos sektoriuose. Black, Holley, Solan, Bergloff (2014) atsinaujinantys energetikos šaltiniai kuria teigiamą ekonominį poveikį, o viena iš poveikio krypčių – padidėjęs gyventojų pajamų mokesčių kiekis. Darbo vietų kūrimo potencialas ypatingai pastebimas nekvalifikuotų žmoniškųjų išteklių tarpe, kadangi jie gali atlikti nesudėtingas kuro ruošos operacijas. Tai padeda plėsti gyventojų pajamų mokesčio surinkimo apimtį ir tuo pačiu mažina struktūrinio nedarbo problemas. Šie veiksniai yra vieni svarbiausių vertinant teigiamą biokuro klasterių poveikį regionų ekonomikai. Disertacijoje naudojamas miškininkystės sektoriaus ir energijos gamybos sektoriaus sugeneruotos gyventojų pajamų mokesčio įmokos. Pastaruoju atveju naudojami tiek biokuro, tiek importuojamo kuro sektoriaus atlyginimų dydžiai.

*Išlaidos biokurui.* Tai yra tiesioginis kriterijus, rodantis savivaldybės indėlį į žaliosios energetikos plėtotę. Besivystančiose valstybėse šilumos gamybą vykdo municipalinės įmonės, kurios atlieka investicinius sprendimus. Visais atvejais būtent savivaldybės yra atsakingos arba už žaliąsias investicijas, arba už tinkamų investicijų į atsinaujančius išteklius naudojančias jėgaines sąlygų verslui sudarymą. Išlaidų biokurui dinamika parodo regionų ryžtą pagerinti energetinę padėtį, sumažinti aplinkos taršą ir nedarbo lygį, taip pat siekį geriau panaudoti vietinius atsinaujančius išteklius, netiesiogiai skatinant šakoje veikiančius verslus. Lauri, Havlík, Kindermann, Forsell, Böttcher, Obersteiner (2014) nurodo, kad išlaidos biokurui gali būti rentabilios tuo atveju, kai juo apsirūpinama 200 km. spinduliu. Tai galima laikyti atstumu, kai apsirūpinimas biokuru vykdomas išskirtinai šalies viduje. Sürmen (2003) priduria, kad tiekimo lokalumas užtikrina žemą biokuro kainos lygį, o tai atsispindi mažesnių išlaidų kiekiu lyginant su iškastiniu kuru. Lyginant su iškastiniu kuru, įžvelgiama ir daugiau tiekimo skirtumų, kurie veikia galutinę kuro kainą. Steininger, Voraberger (2003) nurodo, kad išlaidų biokurui dydį reikšmingai nulemia tai, kad naudojant biokurą nereikia įskaičiuoti vamzdinių aptarnavimo išlaidų, kaip tai atliekama dujų panaudojimo atveju. Tai lemia konkurencingos kuro kainos palaikymą. Cheng, Zhang, Wang (2020) pabrėžia būtinybę nuolat kontroliuoti išlaidas vietinio logistikai, taip užtikrinant biokuro konkurencingumą iškastinio kuro atžvilgiu. Be to, būtinas nuolatinis procesų planavimas ir prevencija, ypatingai pažymint tinkamos vietos jėgainei planavimą. Importo eliminavimas suteikia sąlygas regioniniams verslams aktyviai veikti, o tai atsispindi nuperkamo biokuro vertės pokyčiuose. Disertacijoje vertinamas biokuro suvartojimas pagal teorinėje dalyje suformuotą ekonominę vertę turinčio biokuro struktūrą.

*Išlaidos dujoms.* Tiesioginis kriterijus, rodantis municipalines išlaidas importuoti dujas, reikalingas energijos gamybai. Kadangi didelėje dalyje besivystančių valstybių dujos yra importuojamos, kriterijaus reikšmė rodo savivaldybių indėlį kitų šalių ekonomikos skatinimui. Maxwell, Zhu (2011) nagrinėja dujų importo poveikį ir nurodo pagrindines importo kaštų dedamąsias. Esminis

veiksnyms teikiama vamzdynų aptarnavimui, taip iš esmės eliminuojant darbo vietų poreikį regionuose. Aptarnavimas, vykdomas centralizuotai, eliminuoja regionų galimybes kurti plataus masto ekonominę veiklą energetikos sektoriuje. Garaffa, Szklo, Lucena, Féres (2019) pabrėžia, kad dujų kainos dinamika yra sąlygojama prekybos pagrindinėse dujų biržose. Atskiros šalys ar regionai neturi įtakos kainos dinamikai, o tai kuria priklausomybę nuo išorės subjektų. Mathieu, Bolland (2013) šalia išlaidų dujoms priskiria vėliau sekančius taršos mokesčius už iškastinio kuro vartojimą. Priklausomai nuo apyvartinių taršos leidimų (ATL) kainos, galutinė dujų kaina gali esmingai keistis. Dytczak, Ginda (2006) konstatuoja, kad nuosavų dujų išteklių neturinčioms valstybėms yra neįmanoma kurti didelės socialinės vertės, kadangi dujų išgavimo ir infrastruktūros aptarnavimo pajėgumai sutelkiami tose valstybėse, kurios turi nuosavus dujų telkinius ir technologijų vystytojus. Tai leidžia teigti, kad dujų sunaudojimo dinamika atvaizduoja kompleksinį poveikį – nesukurtas darbo vietas, nepanaudotus vietinius atsinaujinančius išteklius, tarpstančias socialines problemas. Šias išlaidas sunku optimizuoti, kadangi dujos yra perkamos centralizuotai, valstybiniu mastu. Egzistuojant infrastruktūros stokai galima situacija, kai dujos perkamos iš vieno tiekėjo aukštesne nei rinkos kaina. Dujų panaudojimo kriterijus yra neatsiejamas nuo disertacijos tyrimo, kadangi išlaidos dujoms ir biokurui tarpusavyje koreliuoja. Disertacijoje išlaidos dujoms yra laikomos pagrindine išlaidų grupe, apibendrinančia sąnaudas iškastiniam kurui.

*Šilumos kaina.* Kriterijaus dinamika leidžia įžvelgti savivaldybių veiksmus efektyvinant centralizuotos šilumos sektorių, taip pat sudaromas sąlygos įvertinti gyventojų sutaupymus arba praradimus dėl mažėjančios (augančios) šilumos kainos. Per pastarąjį dešimtmetį rinkos pokyčiai lėmė nuosaikius energetinių išteklių pokyčius, kurie veikė šilumos kainą. Vis dėlto, neefektyvūs šilumos tinklai ir klaidingas naudojamo kuro pasirinkimas lemia reikšmingus šilumos kainų pokyčius tarp regionų. Keles, Kar, Bahadır, Kaygusuz (2017) nurodo, kad šilumos, pagamintos iš biokuro, kaina yra mažesnė nei naudojant gamtines dujas, degalus, elektrą. Be to, biokuro panaudojimo įrenginiai sparčiai efektyvinami, siekiant išgauti daugiau šilumos energijos. Tai taip pat prisideda prie kainų mažinimo tendencijos, kadangi iš to pačio biokuro kiekio gebama pagaminti didesnius energijos kiekius. Xie, Lu, Sun, Gu, Li (2016) svarbiu energijos kainą veikiančiu veiksniu laiko galimybę vienu metu gaminti dviejų rūšių energija kogeneracinėse jėgainėse. Mokslininkų požiūriu, sukuriama sinergija leidžia išlaikyti kainų stabilumą ir konkurencingumą gaminant abiejų tipų energiją. Weldu (2018) į šilumos kainos dinamiką įtraukia visas išlaidas, kurios susidaro dėl būtinybės kompensuoti vykdomą aplinkos taršos veiklą. Tai dažniausiai išreiškia apyvartinių taršos leidimų pavidalu. Būtent taršos mokesčiai iškastinio kuro naudojimo atveju gali sudaryti reikšmingą šilumos kainos dalį. Wang, Zhang, Zhou, Chang, Zhou, Pang, Yin (2019) pažymi, kad šilumos kainos dinamika reikšmingai priklauso nuo pasirinkto energijos gamybos būdo, kuro išgavimo telkinių nuotolio, tiekimo grandinės, esamos infrastruktūros būklės. Visa tai esmingai keičia šilumos kainos dinamiką, o norint perorientuoti energetinę sistemą reikalingos kryptingos investicijos ir kelerių metų laikotarpis. Kai kada šilumos kainų dinamiką lemia fundamentalūs veiksniai – infrastruktūros stoka, gamtinės sąlygos (miškingumas). Šilumos kainos dydis reikšmingai lemia šilumos vartotojų galimybes

laisvai formuoti šeimos biudžetą, finansinius srautus. Šilumos kainos rodiklis leidžia daryti išvadas apie tai, kokių veiksmų ėmėsi atskiros savivaldybės siekdamos efektyvinti turimą energetinę sistemą, užtikrinant kiek įmanoma mažesnes energijos kainas gyventojams.

### **Socialinė perspektyva:**

*Išlaidos socialinei pašalpai.* Biokuro panaudojimas sudaro sąlygas nedarbo lygio tarp nekvalifikuotų asmenų mažėjimui. Kriterijaus įtraukimas tarp tiriamųjų rodiklių svarbus tuo, kad taip sudaromos sąlygos ištirti biokuro panaudojimo ir išlaidų socialinėms reikmėms sąsają skirtingose savivaldybėse. Tai pasitarnaus tiek klasterių analizės atlikime, tiek galutiniame tyrimo etape. Akella, Saini, Sharma (2009) nurodo, jog išlaidų socialinei pašalpai rodiklis bene tiksliausiai atspindi pokyčių dinamiką tarp mažai kvalifikuotų darbuotojų, kurie tiesiogiai jaučia lėšų perskirstymą dėl pakeisto energijos gamybos būdo. Teigiamas efektas ypač matomas išsivysčiusiose šalyse, kuriose nekvalifikuoti žmogiškieji ištekliai grindžiami vietos gyventojais, o ne imigrantais iš užsienio. Įgavus galimybę dirbti, asmenys, prieš tai buvę priklausomi nuo valstybės pagalbos, tampa įgalūs patys prisidėti prie visuomenės gerovės augimo. Sáez, Linares, Leal (1998) įvertino, kad dėl biokuro energetikos sektoriaus poreikio nekvalifikuotai darbo jėgai atsiranda tinkamos sąlygos mažinti išlaidas socialinėms pašalpoms. Autoriai pažymi, kad šiuo atveju nevertinami išnykę sociologiniai nedarbo aspektai, kitu atveju, tikėtina, teigiamas poveikis būtų reikšmingai didesnis. Catania (1999) nurodo, kad dėl biokuro energetikos sektoriaus specifikos būtina įdarbinti didelius žmogiškųjų išteklių kiekius. Kadangi biokuro ruošos operacijos nereikalauja išskirtinių žinių, stengiamasi įdarbinti tuos asmenis, kurie priklauso ilgalaikių bedarbių kategorijai ir jiems reikalingos socialinės išmokos. Trink et al. (2010) ištyrė, kad biokuro išteklių naudojimas ir investicijos į žaliosios energijos gamybos technologijas sumažina išlaidų, skirtų socialinėms išmokoms, kiekį. Mažėjimas įvyksta dėl nedirbančių asmenų įdarbinimo ir grąžinimo į darbo rinką. Dažnu atveju tai yra ilgalaikiai, nekvalifikuoti bedarbiai. Steininger, Voraberger (2003) nurodo, kad biokuro panaudojimas sudaro sąlygas išlaidų socialinei pašalpai mažėjimui, tuo pačiu padidinant gyventojų pajamų mokesčio pajamas. Įdarbinant pašalpas gaunančius asmenis gerinama jų gyvenimo kokybė, sprendžiamos sveikatos prevencijos, savirealizacijos, visuomenės stiprinimo problemos. Atsižvelgiant į mokslininkų suformuluotus teiginius, išlaidų socialinėms pašalpoms rodiklis naudojamas siekiant atspindėti išlaidų dinamiką ir norint rasti ryšį su pasikeitusia išlaidų energetiniams ištekliams struktūra.

*Vidutinis darbo užmokestis.* Kriterijus parodo savivaldybėse vyraujančią atlyginimų lygį ir netiesiogiai parodo jų gebėjimą tvarkytis su esama socialine padėtimi. Augantis vietinės energijos gamybos mastas geba didinti užimtumą regionuose ir tuo pačiu kurti geriau apmokamas darbo vietas. Regionuose, kurie yra ekonomiškai nekonkurencingi, atlyginimų lygis taip pat yra žemesnis. Augant biokuro suvartojimui atsirado kompetencijų poreikis biokuro paruošimo, transportavimo, deginimo srityse. Augant šioms kryptis atstovaujančių darbuotojų poreikiui augo atlyginimų lygis, kadangi didžiąja dalimi atveju buvo būtinas mokymas ar perkvalifikavimas. Sektoriaus plėtra leido auginti regiono gyventojų perkamąją galią, mažinti skurdą, pildyti savivaldybės ir valstybės biudžetus. Tai leido generuoti

teigiamą poveikį tiek asmens, tiek regiono ir visos valstybės mastu. Lehr, Nitsch, Kratzat, Lutz, Edler (2008) nurodo, jog vidutinis darbo užmokeskis yra viena svarbiausių dedamųjų tiriant energetinės konversijos kuriamą poveikį. Darbo užmokesčio dinamika apibūdina galimybes įsidarbinti sektoriuje, sektoriaus specifiką (aukštos ar žemos kvalifikacijos darbai), darbo našumą. Hoogwijk, Faaij, Vries, Turkenburg (2009) vidutinio darbo užmokesčio dydį laiko svarbia dedamąja siekiant įvertinti galimybes auginti energetinius augalus apleistuose žemės sklypuose. Nuo darbo užmokesčio dydžio priklauso verslo subjektų galybės pritraukti žmogiškuosius išteklius ir išlaikyti konkurencingumą kitų energijos gamintojų atžvilgiu. Sadamichi, Kudoh, Sagisaka, Chen, Elauria, Gheewala,..., Sharma (2012) vidutinio darbo užmokesčio dydį priskiria socialinei perspektyvai, kaip įrodymą, kad asmenys, dirbantys biokuro energetikos sektoriuje, gali turėti stabilus užimtumo ir pajamų perspektyvą. Qiu, Yan, Lei, Sun (2018) pabrėžia, kad būtent staigus vidutinio darbo užmokesčio augimas gali nulemti atsiliekančią našumą ir mažesnę konkurencingumą iškastinio kuro naudotojų atžvilgiu. Atsižvelgiant į tai, darbo užmokesčio augimo kontrolė yra būtina siekiant palaikyti aukštą atsinaujinančių išteklių panaudojimo lygį. Disertacijoje naudojamas miškininkystės sektoriaus ir energijos gamybos sektoriaus vidutinio darbo užmokesčio vidurkis.

*Nedirbantys asmenys.* Kriterijaus reikšmingumas tyrimui susijęs su galimybe susieti biokuro panaudojimo mastą su nedarbo lygio pokyčiais. Mokslinės literatūros analizė parodė, kad vietinių išteklių panaudojimas skatina naujų darbo vietų kūrimą. Ypač tai pasakytina apie nekvalifikuotas darbo vietas biokuro ruošos sektoriuje. Kammen, Kapadia, Fripp (2004) pažymi, kad pradiniam atsinaujinančios energetikos veiklos etape teikiamos subsidijos mokymams gali reikšmingai sumažinti nedarbo lygį regionuose, turinčiuose ilgalaikio nedarbo problemą. Vis dėlto, tai yra pavienis požiūris, nes vėliau publikuotuose mokslo darbuose pabrėžiama, kad biokuro energetikos sektoriaus sukūrimas iškart kuria teigiamą poveikį ekonomikai per nedarbo mažinimą, o siekiant sumažinti nedarbo lygį nėra reikalinga subsidijuoti mokymų ar kitos aktualios veiklos – biokuro sektoriaus konkurencingumas leidžia samdyti ir paruošti būsimus darbuotojus. Elfani, M. (2011) priduria, kad besivystančioms priskiriamos šalys, turinčios didelių nedarbo ir taršos problemų, naudojant biokurą gali reikšmingai sumažinti šių problemų mastą, tuo pačiu gerinant gyvenimo kokybę ir socialinę padėtį regione. Pabrėžiamas regioninis lygmuo – taip siekiama palaikyti veiklos efektyvumą, vengti per didelės sprendimų ir veiksmų centralizacijos. Zuberi, Hasany, Tariq, Fahrioglu, (2013) daro prielaidą, kad naudojant vietinį biokurą energijai gaminti nedarbo lygis turėtų mažėti, ypač regionuose. Tai grindžiama išaugusiu žmoniškųjų išteklių poreikiu biokuro ruošos sektoriuje. Tourkolia, Mirasgedis (2011) ištyrė, jog biokuro energetikos sektorius labiausiai prisideda prie ilgalaikio nedarbo mažėjimo. Žmogiškieji ištekliai labiausiai reikalingi kasdienėms operacijoms atlikti – tiekimo, deginimo veiklose. Būtent šioje srityje matomas didžiausias nedarbo mažinimo efektas (~3,3 EUR/MWH). Taip pat pažymima, jog egzistuoja teigiamas ryšys tarp biokuro panaudojimo augimo ir nedarbo mažėjimo. Nedirbančių asmenų skaičiaus mažėjimas leidžia sumažinti valstybinių ar municipalinių socialinių išmokų poreikį, taip lėšas nukreipiant kitiems poreikiams tenkinti. Tuo pačiu tai gerina socialinę kondiciją regionuose, aukštesnis

pajamų lygis prisideda prie perkamosios galios augimo ir regionų konkurencingumo didėjimo.

#### **Aplinkosaugos perspektyva:**

*Miško tvarkybos projektai.* Kriterijaus svarba tyrimui susijusi su galimybe išvelgti energetinės sistemos pokyčių naudą skatinant racionalesnį miško išteklių naudojimą. Miško tvarkybos projektai susiję su miškų valymu šalinant menkavertę medieną ir ją realizuojant kaip biokurą. Colantoni, Delfanti, Recanatesi, Tolli, Lord (2016) nurodo, kad miško atliekų panaudojimo problema yra aktuali ir ją spręsti yra būtina siekiant neužimti žemės ūkio paskirties plotų energetinių augalų auginimui. Būtent miško tvarkybos projektai gali padėti apsirūpinti biokuru išvengiant etinių nesusipratimų ir tuo pačiu efektyviai panaudojant vietinius išteklius. Brotto, Pettenella (2018) prideda, kad būtina atlikti nuolatinį miško išteklių monitoringą, taip išsiaiškinant galimos biokuro žaliavos kiekį reikalingu panaudojimo momentu. Pagal monitoringo rezultatus atliekami miško tvarkybos projektai, kuriais biokuras yra išgaunamas, o produktyvi mediena lieka augti toliau. Taip užtikrinamas darnios miškininkystės tikslo laikymasis. Leban, Malovrh, Stirn, Krč (2016) nurodo, kad šie projektai yra svarbus kaimo vietovių vystymąsi skatinantis veiksnys. Šie projektai yra pradinis vertės grandinės kūrimo etapas. Galutinė vertės grandinės fazė – biokuro, gauto per miško tvarkybos projektus, panaudojimas energijos gamybai. Kim, Baker, Sohngen, Shell (2018) nurodo, jog miško tvarkybos projektai ateityje bus vis labiau svarbesni siekiant patenkinti biokuro paklausą ir išlaikyti stabilų kainų lygį. Tuo pačiu tai leidžia auginti veiklos efektyvumo lygį, kadangi visais atvejais miško tvarkybos projektų metu pašalinama menkavertė ir neperspektyvi mediena, kuri vėliau yra deginama. Taip ji tampa pridėtinės vertės objektu. Börjesson, Hansson, Berndes (2017) pažymi, kad būtent per miško tvarkybos projektus gaunama mediena sudaro didžiausią biokuro pasiūlos dalį. Šie projektai dažnu atveju yra skatinami valstybės arba tarptautinių institucijų, o tai yra reikšmingas katalizuojantis veiksnys. Vis dėlto, atsiradusi galimybę realizuoti menkavertę medieną gali reikšmingai padidinti miško tvarkybos apimtis. Pagal šį kriterijų galima spręsti apie valstybinių įmonių ir verslo subjektų pastangas efektyvinti miškų ūkį realizuojant menkavertę medieną ir prisidedant prie biokuro klasterio veiklos sėkmės.

*Miškingumo lygis.* Kriterijus padeda išskirti regionus pagal jų galimybes vystyti biokuro energetiką savarankiškai arba atsivežant kurą iš gretimų regionų. Miškingumo lygio tyrimas padeda apibrėžti savivaldybių galimybes užsiimti biokuro panaudojimu grįžta energetine veikla, o susiję rodikliai, tokie kaip miško tvarkybos projektai, nedirbantys asmenys, šilumos kaina ir kt. gali suteikti gilesnius vertinimo rezultatus. Dažnu atveju išvelgiamas didesnių miestų negebėjimas dėl geografinių priežasčių apsirūpinti biokuru savarankiškai. Tuo atveju svarbu, kaip gretimi regionai geba patenkinti aglomeruotos vietovės energetinius poreikius ir ar subjektai yra abipusiai konkurencingi. Pagal Tun, Juchelkova, Win. Thu, Puchor (2019) miškingumo lygį išreiškia tiek procentine išraiška, tiek sukauptos energijos kiekiu. Priklausomai nuo tyrimų tematikos, galima naudoti abu dydžius. Tun (2019) požiūriu, atliekant darnaus vystymosi tyrimus būtina įvertinti šalyje ar regionuose sutelktą biomasės potencialą. Neįvertinus turimo potencialo, perspektyvos vystyti veiklą ilguoju laikotarpiu tampa neapibrėžtos. Schuenemann, Msangi, Zeller (2018) nurodo,

kad matuojant biologinių išteklių potencialą būtina segmentuoti regionus, taip palaikant darnaus vystymosi principus. Segmentacija reikalinga tam, kad mažiau biomasės turinčiuose regionuose neatsirastu perteklinio eksploatavimo prielaidų. Miyaguchi, Shaw, (2017) teigia, jog tik įvertinus miškingumo lygį gali būti atliekamos investicijos į energetikos sektorių. Per mažo miškingumo atveju galima susidurti su apsirūpinimo kuru rizika, išaugusia energijos gamybos savikaina, pažeistais darnaus vystymosi principais.

Siekiant sugrupuoti regionus pagal tam tikras charakteristikas naudojama **klasterių analizė**. pagal turimus duomenis regionai suskirstomi į klasterius, kurie vėliau naudojami kitiems analitiniams veiksams atlikti. Regionus klasteriuose vienija panašios charakteristikos ir vystymosi scenarijai. Šiuo atveju išskiriama laiko eilučių klasterizacija, kadangi turimi duomenys susiję su tam tikru analizuojamuoju laikotarpiu, sudarant sąlygas palyginti skirtingus regionus pagal tvarios energetikos vystymo laipsnį. Kaufman, Rousseeuw (2009) teigimu, klasterizacijos metodai taikomi daugelyje sričių, įskaitant dirbtinį intelektą ir modelio atpažinimą, ekologiją, ekonomiką, geologiją, rinkodarą, medicinos tyrimus, politologiją, psichometriją ir kt. Yim, Ramdeen (2015) papildoma, jog klasterių analizė yra unikali, nes jos tikslas yra sumažinti atvejų ar stebėjimų skaičių suskirstant juos į vienalytes grupes, identifikuojant grupes iš anksto nežinant narystės grupėje ar galimų grupių skaičiaus. Klasterinė analizė taip pat suteikia daug galimybių, susijusių su grupių sujungimo algoritmu, kiekvienam pasirinkus skirtingą grupavimo struktūrą. Todėl klasterinė analizė gali būti patogi statistinė priemonė tiriant įvairių rūšių duomenų rinkinių pagrindines struktūras. Klasterių analizės išskirtinumas susijęs su galimybe grupuoti skirtingų pajėgumų dedamąsias pagal tam tikrus pasirinktus kriterijus, sudarant sąlygas dedamųjų lyginimui.

Mokslinėje literatūroje minimi du labiausiai naudojami klasterių analizės būdai – hierarchinė klasterizacija ir K-vidurkio (angl. *K-Mean*) klasterizacija. Pagal Kembe, Onoja (2017), ši procedūra yra tiriamasis įrankis, skirtas atskleisti natūralias duomenų rinkinio grupes (arba klasterius), kurių negalima aptikti. Šio metodo naudojamas algoritmas turi reikšmingą kiekį norimų savybių, dėl kurių jis skiriasi nuo kitų metodų:

1. Kategorinių ir tęstinių kintamųjų tvarkymas: darant prielaidą, kad kintamieji yra nepriklausomi, kategoriniams ir tęstiniams kintamiesiems gali būti nustatytas bendras multinominis-normalusis pasiskirstymas.
2. Automatinis kai kurių klasterių pasirinkimas: Palyginus modelio pasirinkimo kriterijaus vertes skirtinguose klasterizacijos sprendimuose, procedūra gali automatiškai nustatyti optimalų klasterių skaičių.
3. Mastelio keitimas: konstruojamas grupės ypatybių medis, kuris apibendrina gautus įrašus.

Turint tam tikrus duomenis galima pritaikyti labiausiai tinkamą klasterizavimo metodą. Prieš metodo parinkimo sprendimo atlikimą būtina gerai išanalizuoti turimus duomenis ir žinoti, kokio rezultato yra siekiama. Metodai gali suderinti skirtingų dimensijų, bet to paties analizuojamojo laikotarpio rodiklius, suskirstant juos į tam tikrus dėsningumus apibūdinančius klasterius. Platesnė duomenų klasterizavimo metodų analizė pateikiama 11 lent.

## 11 lentelė. Klasterių analizės metodai

Šaltiniai	Metodas	Specifikacija
Sangalli, Secchi, Vantini, Vitelli (2010) Aghabozorgi, Seyed Shirkhorshidi, Ying Wah (2015) Brandmaier (2015) Zhang, Mei, Chen, Li (2016) Arora, Deepali, Varshney (2016)	padalinimas ( <i>angl. partitioning</i> )	Vienas populiariausių metodų – k-vidurkių ( <i>k-means</i> ), kai kiekvienas klasteris turi prototipą, apskaičiuotą pagal tos grupės objektų vidurkį. Šio metodo tikslas minimizuoti atstumą (sklaidą) tarp kiekvienos grupės objektų. Iš šio metodo išsivystė k-vidurkinių objektų metodas ( <i>angl., k-Medoids (PAM)</i> ), kai kiekvienos grupės prototipu yra realus objektas, kurio reikšmė yra artimiausia grupės vidurkiui. Abiem metodams klasterių skaičius turi būti apibrėžtas iš anksto. Pritaikius neraiškiają logiką ( <i>angl., fuzzy logic</i> ) gaunamas neraiškiųjų c-vidurkių metodas ( <i>Fuzzy c-Means, FCM</i> ), kai viena reikšmė gali priklausyti keliems klasteriams, o klasterių skaičius parenkamas optimizavimo metu.
Szekely, Rizzo (2005) Zhao, Karypis, Fayyad (2005) Keogh, E., & Lin, J. (2005) Murtagh, Legendre (2014) Rezankova (2014) Montero, Vilar (2014)	hierarchinis ( <i>angl. hierarchical</i> )	Turbūt labiausiai naudojamas metodas yra aglomeratyvi hierarchinė klasterinė analizė. Jis pagrįstas artumo matrica, apimančia visų objektų porų panašumo vertinimą. Tai reiškia, kad gali būti naudojamos įvairios įvairių rūšių kintamųjų (kiekybinių, kokybinių ir dvejetainių) panašumo ar skirtumo matavimo priemonės. Be to, dažnai būna, kad klasteriai turi subklasterius, o hierarchinės struktūros natūraliai atspindi pagrindinę taikymo sritį. Tačiau dėl kvadratinio skaičiavimo sudėtingumo jis taikomas tik mažos apimties duomenų rinkiniams.
Han, Kamber, Pei (2012) Arora, Deepali, Varshney (2016) Saini, Rani (2017) Cheng, Wang, Batista (2018) Deng, Song, Sun, Cai, Shi (2018)	tinkleliu grįstas ( <i>angl. grid-based</i> )	Tinklelis pagrįstas grupavimas veikia dalijant duomenų erdvę į tinklelio struktūrą su tam tikru baigtiniu ląstelių ( <i>angl. cells</i> ) skaičiumi. Tada operacijos atliekamos visose šiose ląstelėse, o ne atskiruose duomenų taškuose. Šis metodas paprastai duomenis apdoroja greičiau nei kiti metodai dėl sumažėjusių apdorojamų elementų skaičiaus. Nagrinėjamas laiko periodas suskaidomas į baigtinį skaičių periodų, iš kurių suformuojamas tinklelis. Bangelių panaudojimas yra klasikinis tokios grupės metodų pavyzdys. Šio tipo metodai retai naudojami laiko eilučių klasterizacijai.
McLachlan, Peel (2004) Raftery, Dean (2006) Dias, Vermunt (2008) McParland, Gormley (2016) McNicholas (2016)	modeliu grįstas ( <i>angl. model-based</i> )	Iš duotos duomenų aibės bandoma atkurti pradinį modelį, kai kiekvienam klasteriui sudaromas atskiras modelis ir atrenkami geriausiai tokį modelį atitinkantys objektai. Modeliu grįstas modelis remiasi baigtiniais modeliais, kai kiekvieno komponento tankis paprastai reprezentuoja klasterį. Šios grupės metodų trūkumai – didelės skaičiavimų sąnaudos, iš anksto žinomo modelio formato reikalavimas, realaus pasaulio procesų neatitinkančios prielaidos, naudotos modeliui sudaryti. Vienas iš būdų, kaip tvarkyti didelių matmenų duomenis

		modeliu grįstu metodu yra naudojant faktorių analizatorių modelį arba kai kuriuos jo variantus.
<p>Viswanath, Pinkesh (2006)</p> <p>Amini, Wah, Saybani, Yazdi, (2011)</p> <p>Mai, He, Feng, Plant, Böhm (2015)</p> <p>Wu, Wilamowski (2016)</p> <p>Brown, Japa, Shi (2019)</p>	tankiu grįstas ( <i>angl. density-based</i> )	<p>Tankiu pagrįstas grupavimas veikia principu, kai visi duomenys laikomi vienu tankio funkcijos atvaizdu, tačiau tie plotai, kuriuose koncentruota daugiau taškų laikytini tais, kurie gali suteikti duomenų analizės rezultatus. Tankio pagrindu veikiančios klasterizacijos pagrindu gauti klasteriai apibendrinami kaip atskirti mažo tankio plotais. Tradiciniai tankio metodai yra <i>DBSCAN</i>, <i>OPTICS</i> ir <i>DENCLUE</i>. <i>DBSCAN</i> ir jo plėtinys, <i>OPTICS</i>, yra tipiški tankio metodai, apibendrinantys grupes pagal tankiu pagrįstą jungties analizę erdvinių duomenų rinkinyje. <i>DENCLUE</i> yra metodas, klasifikuojantis objektus, remiantis tankio funkcijų vertės pasiskirstymo analize.</p>
<p>Yeung, Fraley, Murua, Raftery, Ruzzo (2001)</p> <p>Malsiner-Walli, Frühwirth-Schnatter, Grün (2016)</p> <p>Augustyński, Laskoś-Grabowski (2018)</p>	daugiažingsnis ( <i>angl. multi-step</i> )	<p>Skirtinguose lygiuose taikomi keli iš aukščiau paminėtų metodų arba jie taikomi atsižvelgiant į skirtingas eilučių savybes. Pvz. k-vidutinių objektų metodo taikymas pagal skirtingas metrikas (eilutės formą ir laiką) įgalina surasti panašias savybes turinčias eilutes su mažais skaičiavimo ištekliais.</p>

Atsižvelgiant į lentelėje pateiktą klasterių analizės metodų klasifikaciją atliktas sprendimas remtis padalijimo metodu, naudojant K-vidurkio klasterių analizę. Sprendimas atliktas atsižvelgiant į turimus duomenis ir išsikeltus disertacijos tikslus. Mokslininkai K-vidurkio panaudojimo priežastis grindžia skirtingai. Pagal Bansal, Sharma, Goel (2017), K-Vidurkio klasterizacijos algoritmas pagrindinis algoritmas, pagrįstas skaidymo metodu, kuris naudojamas daugeliui grupavimo užduočių, ypač esant mažų matmenų duomenų rinkiniams. Pasak Arora, Deepali, Varshney (2016), taikant K-vidurkio klasterizavimo metodą, duomenys sugrupuojami pagal jų artumą vienas kitam pagal Euklido atstumą. Tokiu atveju  $k_y$  priimamas kaip įvesties parametras, taip padalijant  $n$  objekto rinkinį iš  $k_y$  grupių. Vidutinė objekto vertė laikoma panašumo parametru, formuojant grupes. Klasterio vidurkis arba centras sudaromi atsitiktinai parinkus  $k_y$  objektą. Palyginus esamus panašumus, objektai priskiriami klasteriui. Klasterių analizė padeda suskirstyti regionus į grupes pagal skirtingas charakteristikas. Tai leidžia išskirti regionus su teigiamomis ekonominėmis charakteristikomis ir vietoves, kurių energetiniai rezultatai yra gerintini. Biokuro klasterizacijos atveju galima ištirti regionus, kurie turi pakankamus biomasės išteklius. Dias, Ramos (2014) savo tyrime naudojo Markovo modelis, modeliuojantis skirtingas laiko eilutes vienu metu. Šis modelis nustato laiko eilučių grupes su panašia dinamika, kurios gali būti pritaikytos analizuojant laiko eilučių sąryšius, atsižvelgiant į laiko eilučių heterogeniškumą, taip pat į paslėptas būsenas laiko eilutėse. Šis išplėstas paslėptas Markovo modelis gali būti naudingas stebint bet kurį nuoseklų

procesą. Remiantis pateiktųjų mokslininkų darbais daroma prielaida, būtent K-vidurkio metodas leis suskirstyti regionus į tokias grupes, kurios apibendrins jų pasirinktą energetinės sistemos perorientavimo, socialinių problemų sprendimo, vietinių išteklių panaudojimo kelią. Tuo pačiu šis metodas gali būti naudojamas ir su skirtingų dimensijų duomenimis, kaip yra šio tyrimo atveju. Metodo naudojimo pagalba bus galima įžvelgti regionų progresą ar regresą laike, judant taip skirtingų klasterių. Klasterių analizei atlikti naudojamos Lietuvos savivaldybės, turinčios centralizuotus šilumos tinklus, atmetant didžiuosius miestus. Laikytina, kad pastarosios savivaldybės negamina biokuro, tačiau jose gali būti įsikūrusios motininės biokuro gamintojų įmonės. Tuo būdu jų rezultatai gali reikšmingai iškreipti bendrą situaciją.

Siekiant tam tikrus rodiklius pagal jų charakteristikas suskirstyti į grupes, naudojama **faktorių analizė**. Pagal Garson (2008), pagrindinė faktorių analizės užduotis – atsižvelgiant į tarpusavio koreliaciją, suskirstyti analizuojamus kintamuosius į tokias grupes, kurias vienija tam tikras tiesiogiai sunkiai įvardijamas faktorius. Pereinant nuo didelio skaičiaus kintamųjų prie tam tikrų faktorių informacija yra koncentruojama ir geriau aprėpiama. Lance, Butts, Michels (2006) nurodo, jog faktorių analizė yra bendrojo linijinio modelio procedūrų šeimos dalis ir veikia pagal daugelį tų pačių prielaidų, kaip ir daugialypė regresija: linijiniai ryšiai, intervalo duomenys, tačiau trūksta didelio daugialypiškumo ir daugiamatės normalumo, norint atlikti reikšmingumo testus. Faktorių analizė sukuria lentelę, kurioje eilutės yra stebimi neapdoroti rodiklių kintamieji, o stulpeliai yra faktoriai arba latentiniai kintamieji, kurie paaiškina kuo didesnę šių kintamųjų variaciją. Šios lentelės langeliai yra faktorių apkrovos, o faktorių reikšmė turi būti paskatinta matant, kurie kintamieji yra labiausiai apkrauti, pagal kuriuos faktorius tai vyksta. Atsižvelgiant į šią informaciją, būtina surinkti tokiam tyrimui reikalingus duomenis, kurie leistų išreikšti faktorių analizės galimybes.

Egzistuoja keli faktorių analizės etapai. Jie yra nuoseklūs, skirti nuodugniam tyrimų duomenų analizei ir jų tinkamumo tikrinimui. Dažnu atveju nepasiekus paskutinių etapų procesai kartojami, nustačius duomenų netinkamumą tyrimams. McArdle (2007) faktorių analizės atlikimo procesą suskirstė į penkis etapus:

- Duomenų faktorių analizei tinkamumo tikrinimas;
- Atitinkamų faktorių išskyrimas;
- Faktorių skaičiaus nustatymas;
- Faktorių sukimas ir interpretavimas;
- Faktorių reikšmių įverčių skaičiavimas.

Faktorių analizė gali būti atliekama skirtingais būdais. Būdai yra taikomi tam tikrose situacijose, kai siekiama išspręsti vieno ar kito tipo mokslinę problemą. Didele dalimi atvejų atlikimo būdo pasirinkimas priklauso nuo surinktų duomenų ir jų kokybės. Mokslininkai išskiria skirtingus faktorių analizės atlikimo būdus, kurie aktualūs iškeliant tam tikrus tyrimo tikslus (12 lent.). Pagal surinktą informaciją bus atliktas sprendimas, kurią faktorių analizės rūšį reikia pasirinkti.

**12 lentelė.** Faktorių analizės atlikimo būdai

Šaltinis	Metodas	Specifikacija
Wang, Ahmed (2004) Schreiber, Nora, Stage, Barlow, King (2006) Jackson, Gillaspy, Purc-Stephenson (2009) Brown (2014) Reio, Shuck (2015)	Patvirtinamoji faktorių analizė ( <i>angl. Confirmatory factor analysis, CFA</i> )	Patvirtinamoji faktorių analizė yra patvirtinimo technika - ji pagrįsta teorija. Todėl analizės planavimą lemia teoriniai ryšiai tarp stebimų ir neprižiūrimų kintamųjų. Kai atliekama CFA, tyrėjas naudoja hipotetinį modelį, norėdamas įvertinti populiacijos kovariacijos matricą, kuri yra palyginta su stebima kovariacijos matrica. Technškai tyrėjas nori sumažinti skirtumą tarp apskaičiuotų ir stebimų matricų. Pagrindinis tikslas yra patikrinti teoriją prieš pagrindinius latentinius procesus vėlesniuose tyrimų etapuose.
Thompson (2004) Lorenzo-Seva, Ferrando (2006) Suhr (2006) Osborne (2015) Bandalos, Finney (2018)	Tiriamoji faktorių analizė ( <i>angl. Exploratory factor analysis, EFA</i> )	Tiriamosios faktorių analizės tikslas yra išsiaiškinti kuo didesnę skaičių abejotinių aiškinamųjų veikslių, reikalingų paaiškinti stebimų kintamųjų koreliacijas, su arba be pagrindinių teorinių procesų. EFA apima tam tikrų veikslių, kuriuos galima atlikti naudojant įvairias procedūras, atlikimą. Pagrindiniai žingsniai yra: 1) įvertinti ar išgauti veiksnius, 2) nuspręsti, kiek veiksnių išlaikyti, 3) rotuoti veiksnius į aiškinamą orientaciją ir (4) gauti atskirus faktorių balus.
Abdi, Williams (2010) de Winter, Dodou (2014) Jolliffe, Cadima (2016) Yi, Lai, He, Cheung, Liu (2017) Wetzel (2017)	Pagrindinių komponentų analizė ( <i>angl. principal component analysis, PCA</i> )	Pagrindinių komponentų analizė yra stačiakampė linijinė duomenų transformacija į tvarkomą kintamųjų rinkinį, suskirstytą pagal jų dispersiją. Pirmasis kintamasis, turintis didžiausią dispersiją, vadinamas pirmuoju pagrindiniu komponentu. Priešingai negu taikant faktorių analizės metodus, pagrindinių komponentų metodu išskirti faktoriai paaiškina visą stebimų kintamųjų dispersiją. Vadinasi, pagrindinių komponentų metodas neįvertina kiekvieno kintamojo atskirai dėl jo specifiškumo. Tačiau originalus PCA yra jautrus pašaliniais dalykams.
Widaman (2007) DiStefano, Zhu, Mindrila (2009) Bandalos, Boehm-Kaufman (2010) Van der Eijk, Rose. (2015) De Winter, Dodou (2016)	Bendroji faktorių analizė ( <i>angl. Common factor analysis, CFA</i> )	Bendrosios analizės modelis daro prielaidą, kad kiekvienas akivaizdus kintamasis yra $f$ bendrųjų veiksnų (t. y. latentinių kintamųjų, turinčių įtakos daugiau nei vienam kintamajam) ir vieno unikalios faktoriaus (t. y. latentinio kintamojo, darančio įtaką tik vienam kintamajam, funkcija).

Šiuo atveju pasirenkama taikyti pagrindinių komponentų metodą (*angl. Principal component analysis, PCA*). Sprendimas atliktas remiantis metodo specifika – nagrinėjama duomenų visuma ir pagal tai nustatomos faktorių grupės. Pagal tai

tikimasi suskirstyti turimas tyrimo dedamąsias pagal geriausiai jas apibūdinančius faktorius. Pagal Abdi, Williams (2010), PCA analizuoja duomenų lentele, kurioje pateikiami stebėjimai, aprašyti keliais priklausomais kintamaisiais, kurie paprastai yra tarpusavyje susiję. Jos tikslas yra iš duomenų lentelės išgauti svarbią informaciją ir šią informaciją išreikšti kaip naujų stačiakampių kintamųjų, vadinamų pagrindiniais komponentais, rinkinį. PCA taip pat parodo stebėjimų ir kintamųjų panašumo modelį, rodydamas juos žemėlapiuose kaip taškus. Yi, Lai, He, Cheung, Liu (2017) priduria, kad PCA yra neprižiūrimas (angl. *unsupervised*) metodas, o neprižiūrimi metodai yra svarbūs praktiniame taikyme. Pagal Osborne (2015), PCA yra skaičiavimo būdu supaprastinta bendrosios matmenų mažinimo analizės klasės versija. PCA apskaičiuoja neatsižvelgdama į pagrindinę latentinę kintamųjų struktūrą, naudodama visas kintamųjų dispersijas. PCA buvo sukurta prieš dešimtmečius, kai analizės dažniausiai buvo skaičiuojamos rankiniu būdu. Tai taip pat nelaikomas tikru faktorių analizės metodu, o statistikai nesutaria, kada koku konkrečiu atveju metodas turėtų būti naudojamas. Tam, kad būtų taikomas šis metodas, reikalinga apčiuopiama duomenų imtis ir siekis patvirtinti tam tikras prieš tyrimą iškeltas idėjas.

Jolliffe, Cadima (2016) prideda, kad dideli duomenų rinkiniai vis plačiau paplitę daugelyje disciplinų. Norint aiškinti tokius duomenų rinkinius, reikia metodų, kad būtų galima sumažinti jų matmenis, siekiant išsaugoti didžiąją duomenų dalį. Tikslui pasiekti buvo sukurta daugybė metodų, tačiau pagrindinių komponentų metodas yra viena seniausių ir plačiausiai naudojamas. Pagrindinė metodo idėja – sumažinti duomenų rinkinio matmenis, išlaikant kuo daugiau „kintamumo“ (t. y. statistinės informacijos). Šiuo atveju egzistuoja būtent tokia situacija – koncentruotos įvairios duomenų grupės, kurių apdorojimui reikia efektyvių sprendimų. Kadangi kiekviena dedamoji generuoja dešimties metų duomenis, susidaro situacija, kai turima ištirti sąsajas ne tik tarp atskirų dedamųjų, bet ir tarp atskirų laikotarpių. Pagrindinių komponentų metodas yra itin tinkamas susitvarkyti su šiais iššūkiais ir pateikti objektyvius rezultatus tyrimui.

Pagrindinių komponentų analizė taip pat pasitarnaus atliekant **rodiklių reikšmingumo nustatymą**. Šiuo metodu siekiama pateikti atskirų komponentų svarbą ir įvertinti ją tam tikru dydžiu. PCA naudojamas siekiant apibendrinti ekonominius, socialinius ir aplinkosaugos veiksnius, pastebėtus renkant duomenis apie šalies regionus. Pasak Abeyasekera (2005), pagrindinis analizės principas – matmenų sumažinimas suformuojant naujus kintamuosius (pagrindinius komponentus) kaip tiesinius kintamųjų derinius daugiamatėje aibėje. PCA sukuriama naujas kintamųjų rinkinys yra linijinės pradinio rinkinio kombinacijos. Linijinis derinys, paaiškinantis maksimalų variacijos dydį, vadinamas pirmuoju pagrindiniu komponentu. Tada randamas antrasis pagrindinis komponentas (kitas linijinis derinys), nepriklausomas nuo pirmojo, kad jis kiek įmanoma paaiškintų likusį kintamumą. Mishra (2007) papildo, jog PCA apkrovos yra labai preferentyvios - pirmenybė teikiama labai koreliuojamiems kintamiesiems, o ne silpnai koreliuojamiems kintamiesiems, neatsižvelgiant į pastarosios kintamųjų rinkinio (galimą) kontekstinę reikšmę. Seidel, Heckeley, Lakner (2019) nurodo, kad rodiklio svoris naudojant PCA yra endogeninis ir parodo statistinę atskirų rodiklių svarbą. Rahimpoor, Heshmati, Ahmadizad (2017) pažymi, jog PCA taip pat yra panašus į

kitas daugiamatines procedūras, tokias kaip diskriminantinė analizė ir kanoninė koreliacijos analizė, nes jos visos apima linijinius koreliuotų kintamųjų derinius, kurių kintamieji svoriai linijiniame derinyje yra išvestiniai remiantis maksimaliai padidinta statistine savybe. Įvertinus šiuos veiksniai konstatuojama, kad PCA yra tinkamas metodas sudaryti regionų ekonomines, socialines, aplinkosaugos realijas atspindintį indeksą.

PCA panaudojimas nustatant konkrečias rodiklių reikšmes yra grįstas matematinėmis taisyklėmis. Jų dėka su turimais duomenimis galima išgauti reikalingus rezultatus, rodančius tam tikrus dėsningumus. Senna, Maia, Medeiros (2019) nurodo, jog matematiškai PCA apima šiuos veiksniai:

- (1) kintamųjų  $X_1, X_2, \dots, X_n$  standartizavimas, atsižvelgiant nulinio ir vienetinio vidurkių ir dispersijų;
- (2) koreliacijos matricos  $R$  apskaičiavimas;
- (3) savaiminių vėrcių  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p$  ir atitinkamų savivektorių  $a_1, a_2$ , nustatymas naudojant lygtį, kur „ $I$ “ yra tapatybės matrica  $R - I\lambda = 0$ ;
- (4) komponentų, kurie nedaug prisideda prie pradinio duomenų rinkinio nuokrypių pašalinimas;
- (5) savivektorių matricių kaip faktorių, esančių linijiniame standartizuotų kintamųjų derinyje, taikymas pagrindinių komponentų sudėčiai.

Remiantis PCA metu gautais rezultatais bus vykdomas *indekso sudarymas*. Remiantis Greco, Ishizaka, Tasiou, Torrisi (2019), indeksas bus sudaromas pasitelkiant PCA metu gautais rezultatais, kurie turi tam tikras procentines reikšmes. Mishra (2007) požiūriu, PCA yra tinkamas instrumentas siekiant sutelkti skirtingus indikatorius, kurie yra susiję su tam tikru sektoriumi. Rahimpour, Heshmati, Ahmadizad (2017) priduria, kad PCA metu gautos procentinės faktorių reikšmės yra tinkamos indekso kūrimui. Remiantis mokslininkų darbuose pateikta informacija, pasirenkamas būtent PCA metu gautų koeficientų naudojimas indekso sudarymui. Tuo tarpu *indekso verifikavimas* vykdomas pagal 13 lent. pateikiamą logiką.

**13 lentelė.** Pagrindiniai indekso verifikavimo aspektai

Indekso objektas	Kriterijų grupė	Indekso sudarymo kriterijai	Mato vienetas	Laikotarpis
47 savivaldybės	Ekonominė perspektyva	Savivaldybių biudžetų pajamos	Normalizuotos reikšmės	2008-2017 m.
		Savivaldybių biudžetų išlaidos		
		Gyventojų pajamų mokesčio pajamos		
		Išlaidos biokurui		
		Išlaidos dujoms		
		Šilumos kaina		
	Socialinė perspektyva	Išlaidos socialinei pašalpai		
		Vidutinis darbo užmokestis		
		Nedirbantys asmenys		
	Aplinkosaugos perspektyva	Miško tvarkybos projektai		
Miškingumo lygis				

Indekse įtraukiami skirtingi rodikliai, apibūdinantys regionų ekonominę, socialinę ir aplinkosaugos sanklodą. Verifikavimo metus bus gauti kiekvieno tiriamojo regiono indekso rezultatai 2008 – 2017 m. Pateikti rodikliai sutampa su pirmine analizuojama informacija, kuri buvo naudota klasterių analizei atlikti. Taip bus siekiama metodų palyginamumo ir kompleksinių išvadų išgavimo. Indekso verifikavimo metu siekiama įrodyti jo patikimumą ir galimybes būti pritaikomam skirtingų šalių regionams tirti. Duomenų imtis pasirinkta remiantis tuo, kad 2008 m. prasidėjo aktyvios savivaldybių investicijos į biokuro ruošos sektorių.

Galutiniame metodologijos taikymo etape apskaičiuojama indekso reikšmė. Indeksas šiuo atveju įvardijamas *biokuro konvergencijos indekso* vardu. Konvergencijos (lot. *convergentis* – suartėjantis, susieinantis) sąvoka pasirinkta dėl tikslumo siekiant apibūdinti biokuro klasterių kuriamą poveikį – klasterių veikla mažina regioninę atskirtį ir sudaro sąlygas telkiant išteklius organiškai plėstis tiek atskiruose regionuose, tiek tarpregioniniu aspektu. Indeksas įvardijamas biokuro konvergencijos indekso vardu, siekiant parodyti biokuro panaudojimo poveikio kompleksiskumą ir sudarytą galimybę tarpregioniniam bendradarbiavimui. Tokio tipo bendradarbiavimas skatina suartėjimą, stabdo vietinę migraciją, vienodina socialines sąlygas ir aplinkos būklę, t.y. regionai konverguoja. Tokiuose regionuose atsiranda sąlygos racionaliau panaudoti turimus biomasės išteklius, taip skatinant regionų klasterizaciją. Indeksą sudaro du subindeksai, kurių reikšmės apskaičiuojamos pagal formules:

$$RVS_{BKI} = w_1 \times \text{regiono įplaukų faktorius} + w_2 \times \text{miškų situacija regione} \quad (2)$$

$$RVSS_{BKI} = w_3 \times \text{pagrindinių išlaidų faktorius} + w_4 \times \text{šilumos kainos faktorius} \quad (3)$$

$$BKI = RVS_{BKI} - RVSS_{BKI} \quad (4)$$

Formulėje:

$RVS_{BKI}$  - Regiono veiklos subindeksas

$RVSS_{BKI}$  – Regiono visuotinių sąnaudų subindeksas

w – faktoriaus reikšmė (svoris)

BKI = Biokuro konvergencijos indeksas

Šalia pateiktų disertacijoje naudojamų tyrimo instrumentų būtina pateikti pagrindinius metodus, kurie buvo naudoti kitų mokslo darbų, studijų atlikimui. Dėl vienu ar kitų priežasčių šie metodai nebuvo tinkami disertacijos tyrimui atlikti, tačiau jie yra pravartūs turint tam tikras duomenų grupes. Kadangi tyrimas bus vykdomas per šalies regionų dimensiją, tuo pačiu pateikiama užsienio valstybių patirtis – kokia klasterizacijos padėtis analizuojamose valstybėse ir kokie metodai yra naudojami šio reiškinio poveikio vertinimui.

**Indekso verifikavimas** vykdomas pasitelkiant Lietuvos regionų duomenis. Šalies pasirinkimas tyrimui sąlygotas jos pasiekto progreso ir sukurto biokuro energetikos sektoriaus. Per 2008 – 2017 metų laikotarpį, biokuro panaudojimas išaugo nuo 17,7 proc. iki 68,7 proc. (Lietuvos statistikos departamentas, 2019). Šalis perorientavo savo energetinę sistemą nuo iškastinio importuojamo kuro panaudojimo



savivaldybių energijai gaminti naudoja tik biokurą (LŠTA, 2019). Dar 24 savivaldybėse energija iš biokuro sudaro didžiąją dalį pagaminamos energijos (LŠTA, 2019). Likusiose savivaldybėse dominuoja importuojamos gamtinės dujos. Penkiose savivaldybėse nėra suformuoti įprasti centralizuoti šilumos tinklai, tad 26 pav. jų duomenys nėra vertinami. Šalyje dominuoja kietuoju biokuru kūrenamos jėgainės, antra pagal panaudojimo mastą biokuro rūšis – šiaudai (AVEI, 2019). Gausiausiai naudojamas neatsinaujinantis išteklius – gamtinės dujos.

Sukurta tyrimo metodologija atliepia užsibrėžtą tyrimo tikslą ir iškeltus uždavinius. Siekiant ištirti biokuro klasterio kuriamą poveikį būtina pasitelkti platų duomenų spektrą. Ieškoma sinergijos su socialine ir aplinkosaugine plėtra, taip pat šių veiksnių optimizacijos poveikiu bendrai ekonominei būklei. Sudarytos sąlygos duomenų nagrinėjimui skirtingais pjūviais, atsižvelgiant į jau pasiektą progresą ir ateities perspektyvų vertinimą. Metodologijoje priimta, kad bus tiriama regioninė dimensija, taip aiškiau segmentuojant atskiras šalies dalis ir nustatant joms vystymosi kryptis. Tyrimo metodologijai verifikuoti naudojami Lietuvos regionų duomenys. Būtina akcentuoti, kad tai neužkerta galimybių metodologiją naudoti kitų šalių regionams tirti, kadangi metodologija yra universali. Sprendimas priimtas atsižvelgiant į beprecedentį biokuro konversijos mastą ir atsiradusį palyginamąjį laikotarpį.

### 3. BIOKURO KLASTERIO POVEIKIO EKONOMIKAI VERTINIMO EMPIRINIAI SPRENDIMAI

#### 3.1. Šalies regionų tyrimas konceptualaus biokuro klasterio poveikio ekonomikai vertinimo modelio pagrindu

Siekiant iširti biokuro naudojimo sukeltą ekonominę situaciją, atliekami pirminiai analitiniai veiksmai. Pirmiausiai atliekama *klasterių analizė*, kuri padeda tikrinti surinktus duomenis ir jų sąsajas. Klasterių analizės metu naudojami šalies regionų duomenys, eliminuojant keturis didžiuosius miestus ir juos supančias žiedines savivaldybes. Anksčiau minėta, kad nevertinamos penkios savivaldybės, kurios neturi centralizuotų šilumos tinklų. Pirmiausiai atliekami pirminiai analitiniai veiksmai, skirti išsiaiškinti klasterių skaičių. Skaičiavimai atliekami remiantis K-Vidurkio metodu, naudojant normalizuotas rodiklių reikšmes. Šiuo atveju siekiama išsiaiškinti, kokiame klasterių skaičiuje pasiskirsto surinkti duomenys.

Iš pradžių analizuojami pirminiai klasterių analizės duomenys, kurie parodo duomenų pasiskirstymą į klasterius. Nagrinėjamos dvi svarbios dedamosios, kurios apibūdina duomenų grupes – dispersijos analizė ir klasterių centrų nustatymas. Pirmiausiai nagrinėjami dispersijos analizės rezultatai. Tam atliekamas F testas. Visų priimta, kad kintamieji, turintys dideles F reikšmes, geriausiai suskirsto duomenis į tam tikrus klasterius (Selvakumar, Lakshmi, Arivoli, 2012). Šiuo atveju laikoma, kad tam tikri indikatoriai apibrėžia skirtinguose klasteriuose susitelkusias savivaldybes. 14 lent. pateiktuose ANOVA dispersinės analizės rezultatuose matyti, jog keli rodikliai išsiskiria ypač didelėmis reikšmėmis, taip sudarydami sąlygas grupuoti duomenis į skirtingus klasterius. Siekiant suvienodinti skaičių reikšmes ir dimensijas, analizei atlikti naudojami normalizuoti dydžiai.

**14 lentelė.** Dispersinės analizės rezultatai

	Klasteris		Paklaida		F	Sig.
	Vidutinis Kvadratas	df	Vidutinis Kvadratas	df		
Zscore(Islaidos_biokurui_EUR)	1,351	2	,137	467	9,868	,000
Zscore(Islaidos_dujoms_EUR)	,246	2	,048	467	5,148	,006
Zscore(Islaidos_socialinei_pasalpai_tukst_EUR)	6,797	2	,285	467	23,874	,000
Zscore: Savivaldybiu_biudzetu_islaidos_tukst_EUR	,108	2	,035	467	3,134	,044
Zscore(Savivaldybiu_biudzetu_pajamos_tukst_EUR)	,134	2	,036	467	3,716	,025
Zscore(Surinktas_gyventoju_pajamu_mokestis_EUR)	,760	2	,041	467	18,498	,000
Zscore(silumos_kaina_euro_ct_kWh)	98,625	2	,568	467	173,777	,000
Zscore(Miskingumas_proc)	27,550	2	,905	467	30,454	,000
Zscore(Misko_tvarkybos_projektai_ha)	175,804	2	,365	467	481,164	,000

Zscore: Registruoti_bedarbiai_tukst	,836	2	,090	467	9,254	,000
Zscore(Vidutinis_darbo_uzmokestis_EUR)	55,498	2	,609	467	91,106	,000

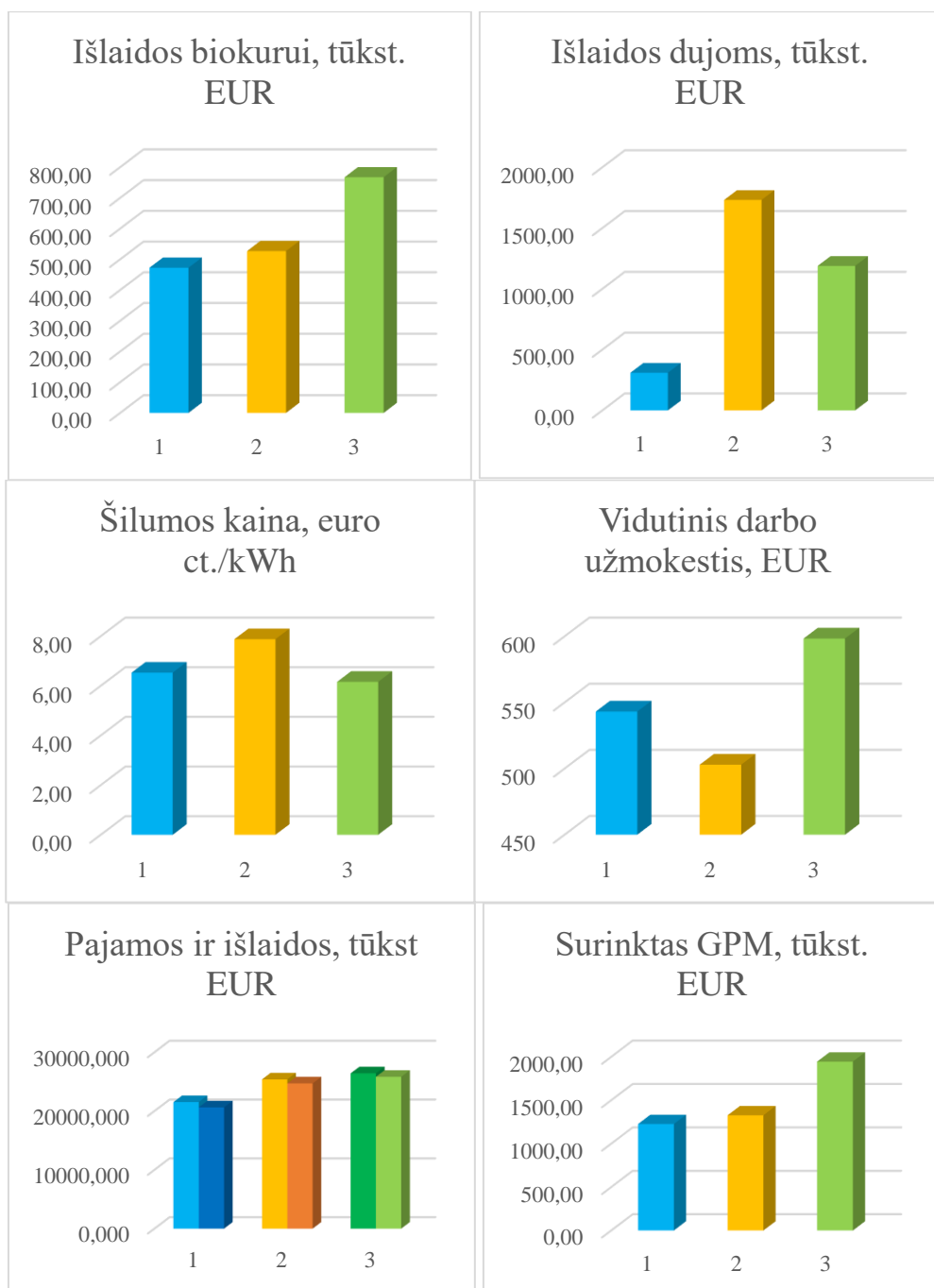
ANOVA lentelėje matyti, kad miško tvarkybos projektų, šilumos kainos ir vidutinio darbo užmokesčio rodiklių F dydžiai yra didžiausi. Taigi galima teigti, kad šie indikatoriai yra pagrindas klasifikuoti duomenų grupes į klasterius, taip suteikiant pagrindą tolimesnei regionų analizei. Gavus šiuos rezultatus, atliekama klasterių centrų nustatymo procedūra (15 lent.), t.y., išskirti rodikliai nurodomi kaip svarbiausi konkrečiam klasteriui ir jį apibūdinantys.

**15 lentelė.** Galutinių klasterio centrų nustatymo rezultatai

	Klasteris		
	1	2	3
Zscore(Islaidos_biokurui_EUR)	-,25051	-,21730	-,07046
Zscore(Islaidos_dujoms_EUR)	-,28372	-,16977	-,21327
Zscore(Islaidos_socialinei_pasalpai_tukst_EUR)	-,17768	-,00086	-,35495
Zscore: Savivaldybiu_biudzetu_islaidos_tukst_EUR	-,31265	-,24692	-,22943
Zscore(Savivaldybiu_biudzetu_pajamos_tukst_EUR)	-,32151	-,24909	-,22918
Zscore(Surinktas_gyventoju_pajamu_mokestis_EUR)	-,31481	-,29682	-,18539
Zscore(silumos_kaina_euro_ct_kWh)	-,35659	,68760	-,64319
Zscore(Miskingumas_proc)	1,00732	-,21547	,22887
Zscore(Misko_tvarkybos_projektai_ha)	3,02849	-,30700	-,08453
Zscore: Registruoti_bedarbiai_tukst	-,30456	-,16675	-,28244
Zscore(Vidutinis_darbo_uzmokestis_EUR)	-,17456	-,60067	,41051

Klasterių centrai yra susiję su prieš tai išskirtomis ekonominėmis, socialinėmis ir aplinkosaugos prielaidomis. Pirmojo klasterio centras yra miško tvarkybos projektai, teigiamą reikšmę turi ir miškingumo lygis. Antrojo klasterio centras yra šilumos kaina, kuri priskirta ekonominei perspektyvai. Trečiojo klasterio centras yra vidutinis darbo užmokestis, priskiriamas socialinės perspektyvos duomenų grupei.

Nagrinėjant klasterių analizės rezultatus pirmiausiai analizuojami metodologinėje dalyje išskirtų perspektyvų duomenys. Jie padės suprasti klasterių skaičių, išsidėstymą, rezultatus ir galimas tendencijas. Perspektyvų informacija yra įžanga į išsamesnį tyrimą, pateikiant sąsajas tarp skirtingų rodiklių, perspektyvų ir šių sąsajų mastą. Klasterių analizė leido išskirti tris savivaldybių klasterius. Pirmasis klasteris (1) neturi aiškios krypties dėl energijos vartojimo, tačiau aktualus dideliu turimų miško išteklių kiekiu ir aukštu gamybiniu produktyvumu. Antrasis klasteris (2) sutelkia iškastinius ir importuojamus išteklius naudojančias savivaldybes, turinčias įsisenėjusių socialinių problemų. Trečiasis klasteris (3) koncentruoja vietinį biokūrą naudojančias savivaldybes, turinčias aukštą miškingumą ir pajamų surinkimo lygį. 27 pav. pateikti ekonominės perspektyvos duomenys leidžia išvėlgti atsiradusius dėsningumus, kurie rodo savivaldybių pasirinktos energetinės sistemos vystymo krypties efektyvumą ir platų su šiuo sprendimu susijusį poveikį kitoms ekonomikos šakoms.

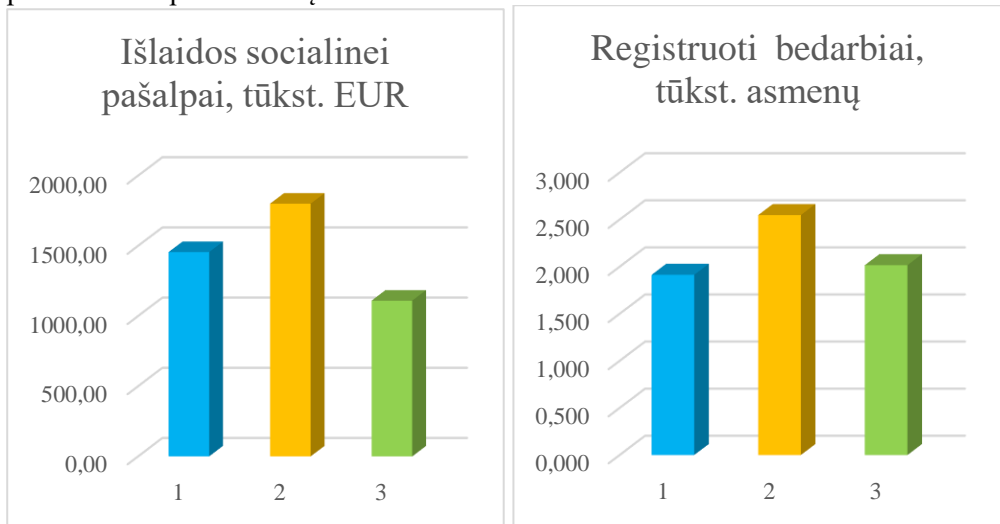


**27 pav.** Ekonominę perspektyvą apibrėžiančių rodiklių klasterių analizės vidurkių rezultatai

Pateiktuose ekonominę perspektyvą apibrėžiančių rodiklių klasterių analizės rezultatuose matyti, kad, vertinant surenkamas pajamas ir mokamą darbo užmokestį,

trečiajam klasteriui priklausančios savivaldybės yra lyderės. Lyderystė taip pat matyti ištyrus išlaidas biokurui. Savivaldybės išlaidų biokurui dydis skatina vidutinio darbo užmokesčio augimą, savivaldybės biudžeto pajamų didėjimą ir surinkto gyventojų pajamų mokesčio augimą. Pastarasis dydis bene tiksliausiai atspindi naujų darbo vietų kūrimą ir egzistuojančioms darbo vietoms skirto darbo užmokesčio augimą. Be kita ko, šios savivaldybės išsiskiria mažiausia šilumos kaina, tokiu būdu dar labiau didindamos konkurencingumą su kitomis šalies savivaldybėmis. Išlaidos dujoms, importuojamoms iš užsienio, negeneruoja teigiamo poveikio regionų ekonomikoms – visais atvejais atsiliekama nuo biokurą naudojančių regionų. Vidutinio darbo užmokesčio ir surinkto gyventojų pajamų mokesčio atotrūkis yra ženklus. Visas šias savivaldybes geriausiai reprezentuoja antrajame klasteryje koncentruoti rezultatai. Pirmojo klasterio rezultatai nesuformuoja aiškių išvadų. Atkreiptinas dėmesys, kad vidutinis darbo užmokestis pirmojo klasterio savivaldybėse yra didesnis nei antrojo klasterio atveju, o šilumos kaina yra mažesnė., Nors šios savivaldybės biokuro sunaudoja mažiau nei antrojo klasterio dalyvės, tai leidžia teigti, kad jos tai geba daryti efektyviau, taip užtikrindamos konkurencingesnę kainą gyventojams. Vis dėlto, padaryti daugiau išvadų iš gautų pirmąjį klasterį apibendrinančių rezultatų būtų sunku.

Analizuojant socialinę perspektyvą apibrėžiančius rodiklius, pastebimos ekonominei perspektyvai analogiškos tendencijos (28 pav.). Biokurą naudojančios savivaldybės geba sumažinti socialinių problemų mastą ir taip išsiskirti iš kitų šalies savivaldybių. Nagrinėjant socialinės perspektyvos duomenis, patvirtinamos ankstesnės ekonominės analizės išvados, patvirtinančios biokuro naudojimo teigiamo poveikio kompleksiskumą.

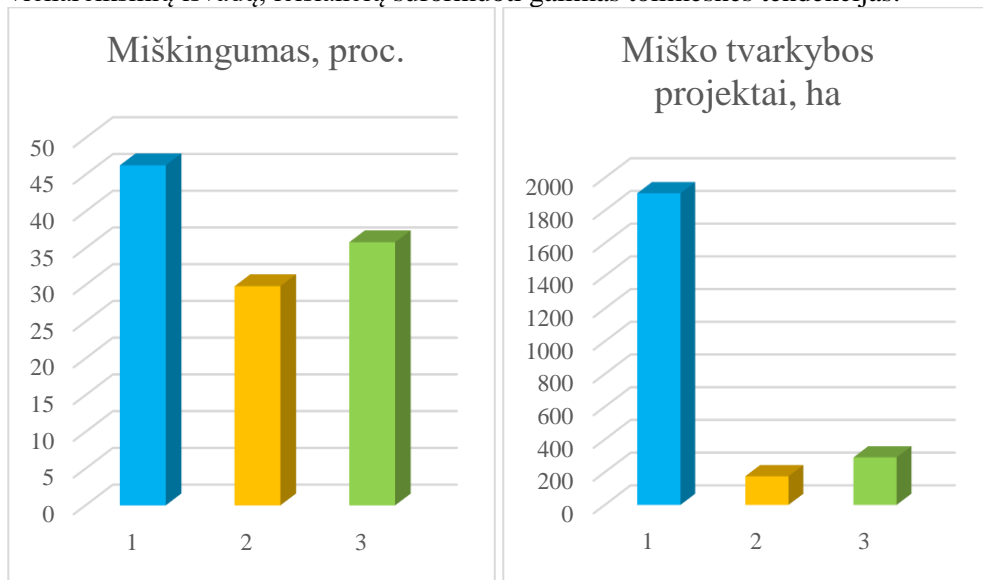


**28 pav.** Socialinę perspektyvą apibrėžiančių rodiklių klasterių analizės vidurkių rezultatai

Paveiksle matyti, kad biokuro naudojimo mastas yra tiesiogiai susijęs su mažesniu registruotų bedarbių skaičiumi, taip pat su lėšų, reikalingų mokėti socialines pašalpas, mažėjimu. Mažinant šias išlaidas atsiranda galimybių tenkinti kitus

savivaldybės gyventojų poreikius ar investuoti šias lėšas į savivaldai aktualias kryptis. Ir pirmojo, ir antrojo klasterio rezultatai rodo, jog susiduriama su socialinių išmokų bedarbiams išlaidų problema. Tai ypač akcentuotina antrojo klasterio atveju. Šio klasterio rezultatai leidžia teigti, kad regionai yra nekonkurencingi ir sunkiai gebantys susitvarkyti su pajamų auginimo, kainų mažinimo ir socialinių sąnaudų problemomis. Ilgainiui tai gali didinti socialinę atskirtį, visuomenės atsitraukimą ir verslo subjektų abejingumą naujoms investicijoms. Nesiimant ryžtingų sprendimų, pastarojo dešimtmečio problematika programuoja didėjančią ateities stagnaciją.

Trečia rezultatų grupė susijusi su aplinkosaugos perspektyva. 29 pav. pateikti duomenys rodo skirtį nuo prieš tai nagrinėtų perspektyvų. Šiuo atveju negalima gauti vienareikšmių išvadų, leidiančių suformuoti galimas tolimesnes tendencijas.

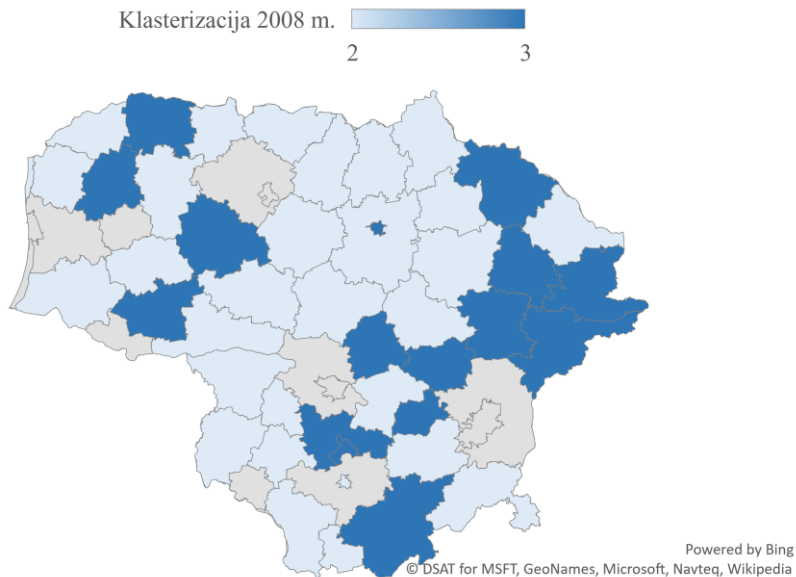


**29 pav.** Aplinkosaugos perspektyvą apibrėžiančių rodiklių klasterių analizės vidurkių rezultatai

Aplinkosaugos perspektyvos rodiklių analizė neleidžia pateikti vienareikšmių išvadų. Vienintelė aiškesnė informacija, išryškėjusi atlikus analitinius veiksmus – importuojamas dujas naudojančiose savivaldybėse santykinai mažesnis miškingumas ir iš esmės jos nevykdo miško tvarkybos projektų. Pirmojo klasterio rezultatai rodo, kad šiose savivaldybėse yra natūralus konkurencinis pranašumas miškingumo klausimu. Vis dėlto, šios savivaldybės negeba naudotis šiuo natūraliu pranašumu, nes ir ekonominiais, ir socialiniais rodikliais jos visokeriopa atsilieka nuo trečiąjį klasterį reprezentuojančių savivaldybių. Trečiajame klasteryje yra reikšmingai mažiau miško tvarkybos projektų, tačiau tai netrukdo klasteriams apsirūpinti biokuru ir jį naudoti energijos gamybai.

Pateikus klasterių vidurkių rezultatus, nuodugniai analizuojami savivaldybių rezultatai. Rezultatai analizuojamaisiais metais yra skirtingi, t.y. savivaldybių pasiskirstymas į klasterius kasmet gali kisti. Pirmuoju atveju nagrinėjami ankstyvojo

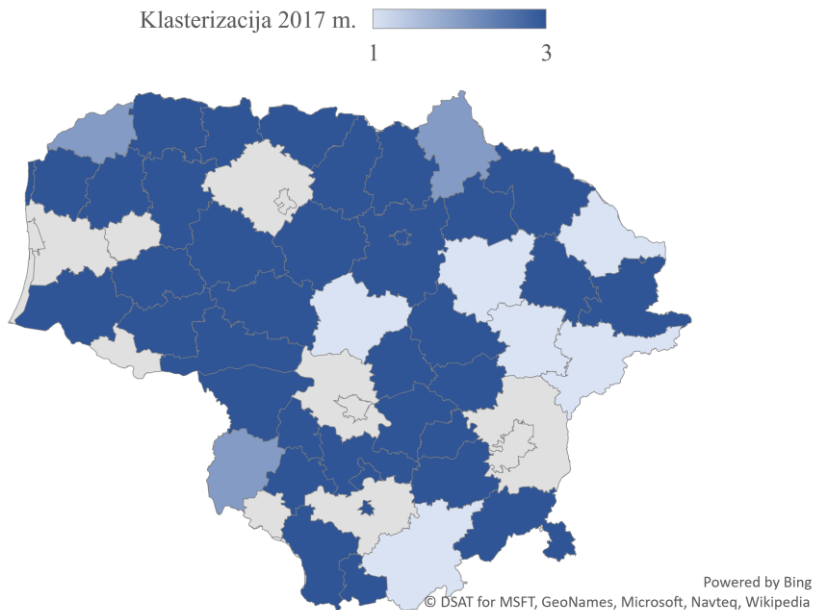
laikotarpio – 2008 metų rezultatai (30 pav.). Šiuo laikotarpiu regionai pasiskirstę į antrąjį ir trečiąjį klasterius. Pirmojo klasterio, kuris apibūdintų santykinai pasyvias savivaldybes, precedento kol kas nėra. Antrajam klasteriui priklauso didžioji dalis savivaldybių. Kaip buvo ištirta anksčiau, antrojo klasterio savivaldybių požymis yra iškastinių išteklių naudojimas ir santykinai žemesni analizuojami rodikliai. Trečiajam klasteriui priklauso didžioji dalis Rytų Lietuvoje esančių savivaldybių, kurios disponuoja gausiais biokuro ištekliais. Pažymėtinos Varėnos, Mažeikių, Ignalinos r. savivaldybės, kurios biokurą naudoja santykinai gausiai. Kitose savivaldybėse, tokiose kaip Prienų, Rokiškio, Kelmės, Švenčionių r., yra didelis miškingumas ir stiprus biokuro ruošos sektorius, tačiau jų suvartojamo biokuro kiekiai analizuojamu laikotarpiu nebuvo ženklūs. Beveik visos kitos savivaldybės priskiriamos antrajam klasteriui ir yra Vidurio Lietuvoje, neskaitant kelių atskirų savivaldybių Vakarų ir Rytų Lietuvoje. Išsiskiria vienintelė Panevėžio m. savivaldybė, kurioje biokuro sunaudota santykinai daug, nors dėl savivaldybės dydžio ir nebuvo sukurtas plataus masto biokuro ruošos sektorius. Išskyrus Lazdijų, Šakių, Zarasų r. savivaldybes, daugelis antrojo klasterio savivaldybių šilumos energijai gaminti naudojo gamtines dujas. Minėtosios savivaldybės, nors ir turėjo gausius biokuro išteklius ir juos naudojo energijos gamybai, nesugebėjo plačiau šių išteklių išnaudoti.



**30 pav.** Klasterizacijos rezultatai taikant klasterių analizę 2008 m.

Analogiškai pateikiami 2017 m. rezultatai (31 pav.). Šiuo atveju aiškiai matomas biokuro konversijos efektas – gerokai padaugėjo savivaldybių, kurios priskirtinos trečiajam klasteriui. Beveik visoje Vidurio Lietuvoje, išskyrus Kėdainių r. savivaldybę, įvyko konversijos efektas – savivaldybės ėmė naudoti biokurą ir taip pagerino kitus analizuojamus rodiklius.

Lyginant su prieš dešimtmetį buvusiu laikotarpiu, liko tik trys savivaldybės, kurių rezultatai priskiriami antrajam klasteriui. Šiose savivaldybėse biokuras sudaro pagrindinę dalį bendro kuro, tačiau šios savivaldybės neturi didelių nuosavo kuro išteklių, todėl negalėjo sukurti stipraus biokuro ruošos sektoriaus. Be kita ko, šios savivaldybės turi įsisenėjusių nedarbo problemų, atlyginiai yra maži, o šilumos kaina dėl neefektyvaus kuro naudojimo yra didelė. Per analizuojamą laikotarpį reikšmingai padaugėjo pirmajam klasteriui priklausančių savivaldybių. Tai rodo, kad šios savivaldybės nesugebėjo išnaudoti išteklių gausos pranašumų kuriant teigiamą poveikį regionui ir visuomenei. Nors šios savivaldybės daugiausiai naudoja biokurą, turi gausius šio kuro išteklius, jose nebuvo sukurtas kuro ruošos sektorius, negebėta sumažinti socialinių išmokų gavėjų ir sukurti pelningų darbo vietų. Tai sumažino savivaldybių konkurencingumą, nors prieš dešimtmetį jos buvo tarp lyderiaujančių. Tai leidžia teigti, kad šių savivaldybių negebėjimas skatinti verslo subjektus plėtoti natūralių išteklių perdirbimą į biokurą sumažino šių savivaldybių patrauklumą tarp visuomenės ir tarp verslo subjektų.



**31 pav.** Klasterizacijos rezultatai taikant klasterių analizę 2017 m.

Klasterių analizė parodė, kad per dešimtmetį pasiektas reikšmingas progresas konvertuojant regionų energetikos sistemas. Kai kuriais atvejais savivaldybės, kurios buvo priskirtos inovatorių gretoms, liko nuošalyje dėl sustojusio progreso. Pagal klasterius išanalizuoti duomenys parodė, kad įsigydamos daug kuro dalis savivaldybių drastiškai pakeitė savo energetinę sistemą, o klasterių analizė parodė, kad tokios savivaldybės yra lyderiaujančios energetikos ir socialinės sanklodos srityse. Vis dėlto, būtina tiksliau apibrėžti analitinius instrumentus ir sukurti objektyvią palyginamąją bazę. Tam pasitelksime metodologinėje dalyje pateiktą biokuro konvergencijos

indeksą. Jo verifikavimas Lietuvos regionų atžvilgiu leis pamatyti regionų progresą naudojant biokurą ir jų pozicijas kitų regionų atžvilgiu.

### 3.2. Faktorių analizė ir pagrindinių komponentų analizės rezultatai

Atlikus klasterių analizę toliau atliekama faktorių analizė. Analizei atlikti naudojami normalizuoti rodikliai, taip suvienodinant skirtingų dimensijų rodiklius. Pagal suformuotą tyrimo metodologiją atliekama dviejų tipų faktorių analizė – išskiriami rodikliai, kurie formuoja teigiamą pridėtinę vertę regionui ir indikatoriai, apibrėžiantys išlaidų tipus. Taip siekiama tiksliau identifikuoti skirtingus faktorius ir pakloti pamatus sėkmingai atlikti pagrindinių komponentų analizę. Taip pat dar kartą tikrinama duomenų kokybė ir tinkamumas indekso sudarymui. Faktorių analizė ir jai gimininga pagrindinių komponentų analizė atliekamos paraleliai.

Indekso reikšmė gaunama įvertinus dviejų subindeksų rezultatus. Subindeksams apskaičiuoti pateikiami teigiamai klasifikuojami rodikliai ir išlaidų rodikliai (16 lent.). Teigiamai klasifikuojamų rodiklių atveju įtraukiamos numatomos pajamos, taip pat išlaidos biokurui, jas traktuojant kaip vidaus rinkoje sukurtą teigiamą rezultatą. Atsižvelgiama į vidutinį darbo užmokestį, taip pat savivaldybių potencialą ir išteklių naudojimo efektyvumą atkleidžiančius plinkosaugos rodiklius. Išlaidoms priskiriami tie rodikliai, kurie apibendrina savivaldybių vykdomą finansinę politiką, taip pat gyventojų patiriamas išlaidas energijai. Įtrauktas registruotų bedarbių skaičius papildo pinigine verte išreikštus rodiklius, kadangi nedarbas neleidžia kurti papildomų savivaldos ir valstybės pajamų, bet dažnai kuria papildomas išlaidas.

#### 16 lentelė. Teigiamai klasifikuojamų ir išlaidoms priskiriamų rodiklių grupės

Teigiamai klasifikuojami rodikliai	Išlaidoms priskiriami rodikliai
Išlaidos biokurui, EUR	Išlaidos dujoms, EUR
Savivaldybių biudžetų pajamos, tūkst. EUR	Savivaldybių biudžetų išlaidos, tūkst. EUR
Surinktas gyventojų pajamų mokestis, EUR	Išlaidos socialinei pašalpai, tūkst. EUR
Miškingumas, proc.	Šilumos kaina, euro ct./kWh
Miško tvarkybos projektai, ha	Registruoti bedarbiai, tūkst. asmenų
Vidutinis darbo užmokestis, EUR	

Pirmiausiai tikrinama, ar stebimus kintamuosius galima apibendrinti faktorių rinkiniu. Tikslui pasiekti atliekama KMO kriterijaus analizė. Yra priimta, kad KMO reikšmė turi būti bent 0,6, nes kitaip faktorių analizę taikyti nėra tikslinga (Wolniak, Hąbek, 2016). Šiuo ir tolimesniais atvejais faktorių analizės veiksmi atliekami dviem rodiklių grupėms. 17 lent. pateikiama informacija tų rodiklių, kurie laikomi prisidedantys prie pozityvaus regionų vystymosi.

#### 17 lentelė. KMO kriterijaus rezultatai teigiamai klasifikuojamų rodiklių atveju

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		,697
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	2561,422
	Df	15
	Sig.	0,000

Pirmuoju atveju matyti, kad reikšmė siekia 0,697. Tai leidžia teigti, kad duomenys yra tinkami tolimesnei faktorių analizei, konkrečiai – faktorių formavimui. Analogiški veiksmai atliekami ir su išlaidų rodikliais (18 lent.). Šiuo atveju KMO reikšmė siekia 0,762, tai patvirtina rodiklių tinkamumą tolimesnei analizei. Kadangi ir teigiamai klasifikuojam rodiklių, ir išlaidoms priskiriamų rodiklių KMO kriterijaus rezultatai yra priimtini, susidaro sąlygos atlikti tolimesnę analizę.

**18 lentelė.** KMO kriterijaus rezultatai išlaidoms priskiriamų rodiklių atveju

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		,762
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	2236,605
	Df	10
	Sig.	0,000

Po KMO analizės atliekama faktorių sukimo analizė. Ji atliekama siekiant suprasti rodiklių generuojamą vertę ir tos vertės reikšmę. Joje pateikiami kiekvieno kintamojo ir įvertintų komponentų koreliacijų įvertinimai. Faktorių sukimas atliekamas tada, kai yra būtina duomenis transformuoti į lengviau interpretuojamą pavidalą. Pirmiausiai atliekama teigiamai klasifikuojamų rodiklių analizė (19 lent.), siekiant suvienodinti skirtingas analizuojamų rodiklių dimensijas, abiem atvejais naudojami normalizuoti rodikliai. Ir teigiamai klasifikuojamų rodiklių, ir išlaidų rodiklių atveju sukimui naudojamas VARIMAX metodas. Metodas pasirinktas siekiant minimizuoti su kiekvienu faktoriumi reikšmingai susijusių kintamųjų skaičių (Dien, 2010). Tai atliekama tikintis gauti situaciją atspindinčius rezultatus, pasitarnausiančius tolimesniems tyrimo etapams.

**19 lentelė.** Faktorių sukimo analizė teigiamai klasifikuojamų rodiklių atveju

	Faktorius	
	1	2
Zscore(Išlaidos_biokurui_EUR)	0,81	-0,15
Zscore(Savivaldybiu_biudzetu_pajamos_tukst_EUR)	0,93	-0,18
Zscore(Surinktas_gyventoju_pajamu_mokestis_EUR)	0,95	-0,16
Zscore(Miskingumas_proc)		0,78
Zscore(Misko_tvarkybos_projektai_ha)		0,77
Zscore(Vidutinis_darbo_uzmokestis_EUR)	0,70	0,20

Lentelėje pateikti rezultatai leidžia teigti, vieni kitus stipriai veikia išlaidos biokurui, savivaldybių biudžetų pajamos, surinkti gyventojų pajamų mokesčiai, vidutinio darbo užmokesčio ir pirmasis faktorius. Visais keturiais atvejais rodiklio reikšmė yra didesnė nei 0,6, kuri rodo esant stiprią sąsają. Tuo tarpu miškingumo ir miško tvarkybos projektų indikatoriai yra priskiriami antrajam faktoriui (reikšmės yra atitinkamai 0,78 ir 0,76), taip įrodant egzistuojantį stiprų ryšį tarp faktoriaus ir kintamųjų. Išlaidų rodiklių atveju (20 lent.), ryšiai tarp faktorių ir kintamųjų yra dar stipresni. Visais atvejais jie siekia daugiau kaip 0,85. Pirmajam faktoriui priskiriami keturi indikatoriai, o antrąjį faktorių sudaro tik šilumos kainos dedamoji. Vis dėlto,

gauti rezultatai vienareikšmiškai įrodo tinkamą duomenų grupių pasiskirstymą į faktorius ir duomenų kokybę.

**20 lentelė.** Faktorių sukimo analizė išlaidoms priskiriamų rodiklių atveju

	Faktorius	
	1	2
Zscore(Islaidos_dujoms_EUR)	0,922	
Zscore(Islaidos_socialinei_pasalpai_tukst_EUR)	0,851	0,220
Zscore: Savivaldybiu_biudzetu_islaidos_tukst_EUR	0,915	-0,122
Zscore(silumos_kaina_euro_ct_kWh)		0,990
Zscore: Registruoti_bedarbiai_tukst	0,964	

Vėliau yra atliekama rodiklių, apibrėžiančių kuriamą teigiamą vertę, analizė. Išlaidos biokurui traktuojamos kaip teigiama reikšmė, rodanti, kad biokuras yra įsigytas šalies viduje, o ne iš išorės (dujų atveju). Taip pat analizuojamos savivaldybių biudžetų charakteristikos ir miškingumo situacija, vyraujanti jose. Siekiant parodyti samdomų darbuotojų pajamų progresą, prie teigiamos vertės rodiklių priskiriamas vidutinis bruto darbo užmokestis. 21 lent. pateikiamuose apdorotuose rezultatuose išskiriami du pakankamai ryškūs faktoriai. Rezultatams gauti naudoti normalizuoti dydžiai. Šie rezultatai yra pagrindas indekso reikšmėms gauti.

**21 lentelė.** Teigiamai klasifikuojamų rodiklių, suskirstytų į faktorius, svorių rezultatai

	Faktorius	
	1	2
Zscore(Islaidos_biokurui_EUR)	,661	,022
Zscore(Savivaldybiu_biudzetu_pajamos_tukst_EUR)	,867	,031
Zscore(Surinktas_gyventoju_pajamu_mokestis_EUR)	,895	,024
Zscore(Miskingumas_proc)	,000	<b>,605</b>
Zscore(Misko_tvarkybos_projektai_ha)	,000	<b>,599</b>
Zscore(Vidutinis_darbo_uzmokestis_EUR)	,483	,040

Iš teigiamą vertę apibrėžiančių rodiklių galima išskirti du faktorius. Pirmasis faktorius apibrėžia pajamas, kurias gauna savivaldybė, jose reziduojantys asmenys, gaunantys darbo užmokestį, ir vietiniai biokuro gamintojai. Faktorių galima pavadinti **regiono įplaukų faktoriumi**. Antrasis faktorius yra susijęs su miškų situacija Lietuvoje ir miškų tvarkybos progresu. Pastarasis faktorius yra svarbus siekiant parodyti, kaip keitėsi situacija biokuro rinkoje ir kaip tai paveikė regionų miškų padėtį pagal darnaus vystymosi principą. Antrąjį faktorių galima įvardyti kaip **miškų situacijos faktorių**. Faktoriai išskirti aiškiai ir vienareikšmiškai, tad šiuo atveju išvengiama galimų interpretacijų. Tai leidžia teigti, kad teigiamai klasifikuojamų rodiklių faktorių analizė yra sėkminga.

Toliau nagrinėjami išlaidoms priskiriami rodikliai. Pabrėžtina, kad juos sieja ir su ekonominiais, ir su socialiniais regionų aspektais. Šių išlaidų optimizavimas gali reikšmingai padidinti konkretaus regiono konkurencinį pranašumą bei patrauklumą tarp gyventojų ir tarp investuotojų. Išskirtos išlaidų grupės (22 lent.) yra svarbios

parodant biokuro konversijos mastą ir poveikį keičiant regionų ekonominę ir socialinę sanklodą. Kaip ir prieš tai tirtų teigiamai klasifikuojamų rodiklių atveju, naudojami normalizuoti dydžiai.

**22 lentelė.** Išlaidoms priskiriamų rodiklių suskirstymo į faktorius, svorių rezultatai

	Faktorius	
	1	2
Zscore(Islaidos_dujoms_EUR)	,850	
Zscore(Islaidos_socialinei_pasalpai_tukst_EUR)	,725	,048
Zscore: Savivaldybiu_biudzetu_islaidos_tukst_EUR	,837	,015
Zscore(silumos_kaina_euro_ct_kWh)		<b>,979</b>
Zscore: Registruoti_bedarbiai_tukst	,930	

Išlaidų atveju rodikliai skiriami į du nevienareikšmius faktorius. Pirmuoju atveju – tai patiriamos išlaidos energijai ir socialinėms reikmėms. Gautą rezultatą galima įvardyti kaip *pagrindinių išlaidų faktorių*. Antruoju atveju – tai šilumos kaina. Jį galima laikyti rodikliu, kuris taikomas ir verslo subjektams, ir gyventojams, t.y. visuotinai. Kadangi rodiklio taikymo bazė ir poveikis yra platūs, pateisinamas faktas, jog antrąjį faktorių sudaro vos vienas rodiklis. Faktorius pavadintas *šilumos kaina*. Kaip ir pirmuoju atveju, šių faktorių reikšmių įvardijimas yra vienareikšmis, taip išvengiant galimų interpretacijų.

Siekiant suformuoti tolimesniame vertinime reikalingus tyrimo instrumentus, būtina išskirti procentines faktorių reikšmes. Užduotis atlikama pasitelkus ištiriamą kvadratų koeficiento apkrovą, kuri kiekvienam faktoriui šiuo atveju sumažinta iki vieningos sumos procentine išraiška. Pagal statistinius instrumentus kiekvienam rodikliui suteikiama konkreti procentinė reikšmė, kuri vėliau yra sutelkiama į vieningą konkretaus faktoriaus reikšmę. Vėliau ši reikšmė naudojama tolimesniems skaičiavimams su normalizuotais rodikliais atlikti.

Laikantis ankstesnės vyravusios tyrimo logikos, pirmiausiai atliekama teigiamai klasifikuojamų rodiklių koeficientų apkrovos analizė. Ji rodo, jog didžiausią procentinę reikšmę akumuliuoja regiono įplaukų faktorius. Vis dėlto, miškų situacijos faktorius lemia šeštadalį teigiamai klasifikuojamų rodiklių reikšmės (23 lent.).

**23 lentelė.** Kvadratinio koeficiento apkrova (sumažinta iki vieningos sumos) teigiamai klasifikuojamų rodiklių atveju

	Faktorius	
	1	2
Zscore(Islaidos_biokurui_EUR)	<b>0,83</b>	
Zscore(Savivaldybiu_biudzetu_pajamos_tukst_EUR)		
Zscore(Surinktas_gyventoju_pajamu_mokestis_EUR)		
Zscore(Vidutinis_darbo_uzmokestis_EUR)		
Zscore(Miskingumas_proc)		<b>0,17</b>
Zscore(Misko_tvarkybos_projektai_ha)		
Suma:	<b>0,83</b>	<b>0,17</b>

Analogiškai pateikiama išlaidoms skiriamų rodiklių kvadratų apkrova (24 lent.). Kadangi šilumos kainos faktorių sudaro viena reikšmė, yra pasiektas mažesnis procentinis tolygumas nei pirmuoju analizuotu atveju. Pagrindinės išlaidos sudaro beveik visą procentinę reikšmę, tačiau šilumos kainos faktorius yra svarbus išskiriant savivaldybes, kai matoma aiški skirtis tarp biokuro naudojimo ir importuojamo kuro deginimo šilumai gauti. Pagrindinių išlaidų faktoriaus dydis sudarytas iš keturių skirtingų rodiklių, o bendra jų reikšmė tolygiai atspindi ekonominės ir socialinės perspektyvų sąveiką bei poveikį regiono išlaidų pokyčiams.

**24 lentelė.** Kvadratinio koeficiento apkrova (sumažinta iki vieningos sumos) teigiamai išlaidoms priskiriamų rodiklių atveju

	Faktorius	
	1	2
Zscore(Islaidos_dujoms_EUR)	<b>0,97</b>	
Zscore(Islaidos_socialinei_pasalpai_tukst_EUR)		
Zscore: Savivaldybiu_biudzetu_islaidos_tukst_EUR		
Zscore: Registruoti_bedarbiai_tukst		
Zscore(silumos_kaina_euro_ct_kWh)		<b>0,03</b>
Suma:	<b>0,97</b>	<b>0,03</b>

Turint faktorių ir pagrindinių komponentų analizės rezultatus, sudaromas vieningas indeksas. Indeksas sudaromas iš dviejų dalių, koncentruojant Regiono veiklos subindekso ir Regiono visuotinių sąnaudų subindekso skaičiavimo metu gautus duomenis. Subindeksai gaunami pagal teigiamai klasifikuojamų ir išlaidų rodiklių kvadratinio koeficiento apkrovas bei išskirtus faktorius. Tokiu būdu gaunama pirmojo subindekso formulė:

$$RVS_{BKI} = 0,83 \times \text{regiono įplaukų faktorius} + 0,17 \times \text{miškų situacija regione} \quad (5)$$

Analogiškai gaunama antrojo subindekso formulė. Kaip ir pirmuoju atveju, vertinimas bus vykdomas atsižvelgiant į regiono dimensiją. Apibendrinant gautus rezultatus, sudaroma regiono visuotinių sąnaudų subindekso formulė:

$$RVSS_{BKI} = 0,97 \times \text{pagrindinių išlaidų faktorius} + 0,03 \times \text{šilumos kainos faktorius} \quad (6)$$

Turint kiekvieno regiono duomenis, apie vykdomą pridėtinę vertę kuriančią veiklą ir patiriamas sąnaudas, gaunamas vieningas vertinimo indeksas. Jis padės verifikuoti teorinėje dalyje gautus rezultatus, taip parodydamas biokuro naudojimo poveikį regionų ekonomikai. Biokuro konvergencijos indeksas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$BKI = RVS_{BKI} - RVSS_{BKI} \quad (7)$$

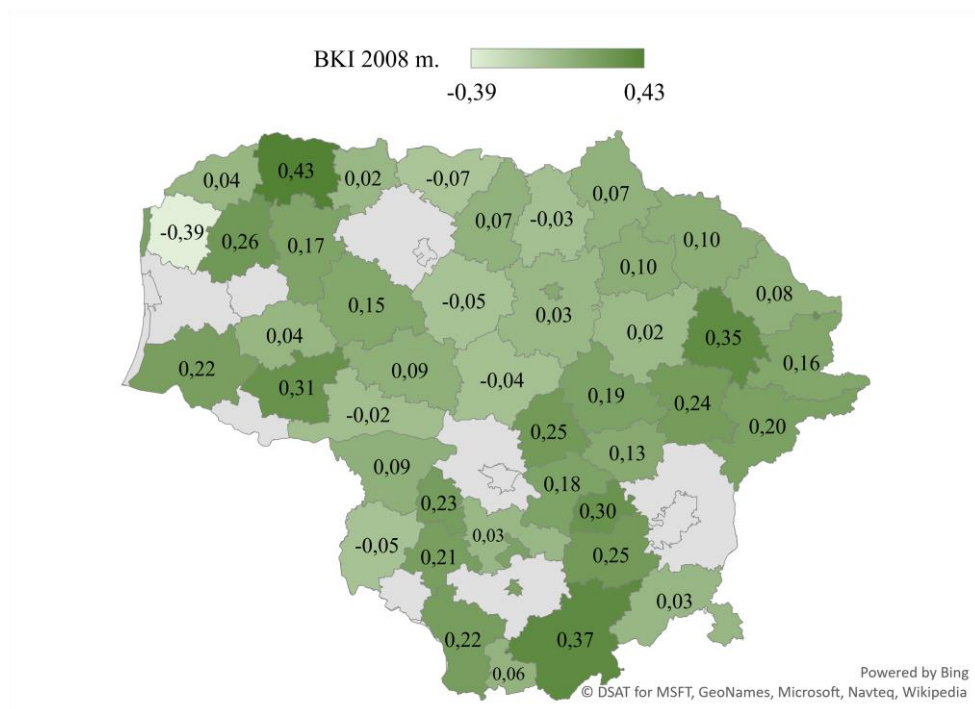
Atlikus faktorių ir pagrindinių komponentų analizę, toliau verifikuojamas teorinis modelis. Verifikavimui naudojami Lietuvos regionų duomenys, juos vertinant

per sukurto biokuro konvergencijos indekso prizmę. Sukurtas indeksas yra universalus, pritaikytas vertinti skirtingose valstybėse esančių regionų duomenis ir juos lyginti. Lietuvos pavyzdys parenkamas dėl susiformavusios biokuro naudojimo istorijos ir pakankamo tyrimui duomenų kiekio.

### **3.3. Regionų statistinis suskirstymas naudojant biokuro konvergencijos indeksą**

Sukurto indekso verifikacija vykdoma pasitelkus duomenų grupes, pateiktas tyrimo metodologijoje. Kaip ir klasterių analizės atveju, vertinamos 47 savivaldybės, nevertinant savivaldybių, neturinčių išvystytą centralizuoto šildymo sistemų, taip pat nevertinant keturių didžiųjų miestų ir aplink juos esančių žiedinių savivaldybių. Pagal nustatytus skirtingų indikatorių svorius atliekami analizė, leisianti nustatyti kiekvienos savivaldybės biomasės konvergencijos indekso reikšmę 2008-2017 metais. Indekso reikšmės gautos naudojant normalizuotus rodiklius, taip siekiant suvienodinti skirtingas analizuojamų dedamųjų dimensijas ir dydžius. Maksimali indekso reikšmė yra 1 (vienas), žemutinė reikšmė yra -1 (minus vienas).

Pirmiausiai išskiriami pradinio laikotarpio rezultatai (32 pav.). Tuo metu tik kelios savivaldybės savo energetikos sistemoje biokurą naudojo kaip pagrindinį energijos gamybos šaltinį. Likusiose savivaldybėse biokuro ruošos sektorius iš esmės nefunkcionavo. Tai ypač atspindėjo didelis nedarbo lygis, didelės išlaidos socialinėms išmokoms, mažas sektoriaus vidutinis darbo užmokestis. Taip pat, nesenat susijusių verslų, savivaldybių biudžetų pajamos buvo menkos. Kadangi biokuro rinka nebuvo susiformavusi ir konkurencinga, šilumos kainų pokyčiai vyko netolygiai, ir tai neužtikrino palankiausių sąlygų nusipirkti kuro konkurencinga kaina. Iš esmės nebuvo atliekami ir miško tvarkybos projektai, kurie vėlesniais metais reikšmingai prisidėdavo prie biokuro paklausos prisotinimo ir konkurencingo kainų lygio išlaikymo. Visa tai lemia, kad pirmųjų analizuojamojo laikotarpio metiniai rodikliai yra santykinai žemi, o kai kuriais atvejais net neigiami. Pastarasis aspektas sąlygojamas aukšto importuojamų dujų naudojimo lygio ir įsisenėjusių socialinių problemų. Žiūrint iš istorinės perspektyvos galima teigti, kad 2008 m. buvo biokuro sektoriaus formavimosi pradžia, ir ji nebuvo aktyvi – tik keletas precedentų, atsiradusių konkrečiuose rajonuose, skirtingose Lietuvos vietose. Tai laikytina neklasterizuotais veiksmais, pavienėmis entuziastų iniciatyvomis, kai dar nebuvo aišku, kuria kryptimi judės šis sektorius. Paveiksle atsispindi pakankamai ryškūs savivaldybių netolygumai, liudijantys sektoriaus jaunumą ir regionų energetinių sistemų priklausomybę nuo importuojamų energijos išteklių.

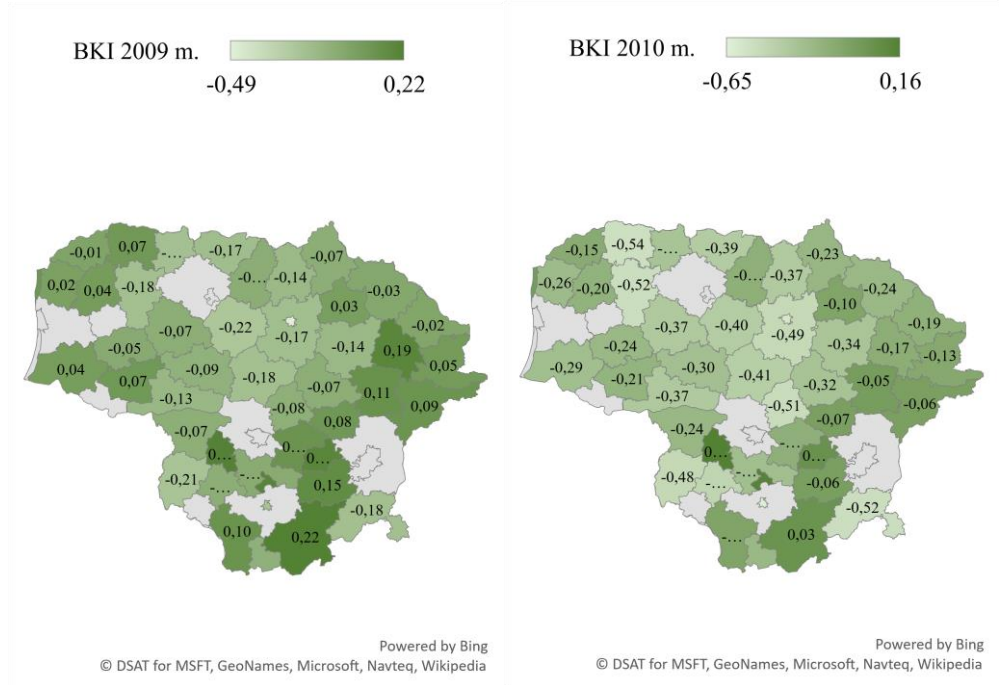


**32 pav.** Biokuro konvergencijos indekso verifikavimo rezultatai Lietuvos regionų atveju 2008 m.

Paveiksle matyti, jog trys savivaldybės – Mažeikių, Varėnos ir Utenos rajonų – gerokai išsiskiria iš bendro konteksto. Vis dėlto, šių savivaldybių situacijos yra iš esmės skirtingos. Varėnos rajonas 100 proc. reikalingos šilumos energijos pasigamina iš biokuro, tuo tarpu Mažeikių ir Utenos savivaldybės dar tik pradėjo biokuro konversijos procesą. Aukštą šių savivaldybių rezultatą lėmė šių miestų dydis – net ir nenaudodami biokuro kaip pagrindinės kuro rūšies, jie vartojo pakankamai daug kuro, vertinant absoliučiais dydžiais. Be to, šiuose rajonuose buvo pradėtas kurti biokuro ruošos sektorius. Vertinant indekso rezultatus, gebėjimas spręsti socialines problemas leido jiems tapti lyderiais. Atkreiptinas dėmesys į Lazdijų, Šilalės, Kupiškio rajonų savivaldybes – jos biokurą naudojo taip pat 100 proc., tačiau negebėdamos spręsti socialinių problemų, neturėdamos biokuro ruošos sektoriaus pasiekė gerokai prastesnių rezultatų. Minusiniu rezultatu įvertintos Jurbarko, Vilkaviškio, Kretingos rajonų savivaldybės – tvirtos iškastinio kuro vartojimo citadelės, tuo metu patyrusios daug socialinių problemų. Vertinant regioniniu (klasteriniu) požiūriu, stipriausios regionų grupės 2008 m. buvo Rytų Lietuvoje ir Telšių apskrityje. Šiaurės ir Vidurio Lietuva šiuo požiūriu turėjo prastas ekonomines, socialines ir aplinkosaugos charakteristikas.

Prieš apžvelgiant 2009 m. ir 2010 m. analizę, reikėtų pabrėžti įvykių kontekstą – dar nėra suformuotos vieningos biokuro sektoriaus vystymo politikos, remiamasi pavienėmis iniciatyvomis. Dažniausiai jos kyla iš privataus sektoriaus subjektų. Pradedamos vystyti technologijos, leidžiančios efektyviai panaudoti medienos

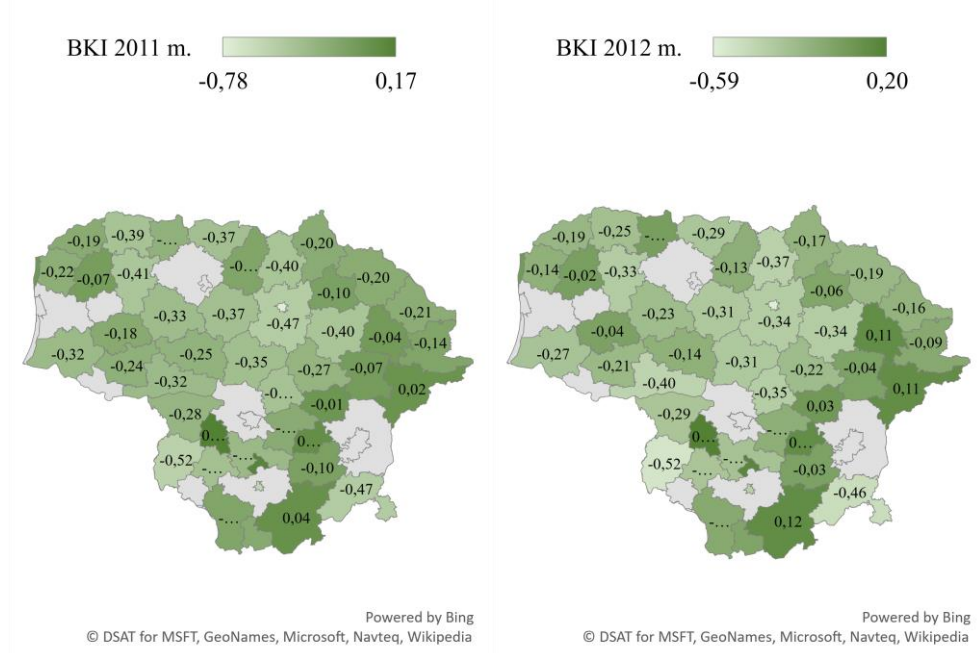
skiedrų biokurą ir šiaudus. Vis dėlto, nepalankios skolinimosi sąlygos ir bendri ekonominiai sunkumai trukdė pasiekti proveržį. 33 pav. pateiktuose indekso rezultatuose atsispindintys reikšmingi indekso pokyčiai liudija pakitusios ekonominės konjunktūros sukeltas pasekmes, sustabdžiusias bendrąją šalies ūkio plėtrą



**33 pav.** Biokuro konvergencijos indekso verifikavimo rezultatai Lietuvos regionų atveju 2009 – 2010 m.

Vėlesnių poros metų rezultatai yra reikšmingai prastėjantys dėl objektyvios priežasties – visuotinio ekonominio nuosmukio, kuris pilnu pajėgumu smogė 2019 m. Natūralu, kad tai paveikė visas šalies veiklos sritis, įskaitant ir regionų ekonominę-socialinę sanklodą. Dėl suprastėjusių regiono ekonominių ir socialinių rodiklių tik pavienėse savivaldybėse pastebimos teigiamos rodiklių reikšmės. Tai pabrėžtina vertinant 2010 m. duomenis – tuo metu ekonominių nuosmukį šalies regionai juto ypač – panaikintos darbo vietos, padaugėjo socialinių pašalpų gavėjų, savivaldybių biudžetų pajamos sunyko. Be kita ko, dėl politinių motyvų reikšmingai kilo importuojamų dujų kainos, dėl ko dar labiau mažėjo didžiosios dalies Lietuvos regionų konkurencingumas. Vertinant pateiktus duomenis matyti, jog indekso reikšmė bene mažiausiai kito Kazlų Rūdos savivaldybėje, kuri energijos gamyboje daugiausiai naudojo biokurą ir jau tuo metu turėjo išskirtinai tvirtą medienos ir biokuro ruošos sektorių. Birštono savivaldybės rodikliai taip pat išliko stabilūs dėl savivaldybės kompaktiškumo. Pagrindinė savivaldybės sunaudotos šilumos energijos dalis buvo pagaminta iš biokuro. Kaip ir 2008 m., mažiausios reikšmės yra fiksuotos Šiaurės ir Vidurio Lietuvoje.

Nagrinėjant kitų dviejų metų duomenis, tebesimato ekonominio nuosmukio pasekmės – bendra ekonominė situacija gerėjo, tačiau rodiklio reikšmės yra prastesnės nei pradinio laikotarpiu. 2011 m. ir 2012 m. rezultatai yra nuosaikiai gerėjantys, tačiau juos veikė keletas objektyvių veiksnių (34 pav.). Pirmiausia, ūkio atsigavimas vyko lėtai, o biokuro naudojimo augimas vis dar tebuvo simbolinis. Antra, reikšmingai didėjo importuojamų dujų kainos, tuo dar labiau smukdydamos visų regionų konkurencingumo lygį. Tačiau būtent tai sudarė prielaidą investuoti į vietinio kuro naudojimą.

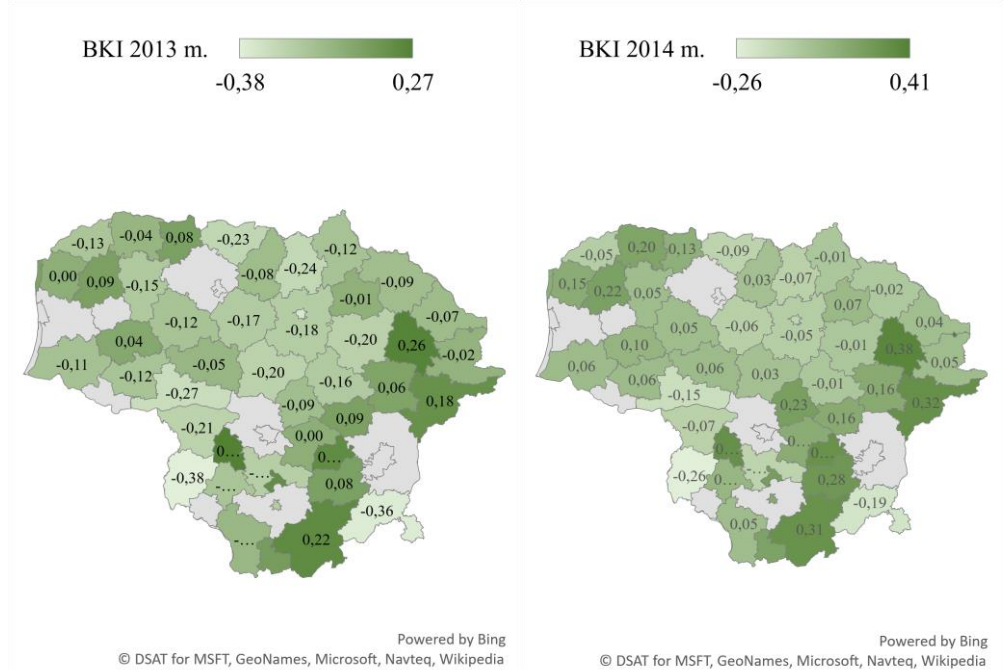


**34 pav.** Biokuro konvergencijos indekso verifikavimo rezultatai Lietuvos regionų atveju 2011 – 2012 m.

Paveiksle pateikti duomenys išryškina tendenciją, kaid Rytų Lietuvos regionas pagal indekso rezultatus stiebiasi į pirmaujančiųjų gretas. Ypač tai pasakytina apie Utenos ir Švenčionių rajonų savivaldybes, kurios 2012 m. jau pasiekė teigiamas indekso reikšmes. Lyderystė analizuojamu laikotarpiu nesikeičia – Kazlų Rūdos ir Birštono savivaldybės dėl natūralių aplinkybių yra pirmaujančios, tuo metu kaimyninė Vilkaviškio savivaldybė tvirtai lieka paskutiniosiose pozicijose. Šiuo laikotarpiu padėtis nuosaikiai gerėja beveik visose savivaldybėse, tačiau daugeliu atvejų ji stabdoma kylančių importuojamųjų dujų kainų, nepakankamos šilumos energijos gamybos iš biokuro generacijos ir dar neįsibėgėjusio biokuro ruošos sektoriaus kūrimo. Atkreiptinas dėmesys, kad Kupiškio r., Šilalės r. savivaldybėse, naudojančiose biokurą, išsilaiko santykinai didesnės nei kaimyninėse savivaldybėse indekso reikšmės. Akivaizdžiai indekso dydis progresavo Mažeikių ir Akmenės rajonų savivaldybėse dėl jose augančių biokuro ruošos pajėgumų. Tačiau Skuodo r. savivaldybėje pastebima beprecedentė situacija – nors savivaldybė, naudodama

biokurą, savo šilumos energijos poreikius patenkino 100 proc., dėl neefektyvaus šilumos gamybos būdo buvo palaikoma didelė šilumos kaina. Todėl savivaldybė kitų savivaldybių atžvilgiu buvo mažiau konkurencinga.

Kitu aptariamuoju, 2013 – 2014 metų laikotarpiu kyla biokuro naudojimo proveržis. 2013 m. buvo pasiektos didžiausios importuojamų dujų kainos, dėl to ir toliau stabdomas dujas naudojančių savivaldybių progresas. Vis dėlto, aktyvėjo investicijos į biokuro generaciją, gerinamos savivaldybių rodiklių reikšmės. Šiuo laikotarpiu vis dar gausu savivaldybių, turinčių neigiamas indekso reikšmes (35 pav.), tačiau rodikliai pastebimai kyla aukštyn, o indekso lyderystės centras slenkasi į Pietų Lietuvą.

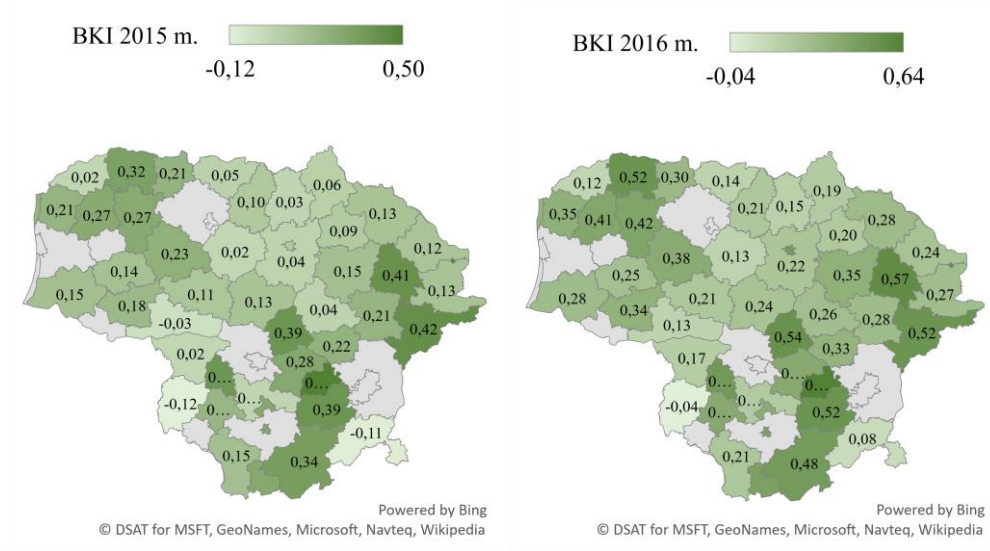


**35 pav.** Biokuro konvergencijos indekso verifikavimo rezultatai Lietuvos regionų atveju 2013 – 2014 m.

Šiuo laikotarpiu teigiamas biokuro konversijos poveikis iš Rytų Lietuvos pradėjo slinkti į Pietų Lietuvą – išskyrus Šalčininkų r. savivaldybę, nuo Utenos r. iki Druskininkų savivaldybės pastebėtos teigiamos indekso reikšmės. Šiose savivaldybėse gausu miško išteklių, taip pat buvo išskirtinai aktyviai vykdomi miško tvarkybos projektai. Kai kada biokuro panaudojimas savivaldybės viduje nebuvo lemiamas veiksnys indeksui augti. Tarkime, Trakų r. savivaldybėje biokuro naudojimo šilumai gaminti mastas nebuvo didelis. Tačiau dėl intensyvaus miško tvarkybos projektų vykdymo savivaldybė gebėjo biokuru aprūpinti didelę dalį likusių šalies savivaldybių. Taip pasireiškė teigiamas klasterizacijos poveikis, nors savivaldybės viduje šilumos kainos tebeliko santykinai didelės. Kaimyninėje Šalčininkų r. savivaldybėje buvo atvirksčia situacija – nors savivaldybėje sutelkti gausūs miškų ištekliai, tačiau miško tvarkybos projektai nebuvo nevykdomi. Dėl

įsisenėjusių socialinių problemų, šilumos gamybai naudojamų importuojamų dujų, susiformavo situacija, lėmusi beveik žemiausią biokuro konvergencijos indekso reikšmę šalyje. Savivaldybė negebėjo pasinaudoti turimais natūraliais pranašumais ir todėl atsidūrė prastesnėje konkurencinėje padėtyje nei tos savivaldybės, kurios išvelgė energetinės sistemos konversijos naudą. Analizuojamuoju laikotarpiu į teigiamą zoną grįžo Žemaitijos savivaldybių indekso reikšmės, o prasčiausi rezultatai pastebėti Vidurio Lietuvoje. Tai galima sieti su mažesniu Žemaitijos miškingumu, atitinkamai nedideliu miško tvarkybos projektų skaičiumi ir gausiai naudojamomis importuojamomis dujomis.

Tolimesni indekso reikšmių vertinimai tiksliau parodo biokuro konversijos poveikį, kadangi biokuro rinka tapo brandesnė – pradėjo veikti energetikos išteklių birža „BALTPOL“, užtikrinusi rinkos skaidrumą ir rezultatų palyginamumą. Apskrityse vis daugiau pradėta steigti biokuro ruošos įmonių, įdarbinami įvairių kvalifikacijų darbuotojai. Biokuro konversijos nauda, nors ir netolygiai, 2015 – 2016 m. laikotarpiu pasiskirsto po visą šalį (36 pav.). Lyderystės vektorius slenkasi į Vakarų Lietuvą, nes paleidžiami nauji biokurą naudojančios įrenginiai.

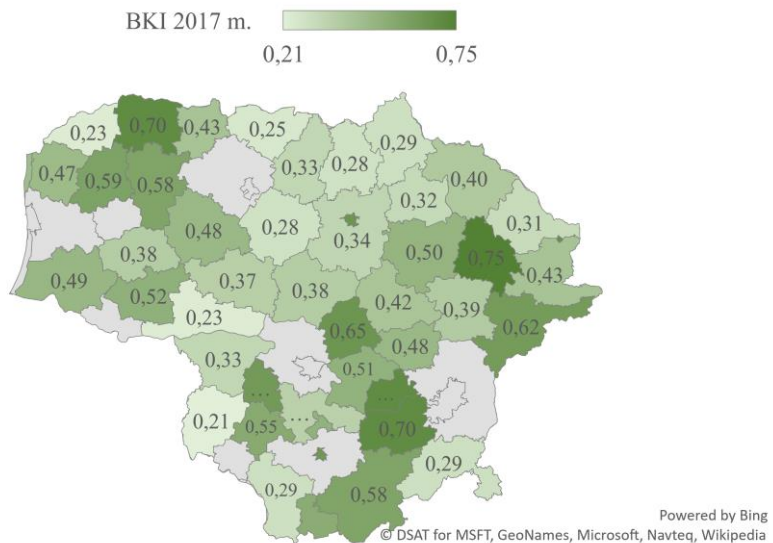


**36 pav.** Biokuro konvergencijos indekso verifikavimo rezultatai Lietuvos regionų atveju 2015 – 2016 m.

Paveiksle matyti, kad likusios vos kelios savivaldybės, kurių indekso reikšmės yra neigiamos. Pagal jau išivyravusią tendenciją, prasčiausius rezultatus rodė Vilkaviškio, Šalčininkų ir Jurbarko r. savivaldybės. Tiesa, paleidus naujus biokurą naudojančius šilumos gamybos pajėgumus, pastarųjų savivaldybių rodikliai 2016 m. reikšmingai gerėjo. Šiuo laikotarpiu pabrėžtini du veiksniai – didelė dalis savivaldybių šilumos energijai gaminti ėmė naudoti daugiau nei 50 proc. biokuro masės. Antrasis veiksnys – šiuo laikotarpiu buvo galima įvertinti, kaip rinką paveikė galimybė savivaldybėms įsigyti gamtinių dujų iš 2014 m. atplaukusio suskystintų gamtinių dujų (SkGD) terminalo. Indekso lyderė yra Elektrėnų savivaldybė, kuri

esmingai padidino naudojamo kuro kiekį, ruošos apimtį, miško tvarkybos projektų skaičių, mažino socialinių išmokų išlaidas ir registruotų bedarbių skaičių. Taip atsirado sinerginis efektas, dėl kurio mažėjo savivaldybės išlaidos ir šilumos kainos. Reikšmingai stiebėsi Mažeikių r. savivaldybė – analizuojamu laikotarpiu savivaldybė visiškai ėmė naudoti tik biokurą, o daugėjant miško tvarkybos projektų, mažėjo registruotų bedarbių. Vidurio Lietuvos savivaldybės, įvykdžiusios biokuro konversiją, aplenkė Skuodo r. savivaldybę, kuri visu tiriamuoju laikotarpiu naudojo biokurą. Šioje savivaldybėje šilumos kaina buvo viena didžiausių šalyje ir tai mažino gyventojų perkamąją galią ir savivaldybės konkurencingumą. Laikotarpio pabaigoje daugiau nei 50 proc. biokuro pradėjo naudoti Radviliškio, Pakruojo, Utenos rajonų, Palangos, Druskininkų savivaldybės.

Paskutiniaisiais tiriamojo laikotarpio metais įvyko reikšmingų pokyčių vertinant indekso rezultatus. Kylant ekonomikos lygiui ir stabiliai naudojant biokurą, nebeliko savivaldybių, kurių indekso reikšmė būtų neigiama (37 pav.). Visos regioninės savivaldybės ėmė naudoti gerokai daugiau biokuro, keisdamos pasenusius dujų ar mazuto katilus į naujus, biokurą naudojančius įrenginius. Naudotos lietuviškos technologijos sukūrė sinergiją ir padidino savivaldybių pajamingumo rodiklius.



**37 pav.** Biokuro konvergencijos indekso verifikavimo rezultatai Lietuvos regionų atveju 2017 m.

Matyti, kad Vilkaviškio r. savivaldybės indekso reikšmė pastebimai išaugo. Tai lėmė padidintas biokuro naudojimas. Vis dėlto, savivaldybės indeksas liko žemas kaip ir beveik visu tiriamuoju laikotarpiu. Laikotarpio pradžioje prasčiausią reikšmę turėjusi Kretingos r. savivaldybė dabar turi aukštesnę nei vidutinę reikšmę. Pastebėtina, kad Skuodo r. ir Biržų r. savivaldybės turi santykinai žemas indekso reikšmes (atitinkamai 0,23 ir 0,29), kadangi naudoja neefektyvius biokuro deginimo būdus. Paskutiniaisiais tiriamojo laikotarpio metais didžiausia indekso reikšmė fiksuota Utenos r. savivaldybėje. Savivaldybė nuosekliai didino biokuro dalį šilumos energijai

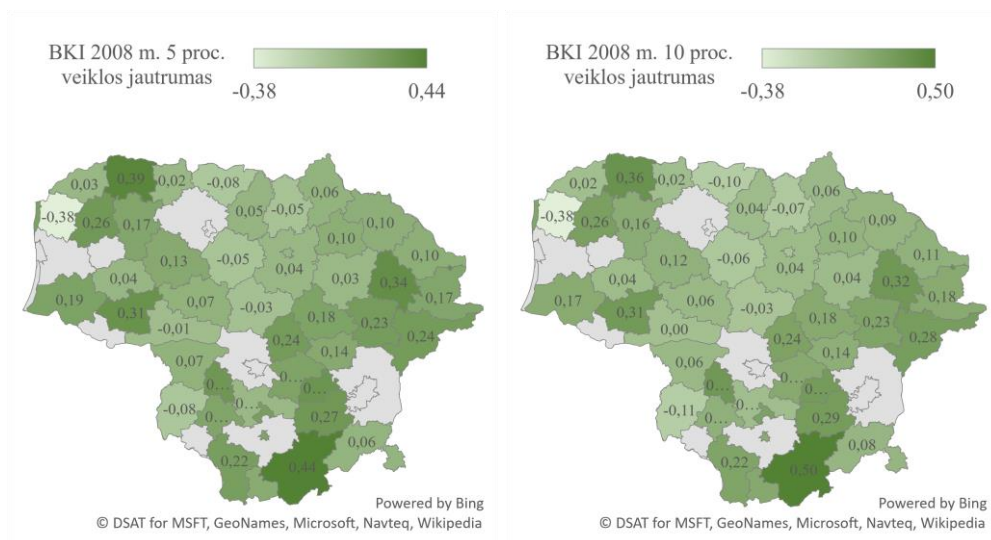
gaminti, daugėjo miško tvarkybos projektų, mažėjo socialinių pašalpų išlaidos. Kaimyninės Švenčionių r. savivaldybės indekso reikšmė didėjo lėčiau dėl nesparčiai sprestų socialinių problemų, taip pat sustojusio biokuro konversijos proceso. Ženklių progresą atliko Mažeikių r. savivaldybė, ėmusi daugiau naudoti biokuro, mažinusi visų tipų išlaidas ir išlaikiusi stabilų miško tvarkybos projektų kiekį. Pastebėtinai tolygus Jonavos r. savivaldybės indekso reikšmės didėjimas, nes buvo geriau surenkami gyventojų pajamų mokesčiai ir stabiliai gausiai naudojimas biokuras, daugėjo miško tvarkybos projektų. Pietų Lietuvoje fiksuotos didžiausios indekso reikšmės tarp regionų, tačiau reikšmingai progresavo Žemaitijoje esančių savivaldybių klasteris, dvigubai padidinęs bendras rodiklio reikšmes per paskutiniuosius dvejus metus. Be to, savivaldybės gebėjo kompleksiskai spręsti šilumos gamybos, užimtumo ir aplinkos apsaugos problemas, taip kurdamos papildomą vertę savivaldybių gyventojams.

Po pagrindinių skaičiavimų buvo atlikta jautrumo analizė, leidžianti įvertinti tam tikrų dedamųjų įtaką indekso reikšmei. Jautrumo analizės pokyčio pasirinkimas grįstas Yazdani, Zavadskas, Ignatius, Abad (2016) ir Lindmark, de Luna, Eriksson, (2018) pasiūlyta logika. Pateikiamas jautrumo analizės atlikimo būdas procentine išraiška keičiant tam tikrus veiksnius. Priimta, kad kai kurios subindeksus sudarančių rodiklių reikšmės koreguojamos 5-10 proc. Tai leis nustatyti kaip savivaldybės atsparios atskiriems ekonominių, socialinių, aplinkos rodiklių pokyčiams. Taip pat tai leis atlikti indekso pokyčio variacijas, nuspėjant galimas ateities tendencijas. Pirmiausiai koreguojamas regiono veiklos subindeksas, apibūdinantis regiono turimus išteklius ir iš jų gaunamas pajamas. Regiono veiklos subindekse minėtais dydžiais mažinama regiono įplaukų dedamoji. Dedamosios svarba procentais reikšmingai lenkia miškų situacijos regione reikšmę, tad šios dydžio korekcijos leis išskirti regionus, kurie, pasikeitus reikšmėms, išlaiko panašią indekso reikšmę. Sumažintas dydis yra pridodamas prie miškų situacijos regione reikšmės. Nepaisant vykstančių pokyčių, tai leistų įrodyti tvarią regionų veiklą. Regiono veiklos subindeksas, pritaikius 5 ir 10 proc. jautrumo paklaidas keičiant regiono įplaukų dedamąją, apskaičiuojamas pagal žemiau pateiktas formules:

$$RVS_{BKI} = 0,79 \times \text{regiono įplaukų faktorius} + 0,21 \times \text{miškų situacija regione} \quad (8)$$

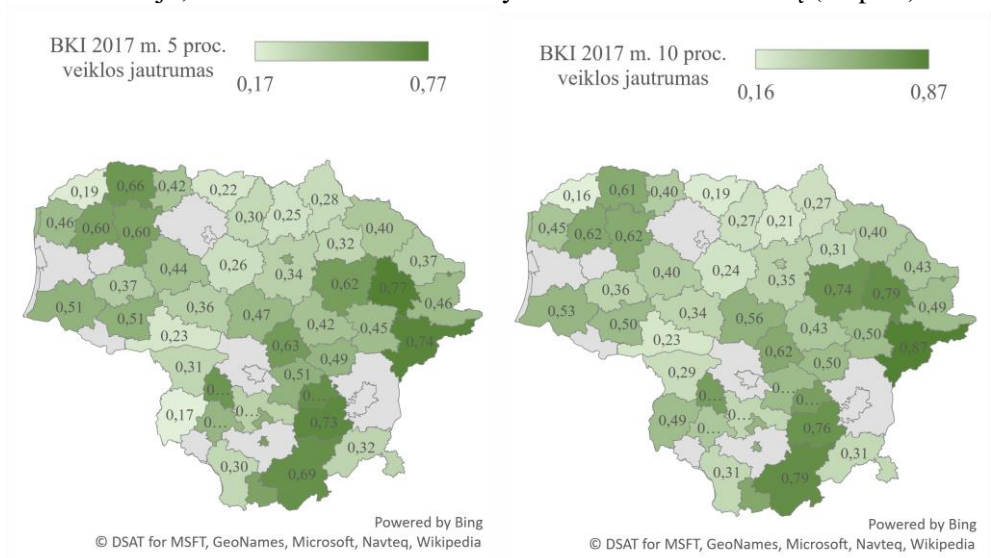
$$RVS_{BKI} = 0,75 \times \text{regiono įplaukų faktorius} + 0,25 \times \text{miškų situacija regione} \quad (9)$$

Regiono veiklos subindekso jautrumo analizė pateikiama pagal pradinių ir baigtinių analizuojamo laikotarpio metų duomenis. Iš 38 pav. matyti, kad pritaikius 10 proc. pokyčių didėja atskirtis tarp savivaldybių. Nors žemutinė indekso reikšmė iš esmės nesikeičia, rodiklis reikšmingai išauga Varėnos savivaldybėje, kurioje yra didelis miškingumas. Vidurio ir Vakarų Lietuvoje rodiklio reikšmė yra ypač stabili, Rytų Lietuvoje pastebimas nuosaikus didėjimas. Šiuo atveju galima teigti, kad išskyrus kelias išimtis, pradiniu laikotarpiu, keičiantis subindekso reikšmėms, savivaldybės išvengia didelių pokyčių. Tai įrodo, kad jos buvo ne tokios jautrios miškingumo pokyčiams, o šio pokyčio reikšmė iš esmės nepakeitė indekso dinamikos.



**38 pav.** Biokuro konvergencijos indekso veiklos jautrumo analizės rezultatai Lietuvos regionų atveju 2008 m.

Po dešimtmečio situacija keitėsi iš esmės – rodikliai ypač padidėjo tose savivaldybėse, kurių miškingumas yra didelis, o mažesniais kuro išteklių disponuojančiose savivaldybėse po jautrumo analizės mažėjo indekso reikšmė. Pritaikius jautrumo koeficientus susidarytų galima situacija, kad Pietryčių Lietuvoje susiformuotų stiprus keleto savivaldybių klasteris, išsiskiriantis dideliais kuro išteklių ir santykinai efektyvia energetine veikla. Kai kurios Vidurio Lietuvos savivaldybės taip pat generuotų didesnę indekso reikšmę, tačiau kaip ir pagrindinės analizės atveju, Vidurio Lietuvos savivaldybės turi žemesni indeksą (39 pav.).



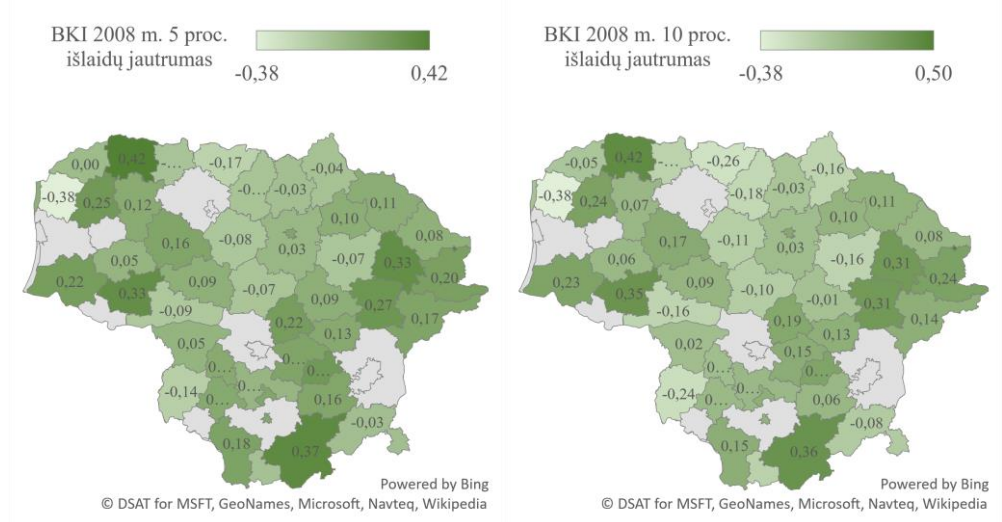
**39 pav.** Biokuro konvergencijos indekso veiklos jautrumo analizės rezultatai Lietuvos regionų atveju 2017 m.

Išlaidas apibrėžiančių rodiklių subindekse pasirenkama koreguoti pagrindinių regiono išlaidų dedamąją. Ji yra reikšmingai didesnė nei šilumos kaina, tad korekcijos leis išskirti regionus, kuriems šilumos kaina yra svarbus veiksnys. Taip pat tai leis kiek kitu pūviu įvertinti regiono veiklos subindekso reikšmę, kadangi šilumos kaina netiesiogiai rodo regiono socialinį potencialą. Atsižvelgus į korekcijas, nustatomos šios regiono visų sąnaudų subindeksų formulės:

$$RVSS_{BKI} = 0,92 \times \text{pagrindinių išlaidų faktorius} + 0,08 \times \text{šilumos kainos faktorius} \quad (10)$$

$$RVSS_{BKI} = 0,87 \times \text{pagrindinių išlaidų faktorius} + 0,13 \times \text{šilumos kainos faktorius} \quad (11)$$

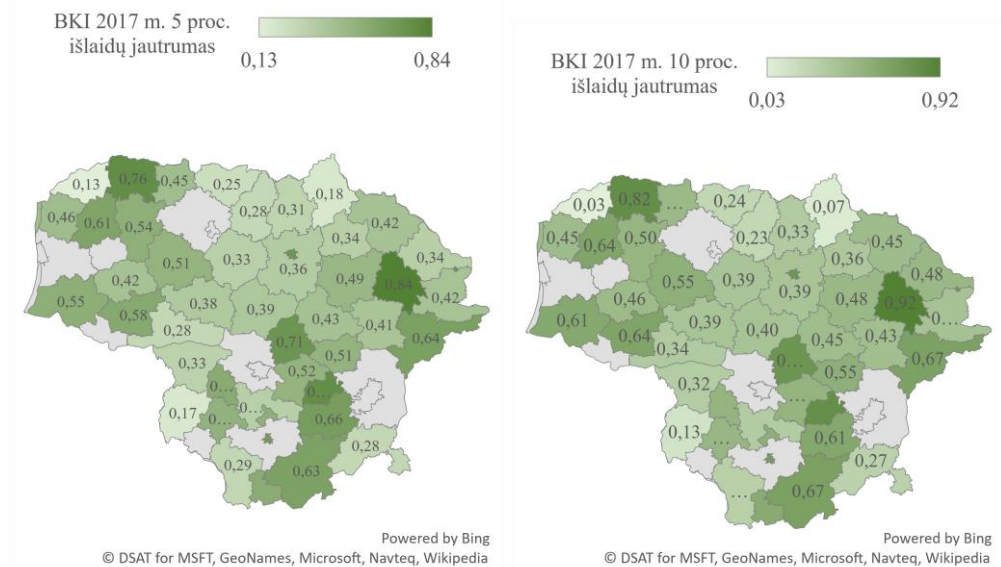
Jautrumo analizėje akcentuojami pradiniai ir galutiniai analizuojamo laikotarpio metų duomenys. Pirmiausiai pateikiami 2008 m. duomenys. Iš 40 pav. matyti, jog padidėjusi šilumos kainos subindekso reikšmė regione padidino atskirtį tarp savivaldybių. Palyginti su pradinio laikotarpio reikšmėmis, šios Vidurio Lietuvos ir Suvalkijos savivaldybių reikšmės gerokai suprastėjo. O Vakarų Lietuvoje indekso reikšmės iš esmės išliko stabilios. Po jautrumo analizės didelė dalis savivaldybių įgavo neigiamas indekso reikšmes. Tai lėmė priklausomumas nuo iškastinių išteklių ir vyravusios didelės jų kainos. Kaip ir pagrindinės analizės atveju, Kretingos r. savivaldybės indeksas pradiniu laikotarpiu buvo pats mažiausias.



**40 pav.** Biokuro konvergencijos indekso išlaidų jautrumo analizės rezultatai Lietuvos regionų atveju 2008 m.

Analogiški veiksmai buvo atlikti ir su 2017 m. duomenimis. Pastebima tendencija, kad kuo didesnė šilumos kainos dedamoji, tuo labiau didėja atskirtis tarp regionų. 41 pav. klasterių analizė parodė, kad į antrąjį klasterį patekusios savivaldybės laviruoja ties neigiama indekso reikšme, o savivaldybės-lyderės, ypač Mažeikių ir Utenos r. savivaldybės, sustiprino indekso reikšmę. Tai įrodo, kad šiose savivaldybėse šilumos kaina yra ypač maža ir tai yra svarbus savivaldybių konkurencinis veiksnys.

Vidurio Lietuvoje pastebima nuosaiki indekso reikšmės didėjimo tendencija. Pietų Lietuvoje indekso reikšmė arba liko stabili, arba nežymiai smuko.



**41 pav.** Biokuro konvergencijos indekso išlaidų jautrumo analizės rezultatai Lietuvos regionų atveju 2017 m.

Atlikta analizė parodė, kad iš vietinių organinių atliekų pagaminto biokuro naudojimas keičia regiono ekonominę struktūrą ir skatina konvergenciją tarp regionų, sinergiją tarp atskirų ekonominių ir socialinių veiksnių. Biokuro naudojimo mastas tiesiogiai veikia savivaldybių pajamų dinamiką, socialinę sanklodą ir iš to išauganti lėšų naudojimo efektyvumą. Panaudotas klasterių analizės ir biokuro konvergencijos indekso verifikavimas leido įvairiais pjūviais pamatyti biokuro naudojimo poveikį per pastarąjį dešimtmetį. Atsiradus biokuro sektoriui, naudojant vietinius išteklius šalies ir regiono viduje, tapo įmanoma kurti energijos produktus, naujas darbo vietas, didinti sektoriaus vidutinį darbo užmokestį, didinti savivaldybių konkurencingumą, gerinti aplinkosauginę būklę. Taip pat įrodyta, kad savivaldybės gali klasterizuotis ir bendradarbiauti tarpusavyje kuro tiekimo ir efektyvaus natūralių išteklių naudojimo aspektais. Neklasterizuotose savivaldybėse didėja socialinė atskirtis, o ekonominė struktūra lieka iš esmės nekintanti.

Klasterių analizė parodė, kad šalies savivaldybes galima skirstyti į tris klasterius, iš kurių vienas yra aiškiai orientuotas į biokuro naudojimą. Analizės rezultatai parodė, kad savivaldybės, aktyviai naudojančios biokurą, gauna daugiau įplaukų į savivaldybių biudžetus, taip užtikrindamos mažesnes šilumos kainas savivaldybių gyventojams. Tai reikšmingai gerina gyventojų socialinę padėtį ir mažina savivaldybių bei valstybės biudžeto socialinių pašalpų išlaidas. Per dešimtmetį beveik visos savivaldybės ėmė naudoti biokurą. 2017 m. daugelis savivaldybių buvo klasifikuotos tame klasteryje, kuris, sąlygotas biokuro konversijos, pasižymėjo teigiamais ekonominiais pokyčiais.

Atlikus indekso verifikavimą, matyti, jog šalyje susiformavo trys stambūs savivaldybių klasteriai – Vakarų Lietuvos biokuro klasteris (išimtis Skuodo r. savivaldybė), Pietryčių Lietuvos biokuro klasteris (išimtyš Šalčininkų r. ir Lazdijų r. savivaldybės) ir Vidurio Lietuvos iškastinio kuro importo klasteris. Biokuro klasteriuose esančios savivaldybės vykdė kuro apytaką, taip mažindamos šilumos kainą. Tai sudarė sąlygas mažinti socialines problemas ir tausojančiai naudoti biologinius išteklius. Dėl sukurtų naujų darbo vietų surinkta daugiau gyventojų pajamų mokesčio, savivaldybės įgalintos investuoti į gyventojų poreikius tenkinančias sritis. Biokuro naudojimas per dešimtmetį pakeitė ekonomikos struktūrą iš esmės – atsirado sąlygos susikurti vietiniam biokuro ruošos sektoriui ir įdarbinti žemesnės kvalifikacijos asmenis, kurių pašalpoms valstybė ir savivaldybės skirdavo reikšmingas pinigines lėšas. Sektoriaus veikla padidino miško tvarkybos projektų gausėjimą ir užtikrino efektyvesnę vietinių išteklių naudojimą. Galiausiai, įvyko pagrindinė konversija – išlaidos, skirtos importuojamoms dujoms pirkti, buvo panaudotos plėsti vietos ekonomiką naudojant vietinį biokurą. Šis procesas ypač ryškus lyginant savivaldybes, naudojančias biokurą, ir tas, kurios naudoja importuojamą iškastinį kurą. Indeksas leidžia išskirti regionus, daugiausiai laimėjusius naudojant vietinių išteklių technologijas, o indekso palyginamumas laiko atžvilgiu leidžia išskirti nuosekliai didėjantį teigiamą poveikį konvertavus energetinę sistemą. Taip pat indekso pokyčiai pabrėžė stagnaciją tų savivaldybių, kurių gyventojai naudojo iškastinio kuro pagrindu pagamintą šilumos energiją aukštesne nei vidutine kaina.

Apibendrinant galima teigti, kad biokuro klasterių poveikis ekonomikai yra aiškiai matomas ir statistiškai įvertinamas. Biokurą naudojančių regionų rezultatai reikšmingai kontrastuoja su iškastinį kurą naudojančių regionų rezultatais. Pasitelkus Lietuvos savivaldybių duomenis, nuspręsta verifikuoti biokuro konvergencijos indeksą, nes santykinai ilgai yra naudojamas biokuras ir yra galimybė palyginti skirtingus savivaldybių taikomus aprūpinimo energija sprendimus. Indeksas pritaikytas tyrimams tų valstybių, kuriose egzistuoja sąlygos biokuro konversijai įvertinti. Klasterių analizė įrodė, jog regionai fragmentuojami remiantis pasirinkto kuro naudojimu ir iš to kylančiomis ekonominėmis galimybėmis. Ekonominę, socialinę ir aplinkosaugos perspektyvas sieja galimybė kurti pridėtinę vertę šalies viduje naudojant finansinius, žmogiškuosius ir biologinius išteklius. Faktorių analizė ir pagrindinių faktorių metodas leido sudaryti biokuro konvergencijos indeksą, paremtą regiono veiklos ir regiono visuotinių sąnaudų subindeksais. Biokuro konvergencijos indeksas ilguoju laikotarpiu įrodė, kad savivaldybės, naudojusios biokurą, pasiekė didesnę ekonominę, socialinę ir aplinkosaugos progresą nei tos, kurios naudojo importuojamą iškastinį kurą. Regionų klasterizacija leido pasiekti sinerginį efektą – greitesnę klasterizuotų regionų progresą ir konvergenciją.

## IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS

1. Mokslinės literatūros analizė leido išskirti šiuos biokuro klasterizacijos motyvus:

- *Siekis iš atliekų išgauti ekonominę vertę.* Biokuro klasteriai siekia išgauti vertę iš iki tol nenaudotų, nuvertintų išteklių. Atliekų naudojimas vertės kūrimo procese yra esminis klasterio veiklos motyvas.
- *Atitiktis darnaus vystymosi principams.* Vertės kūrimo procesas neatsiejamas nuo darnaus vystymosi principų. Vykdamas veiklą, nuolat ieškoma sprendimų, suderintų su ekonominiiais, socialiniais, aplinkosaugos principais.

Realizuoti iškeltus klasterizacijos motyvus gali kliudyti šie neapibrėžtumai:

- *Politiniai suvaržymai.* Politinis neapibrėžtumas ar net susidaręs priešiškas nusistatymas prieš klasterio veiklą gali užkardyti arba visiškai diskredituoti klasterio veiklą. Tai iš esmės gali būti susiję su iškastinio kuro naudojimo protekcija.
- *Teisinės sistemos spragos.* Nevisiškai reglamentuotas teisinis biokuro naudojimas gali turėti neigiamų efektų siekiant panaudoti atliekas, naudoti inovatyvius gamybos būdus, statyti naujas, biokurą naudojančias jėgaines.
- *Darnaus vystymosi principų nesilaikymas,* susijęs su neatsakinga biokuro šaltinių eksploatacija, maistingųjų žaliavų ir jiems tinkamos žemės naudojimu.

Pašalinti ar sumažinti kliūčių įtaką padeda konkrečios priemonės, susijusios su technologijų taikymu, teisinio reguliavimo aiškumu. Rekomenduotina atsižvelgti į turimų biomasės išteklių kiekį ir, remiantis tuo, priimti sprendimus dėl energetinės sistemos konversijos. Esant negausiems vietiniams ištekliams, pravartu atsižvelgti į gretimų regionus, darant prielaidą dėl apsirūpinimo biokuru iš šių regionų.

2. Susisteminius ekonominę vertę turinčius biokuro išteklius į vieningą sistemą nustatyta, kad ekonominė vertė, kuriama regione, yra skirstoma į dvi dalis. Pirmąją dalį sudaro pirminių biomasės produktų paruošimas į biokurą. Ekonominę vertę turintis biokuras priklausomai nuo jo rūšies naudojamas esant skirtingoms aplinkybėms:

- Pradiniame biokuro energetikos sektoriaus etape būtina išnaudoti susidarantį medienos atliekas kurių šaltinis – miškai, tvarkomi pagal miško tvarkybos projektus, taip pat atliekas, gautos atskyrus produktyviają ir menkavertę medieną. Medienos atliekų panaudojimas leistų sukurti ekonominę vertę keliomis kryptimis – pirmiausia, vertė būtų išgaunama iš žaliavų, kurios netinkamos perdirbti. Antra, medienos atliekos susidaro natūraliai, tad jų išgavimas nereikalauja ilgo laikotarpio.
- Strateginiu laikotarpiu, siekiant atitikti darnaus vystymosi principus, reikalinga įvesti energetinių augalų plantacijas, taip įvairinant biokuro tiekimą ir išlaikant aplinkosauginę pusiausvyrą. Energetiniai augalai turi būti auginami išskirtinai žemės ūkiui netinkamose žemės sklypuose, kur vertės išgavimas auginant maistui tinkamus augalus yra neįmanomas. Nederlingų žemių naudojimas energetikai leis išgauti ekonominę vertę, diversifikuoti ūkininkų pajamas ir palaikyti stabilų biokuro kainų lygį.
- Būtina vystyti biodujų panaudojimo infrastruktūrą, siekiant efektyviai ir tvariai tvarkyti biologinės kilmės atliekas, taip iš jų išgaunant ir ekonominę vertę – tai iš esmės visų tipų energija, taip pat ekologiškos trąšos. Biodujų

naudojimas įmanomas kaimo vietovėse, ilgainiui tai gali tapti dar viena priemone darbo vietų ir naujų verslo vienetų kūrimui.

- Likusios biokuro rūšys turi būti naudojamos taip, kad gebėtų kurti teigiamą poveikį atliekų valdytojams ir visuomenei. Būtina investuoti į naujas gamybos rūšis siekiant kiek įmanoma efektyviau panaudoti susidarančias atliekas, tačiau investicijos turi būti atliekamos remiantis ekonomine logika.

Antrąją vertės, kuriamos regiono viduje, dalį sudaro jėgainėse iš biokuro pagaminta energija. Siekiant kurti teigiamą ekonominį poveikį, atsižvelgtina į šiuos principus:

- Jei tai technologiškai ir finansiškai įmanoma, būtina imtis kombinuotos šilumos ir elektros gamybos kogeneracinėse jėgainėse.
- Esant galimybei būtina katalizuoti biodujų gamybos projektus, siekiant sumažinti gamtinių dujų naudojimą buityje.

3. Biokuro sektoriaus klasterizacijos poveikis apima mikroekonominis ir makroekonominis veiksnius. Biokuro klasterizacijos poveikis mikroekonominiam lygmeniui pasireiškia šiais aspektais:

- *Energijos gamybos regione decentralizacija.* Biokuro naudojimas sudaro sąlygas įvairinti energijos rinką regione, taip didindamas vietos konkurenciją.
- *Padidėjęs inovatyvumo lygis.* Biokuro klasterio veikla yra nuolat inovuojama, taip priverčiant kitas energetikos struktūras palaikyti aukštą efektyvumo lygį.
- *Naujų verslo vienetų, aptarnaujančių klasterį, atsiradimas.* Nuolatinė būtinybė apsirūpinti biokuru, palaikyti sklandžią tiekimo grandinę sudaro sąlygas kurtis naujiems MVĮ subjektams.

Biokuro sektoriaus klasterizacijos kuriamas poveikis makroekonominiam lygmeniui koncentruojamas į šias kryptis:

- *Energetinio saugumo didėjimas.* Biokuro klasteris, įvairindamas regiono energetinę sistemą didina energetinio saugumo lygį, kadangi klasterio veikla leidžia išvengti sabotuojamųjų veiksnių iš išorės, atsirandančių dėl netikėtų energetinių išteklių tiekimo pertrūkių, neadekvačiai augančių išteklių kainų.
- *Aplinkosaugos padėties gerėjimas ir iš to kylančios teigiamos ekonominės pasekmės.* Naudojant organines atliekas, kurios kai kuriais atvejais gali turėti neigiamą poveikį aplinkai, išgaunama ekonominė vertė ir sukuriama švaresnė gyvenamoji aplinka.
- *Gerėjanti gyvenimo kokybė ir socialinė padėtis regionuose.* Biokuro klasterizacija leidžia kurti naujas darbo vietas visoje biokuro tiekimo grandinėje, taip mažinant socialinių problemų mastą ir kuriant savarankišką, ambicingą ir patenkintą visuomenę.

4. Sukurtas conceptualus biokuro klasterio poveikio ekonomikai vertinimo modelis yra grįstas išskirtais biokuro rinkos struktūros veiksniais. Pagrindinė veiksnių ašis – monopolinės konkurencijos padėties biokuro ruošos sektoriuje perėjimas į oligopolinę konkurenciją vykdant energijos gamybą. Perėjimo metu sukuriama skirtingi kuro, energijos ir šalutiniai produktai, kurie realizuojami ir vietinėje, ir tarptautinėje rinkoje. Rinkos struktūros veiksniai apima rinkos pokyčius, kurie vyksta gaminant skirtingus produktus, taip pat rinkos dalyvius, kurie dalyvauja produktų vystymo procesuose. Apibrėžiami veiksniai, kurie yra nuspėjami, ir veiksniai, kurie yra sunkiai prognozuojami. Abiem atvejais tai gali reikšmingai paveikti likusius struktūros

veiksnius, tokiu būdu veikiant visos biokuro klasterio veiklos konkurencingumą. Konceptualus modelis įrodo biokuro rinkos kompleksiskumą ir daugiakryptį poveikį ekonomikos raidai. Tai perteikta per ekonominės, socialinės ir aplinkosaugos perspektyvų sąsają. Taip parodoma sukuriama sinergija, kuri pereina per darnaus vystymosi lygius. Rinkos struktūros veiksnių poveikis ekonomikai tiriamas pasitelkus sukurtą tyrimo metodologiją, kurios ašis – sukurtas biokuro konvergencijos indeksas ir indekso verifikavimas pasitelkus Lietuvos regionų duomenis. Pagrindinis tyrimo apribojimas – vertinamos visos surinktos savivaldybių (regionų) pajamos ir išlaidos, neišskaičiuojant su biokuru susijusių pajamų dalies. GPM pajamos, gautos iš energijos gamybos sektoriaus yra subendrintos, vertinant biokurą ir importuojamas dujas naudojančias jėgaines.

5. Klasterių analizės metu tiriant regionų statistinius rodiklius konstatuojama, kad:
  - Regionai fragmentuojasi pagal naudojamo kuro tipą ir šio sprendimo kuriamą poveikį kitiems ekonomikos lygmenims. Iškastinį kurą naudojančios savivaldybės generuoja mažesnes pajamas į savo biudžetus, surenka mažiau gyventojų pajamų mokesčio, o jų gyventojai šilumos energiją perka didesne kaina. Situacija yra skirtinga biokurą naudojančiose savivaldybėse – jose gyventojų pajamų mokesčio iš sektoriaus surenkama ženkliai daugiau, šilumos kaina yra reikšmingai mažesnė, taip indikuojant šių savivaldybių gyventojų galimybes taupyti lėšas arba jas nukreipti kitomis kryptimis.
  - Keičiantis analizuojamam laikotarpiui, keičiasi ir klasterizacijos struktūra – regionai, ėmę naudoti biokurą, reikšmingai gerino ekonominius ir socialinius rezultatus. Ištirta, kad biokurą naudojančios regionai padidina gaunamas pajamas, o regionuose sudaromos sąlygos didesnėms išlaidoms.
  - Registruotų bedarbių ir išlaidų socialinėms išmokoms rodikliai iškastinį kurą naudojančiose savivaldybėse yra ženkliai didesni lyginant su kitų klasterių rezultatais, taip pat atvirkščiai proporcingi biokuro naudojimo dinamikai.
  - Savivaldybės, kuriose miškingumas yra didelis ir kurios vykdo plataus masto miško tvarkybos projektus, nesugeba multiplikuoti sukuriamo teigiamo poveikio, ir jo plačiau išskleisti ekonominėms ir socialinėms sferoms.
6. Sukurtas biokuro konvergencijos indeksas rodo regione gaunamas pajamas ir patiriamas išlaidas, kurios susijusios su ekonomine ir socialine regiono būkle. Taip pat pateikiamos esamos biologinio turto proporcijos ir šio turto tvarkymo mastai. Indekso taikymas parodė, kad:
  - Pradiniu tyrimo laikotarpiu teigiamomis reikšmėmis išsiskyrė kelios savivaldybės – Mažeikių r. (0,43) Varėnos r. (0,37), Utenos r. (0,35). Pastarosios savivaldybės buvo pagrindinės Pietvakarių Lietuvos biokurą naudojančių savivaldybių ašys. Žemiausia reikšmė (-0,39) fiksuota Kretingos r. Pagrindinės rodiklių pokyčio priežastys – naudojamo kuro tipas, surenkamas GPM, socialinių išmokų gavėjų dinamika.
  - Ekonominio nuosmukio laikotarpiu reikšmingai smuko visų savivaldybių duomenys. Teigiamas indekso reikšmes 2009-2012 laikotarpiu išlaikė tik Kazlų Rūdos, Birštono, Elektrėnų ir Varėnos r. savivaldybės. Tai susiję su dominuojančio biokuro naudojimu ir su stipriu biokuro ruošos sektoriumi. Vilkaviškio r. sav. 2011-2012 m. fiksuota mažiausia indekso reikšmė (-0,52),

kurią lėmė importuojamo kuro naudojimo iššaukta viena didžiausių Lietuvoje šilumos kainų, daugybinės socialinės problemos.

- 2013-2017 m. susiformavo trys savivaldybių klasteriai – Pietryčių Lietuvos (BKI vidurkis 2017 m. – 0,45), Vakarų Lietuvos (BKI vidurkis 2017 m. – 0,41), kurie reprezentuoja biokuro naudojimą, ir Vidurio Lietuvos (BKI vidurkis 2017 m. – 0,32), sutelkiančio iškastinio kuro naudotojas. Didžiausia indekso reikšmė analizuojamu laikotarpiu užfiksuota 2017 m. Utenos r. sav. (0,75). Vilkaviškio r. sav. mažiausia indekso reikšmė tęsėsi nuo pat 2011 m.
- Jautrumo analizės atlikimas parodė, kad keičiantis sąlygoms savivaldybės konverguoja nevienodai. Pajamų pokyčio atveju atsiranda dviejų lygių savivaldybių klasteriai, kurie sparčiai arba itin sparčiai kuria biokuro ruošos sektorių, didina mokesčių surinkimą, biokuro gamybą regiono viduje. Išlaidų jautrumo tikrinimas leido išlaikyti tolygesnius rezultatus palaikant tų pačių trijų stambių savivaldybių klasterių sanklodą.

Indekso verifikacija įrodė, kad biokuro naudojimas veikia skirtingus ekonomikos lygius ir tie regionai, kurie pasižymi tik stipriu biokuro ruošos sektoriumi, yra ne tokie konkurencingi nei tie regionai, kurie šalia to naudodami ir biokurą, patenkina visus savo šilumos energijos poreikius. Biokuro naudojimas keičia regiono ekonominę ir socialinę sanklodą, tai atsispindi indekso didėjimo spartoje. Regionai, turėję aukštus biokuro naudojimo rodiklius, tačiau nepagerinę socialinės padėties regione, atsiliko nuo tų regionų, kurie sparčiau kūrė naujas darbo vietas ir telkė su darbo santykiais susijusius mokesčius. Indekso augimo dinamika rodo, kad augant regionui-lyderiui, aplink jį augo ir kitos savivaldybės, taip pasiekiant konvergencijos efektą. Vidurio Lietuvoje būtini aktyvesni veiksmai naudojant organines atliekas energijai gaminti. Aktyvesnis biokuro ruošos sektoriaus vystymas dauginant darbo vietų, panaudojant įvairaus tipo organines atliekas, leistų reikšmingai padidinti indekso reikšmę.

## LITERATŪRA

1. Abdi, H., & Williams, L. J. (2010). Principal component analysis. *Wiley interdisciplinary reviews: computational statistics*, 2(4), 433-459.
2. Abeyasekera, S. (2005). Chapter XVIII Multivariate methods for index construction. *Reading (UK): University of Reading. hlm*, 377-378.
3. Abolhosseini, S., & Heshmati, A. (2014). The main support mechanisms to finance renewable energy development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 40, 876-885.
4. Adams, P. W., Hammond, G. P., McManus, M. C., & Mezzullo, W. G. (2011). Barriers to and drivers for UK bioenergy development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(2), 1217-1227.
5. Adu, J.T., Shokunbi, M.O., Cole, B.M. (2014). Building Sustainable Business Clusters towards Global Competitiveness: Case Study of Furniture Making along Owoode - Ajegunle Axis of Lagos State. *Journal of Poverty, Investment and Development*, 4(4), 46-51.
6. Agarwala, M., Ghoshal, S., Verchot, L., Martius, C., Ahuja, R., & DeFries, R. (2017). Impact of biogas interventions on forest biomass and regeneration in southern India. *Global Ecology and Conservation*, 11, 213-223.
7. Aghabozorgi, S., Seyed Shirshorshidi, A., & Ying Wah, T. (2015). Time-series clustering - A decade review. *Information Systems*, 53, 16–38. <http://doi.org/10.1016/j.is.2015.04.007>
8. Ahmad, S., & Tahar, R. M. (2014). Selection of renewable energy sources for sustainable development of electricity generation system using analytic hierarchy process: A case of Malaysia. *Renewable energy*, 63, 458-466.
9. Aho, A., Kumar, N., Lashkul, A. V., Eränen, K., Ziolk, M., Decyk, P., ... & Murzin, D. Y. (2010). Catalytic upgrading of woody biomass derived pyrolysis vapours over iron modified zeolites in a dual-fluidized bed reactor. *Fuel*, 89(8), 1992-2000.
10. Akella, A.K., Saini, R.P., Sharma, M.P. (2009). Social, economical and environmental impacts of renewable energy systems. *Renewable Energy*, 34(34), 390–396.
11. Al-Mulali, U., Solarin, S. A., & Ozturk, I. (2016). Biofuel energy consumption-economic growth relationship: an empirical investigation of Brazil. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 10(6), 753-775.
12. Aleksandro Stulginskio universitetas (ASU) (2017). *Lietuvos bioekonomikos plėtros galimybių studija*. Kaunas: Aleksandro Stulginskio Universitetas.
13. Albiñana, J. C., & Vila, C. (2012). A framework for concurrent material and process selection during conceptual product design stages. *Materials & Design*, 41, 433-446.
14. Ali, H. S., Law, S. H., Yusop, Z., & Chin, L. (2017). Dynamic implication of biomass energy consumption on economic growth in Sub-Saharan Africa: evidence from panel data analysis. *GeoJournal*, 82(3), 493-502.
15. Allen, J. H., & Potiowsky, T. (2008). Portland's green building cluster: Economic trends and impacts. *Economic Development Quarterly*, 22(4), 303-315.
16. Alper, A., & Oguz, O. (2016). The role of renewable energy consumption in economic growth: Evidence from asymmetric causality. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 953-959.
17. Alsaleh, M., Abdul-Rahim, A. S., & Mohd-Shahwahid, H. O. (2017). Determinants of technical efficiency in the bioenergy industry in the EU28 region. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78, 1331-1349.
18. Amini, A., Wah, T. Y., Saybani, M. R., & Yazdi, S. R. A. S. (2011, July). A study of density-grid based clustering algorithms on data streams. In *2011 Eighth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD)* (Vol. 3, pp. 1652-1656). IEEE.
19. Aminudin, N., Sundari, E., Shankar, K., Deepalakshmi, P., Fauzi, R. I., & Maselena, A. (2018). Weighted Product and Its Application to Measure Employee Performance. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(2.26), 102-108.
20. Amponsah, N. Y., Troldborg, M., Kington, B., Aalders, I., & Hough, R. L. (2014). Greenhouse gas emissions from renewable energy sources: A review of lifecycle considerations. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, 461-475.

21. Anbumozhi, V., Gunjima, T., Prem Ananth, A., Visvanathan, C. (2010). An assessment of inter-firm networks in a wood biomass industrial cluster: lessons for integrated policymaking. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 12(12), 365–372.
22. Anderson, G.Q.A., Fergusson, M.J. (2006). Energy from biomass in the UK: sources, processes and biodiversity implications. *Ibis*, 148(148), 180–183.
23. Andersson, V., Viklund, S. B., Hackl, R., Karlsson, M., & Berntsson, T. (2014). Algae-based biofuel production as part of an industrial cluster. *Biomass and Bioenergy*, 71, 113–124.
24. Andersson, V., Broberg, S., & Hackl, R. (2011). Integrated algae cultivation for biofuels production in industrial clusters.
25. Andersson, V., Broberg, S., & Hackl, R. (2012). Integrated algae cultivation for municipal wastewater treatment and biofuels production in industrial clusters. *Proceedings of WREF, Denver, USA*, 13–7.
26. André, C. L., & Cristofari, C. (2014). Regional policy to increase the local brand attractiveness—the case of cap energies-Corsica business cluster in renewable energy field. *International Journal of Management Excellence*, 2(3), 270–276.
27. Androniceanu, A., & Popescu, C. R. (2017). An Inclusive Model for an Effective Development of the Renewable Energies Public Sector. *Administration & Public Management Review*, (28).
28. Aneja, R., Banday, U. J., Hasnat, T., & Koçoglu, M. (2017). Renewable and non-renewable energy consumption and economic growth: Empirical evidence from panel error correction model. *Jindal Journal of Business Research*, 6(1), 76–85.
29. Angelo, F. D., Chiappetta, J., Charbel J., & Vasconcellos, G. S. (2012). Environmental Innovation, In Search of a Meaning. *World Journal of Entrepreneurship, Management and Sustainable Development*, 8 (2/3), 113– 121.
30. Annevelink, E., & de Mol, R. M. (2007, May). Biomass logistics. In *Proceedings 15th European Biomass Conference Workshop WSI* (Vol. 1).
31. Apergis, N., Payne, J.E. (2010). Renewable energy consumption and economic growth: Evidence from a panel of OECD countries. *Energy Policy*, 38(38), 656–660.
32. Aranguren, M. J., De La Maza, X., Parrilli, M. D., Vendrell-Herrero, F., & Wilson, J. R. (2014). Nested methodological approaches for cluster policy evaluation: An application to the Basque Country. *Regional Studies*, 48(9), 1547–1562.
33. Arnesano, M., Carlucci, A. P., & Laforgia, D. (2012). Extension of portfolio theory application to energy planning problem—The Italian case. *Energy*, 39(1), 112–124.
34. Aronson, M. F., & Galatowitsch, S. (2008). Long-term vegetation development of restored prairie pothole wetlands. *Wetlands*, 28(4), 883–895.
35. Arora, P., & Varshney, S. (2016). Analysis of k-means and k-medoids algorithm for big data. *Procedia Computer Science*, 78, 507–512.
36. Asakereh, A., Soleymani, M., & Sheikhdavoodi, M. J. (2017). A GIS-based Fuzzy-AHP method for the evaluation of solar farms locations: Case study in Khuzestan province, Iran. *Solar Energy*, 155, 342–353.
37. Aslan, A., Apergis, N., & Yildirim, S. (2014). Causality between energy consumption and GDP in the US: evidence from wavelet analysis. *Frontiers in Energy*, 8(1), 1–8.
38. Aslan, A. (2016). The causal relationship between biomass energy use and economic growth in the United States. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 57, 362–366.
39. Assmann, D., Laumanns, U., & Uh, D. (Eds.). (2006). *Renewable energy: a global review of technologies, policies and markets*. Routledge.
40. Augustyński, I., & Laskoś-Grabowski, P. (2018). Clustering macroeconomic time series. *Econometrics*, 22(2), 74–88.
41. Atkins, M. J., Walmsley, M. R., & Walmsley, T. G. (2016). Integration of new processes and geothermal heat into a wood processing cluster. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 18(7), 2077–2085.
42. AVEI (2019). *Energijos ištekliai* [žiūrėta 2019-11-19]. Prieiga per internetą <http://www.avei.lt/lt/energijos-istekliai>
43. Awerbuch, S. (2006). Portfolio-based electricity generation planning: policy implications for renewables and energy security. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 11(11), 693–710.

44. Awudu, I., & Zhang, J. (2013). Stochastic production planning for a biofuel supply chain under demand and price uncertainties. *Applied Energy*, *103*, 189-196.
45. Ayoub, N., Martins, R., Wang, K., Seki, H., & Naka, Y. (2007). Two levels decision system for efficient planning and implementation of bioenergy production. *Energy conversion and management*, *48*(3), 709-723.
46. Azizkhani, M., Vakili, A., Noorollahi, Y., & Naseri, F. (2017). Potential survey of photovoltaic power plants using Analytical Hierarchy Process (AHP) method in Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *75*, 1198-1206.
47. Ba, B. H., Prins, C., & Prodhon, C. (2016). Models for optimization and performance evaluation of biomass supply chains: An Operations Research perspective. *Renewable Energy*, *87*, 977-989.
48. Baka, J., & Bailis, R. (2014). Wasteland energy-scapes: a comparative energy flow analysis of India's biofuel and biomass economies. *Ecological economics*, *108*, 8-17.
49. Bala Subrahmanya, M.H. (2006). Labour productivity, energy intensity and economic performance in small enterprises: A study of brick enterprises cluster in India. *Energy Conversion and Management*, *47*(47), 763-777.
50. Balachandra, P., Ravindranath, D., & Ravindranath, N. H. (2010). Energy efficiency in India: Assessing the policy regimes and their impacts. *Energy Policy*, *38*(11), 6428-6438.
51. Balasubramaniam, A., Boyle, A. R., & Voulvoulis, N. (2007). Improving petroleum contaminated land remediation decision-making through the MCA weighting process. *Chemosphere*, *66*(5), 791-798.
52. Balat, M., Ayar, G. (2005). Biomass Energy in the World, Use of Biomass and Potential Trends. *Energy Sources*, *27*(10), 931-940.
53. Ballarin, A., Vecchiato, D., Tempesta, T., Marangon, F. (2011). Biomass energy production in agriculture: A weighted goal programming analysis. *Energy Policy*, *39*(39), 1123-1131.
54. Baltpool (2019). *Tiekimo kaina pagal regionus* [žiūrėta 2019-12-15]. Prieiga per internetą <https://www.baltpool.eu/lt/tiekimo-kaina-pagal-regionus/>
55. Bandalos, D. L., & Boehm-Kaufman, M. R. (2010). Four common misconceptions in exploratory factor analysis. In *Statistical and methodological myths and urban legends* (pp. 81-108). Routledge.
56. Bandalos, D. L., & Finney, S. J. (2018). Factor analysis: Exploratory and confirmatory. In *The reviewer's guide to quantitative methods in the social sciences* (pp. 98-122). Routledge.
57. Bansal, A., Sharma, M., & Goel, S. (2017). Improved k-mean clustering algorithm for prediction analysis using classification technique in data mining. *International Journal of Computer Applications*, *157*(6), 0975-8887.
58. Barradale, M.J. (2010). Impact of public policy uncertainty on renewable energy investment: Wind power and the production tax credit. *Energy Policy*, *38*(38), 7698-7709.
59. Bauen A., Woods J., & Hailes R., (2004). *A biomass blueprint to meet 15% of OECD electricity demand by 2020*. London: Imperial College, Canter for Energy Policy and Technology.
60. Baxter, L. (2005). Biomass-coal co-combustion: opportunity for affordable renewable energy. *Fuel*, *84*(84), 1295-1302.
61. Becchio, C., Bottero, M., Corgnati, S. P., & Dell'Anna, F. (2017). A MCDA-based approach for evaluating alternative requalification strategies for a Net-Zero Energy District (NZED). In *Multiple Criteria Decision Making* (pp. 189-211). Springer, Cham.
62. Becker, A. (2008). Biomass for energy production in the context of selected European and international policy objectives. In *Paper submitted to the 12th Congress of the European Association of Agricultural Economists-EAAE*.
63. Beloborodko, A., Romagnoli, F., Rosa, M., Disanto, C., Salimbeni, R., Karlsen, E. N., ... & Blumberga, D. (2015). SWOT analysis approach for advancement of waste-to-energy cluster in Latvia. *Energy Procedia*, *72*, 163-169.
64. Benkraiem, R., Lahiani, A., Miloudi, A., & Shahbaz, M. (2019). The asymmetric role of shadow economy in the energy-growth nexus in Bolivia. *Energy policy*, *125*, 405-417.
65. Berg, S., & Lindholm, E. L. (2005). Energy use and environmental impacts of forest operations in Sweden. *Journal of Cleaner Production*, *13*(1), 33-42.

66. Bergmann, A., Hanley, N., Wright, R. (2006). Valuing the attributes of renewable energy investments. *Energy Policy*, 34(34), 1004–1014.
67. Bergman, E. M., & Feser, E. J. (1999). *Industrial and regional clusters: concepts and comparative applications*. Morgantown, WV: WVU Regional Research Institute.
68. Bergmann, J. C., Tupinambá, D. D., Costa, O. Y. A., Almeida, J. R. M., Barreto, C. C., & Quirino, B. F. (2013). Biodiesel production in Brazil and alternative biomass feedstocks. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 21, 411-420.
69. Berndes, G. (2008). Future biomass energy supply: The consumptive water use perspective. *International Journal of Water Resources Development*, 24(2), 235-245.
70. Bernetti, I., Ciampi, C., & Sacchelli, S. (2010). Minimizing carbon footprint of biomass energy supply chain in the Province of Florence. *Metody Ilościowe w Badaniach Ekonomicznych*, 1(11), 24-36.
71. Bernotat, K., & Sandberg, T. (2004). Biomass fired small-scale CHP in Sweden and the Baltic States: a case study on the potential of clustered dwellings. *Biomass and Bioenergy*, 27(6), 521-530.
72. Bhattacharya, S. C., & Jana, C. (2009). Renewable energy in India: historical developments and prospects. *Energy*, 34(8), 981-991.
73. Bielski, S. (2015). The agricultural production of biomass for energy purposes in Poland. *Agriculture & Forestry*, 61(1), 153-160.
74. Bilandzija, N., Voca, N., Jelcic, B., Jurisic, V., Matin, A., Grubor, M., & Kricka, T. (2018). Evaluation of Croatian agricultural solid biomass energy potential. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 93, 225-230.
75. Bilgili, F. (2012). Linear and nonlinear TAR panel unit root analyses for solid biomass energy supply of European countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(9), 6775-6781.
76. Bilgili, F., & Ozturk, I. (2015). Biomass energy and economic growth nexus in G7 countries: Evidence from dynamic panel data. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, 132-138.
77. Bildirici, M. E. (2013). Economic growth and biomass energy. *Biomass and bioenergy*, 50, 19-24.
78. Bildirici, M. E. (2014). Relationship between biomass energy and economic growth in transition countries: panel ARDL approach. *Gcb Bioenergy*, 6(6), 717-726.
79. Bildirici, M., & Ersin, Ö. (2015). An investigation of the relationship between the biomass energy consumption, economic growth and oil prices. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 210, 203-212.
80. Bitzenis, A., Makedos, I., & Kontakos, P. (2015). How the Shadow Economy Affects Enterprises of Finance of Energy. In *Energy Systems and Management* (pp. 305-313). Springer, Cham.
81. Biswas, P., Pramanik, S., & Giri, B. C. (2016). TOPSIS method for multi-attribute group decision-making under single-valued neutrosophic environment. *Neural computing and Applications*, 27(3), 727-737.
82. Black, G., Holley, D., Solan, D., & Bergloff, M. (2014). Fiscal and economic impacts of state incentives for wind energy development in the Western United States. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 34, 136-144.
83. Blazejczak, J., Braun, F. G., Edler, D., & Schill, W. P. (2014). Economic effects of renewable energy expansion: A model-based analysis for Germany. *Renewable and sustainable energy reviews*, 40, 1070-1080.
84. Borges, V.L. (2013). *Bio-energy industrial clusters in Brazil: some theoretical notes in evolutionary economic geography*. Utrecht: Druid Academy
85. Borjesson, P., Berglund, M. (2016). Environmental systems analysis of biogas systems. Part I. Fuel-cycle emissions. *Biomass and Bioenergy*, 30(30), 469–485.
86. Börjesson, P., Hansson, J., & Berndes, G. (2017). Future demand for forest-based biomass for energy purposes in Sweden. *Forest Ecology and Management*, 383, 17-26.
87. Borowski, P. (2008). Development Strategy of Electricity Production from Biomass. 10th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture, 14-17 October 2008, Antalya-TURKIYE. 438-440.

88. Bowden, N., & Payne, J. E. (2010). Sectoral analysis of the causal relationship between renewable and non-renewable energy consumption and real output in the US. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 5(4), 400-408.
- Brandmaier, A. M. (2015). pdc: An R package for complexity-based clustering of time series. *Journal of Statistical Software*, 67(5), 1-23.
89. Braun, P., McRae-Williams, P., Lowe, J. (2005). Small Business Clustering: Accessing Knowledge through Local Networks. *Journal of New Business Ideas and Trends*, 3(2), 57-63.
90. Bringezu, S., Schütz, H., Arnold, K., Merten, F., Kabasci, S., Borelbach, P., Michels, C., Reinhardt, G.A., & Rettenmaier, N. (2009). Global implications of biomass and biofuel use in Germany—Recent trends and future scenarios for domestic and foreign agricultural land use and resulting GHG emissions. *Journal of Cleaner Production*, 17, S57-S68.
91. Bringezu, S., O'Brien, M., & Schütz, H. (2012). Beyond biofuels: Assessing global land use for domestic consumption of biomass: A conceptual and empirical contribution to sustainable management of global resources. *Land Use Policy*, 29(1), 224-232.
92. Broberg, S., Andersson, V., & Hackl, R. (2011). *Integrated Algae Cultivation for Biofuels Production in Industrial Clusters*. Linköping University Electronic Press.
93. Brotto, L., & Pettenella, D. (Eds.). (2018). *Forest Management Auditing: Certification of Forest Products and Services*. Routledge.
94. Brown, N., Finn, R., Robinson, R., & Salsbery, M. (2008). *Energizing Natural Competitiveness: Hawaii's Renewable Energy Cluster* [žiūrėta 2019-09-30]. Prieiga per internetą [http://igi.umn.edu/centers/slp/economic\\_development/documents/FinalReport\\_HawaiiCluster.pdf](http://igi.umn.edu/centers/slp/economic_development/documents/FinalReport_HawaiiCluster.pdf)
95. Brown, T. A. (2014). *Confirmatory factor analysis for applied research*. Guilford Publications.
96. Brown, D., Japa, A., & Shi, Y. (2019, January). A Fast Density-Grid Based Clustering Method. In *2019 IEEE 9th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC)* (pp. 0048-0054). IEEE.
97. Buchholz, T. S., Volk, T. A., & Luzadis, V. A. (2007). A participatory systems approach to modeling social, economic, and ecological components of bioenergy. *Energy Policy*, 35(12), 6084-6094.
98. Bull, S.R. (2001). Renewable Energy Today and Tomorrow. *Proceedings of the IEEE*, 89(8), 1216-1226.
99. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (2009). *National Biomass Action Plan for Germany* [žiūrėta 2019-11-17]. Prieiga per internetą [https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/EN/Publications/BiomassActionPlan.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/EN/Publications/BiomassActionPlan.pdf?__blob=publicationFile)
100. Burfitt, A. & Macneill, S. (2008) The challenges of pursuing cluster policy in the congested state, *International Journal of Urban and Regional Research*, 32(2), pp. 492–505.
101. Burnham, M., Eaton, W., Selfa, T., Hinrichs, C., & Feldpausch-Parker, A. (2017). The politics of imaginaries and bioenergy sub-niches in the emerging Northeast US bioenergy economy. *Geoforum*, 82, 66-76
102. Busu, M., & Nedelcu, A. C. (2018). Sustainability and Economic Performance of the companies in the renewable energy sector in Romania. *Sustainability*, 10(1), 8.
103. Campbell, K.M., Price, J. (2008). *The global politics of energy*. USA: The Aspen Institute.
104. Cannemi, M., García-Melón, M., Aragonés-Beltrán, P., & Gómez-Navarro, T. (2014). Modeling decision making as a support tool for policy making on renewable energy development. *Energy Policy*, 67(67), 127–137.
105. Caputo, A.C., Palumbo, M., Pelagagge, P.M., Scacchia, F. (2005). Economics of biomass energy utilization in combustion and gasification plants: effects of logistic variables. *Biomass and Bioenergy*, 28(28), 35–51.
106. Carneiro, P., Ferreira, P. (2012). The economic, environmental and strategic value of biomass. *Renewable Energy*, 44 (44), 17-22.
107. Carroll, M.C., Reid, N. (2004). *Cluster Based Economic Development: A Comprehensive to Secure*. Ohio: NW Ohio's Economic Future.

108. Catania, P. (1999). China's rural energy system and management. *Applied energy*, 64(1-4), 229-240.
109. Cavusgil, S. T., Kiyak, T., & Yenyurt, S. (2004). Complementary approaches to preliminary foreign market opportunity assessment: Country clustering and country ranking. *Industrial Marketing Management*, 33(7), 607-617.
110. Cebotari, S., Cristea, M., Moldovan, C., & Zubascu, F. (2017). Renewable energy's impact on rural development in northwestern Romania. *Energy for Sustainable Development*, 37, 110-123.
111. Chang, T., Gupta, R., Inglesi-Lotz, R., Simo-Kengne, B., Smithers, D., & Trembling, A. (2015). Renewable energy and growth: Evidence from heterogeneous panel of G7 countries using Granger causality. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 1405-1412.
112. Chatterjee, P., & Chakraborty, S. (2013). Nontraditional machining processes selection using evaluation of mixed data method. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 68(5-8), 1613-1626.
113. Cheng, W., Wang, W., & Batista, S. (2018). Grid-based clustering. In *Data Clustering* (pp. 128-148). New York: Chapman and Hall/CRC.
114. Cheng, W., Zhang, Y., & Wang, P. (2020). Effect of spatial distribution and number of raw material collection locations on the transportation costs of biomass thermal power plants. *Sustainable Cities and Society*, 55, 102040.
115. Chiang, K.Y., Chien, K.L., Lu, C.H. (2012). Characterization and comparison of biomass produced from various sources: Suggestions for selection of pretreatment technologies in biomass-to-energy. *Applied Energy*, 100(100), 164–171.
116. Chinnici, G., D'Amico, M., Rizzo, M., & Pecorino, B. (2015). Analysis of biomass availability for energy use in Sicily. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 1025-1030.
117. Chojnacka, E., & Górecka, D. (2016). Evaluating Public Benefit Organizations in Poland with the EVAMIX Method for Mixed Data. *Multiple Criteria Decision Making*, 11, 36-50.
118. Christensen, T. A., Lämmer-Gamp, T., & Meier zu Köcker, G. (2012). *Perfect Cluster Policy and Cluster Program-The Cluster League-Some food for Thought*. Discussion Paper, Berlin/Copenhagen: Danish Ministry of Science, Technology and Innovation/Competence Networks.
119. Ciubota-Rosie, C., Gavrilescu, M., Macoveanu, M. (2008). Biomass – an important renewable source of energy in Romania. *Environmental Engineering and Management Journal*, 7(5), 559-568.
120. Claudiu-Marian, G. (2011). Modern factors that enhance company's financial performance. *Annals of Faculty of Economics*, 1(2), 169-175.
121. Colantoni, A., Delfanti, L., Recanatesi, F., Tolli, M., & Lord, R. (2016). Land use planning for utilizing biomass residues in Tuscia Romana (central Italy): Preliminary results of a multi criteria analysis to create an agro-energy district. *Land use policy*, 50, 125-133.
122. Connell, J., Kriz, A., & Thorpe, M. (2014). Industry clusters: an antidote for knowledge sharing and collaborative innovation? *Journal of Knowledge Management*, 18(1), 137-151.
123. Coote, D. C., Thiffault, E., & Brown, M. (2016). Constraints and Success Factors for Woody Biomass Energy Systems in Two Countries with Minimal Bioenergy Sectors. In *Mobilisation of Forest Bioenergy in the Boreal and Temperate Biomes* (pp. 165-189). Academic Press.
124. Cornelissen, S., Koper, M., Deng, Y.Y. (2012). The role of bioenergy in a fully sustainable global energy system. *Biomass and bioenergy*, 41(41), 21-33.
125. Cosentino, S.L., Copani, V., Patanè, L. Mantineo, M., D'Agosta, G.M. (2008). Agronomic, Energetic and Environmental Aspects of Biomass Energy Crops Suitable for Italian Environments. *Italian Journal of Agronomy*, 2(2), 81-95.
126. Couto, N. D., Silva, V. B., & Rouboa, A. (2016). Assessment on steam gasification of municipal solid waste against biomass substrates. *Energy Conversion and Management*, 124, 92-103.
127. Czapiewska, G. (2010). The role of agricultural biogas plants in the development of the renewable energy industry [w:]. *Renewable energy as an indicator of modern economy*. Olsztyn: Centrum Rozwoju Obszarów Wiejskich UWM.

128. Čuček, L., Varbanov, P. S., Klemeš, J. J., & Kravanja, Z. (2012). Total footprints-based multi-criteria optimisation of regional biomass energy supply chains. *Energy*, *44*(1), 135-145.
129. Daebeler, S. (2006). Energetic use of biomass in Germany: state of the art. Use of Bioenergy in the Baltic Sea Region. *Proceedings of the 2nd IBBC 2006*, 8-16
130. Danish Transport Authority (2013). *Sustainable Fuels for Aviation. An Analysis of Danish Achievements and Opportunities* [žiūrėta 2017-04-16]. Prieiga per internetą <http://d34t8abwyt4kba.cloudfront.net/2017/06/sustainable-fuels-for-aviation-danish-aviation-1.pdf>
131. Darji, V. P., & Rao, R. V. (2014). Intelligent multi criteria decision making methods for material selection in sugar industry. *Procedia Materials Science*, *5*, 2585-2594.
132. Dasappa, S. (2011). Potential of biomass energy for electricity generation in sub-Saharan Africa. *Energy for Sustainable Development*, *15*(15), 203–213.
133. De, S., Assadi, M. (2009). Impact of cofiring biomass with coal in power plants – A techno-economic assessment. *Biomass and bioenergy*, *33*(33), 283–293.
134. De Meyer, A., Cattrysse, D., Rasinmäki, J., & Van Orshoven, J. (2014). Methods to optimise the design and management of biomass-for-bioenergy supply chains: A review. *Renewable and sustainable energy reviews*, *31*, 657-670.
135. De Meyer, A., Cattrysse, D., & Van Orshoven, J. (2016). Considering biomass growth and regeneration in the optimisation of biomass supply chains. *Renewable Energy*, *87*, 990-1002.
136. de Paula Protásio, T., Trugilho, P. F., da Silva César, A. A., Napoli, A., de Melo, I. C. N. A., & da Silva, M. G. (2014). Babassu nut residues: potential for bioenergy use in the North and Northeast of Brazil. *SpringerPlus*, *3*(1), 124.
137. De Winter, J. C., & Dodou, D. (2016). Common factor analysis versus principal component analysis: a comparison of loadings by means of simulations. *Communications in Statistics-Simulation and Computation*, *45*(1), 299-321.
138. del Rio, P., Burguillo, M. (2008). Assessing the impact of renewable energy deployment on local sustainability: Towards a theoretical framework. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *12*(12), 1325–1344.
139. del Rio, P., Burguillo, M. (2009). An empirical analysis of the impact of renewable energy deployment on local sustainability. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *13*(13), 1314–1325.
140. Delgado, M., Porter, M.E., Stern, S. (2014). Clusters, convergence, and economic performance. *Research Policy*, *43*(43), 1785–1799.
141. Demirbas, A. (2008). Importance of biomass energy sources for Turkey. *Energy Policy*, *36*(36), 834–842.
142. Deng, C., Song, J., Sun, R., Cai, S., & Shi, Y. (2018). GRIDEN: An effective grid-based and density-based spatial clustering algorithm to support parallel computing. *Pattern Recognition Letters*, *109*, 81-88.
143. Deng, X., & Deng, Y. (2019). D-AHP method with different credibility of information. *Soft Computing*, *23*(2), 683-691.
144. Desrochers, P., Sautet, F. (2004). Cluster-based economic strategy, facilitation policy and the market process. *The Review of Austrian Economics*, *17*(2-3), 233-245.
145. Destek, M. A. (2016). Renewable energy consumption and economic growth in newly industrialized countries: Evidence from asymmetric causality test. *Renewable Energy*, *95*, 478-484.
146. Destek, M. A. (2017). Biomass energy consumption and economic growth: evidence from top 10 biomass consumer countries. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, *12*(10), 853-858.
147. Dhaubanjari, P., Nakarmi, A. M., & Bajracharya, S. B. (2019). Energy Scenarios of Household Sector In Panauti Municipality For Sustainable Development and Energy Security. *Journal of Advanced College of Engineering and Management*, *5*, 89-100.
148. Dien, J. (2010). Evaluating two-step PCA of ERP data with geomin, infomax, oblimin, promax, and varimax rotations. *Psychophysiology*, *47*(1), 170-183.

149. DiStefano, C., Zhu, M., & Mindrila, D. (2009). Understanding and using factor scores: Considerations for the applied researcher. *Practical assessment, research & evaluation*, 14(20), 1-11.
150. Dias, J. G. & Vermunt, J. K. (2008). A bootstrap-based aggregate classifier formodel-based clustering. *Computational Statistics*, 23:643–659.
151. Dias, J. G., & Ramos, S. B. (2014). Dynamic clustering of energy markets: An extended hidden Markov approach. *Expert Systems with Applications*, 41(17), 7722-7729.
152. Dias Leite, E., Molina-Morales, F. X., & Reyes Júnior, E. (2016). Professional Education as catalyzer of local development within the context of cooperation networks in clusters. *Independent Journal of Management & Production*, 7(3), 953-974.
153. Dicken, P. (2003). *Global Shift: Reshaping the Global Economic Map in the 21st Century*. London: Sage.
154. do Carmo Farinha, L. M., de Matos Ferreira, J. J., & Gouveia, J. J. B. (2014). Innovation and Competitiveness: A High-Tech Cluster Approach. *Romanian Review Precision Mechanics, Optics & Mechatronics*, 45(45), 41-48.
155. Dilly, O., & Hüttl, R. F. (2009). Top-down and Europe-wide versus bottom-up and intra-regional identification of key issues for sustainability impact assessment. *environmental science & policy*, 12(8), 1168-1176.
156. Dimitriou, I., & Mola-Yudego, B. (2017). Poplar and willow plantations on agricultural land in Sweden: Area, yield, groundwater quality and soil organic carbon. *Forest Ecology and Management*, 383, 99-107.
157. Dogan, E. (2016). Analyzing the linkage between renewable and non-renewable energy consumption and economic growth by considering structural break in time-series data. *Renewable Energy*, 99, 1126-1136.
158. Domac, J., Richards, K., Risovic, S. (2005). Socio-economic drivers in implementing bioenergy projects. *Biomass and Bioenergy*, 28(28), 97–106.
159. Domínguez, I. P., & Fellmann, T. (2015). The need for comprehensive climate change mitigation policies in European agriculture. *EuroChoices*, 14(1), 11-16.
160. Dornburg, V., Faaij, A. P. C., Verweij, P. A., Banse, M., Diepen, K. V., Keulen, H. V., ... & Alkemade, R. (2008). *Biomass assessment: assessment of global biomass potentials and their links to food, water, biodiversity, energy demand and economy: inventory and analysis of existing studies: supporting document* (No. 500102 014). Bilthoven: MNP.
161. Dudian, M. (2011). Innovative clusters: the case of Romania. *Management research & practice*, 3(3), 1-11.
162. Durantón, G., Puga, D. (2005). From sectoral to functional urban specialization. *Journal of Urban Economics*, 57(57), 343–370.
163. Dytczak, M., & Ginda, G. (2006). Benefits and costs in selecting fuel for municipality heating systems with the Analytic Hierarchy Process. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 15(2), 165.
164. Dvorský, J., Krejčí, P., & Moldřík, P. (2006). Software MCA 8 for Computation of MCA methods. In *sborník konference ELNET 2006* (pp. 66-77).
165. Ebbekink, M., Lagendijk, A. (2013). What's Next in Researching Cluster Policy: Place-Based Governance for Effective Cluster Policy. *European Planning Studies*, 21(5), 735-753.
166. Ekholm, T., Krey, V., Pachauri, S., & Riahi, K. (2010). Determinants of household energy consumption in India. *Energy Policy*, 38(10), 5696-5707.
167. El Bakari, K., Myrzik, J. M. A., & Kling, W. L. (2009, September). Prospects of a virtual power plant to control a cluster of distributed generation and renewable energy sources. In *2009 44th International Universities Power Engineering Conference (UPEC)* (pp. 1-5). IEEE.
168. Elfani, M. (2011). The impact of renewable energy on employment in Indonesia. *International Journal of Technology*, 2(1), 47-55.
169. Ellabban, O., Abu-Rub, H., & Blaabjerg, F. (2014). Renewable energy resources: Current status, future prospects and their enabling technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39(39), 748-764.
170. Elmoustafa, A. M. (2012). Weighted normalized risk factor for floods risk assessment. *Ain Shams Engineering Journal*, 3(4), 327-332.

171. Enright, M., Ffowcs-Williams, I. (2001). *Local Partnership, Clusters and SME Globalization in OECD*. Paris: OECD.
172. Ergas, H. (1998). *Cluster markets: What they are and how to test for them*. Auckland: University of Auckland Centre for Research in Network Economics and Communications Working Paper.
173. Erkus-Ozturk, H. (2009). The role of cluster types and firm size in designing the level of network relations: The experience of the Antalya tourism region. *Tourism Management*, 30(30), 589–597.
174. Esen, M., & Yuksel, T. (2013). Experimental evaluation of using various renewable energy sources for heating a greenhouse. *Energy and Buildings*, 65, 340-351.
175. Espinosa, M., Gocht, A., Heckelei, T., & y Paloma, S. G. (2016). Incorporating farm structural change in models assessing the Common Agricultural Policy: An application in the CAPRI farm type model. *Journal of Policy Modeling*, 38(6), 1040-1059.
176. Essletzichler, J. (2012). Renewable energy technology and path creation: A multi-scalar approach to energy transition in the UK. *European Planning Studies*, 20(5), 791-816.
177. Eswaral, V. K., Vasudevan, G., Dey, P. K., & Vasudevan, P. (2014). Role of community acceptance in sustainable bioenergy projects in India. *Energy Policy*, 73, 333-343.
178. European Biomass Industry Association (EUBIA) (2019). *Renewable Energy Employment* [žiūrėta 2019-10-15]. Prieiga per internetą <https://www.eubia.org/cms/wiki-biomass/employment-potential-in-figures>
179. European Cluster Cooperation Platform (ECCP) (2019). *BioEconomy Cluster Central Germany* [žiūrėta 2019-11-16]. Prieiga per internetą <https://www.clustercollaboration.eu/cluster-organisations/bioeconomy-cluster-central-germany>
180. Europos Komisija (EK) (2019). *Cluster policy* [žiūrėta 2019-11-12]. Prieiga per internetą [https://ec.europa.eu/growth/industry/policy/cluster\\_en](https://ec.europa.eu/growth/industry/policy/cluster_en)
181. Europos Parlamentas (EP) (2019). *2019 m. birželio 5 d. Europos Parlamento ir Tarybos direktyva (ES) 2019/904 dėl tam tikrų plastikinių gaminių poveikio aplinkai mažinimo* [žiūrėta 2019-12-07]. Prieiga per internetą <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/HTML/?uri=OJ:L:2019:155:FULL&from=IT>
182. Evans, A., Strezov, V., Evans, T.J. (2009). Assessment of sustainability indicators for renewable energy technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(13), 1082–1088.
183. Falck, O., Heblich, S., Kipar, S. (2010). Industrial innovation: Direct evidence from a cluster-oriented policy. *Regional Science and Urban Economics*, 40(40) 574–582.
184. Faße, A., Winter, E., & Grote, U. (2014). Bioenergy and rural development: The role of agroforestry in a Tanzanian village economy. *Ecological Economics*, 106, 155-166.
185. Figge, F., & Hahn, T. (2004). Sustainable value added—measuring corporate contributions to sustainability beyond eco-efficiency. *Ecological economics*, 48(2), 173-187.
186. Figueira, J., Greco, S., & Ehr Gott, M. (Eds.). (2005). *Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys* (Vol. 78). Springer Science & Business Media.
187. Filippova, M. K., Mindlin, Y. B., Litvinenko, I. L., Kucherov, A. V., Shichiyakh, R. A., & Prokhorova, V. V. (2016). Rationale for the Use of the Cluster Approach to the Formation of Localities in the Regional Economic System. *International review of management and marketing*, 6(1S), 20-26.
188. Fitiwi, D.Z., de Cuadra, F., Olmos, L., Rivier, M. (2015). A new approach of clustering operational states for power network expansion planning problems dealing with RES (renewable energy source) generation operational variability and uncertainty. *Energy*, 90(90), 1360-1376.
189. Gajšek, B., Kovač, J. (2016). Key Factors for the Successful Operation of Clusters: The Case for Slovenia. *Organizacija*, 49(2), 150-161.
190. Galik, C. S. (2015). Exploring the determinants of emerging bioenergy market participation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 47, 107-116.
191. Garaffa, R., Szklo, A., Lucena, A. F., & Féres, J. G. (2019). Price Adjustments and Transaction Costs in the European Natural Gas Market. *The Energy Journal*, 40(1).

192. Garnsey, E., & Heffernan, P. (2005). High-technology clustering through spin-out and attraction: The Cambridge case. *Regional Studies*, 39(8), 1127-1144.
193. Garson, G. D. (2008). Factor analysis, from statnotes: topics in multivariate analysis. Retrieved January, 11, 2009.
194. Gaudenzi, B., & Borghesi, A. (2006). Managing risks in the supply chain using the AHP method. *The International Journal of Logistics Management*, 17(1), 114-136.
195. Gavrilescu, M. (2008). Biomass power for energy and sustainable development. *Environmental Engineering and Management Journal*, 7(5), 617-640.
196. Gawęł, A., & Jankowska, B. (2012). Entrepreneurial Orientation Versus the Sustainability and Growth of Business Clusters. *Przedsiębiorstwo we współczesnej gospodarce-teoria i praktyka*, (1), 5-14.
197. Geldermann, J., Kolbe, L. M., Krause, A., Mai, C., Militz, H., Osburg, V. S., ... & Westphal, S. (2016). Improved resource efficiency and cascading utilisation of renewable materials. *Journal of Cleaner Production*, 110, 1-8.
198. Gilbert, B. A., McDougall, P. P., & Audretsch, D. B. (2008). Clusters, knowledge spillovers and new venture performance: An empirical examination. *Journal of business venturing*, 23(4), 405-422.
199. Glăvan, B. (2008). Coordination failures, cluster theory, and entrepreneurship: a critical view. *The Quarterly Journal of Austrian Economics*, 11(1), 43-59.
200. Gold, S., & Seuring, S. (2011). Supply chain and logistics issues of bio-energy production. *Journal of Cleaner Production*, 19(1), 32-42.
201. Gomes, M.S.P., Muylaert de Araujo, M.S. (2009). Bio-fuels production and the environmental indicators. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(13), 2201-2204.
202. González-García, S., Mola-Yudego, B., & Murphy, R. J. (2013). Life cycle assessment of potential energy uses for short rotation willow biomass in Sweden. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 18(4), 783-795.
203. Gonzalez-Salazar, M. A., Venturini, M., Poganietz, W. R., Finkenrath, M., Kirsten, T., Acevedo, H., & Spina, P. R. (2016). Development of a technology roadmap for bioenergy exploitation including biofuels, waste-to-energy and power generation & CHP. *Applied Energy*, 180, 338-352.
204. Greco, S., Ishizaka, A., Tasiou, M., & Torrisi, G. (2019). On the methodological framework of composite indices: A review of the issues of weighting, aggregation, and robustness. *Social Indicators Research*, 141(1), 61-94.
205. Grigoras, G., Scarlatache, F. (2015). An assessment of the renewable energy potential using a clustering based data mining method. Case study in Romania. *Energy*, 81(81), 416-429.
206. Gudelytė, L. (2018). *Integruotas verslo klasterių veiklos efektyvumo valdymas: Daktaro disertacija*. Vilnius: Mykolo Romerio universitetas.
207. Guerrieri, P., Pietrobelli, C. (2004). Industrial districts' evolution and technological regimes: Italy and Taiwan. *Technovation*, 24(11), 899-914.
208. Guida, M. Y., & Hannioui, A. (2016). A review on thermochemical treatment of biomass: Pyrolysis of olive mill wastes in comparison with other types of biomass. *Progress in Agricultural Engineering Sciences*, 12(1), 1-23.
209. Guney, Y., Hernandez-Perdomo, E., & Rocco, C. M. (2019). Does relative strength in corporate governance improve corporate performance? Empirical evidence using MCDA approach. *Journal of the Operational Research Society*, 1-26.
210. Gupta, A., Saini, R. P., & Sharma, M. P. (2010). Steady-state modelling of hybrid energy system for off grid electrification of cluster of villages. *Renewable Energy*, 35(2), 520-535.
211. Hackl, R., & Harvey, S. (2013). Framework methodology for increased energy efficiency and renewable feedstock integration in industrial clusters. *Applied energy*, 112, 1500-1509.
212. Hackl, R., & Harvey, S. (2016). Design Strategies for Integration of Biorefinery Concepts at Existing Industrial Process Sites. *Process Design Strategies for Biomass Conversion Systems*, 77-102.
213. Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2012). 10-cluster analysis: Basic concepts and methods. *Data Mining (Third Edition), The Morgan Kaufmann Series in Data Management Systems (third edition ed.)*, 443-495.

214. Hämäläinen S., Näyhä A., Pesonen H.L. (2011). *Forest biorefineries – A business opportunity for the Finnish forest cluster. Journal of Cleaner Production*, 19(19), 1884–1891.
215. Hanley, T. A., McClellan, M. H., Barnard, J. C., & Friberg, M. A. (2013). Precommercial thinning: implications of early results from the Tongass-Wide Young-Growth Studies experiments for deer habitat in southeast Alaska. *Res. Pap. PNW-RP-593. Portland, OR: US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 64 p., 593.*
216. Hansson, J., & Hackl, R. (2016). The potential influence of sustainability criteria on the European Union pellets market—the example of Sweden. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment*, 5(4), 413-429.
217. Hashiramoto, O. (2007). Wood-product trade and policy issue. *Cross-Sectorial Policy Developments in Forestry*, 24-35.
218. He, G., Bluemling, B., Mol, A. P., Zhang, L., & Lu, Y. (2013). Comparing centralized and decentralized bio-energy systems in rural China. *Energy Policy*, 63, 34-43.
219. Heinimo, J., Junginger, M. (2009). Production and trading of biomass for energy – An overview of the global status. *Biomass and bioenergy*, 41(41), 1310-1320.
220. Herder, P. M., & Stikkelman, R. M. (2004). Methanol-based industrial cluster design: a study of design options and the design process. *Industrial & engineering chemistry research*, 43(14), 3879-3885.
221. Hiloidhari, M., Das, D., & Baruah, D. C. (2014). Bioenergy potential from crop residue biomass in India. *Renewable and sustainable energy reviews*, 32, 504-512.
222. Hjulfors, L. N., & Hjerpe, K. (2010). Sustainable bioenergy production-defining principles and criteria. *Bioenergy Promotion, Work Package*, 3, 24.
223. Hoffmann, D., & Weih, M. (2005). Limitations and improvement of the potential utilisation of woody biomass for energy derived from short rotation woody crops in Sweden and Germany. *Biomass and Bioenergy*, 28(3), 267-279.
224. Hojnik, J., Ruzzier, M., Lipnik, A. (2014). Outline of Implemented Eco-innovation Activities – the Case of Clusters of South Eastern European Region. *Organizacija*, 47(4), 267-280.
225. Holmgren, K. M., Andersson, E., Berntsson, T., & Rydberg, T. (2014). Gasification-based methanol production from biomass in industrial clusters: Characterisation of energy balances and greenhouse gas emissions. *Energy*, 69, 622-637.
226. Hoogwijk, M., Faaij, A., de Vries, B., & Turkenburg, W. (2009). Exploration of regional and global cost-supply curves of biomass energy from short-rotation crops at abandoned cropland and rest land under four IPCC SRES land-use scenarios. *Biomass and bioenergy*, 33(1), 26-43.
227. Hsu, M. S., & Lin, F. J. (2012). The developing strategy of green energy industry cluster a case study of the solar photoelectric industry in Taiwan. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 40, 165-173.
228. Huang, H.J., Ramaswamy, S., Al-Dajani, W., Tschirner, U., Cairncross, R.A. (2009). Effect of biomass species and plant size on cellulosic ethanol: A comparative process and economic analysis. *Biomass and Bioenergy*, 33(33), 234–246.
229. Huber, F. (2009). Social capital of economic clusters: towards a network-based conception of social resources. *Tijdschrift voor economische en sociale geografie*, 100(2), 160-170.
230. Huggins, R. (2008). The evolution of Knowledge clusters. Progress and policy. *Economics Development Quarterly*, 1(2), 1–13.
231. Hughes, E. (2000). Biomass coring: economics, policy and opportunities. *Biomass and Bioenergy*, 19(19), 457-465.
232. Husmann, K., Rumpf, S., & Nagel, J. (2018). Biomass functions and nutrient contents of European beech, oak, sycamore maple and ash and their meaning for the biomass supply chain. *Journal of Cleaner Production*, 172, 4044-4056.
233. Hussler, C., Muller, P., & Rondé, P. (2015). Internal structures and external connectedness: towards a typology of French clusters. *55th Congress of the European Regional Science Association: "World Renaissance: Changing roles for people and places", 25-28 August 2015, Lisbon, Portugal.*

234. Iakovou, E., Karagiannidis, A., Vlachos, D., Toka, A., & Malamakis, A. (2010). Waste biomass-to-energy supply chain management: a critical synthesis. *Waste management*, 30(10), 1860-1870.
235. Iglinski, B., Piechota, G., Buczkowski, R. (2015). Development of biomass in polish energy sector: an overview. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 17(17), 317–329.
236. Ilavsky, J., Oravec, M. (2000). Utilization of biomass in Slovakia. *Ecological Engineering*, 16(16), 83-89.
237. Inglesi-Lotz, R. (2016). The impact of renewable energy consumption to economic growth: A panel data application. *Energy Economics*, 53, 58-63.
238. International energy association (IEA) (2019) *Sweden* [žiūrėta 2019-11-27]. Prieiga per internetą <https://www.iea.org/countries/sweden>
239. International energy association (IEA) (2019). *Germany* [žiūrėta 2019-11-27]. Prieiga per internetą <https://www.iea.org/countries/germany>
240. International energy association (IEA) (2019). *United States* [žiūrėta 2019-11-27]. Prieiga per internetą <https://www.iea.org/countries/united-states>
241. International energy association (IEA) (2019). *India* [žiūrėta 2019-11-27]. Prieiga per internetą <https://www.iea.org/countries/india>
242. International energy association (IEA) (2019). *Brazil* [žiūrėta 2019-11-27]. Prieiga per internetą <https://www.iea.org/countries/brazil>
243. Jackson, D. L., Gillaspay Jr, J. A., & Purc-Stephenson, R. (2009). Reporting practices in confirmatory factor analysis: An overview and some recommendations. *Psychological methods*, 14(1), 6.
244. Janssen, R. (2001). On the use of multi-criteria analysis in environmental impact assessment in The Netherlands. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 10(2), 101-109.
245. Jasiulewicz, M. (2012). Opportunities for rural area development stimulation through agrotourism and the production of raw energy material in the Koszalin Subregion. *Acta Scientiarum Polonorum. Administratio Locorum*, 11(3), 89-96.
246. Johansson, B. (2013). Security aspects of future renewable energy systems—A short overview. *Energy*, 61, 598-605.
247. Jolliffe, I. T., & Cadima, J. (2016). Principal component analysis: a review and recent developments. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 374(2065), 20150202.
248. Joshi, H.G., Ghose, M. (2014). Community structure, species diversity, and aboveground biomass of the Sundarbans mangrove swamps. *Tropical Ecology*, 55(3), 283-303.
249. Junginger, M., Bolkesjø, T., Bradley, D., Dolzan, P., Faaij, A., Heinimö, J., ... & Piacente, E. (2008). Developments in international bioenergy trade. *Biomass and Bioenergy*, 32(8), 717-729.
250. Junginger, M., Goh, C. S., & Faaij, A. (2013). *International Bioenergy Trade: History, status & outlook on securing sustainable bioenergy supply, demand and markets*. Dordrecht: Springer Science & Business Media.
251. Kabak, M., Dagdeviren, M. (2014). Prioritization of renewable energy sources for Turkey by using a hybrid MCDM methodology. *Energy Conversion and Management*, 79(79), 25–33.
252. Kaul, S., Edinger, R. (2004). Efficiency versus cost of alternative fuels from renewable resources: outlining decision parameters. *Energy Policy*, 32(32) 929–935.
253. Kajikawa, Y., Takeda, Y. (2008). Structure of research on biomass and bio-fuels: A citation-based approach. *Technological Forecasting & Social Change*, 75(75), 1349–1359.
254. Kalt, G., & Kranzl, L. (2011). Assessing the economic efficiency of bioenergy technologies in climate mitigation and fossil fuel replacement in Austria using a techno-economic approach. *Applied Energy*, 88(11), 3665-3684.
255. Kaltschmitt, M. (2011). Biomass for energy in Germany-status, perspectives and lessons learned. *Journal of Sustainable Energy & Environment. Special Issue*, 1-10.
256. Kaplinsky, R. (2009). *Technological upgrading in global value chains and clusters and their contribution to sustaining economic growth in low and middle income economies*. Maastricht: UNU-MERIT.

257. Karimi, S., & Mansouri, S. (2018). A comparative profitability study of geothermal electricity production in developed and developing countries: Exergoeconomic analysis and optimization of different ORC configurations. *Renewable energy*, *115*, 600-619.
258. Kaufman, L., & Rousseeuw, P. J. (2009). *Finding groups in data: an introduction to cluster analysis* (Vol. 344). John Wiley & Sons.
259. Kammen, D. M., Kapadia, K., & Fripp, M. (2004). *Putting renewables to work: how many jobs can the clean energy industry generate?*. RAEI Report, University of California, Berkeley
260. Kaundinya, D. P., Balachandra, P., Ravindranath, N. H., & Ashok, V. (2013). A GIS (geographical information system)-based spatial data mining approach for optimal location and capacity planning of distributed biomass power generation facilities: A case study of Tumkur district, India. *Energy*, *52*, 77-88.
261. Kaygusuz, K. (2007). Energy for sustainable development: key issues and challenges. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, *2*(1), 73-83.
262. Keles, S., Kar, T., Bahadır, A., & Kaygusuz, K. (2017). Renewable energy from woody biomass in Turkey. *Journal of Engineering Research and Applied Science*, *6*(2), 652-661.
263. Kembe, M. M., & Onoja, A. A. Cluster Analysis of Macroeconomic Indices. *Research & Reviews: Journal of Statistics and Mathematical Sciences*, *3*(1), 5-15.
264. Keogh, E., & Lin, J. (2005). Clustering of time-series subsequences is meaningless: implications for previous and future research. *Knowledge and information systems*, *8*(2), 154-177.
265. Keoleian, G.A., Volk, T.A. (2005). Renewable Energy from Willow Biomass Crops: Life Cycle Energy, Environmental and Economic Performance. *Critical Reviews in Plant Sciences*, *24*(5-6), 385-406.
266. Khairina, D. M., Asrian, M. R., & Hatta, H. R. (2016, October). Decision support system for new employee recruitment using weighted product method. In *2016 3rd International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE)* (pp. 297-301). IEEE.
267. Khanaposthani, G.F., Hariri, A. (2005). Evaluation and ranking of the factors affecting the formation of business clusters. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*, *10*(5), 623-630.
268. Kim, I. Y., & De Weck, O. L. (2006). Adaptive weighted sum method for multiobjective optimization: a new method for Pareto front generation. *Structural and multidisciplinary optimization*, *31*(2), 105-116.
269. Kim, S. J., Baker, J. S., Sohngen, B. L., & Shell, M. (2018). Cumulative global forest carbon implications of regional bioenergy expansion policies. *Resource and energy economics*, *53*, 198-219.
270. Kircher, M., Breves, R., Taden, A., & Herzberg, D. (2018). How to capture the bioeconomy's industrial and regional potential through professional cluster management. *New biotechnology*, *40*, 119-128.
271. Kiriya, E., Kajikawa, Y. (2014). A multilayered analysis of energy security research and the energy supply process. *Applied Energy*, *123*(123), 415-423.
272. Kishita, Y., Nakatsuka, N., & Akamatsu, F. (2017). Scenario analysis for sustainable woody biomass energy businesses: The case study of a Japanese rural community. *Journal of Cleaner Production*, *142*, 1471-1485.
273. Kishore, V.V.N., Bhandari, P.M., Gupta, P. (2004). Biomass energy technologies for rural infrastructure and village power-opportunities and challenges in the context of global climate change concerns. *Energy Policy*, *32*(32), 801-810.
274. Klein, D., Wolf, C., Schulz, C., & Weber-Blaschke, G. (2016). Environmental impacts of various biomass supply chains for the provision of raw wood in Bavaria, Germany, with focus on climate change. *Science of the Total Environment*, *539*, 45-60.
275. Klein, B. C., Chagas, M. F., Junqueira, T. L., Rezende, M. C. A. F., de Fátima Cardoso, T., Cavalett, O., & Bonomi, A. (2018). Techno-economic and environmental assessment of

- renewable jet fuel production in integrated Brazilian sugarcane biorefineries. *Applied Energy*, 209, 290-305.
276. Klewitz, J., Hansen, E.G. (2013). Sustainability-oriented Innovation of SMEs: a Systematic Review. *Journal of Cleaner Production*, 65(15), 57–75.
  277. Knutsson, D., Werner, S., & Ahlgren, E. O. (2006). Combined heat and power in the Swedish district heating sector—impact of green certificates and CO<sub>2</sub> trading on new investments. *Energy Policy*, 34(18), 3942-3952.
  278. Koçak, E., & Şarkgüneşi, A. (2017). The renewable energy and economic growth nexus in Black Sea and Balkan countries. *Energy Policy*, 100, 51-57.
  279. Kojima, M., Mitchell, D., & Ward, W. (2007). *Considering trade policies for liquid biofuels* (No. 333.793 K79). Washington, DC: Energy Sector Management Assistance Program.
  280. Konstantinaviciute, I., Bobinaite, V., Tarvydas, D., & Gatautis, R. (2013). Renewable energy in the Lithuanian heating sector. *Energy policy*, 59, 32-43.
  281. Korobeinikov, A., Read, P., Parshotam, A., Lermitt, J. (2010). Modelling regional markets for co-produced timber and biofuel. *Ecological Economics*, 69(69), 553–561.
  282. Kortelainen, J., & Albrecht, M. (2013). *Translation loops and shifting rationalities of transnational bioenergy governance* (pp. 144-159). Cambridge University Press, New York
  283. Krajnc, N., & Domac, J. (2007). How to model different socio-economic and environmental aspects of biomass utilisation: Case study in selected regions in Slovenia and Croatia. *Energy Policy*, 35(12), 6010-6020.
  284. Krupa, J., Burch, S. (2011). A new energy future for South Africa: The political ecology of South African renewable energy. *Energy policy*, 39(39), 6254–6261.
  285. Kruyt, B., van Vuuren, D. P., De Vries, H. J. M., & Groenenberg, H. (2009). Indicators for energy security. *Energy policy*, 37(6), 2166-2181.
  286. Kulcar, B., Goricaneč, D., & Krope, J. (2008). Economy of exploiting heat from low-temperature geothermal sources using a heat pump. *Energy and buildings*, 40(3), 323-329.
  287. Kumar, A., Kumar, N., Baredar, P., & Shukla, A. (2015). A review on biomass energy resources, potential, conversion and policy in India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 45, 530-539.
  288. Kumar, K., & Garg, H. (2018). TOPSIS method based on the connection number of set pair analysis under interval-valued intuitionistic fuzzy set environment. *Computational and Applied Mathematics*, 37(2), 1319-1329.
  289. Kurowska, K., Kryszk, H., Bielski, S (2014). Determinants of biomass production for energy purposes in north-eastern Poland. *Engineering for rural development*, 13(13), 417-422.
  290. Kuula, J., Neittaanmäki, P., Pölonen, I., Tuovinen, T. (2011). Mathematical model based IT tools for supporting the open value forming and pricing of biomass at the renewable energy sector. *In Proceedings of NORDIC BIOENERGY 2011 Conference*.
  291. Kuznetsov, P., Tronina, M. (2014). The cluster approach – a basic element of a regional industrial complex development. *Innovation Management and Company Sustainability*, 26, 502-508.
  292. Kyriakopoulos, G. L., & Arabatzis, G. (2016). Electrical energy storage systems in electricity generation: energy policies, innovative technologies, and regulatory regimes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 56, 1044-1067.
  293. Kyriakopoulos, G. L., Arabatzis, G., & Chalikias, M. (2016). Renewables exploitation for energy production and biomass use for electricity generation. A multi-parametric literature-based review. *AIMS Energy*, 4(5), 762.
  294. Ladanai, S., & Vinterbäck, J. (2009). *Global potential of sustainable biomass for energy*. Uppsala: Institutionen energi och teknik.
  295. Lam, H.L., Varbanov, P.S., Klemeš, J.J. (2011). Regional renewable energy and resource planning. *Applied Energy*, 88(88), 545–550.
  296. Lance, C. E., Butts, M. M., & Michels, L. C. (2006). The sources of four commonly reported cutoff criteria: What did they really say?. *Organizational research methods*, 9(2), 202-220.
  297. Lauri, P., Havlík, P., Kindermann, G., Forsell, N., Böttcher, H., & Obersteiner, M. (2014). Woody biomass energy potential in 2050. *Energy Policy*, 66, 19-31.

298. Leban, V., Malovrh, Š. P., Stirn, L. Z., & Krč, J. (2016). Forest biomass for energy in multi-functional forest management: insight into the perceptions of forest-related professionals. *Forest Policy and Economics*, 71, 87-93.
299. Lechner, C., Leyronas, C. (2012). The competitive advantage of cluster firms: the priority of regional network position over extra-regional networks – a study of a French high-tech cluster. *Entrepreneurship & Regional Development*, 24(5–6), 457–473.
300. Lehr, U., Nitsch, J., Kratzat, M., Lutz, C., & Edler, D. (2008). Renewable energy and employment in Germany. *Energy policy*, 36(1), 108-117.
301. Lehr, U., Lutz, C., & Edler, D. (2012). Green jobs? Economic impacts of renewable energy in Germany. *Energy Policy*, 47, 358-364.
302. Lewandowski, I., Scurlock, J.M.O., Lindvall, E., Christou, M. (2003). The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe. *Biomass and Bioenergy*, 25(25), 335– 361.
303. Licht, L.A., Isebrands, J.G. (2005). Linking phytoremediated pollutant removal to biomass economic opportunities. *Biomass and Bioenergy*, 28(28), 203–218.
304. Lietuvos biomasės eneegetikos asociacija (LITBIOMA) (2019). *Biokuras – populiariausia atsinaujinančios eneegetikos dalis* [žiūrėta 2019-11-11]. Prieiga per internetą <http://www.biokuras.lt/biokuras-populiariausia-atsinaujinancios-energetikos-dalis>
305. Lietuvos statistikos departamentas (2019). *Rodiklių duomenų bazė* [žiūrėta 2019-11-15]. Prieiga per internetą <https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize#/>
306. Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija (LŠTA) (2009). *Šilumos tiekimo bendrovių 2008 metų ūkinės veiklos apžvalga*. Vilnius: Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija.
307. Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija (LŠTA) (2010). *Šilumos tiekimo bendrovių 2009 metų ūkinės veiklos apžvalga*. Vilnius: Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija.
308. Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija (LŠTA) (2011). *Šilumos tiekimo bendrovių 2010 metų ūkinės veiklos apžvalga*. Vilnius: Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija.
309. Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija (LŠTA) (2011). *Šilumos tiekimo bendrovių 2010 metų ūkinės veiklos apžvalga*. Vilnius: Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija.
310. Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija (LŠTA) (2012). *Šilumos tiekimo bendrovių 2011 metų ūkinės veiklos apžvalga*. Vilnius: Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija.
311. Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija (LŠTA) (2013). *Šilumos tiekimo bendrovių 2012 metų ūkinės veiklos apžvalga*. Vilnius: Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija.
312. Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija (LŠTA) (2014). *Šilumos tiekimo bendrovių 2013 metų ūkinės veiklos apžvalga*. Vilnius: Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija.
313. Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija (LŠTA) (2015). *Šilumos tiekimo bendrovių 2014 metų ūkinės veiklos apžvalga*. Vilnius: Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija.
314. Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija (LŠTA) (2016). *Šilumos tiekimo bendrovių 2015 metų ūkinės veiklos apžvalga*. Vilnius: Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija.
315. Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija (LŠTA) (2017). *Šilumos tiekimo bendrovių 2016 metų ūkinės veiklos apžvalga*. Vilnius: Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija.
316. Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija (LŠTA) (2018). *Šilumos tiekimo bendrovių 2017 metų ūkinės veiklos apžvalga*. Vilnius: Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija.
317. Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija (LŠTA) (2019). *Lietuvos centralizuoti šilumos sektoriaus 2018 metų apžvalga*. Vilnius: Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija.
318. Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija (LŠTA) (2017). *Biokuro panaudojimas šilumos ūkyje: pasiekimai, tendencijos, reali nauda* [žiūrėta 2018-10-12]. Prieiga per internetą [https://www.lsta.lt/files/events/170503\\_AVGO/27.%20LT\\_Biokuro%20panaudojimas%20silumo%20pasiekimai%20tendencijos%20reali%20nauda\\_V.Ramanauskas\\_2017-05-02.pdf](https://www.lsta.lt/files/events/170503_AVGO/27.%20LT_Biokuro%20panaudojimas%20silumo%20pasiekimai%20tendencijos%20reali%20nauda_V.Ramanauskas_2017-05-02.pdf)
319. Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija (LŠTA). (2019). *Lietuvos žmonėms – sava šiluma: šilumininkų indėlis į Lietuvos energetinę nepriklausomybę per 20 metų 1998-2018*. Vilnius: Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija [žiūrėta 2019-11-03]. Prieiga per internetą <https://lsta.lt/wp-content/uploads/2019/01/LSTA-20-m-full-mazesnis.pdf>
320. Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija (LŠTA). (2019). *Šilumos kainos* [žiūrėta 2019-12-17]. Prieiga per internetą <https://lsta.lt/silumos-ukis/silumos-kaina/>

321. Lim, C. H., & Lam, H. L. (2016). Biomass supply chain optimisation via novel biomass element life cycle analysis (BELCA). *Applied Energy*, 161, 733-745.
322. Lindmark, A., de Luna, X., & Eriksson, M. (2018). Sensitivity analysis for unobserved confounding of direct and indirect effects using uncertainty intervals. *Statistics in medicine*, 37(10), 1744-1762.
323. Linkov, I., Satterstrom, F. K., Kiker, G., Batchelor, C., Bridges, T., & Ferguson, E. (2006). From comparative risk assessment to multi-criteria decision analysis and adaptive management: Recent developments and applications. *Environment International*, 32(8), 1072-1093.
324. López-Menéndez, A. J., Pérez, R., Moreno, B. (2014). Environmental costs and renewable energy: Re-visiting the Environmental Kuznets Curve. *Journal of environmental management*, 145(145), 368-373.
325. Lorenzo-Seva, U., & Ferrando, P. J. (2006). FACTOR: A computer program to fit the exploratory factor analysis model. *Behavior research methods*, 38(1), 88-91.
326. Loschel, A., Moslener, U., Rubbelke, D.T.G. (2010). Indicators of energy security in industrialised countries. *Energy Policy*, 38(38), 1665-1671.
327. Lozano, R. (2008). Envisioning sustainability three-dimensionally. *Journal of Cleaner Production* 16.17. 1838-1846.
328. Lu, L., Tang, Y., Xie, J., Yuan, Y. (2009). The role of marginal agricultural land-based mulberry planting in biomass energy production. *Renewable Energy*, 34(34), 1789-1794.
329. Lukman, R. K. (2016). Sustainable energy planning in Slovenian municipalities. *Journal of Energy Technology*, 9(3), 11-25.
330. Lund, H. (2007). Renewable energy strategies for sustainable development. *Energy*, 32(32), 912-919.
331. Lund-Thomsen, P., Lindgreen, A., & Vanhamme, J. (2016). Industrial clusters and corporate social responsibility in developing countries: what we know, what we do not know, and what we need to know. *Journal of Business Ethics*, 133(1), 9-24.
332. Madlener, R., & Myles, H. (2000). Modelling socio-economic aspects of bioenergy systems: a survey prepared for IEA Bioenergy Task 29. In *IEA Bioenergy Task 29 Workshop in Brighton/UK* (Vol. 2).
333. Madrid-Guijarro, A., Garcia, D., & Van Auken, H. (2009). Barriers to innovation among Spanish manufacturing SMEs. *Journal of Small Business Management*, 47(4), 465-488.
334. Mafakheri, F., & Nasiri, F. (2014). Modeling of biomass-to-energy supply chain operations: Applications, challenges and research directions. *Energy Policy*, 67, 116-126.
335. Mai, S. T., He, X., Feng, J., Plant, C., & Böhm, C. (2015). Anytime density-based clustering of complex data. *Knowledge and Information Systems*, 45(2), 319-355
336. Mäkinen, H., Laaksonen, E., & Liuhto, K. (2014). Energy and Maritime Clusters in the Eastern Baltic Sea Region: Competitiveness through International Inter-Cluster Cooperation? In *Geo-Regional Competitiveness in Central and Eastern Europe, the Baltic Countries, and Russia* (pp. 184-210). IGI Global.
337. Malek, B. A. (2010). Renewable energy development in Malaysia. *34th APEC Expert Group on new and renewable energy technologies (EGNRET)*, Kuala Lumpur, 26-27.
338. Malsiner-Walli, G., Frühwirth-Schnatter, S., & Grün, B. (2016). Model-based clustering based on sparse finite Gaussian mixtures. *Statistics and computing*, 26(1-2), 303-324.
339. Marković, Z. (2016). Modification of TOPSIS method for solving of multicriteria tasks. *Yugoslav Journal of Operations Research*, 20(1), 117-143.
340. Marra, A., Antonelli, P., & Pozzi, C. (2017). Emerging green-tech specializations and clusters—A network analysis on technological innovation at the metropolitan level. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 67, 1037-1046.
341. Marler, R. T., & Arora, J. S. (2010). The weighted sum method for multi-objective optimization: new insights. *Structural and multidisciplinary optimization*, 41(6), 853-862.
342. Marshall, A. (1920). *Principles of Economics*. London: Macmillan and Co.
343. Martel, J. M., & Matarazzo, B. (2005). Other outranking approaches. In *Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys* (pp. 197-259). Springer, New York, NY.

344. Masini, A., Menichetti, E. (2013). Investment decisions in the renewable energy sector: An analysis of non-financial drivers. *Technological Forecasting & Social Change*, 80(80), 510–524.
345. Mathieu, P., & Bolland, O. (2013). Comparison of costs for natural gas power generation with CO2 capture. *Energy Procedia*, 37, 2406-2419.
346. Maxwell, D., & Zhu, Z. (2011). Natural gas prices, LNG transport costs, and the dynamics of LNG imports. *Energy Economics*, 33(2), 217-226.
347. Mazzola, S., Astolfi, M., & Macchi, E. (2016). The potential role of solid biomass for rural electrification: A techno economic analysis for a hybrid microgrid in India. *Applied energy*, 169, 370-383.
348. McArdle, J. J. (2007). Five steps in the structural factor analysis of longitudinal data. *Factor analysis at*, 100, 99-130.
349. McCauley, S.M., Stephens, J.C. (2012). Green energy clusters and socio-technical transitions: analysis of a sustainable energy cluster for regional economic development in Central Massachusetts, USA. *Sustainability Science*, 7(7), 213–225.
350. McCormick, K., Kaberger, T. (2005). Exploring a pioneering bioenergy system: the case of Enköping in Sweden. *Journal of Cleaner Production*, 13(13), 1003–1014.
351. McCormick, K., Kaberger, T. (2007). Key barriers for bioenergy in Europe: Economic conditions, know-how and institutional capacity, and supply chain co-ordination. *Biomass and Bioenergy* 31(31), 443–452.
352. McCormick, K., & Kautto, N. (2013). The bioeconomy in Europe: An overview. *Sustainability*, 5(6), 2589-2608.
353. McKay, H. (2006). Environmental, economic, social and political drivers for increasing use of woodfuel as a renewable resource in Britain. *Biomass and Bioenergy*, 30(4), 308-315.
354. McKeough, P., & Saviharju, K. (2005, October). Advances and possibilities in the utilisation of black liquor and other pulping by-products. In *ABTCP-PI 2005 Conference, Sao Paulo, Brazil* (pp. 17-20).
355. McLachlan, G., & Peel, D. (2004). *Finite mixture models*. John Wiley & Sons.
356. McNicholas, P. D. (2016). Model-based clustering. *Journal of Classification*, 33(3), 331-373.
357. McParland, D., & Gormley, I. C. (2016). Model based clustering for mixed data: clustMD. *Advances in Data Analysis and Classification*, 10(2), 155-169.
358. Melnik, A. N., & Dyrdonova, A. N. (2015). Energy efficiency improvement ways in industrial clusters of the region. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 6(3 S5), 141-146.
359. Mendoza, G. A., & Martins, H. (2006). Multi-criteria decision analysis in natural resource management: A critical review of methods and new modelling paradigms. *Forest ecology and management*, 230(1-3), 1-22.
360. Mikhailov, A. (2014). Geography of international clusters in the Baltic region. *Baltic Region*, 19(1), 113-123.
361. Milanović, M., Mihailović, B., Paraušić, V. (2010). Processes of business incubation and clusterization to support the creation of a network economy in Serbia. *Megatrend Review*, 7(2), 5-20.
362. Mirata, M., Nilsson, H., & Kuisma, J. (2005). Production systems aligned with distributed economies: Examples from energy and biomass sectors. *Journal of Cleaner Production*, 13(10-11), 981-991.
363. Mishra, S. K. (2007). A comparative study of various inclusive indices and the index constructed by the principal components analysis. *Available at SSRN 990831*.
364. Miyaguchi, T., & Shaw, R. (2017). CDM and its development impact: the role and behaviour of the corporate sector in CDM projects in Indonesia. In *Corporate Responses to Climate Change* (pp. 58-74). Routledge.
365. Montero, P., & Vilar, J. A. (2014). TSclust: An R package for time series clustering. *Journal of Statistical Software*, 62(1), 1-43.
366. Montibeller, G., Gummer, H., & Tumidei, D. (2006). Combining scenario planning and multi-criteria decision analysis in practice. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 14(1-3), 5-20.

367. Moussa, R. R., Mahmoud, A. H., & Hatem, T. M. (2020). A digital tool for integrating renewable energy devices within landscape elements: Energy-scape online application. *Journal of Cleaner Production*, 119932.
368. Moyoyama, Y. (2008). What was new about the cluster theory. *Economic Development Quarterly*, 22(4), 353-363.
369. Mukhamediyev, R. I., Kiseleva, S. V., Kireeva, R., Yakunin, K. O., Muhamedijeva, J. L., & Mustakaev, R. R. (2018). Geo-informational system for support of decision-making for renewable energy development in the Republic of Kazakhstan. *Comput Model Eng Sci*, 18, 00-99.
370. Müller, H., & Hamm, U. (2014). Stability of market segmentation with cluster analysis—A methodological approach. *Food Quality and Preference*, 34, 70-78.
371. Murphy, F., Devlin, G., & McDonnell, K. (2014). Forest biomass supply chains in Ireland: A life cycle assessment of GHG emissions and primary energy balances. *Applied Energy*, 116, 1-8.
372. Murtagh, F., & Legendre, P. (2014). Ward's hierarchical agglomerative clustering method: which algorithms implement Ward's criterion?. *Journal of classification*, 31(3), 274-295.
373. Näyhä, A., Hämäläinen, S., & Pesonen, H. (2009). *Biorefineries-future business opportunity for forest cluster: diffusion of forest biorefineries in Scandinavia, North America and South America* (No. 39/2009). Jyväskylä: University of Jyväskylä, School of Business and Economics.
374. Natarajan, K., Latva-Käyrä, P., Zyadin, A., & Pelkonen, P. (2016). New methodological approach for biomass resource assessment in India using GIS application and land use/land cover (LULC) maps. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 63, 256-268.
375. Neffke, F., Henning, M., Boschma, R., (2011). How do regions diversify over time? Industry relatedness and the development of new growth paths in regions. *Economic Geography*, 87 (3), 237–265.
376. Netsanet, J. (2009). Cluster Approach for Enhancing the Productivity and Competitiveness of Micro and Small Enterprises/MSEs/Case Study on Bamboo Micro and Small Enterprises. Addis Ababa: Addis Ababa university
377. Ntona, E., Arabatzis, G., & Kyriakopoulos, G. L. (2015). Energy saving: Views and attitudes of students in secondary education. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 46, 1-15.
378. Ohler, A., & Fetters, I. (2014). The causal relationship between renewable electricity generation and GDP growth: A study of energy sources. *Energy economics*, 43, 125-139.
379. Olszewski, A., & Pietrzykowski, M. (2014). Clusters and business networks in Poland—an overview of concepts and research results. *Towards greater economic competitiveness: Business clusters and cluster policy in Lithuania and Poland*, 79-96.
380. Omelyanenko, V. A. (2014). Analysis of Potential of International Inter-Cluster Cooperation in High-Tech Industries. *International Journal of Econometrics and Financial Management*, 2(4), 141-147.
381. Orlando, S., Greco, C., Tuttolomondo, T., Leto, C., Cammalleri, I., & La Bella, S. (2017). Identification of Energy Hubs for the Exploitation of Residual Biomass in an Area of Western Sicily. In *EUBCE 2017-25th European Biomass Conference and Exhibition* (pp. 64-69). ETA srl.
382. Rodriguez, L. C., May, B., Herr, A., & O'Connell, D. (2011). Biomass assessment and small scale biomass fired electricity generation in the Green Triangle, Australia. *biomass and bioenergy*, 35(7), 2589-2599.
383. Ruzzenenti, F., Bravi, M., Tempesti, D., Salvatici, E., Manfrida, G., & Basosi, R. (2014). Evaluation of the environmental sustainability of a micro CHP system fueled by low-temperature geothermal and solar energy. *Energy Conversion and Management*, 78, 611-616.
384. Oró, E., Depoorter, V., Garcia, A., & Salom, J. (2015). Energy efficiency and renewable energy integration in data centres. Strategies and modelling review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42(42), 429-445.
385. Osborne, J. W. (2015). What is rotating in exploratory factor analysis. *Practical assessment, research & evaluation*, 20(2), 1-7.

386. Osunmuyiwa, O., Biermann, F., & Kalfagianni, A. (2018). Applying the multi-level perspective on socio-technical transitions to rentier states: The case of renewable energy transitions in Nigeria. *Journal of environmental policy & planning*, 20(2), 143-156.
387. Ozcan, M., Öztürk, S., & Oguz, Y. (2015). Potential evaluation of biomass-based energy sources for Turkey. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 18(2), 178-184.
388. Ozturk, I., & Bilgili, F. (2015). Economic growth and biomass consumption nexus: Dynamic panel analysis for Sub-Sahara African countries. *Applied Energy*, 137, 110-116.
389. Pacesila, M. Burcea, S.G., Colesca, S.E. (2016). Analysis of renewable energies in European Union. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 56(56), 156–170.
390. Palazuelos, M. (2005) Clusters: Myth or realistic ambition for policy-makers? *Local Economy*, 20(2), pp. 131–140.
391. Palgan, Y. V., & McCormick, K. (2016). Biorefineries in Sweden: Perspectives on the opportunities, challenges and future. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 10(5), 523-533.
392. Panagiotidou, N., Stavrakakis, G. S., & Diakaki, C. (2015). Sustainable urban solid waste management planning with the use of an advanced interactive decision support system based on the PROMETHEE II method. *International Journal of Decision Support Systems*, 1(3), 294-324.
393. Panwar, N.L., Kaushik, S.C., Kothari, S. (2011). Role of renewable energy sources in environmental protection: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(15) 1513–1524.
394. Pao, H. T., & Tsai, C. M. (2010). CO2 emissions, energy consumption and economic growth in BRIC countries. *Energy policy*, 38(12), 7850-7860.
395. Pao, H. T., & Fu, H. C. (2013). Renewable energy, non-renewable energy and economic growth in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 381-392.
396. Pätäri, S., Puumalainen, K., Jantunen, A., & Sandström, J. (2011). The interface of the energy and forest sectors—Potential players in the bioenergy business. *International Journal of Production Economics*, 131(1), 322-332.
397. Patti, A. L. (2006). Economic clusters and the supply chain: a case study. *Supply Chain Management: An International Journal*, 11(3), 266-270.
398. Pechsiri, J. S., Thomas, J. B. E., Risén, E., Ribeiro, M. S., Malmström, M. E., Nylund, G. M., ... & Gröndahl, F. (2016). Energy performance and greenhouse gas emissions of kelp cultivation for biogas and fertilizer recovery in Sweden. *Science of the Total Environment*, 573, 347-355.
399. Pecznik, P. (2001). Biomass use for energetic purpose. In *Agricultural engineering research in the new conditions of the 21st century, Prague (Czech Republic), 23-24 Oct 2001*. (pp. 106-113). Prague: Vyzkumny Ustav Zemedelske Techniky.
400. Pedroli, B., Elbersen, B., Frederiksen, P., Grandin, U., Heikkilä, R., Krogh, P. H., ... & Spijker, J. (2013). Is energy cropping in Europe compatible with biodiversity? – Opportunities and threats to biodiversity from land-based production of biomass for bioenergy purposes. *Biomass and Bioenergy*, 55, 73-86.
401. Percze, A., Singh, M., & Szűcs, I. (2007). Environmental and ecological sustainability of biomass energy production in Europe. *Cereal Research Communications*, 35(2), 921-924.
402. Perles-Ribes, J. F., Rodríguez-Sánchez, I., & Ramón-Rodríguez, A. B. (2017). Is a cluster a necessary condition for success? The case of Benidorm. *Current Issues in Tourism*, 20(15), 1575-1603.
403. Phelps, N.A. (2004). Clusters, Dispersion and the Spaces in Between: For an Economic Geography of the Banal. *Urban Studies*, 41(5/6), 971–989.
404. Pioto, F., Costa, R. S., França, S. C., Gavioli, E. A., Bertoni, B. W., & Zingaretti, S. M. (2015). Genetic diversity by AFLP analysis within *Jatropha curcas* L. populations in the State of Sao Paulo, Brazil. *Biomass and bioenergy*, 80, 316-320.
405. Pirraglia, A., Gonzalez, R., Saloni, D., & Denig, J. (2013). Technical and economic assessment for the production of torrefied ligno-cellulosic biomass pellets in the US. *Energy conversion and management*, 66, 153-164.

406. Piriou, B. (2007). Catalytically assisted gasification of biomass. In *Proceeding of 30th meeting on Combustion of the Italian Section of the Combustion Institute, Istituto di Ricerche sulla Combustione, Napoli, Italy.* (pp. 1-8). Napoli: Istituto di Ricerche sulla Combustione
407. Plieninger, T., Thiel, A., Bens, O., & Hüttl, R. F. (2008). Bioenergy clusters in Austria and Germany: From public goals to private action. *Public and Private in Natural Resource Governance: A False Dichotomy*, 149-166.
408. Pohekar, S. D., & Ramachandran, M. (2004). Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning—a review. *Renewable and sustainable energy reviews*, 8(4), 365-381.
409. Popa, I., & Popescu, D. (2013). The importance of innovative clusters' proliferation for sustainable economic growth of Romania. In *Proceedings of the 7th international management conference "New Management for the New Economy.* (pp. 583-595). Bucharest: ASE Publishing
410. Popp, J., Lakner, Z., Harangi-Rakos, M., & Fari, M. (2014). The effect of bioenergy expansion: food, energy, and environment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 32, 559-578.
411. Porter, E. (2008). *The Australian Renewable Energy Cluster.* Harvard Business School, p. 33.
412. Prakash, C., & Barua, M. K. (2015). Integration of AHP-TOPSIS method for prioritizing the solutions of reverse logistics adoption to overcome its barriers under fuzzy environment. *Journal of Manufacturing Systems*, 37, 599-615.
413. Prasertsan, S., Sajjakulnukit, B. (2006). Biomass and biogas energy in Thailand: Potential, opportunity and barriers. *Renewable Energy* 31(31), 599–610.
414. Prins, M. J., Ptasinski, K. J., & Janssen, F. J. (2006). More efficient biomass gasification via torrefaction. *Energy*, 31(15), 3458-3470.
415. Purohit, P. (2009). Economic potential of biomass gasification projects under clean development mechanism in India. *Journal of Cleaner Production*, 17(2), 181-193.
416. Qi, L. Q., Wang, C. D., & Lu, L. L. (2013). Analysis on the Technological Innovation Mechanism of Regional Equipment Manufacturing Industry Cluster. In *The 19th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management* (pp. 61-71). Springer, Berlin, Heidelberg.
417. Qiu, H., Yan, J., Lei, Z., & Sun, D. (2018). Rising wages and energy consumption transition in rural China. *Energy Policy*, 119, 545-553.
418. Rafindadi, A. A., & Ozturk, I. (2017). Impacts of renewable energy consumption on the German economic growth: Evidence from combined cointegration test. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75, 1130-1141.
419. Raftery, A. E., & Dean, N. (2006). Variable selection for model-based clustering. *Journal of the American Statistical Association*, 101(473), 168-178.
420. Rahimpoor, M., Heshmati, A., & Ahmadizad, A. (2017). A new weighting approach to Non-Parametric composite indices compared with principal components analysis. *International Journal of Industrial Mathematics*, 9(1), 59-73.
421. Ranade, S. A., Srivastava, A. P., Rana, T. S., Srivastava, J., & Tuli, R. (2008). Easy assessment of diversity in *Jatropha curcas* L. plants using two single-primer amplification reaction (SPAR) methods. *Biomass and Bioenergy*, 32(6), 533-540.
422. Ravindranath, N. H., & Balachandra, P. (2009). Sustainable bioenergy for India: Technical, economic and policy analysis. *Energy*, 34(8), 1003-1013.
423. Reio Jr, T. G., & Shuck, B. (2015). Exploratory factor analysis: implications for theory, research, and practice. *Advances in Developing Human Resources*, 17(1), 12-25.
424. Rentizelas, A. A., Tolis, A. J., & Tatsiopoulos, I. P. (2009). Logistics issues of biomass: the storage problem and the multi-biomass supply chain. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(4), 887-894.
425. Rezankova, H. (2014). Cluster analysis of economic data. *Statistika*, 94(1), 73-86.
426. Roberts, D. G. (2008). Globalisation and its implications for the Indian forest sector. *International Forestry Review*, 10(2), 401-413.
427. Rocha, H.A. (2004). Entrepreneurship and Development: The Role of Clusters. *Small Business Economics*, 23(23), 363-400.

428. Romallosa, A. R. D., & Kraft, E. (2017). Feasibility of biomass briquette production from municipal waste streams by integrating the informal sector in the Philippines. *Resources*, 6(1), 12.
429. Roos, A., Graham, R.L., Hektor, B., Rakos, C. (1999). Critical factors to bioenergy implementation. *Biomass and Bioenergy*, 17(17), 113-126.
430. Rosch, K., Kaltschmitt, M. (1999). Energy from biomass – do non-technical barriers prevent an increased use? *Biomass and Bioenergy*, 16(16), 347-356.
431. Routa, J., Kellomäki, S., Strandman, H., Bergh, J., Pulkkinen, P., & Peltola, H. (2013). The timber and energy biomass potential of intensively managed cloned Norway spruce stands. *Gcb Bioenergy*, 5(1), 43-52.
432. Rubčinskaitė, R. (2019). *Klasterių poveikis Baltijos šalių ekonomikai ir inovacijoms: Daktaro disertacija*. Vilnius: Vilniaus universitetas.
433. Rutz, D., & Janssen, R. (Eds.). (2014). Socio-economic impacts of bioenergy production. Springer Science & Business Media.
434. Saah, D., Patterson, T., Buchholz, T., Ganz, D., Albert, D., Rush, K. (2014). Modeling economic and carbon consequences of a shift to wood-based energy in a rural 'cluster'; a network analysis in southeast Alaska. *Ecological Economics*, 107(107), 287–298.
435. Sadamichi, Y., Kudoh, Y., Sagisaka, M., Chen, S. S., Elauria, J. C., Gheewala, S. H., ... & Sharma, V. K. (2012). Sustainability assessment methodology of biomass utilization for energy in East Asian countries. *Journal of the Japan Institute of Energy*, 91(10), 960-96.
436. Sáez, R. M., Linares, P., & Leal, J. (1998). Assessment of the externalities of biomass energy, and a comparison of its full costs with coal. *Biomass and Bioenergy*, 14(5-6), 469-478.
437. Saini, S., & Rani, P. (2017). A survey on STING and CLIQUE grid based clustering methods. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, 8(5).
438. Salonen, H. (2019). Modernization of Russian district heating systems with the help of biomass energy—A Gordian knot?. *Environmental Innovation and Societal Transitions*.
439. Salvini, G., Herold, M., De Sy, V., Kissinger, G., Brockhaus, M., & Skutsch, M. (2014). How countries link REDD+ interventions to drivers in their readiness plans: implications for monitoring systems. *Environmental Research Letters*, 9(7), 074004.
440. San Miguel, G., Corona, B., Ruiz, D., Landholm, D., Laina, R., Tolosana, E., Sixto, H., & Cañellas, I. (2015). Environmental, energy and economic analysis of a biomass supply chain based on a poplar short rotation coppice in Spain. *Journal of Cleaner production*, 94, 93-101.
441. Sanchez, O.J., Cardona, C.A. (2008). Trends in biotechnological production of fuel ethanol. *Bioresource Technology*, 99(99), 5270-5272.
442. Sandberg, D., Vasiri, M., Trischler, J., & Öhman, M. (2014). The role of the wood mechanical industry in the Swedish forest industry cluster. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 29(4), 352-359.
443. Sangalli, L. M., Secchi, P., Vantini, S., & Vitelli, V. (2010). K-mean alignment for curve clustering. *Computational Statistics & Data Analysis*, 54(5), 1219-1233.
444. Saravanakumar, R., Stojanovic, S. B., Radosavljevic, D. D., Ahn, C. K., & Karimi, H. R. (2018). Finite-time passivity-based stability criteria for delayed discrete-time neural networks via new weighted summation inequalities. *IEEE transactions on neural networks and learning systems*, 30(1), 58-71.
445. Saxena, R.C., Adhikari, D.K., Goyal, H.B. (2009). Biomass-based energy fuel through biochemical routes: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(13), 167–178.
446. Scarlet, N., Dallemand, J. F., Monforti-Ferrario, F., & Nita, V. (2015). The role of biomass and bioenergy in a future bioeconomy: policies and facts. *Environmental Development*, 15, 3-34.
447. Scholz, J., De Meyer, A., Marques, A. S., Pinho, T. M., Boaventura-Cunha, J., Van Orshoven, J., ... & Nummila, K. (2018). Digital technologies for forest supply chain optimization: existing solutions and future trends. *Environmental management*, 62(6), 1108-1133.
448. Schreiber, J. B., Nora, A., Stage, F. K., Barlow, E. A., & King, J. (2006). Reporting structural equation modeling and confirmatory factor analysis results: A review. *The Journal of educational research*, 99(6), 323-338.

449. Schuenemann, F., Msangi, S., & Zeller, M. (2018). Policies for a sustainable biomass energy sector in Malawi: Enhancing energy and food security simultaneously. *World Development*, *103*, 14-26.
450. Scutaru, L. (2016). International models and policies of successful clusters. *Ecoforum*, *5*(5), 159-166.
451. Sebri, M., & Ben-Salha, O. (2014). On the causal dynamics between economic growth, renewable energy consumption, CO2 emissions and trade openness: Fresh evidence from BRICS countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *39*, 14-23.
452. Seidel, C., Heckelei, T., & Lakner, S. (2019). Conventionalization of Organic Farms in Germany: An Empirical Investigation Based on a Composite Indicator Approach. *Sustainability*, *11*(10), 2934.
453. Selvakumar, J., Lakshmi, A., & Arivoli, T. (2012, March). Brain tumor segmentation and its area calculation in brain MR images using K-mean clustering and Fuzzy C-mean algorithm. In *IEEE-International Conference on Advances in Engineering, Science and Management (ICAESM-2012)* (pp. 186-190). IEEE.
454. Senna, L. D. D., Maia, A. G., & Medeiros, J. D. F. D. (2019). The use of principal component analysis for the construction of the Water Poverty Index. *RBRH*, *24*.
455. Shabani, N., Sowlati, T., Ouhimmou, M., & Rönnqvist, M. (2014). Tactical supply chain planning for a forest biomass power plant under supply uncertainty. *Energy*, *78*, 346-355.
456. Shahbaz, M., Loganathan, N., Zeshan, M., & Zaman, K. (2015). Does renewable energy consumption add in economic growth? An application of auto-regressive distributed lag model in Pakistan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *44*, 576-585.
457. Shahbaz, M., Balsobre-Lorente, D., & Sinha, A. (2019). Foreign direct Investment–CO2 emissions nexus in Middle East and North African countries: Importance of biomass energy consumption. *Journal of cleaner production*, *217*, 603-614.
458. Shahbaz, M., Rasool, G., Ahmed, K., & Mahalik, M. K. (2016). Considering the effect of biomass energy consumption on economic growth: Fresh evidence from BRICS region. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *60*, 1442-1450.
459. Sharma, B., Ingalls, R. G., Jones, C. L., Huhnke, R. L., & Khanchi, A. (2013). Scenario optimization modeling approach for design and management of biomass-to-biorefinery supply chain system. *Bioresourcetechnology*, *150*, 163-171.
460. Shegelman, I. (2014). Clusters in the economy of a cross-border region and Finnish experience. *Edited by Elisa Aro*.
461. Silalertruksa, T., Gheewala, S. H., Hünecke, K., & Fritsche, U. R. (2012). Biofuels and employment effects: Implications for socio-economic development in Thailand. *Biomass and bioenergy*, *46*, 409-418.
462. Silveira, S. (2005). *Bioenergy – Realizing the potential*. Amsterdam: Elsevier.
463. Silveira, S., & Johnson, F. X. (2016). Navigating the transition to sustainable bioenergy in Sweden and Brazil: Lessons learned in a European and International context. *Energy Research & Social Science*, *13*, 180-193.
464. Sims, R.H., Hastings, A., Schlamadinger, B., Taylor, G., Smith, P. (2006). Energy crops: current status and future prospects. Review. *Global Change Biology* *12*, 2054–2076.
465. Singh, R., & Setiawan, A. D. (2013). Biomass energy policies and strategies: Harvesting potential in India and Indonesia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *22*, 332-345.
466. Singh, N. B., Kumar, A., & Rai, S. (2014). Potential production of bioenergy from biomass in an Indian perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *39*(39), 65-78.
467. Slaper, T. F., Harmon, K. M., & Rubin, B. M. (2018). Industry clusters and regional economic performance: A study across US metropolitan statistical areas. *Economic Development Quarterly*, *32*(1), 44-59.
468. Smit, A. J. (2010). The competitive advantage of nations: is Porter's Diamond Framework a new theory that explains the international competitiveness of countries? *Southern African Business Review*, *14*(1), 105-130.
469. Sobczyk, V. (2011). Evaluation of harvest of energetic basket willow. *TEKA Kom. Mot. Energ. Roln.*, *11*(11), 343–353.

470. Souza, G. M., Victoria, R. L., Joly, C. A., & Verdade, L. M. (2015). Bioenergy & sustainability: bridging the gaps. *SCOPE, Paris*. ISBN, 978-2.
471. Sovacool, B.K. (2008). Renewable Energy: Economically Sound, Politically Difficult. *The Electricity Journal*, 21(5), 18-29.
472. Staniszevska, M., Kochańska, E. (2013). Cooperation model between the bioenergy for the region cluster and competence network. *Acta Innovations*, 7(7), 5-17.
473. Steinfield, C., Scupola, A., Lopez-Nicolás, C. (2010). Social capital, ICT use and company performance: Findings from the Medicon Valley Biotech Cluster. *Technological Forecasting and Social Change*, 77(7), 1156–1166.
474. Steinfield, C., LaRose, R., Chew, H.E., Tong, S.T. (2012). Small and Medium-Sized Enterprises in Rural Business Clusters: The Relation Between ICT Adoption and Benefits Derived From Cluster Membership. *The Information Society*, 28(2), 110-120.
475. Steininger, K. W., & Voraberger, H. (2003). Exploiting the medium term biomass energy potentials in Austria: a comparison of costs and macroeconomic impact. *Environmental and Resource Economics*, 24(4), 359-377.
476. Stephens, R. B., Remick, T. J., Ducey, M. J., & Rowe, R. J. (2017). Drivers of truffle biomass, community composition, and richness among forest types in the northeastern US. *Fungal ecology*, 29, 30-41.
477. Stern, D. I., & Enflo, K. (2013). Causality between energy and output in the long-run. *Energy economics*, 39, 135-146.
478. Stigka, E. K., Paravantis, J. A., & Mihalakakou, G. K. (2014). Social acceptance of renewable energy sources: A review of contingent valuation applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 32, 100-106.
479. Stikkelman, R. M., Herder, P. M., van der Wal, R., & Schor, D. (2003). Developing a methanol-based industrial cluster. In *Computer Aided Chemical Engineering* (Vol. 14, pp. 305-310). Elsevier.
480. Suhr, D. (2006). Exploratory or Confirmatory Factor Analysis? In *Proceedings of the 31st Annual SAS? Users Group International Conference* (pp. 1-17). Cary, NC: SAS Institute Inc.
481. Sürmen, Y. (2003). The necessity of biomass energy for the Turkish economy. *Energy Sources*, 25(2), 83-92.
482. Suzuki, K., Tsuji, N., Shirai, Y., Hassan, M. A., & Osaki, M. (2017). Evaluation of biomass energy potential towards achieving sustainability in biomass energy utilization in Sabah, Malaysia. *Biomass and Bioenergy*, 97, 149-154.
483. Szekely, G. J., & Rizzo, M. L. (2005). Hierarchical clustering via joint between-within distances: Extending Ward's minimum variance method. *Journal of classification*, 22(2), 151-183.
484. Tabas, J., Beranová, M., & Vavřina, J. (2014). Barriers to development of the Innovation potential in the small and medium-sized enterprises. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 59(7), 447-458.
485. Tafarte, P., Hennig, C., Dotzauer, M., & Thrän, D. (2017). Impact of flexible bioenergy provision on residual load fluctuation: a case study for the TransnetBW transmission system in 2022. *Energy, Sustainability and Society*, 7(1), <https://doi.org/10.1186/s13705-017-0108-1>
486. Téglá, Z., Hagen, I., Hollo, E., & Takácsné, G. K. (2012). Adoption of Logistic principles in WOODY-biomass energy clusters. *Review of Applied Socio-Economic Research, REASER*, 4(2), 236-246
487. Tessitore, S., Daddi, T., & Iraldo, F. (2010). Eco-innovation and economic performance in industrial clusters: Evidence from Italy. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 42(42), 1487-1493.
488. Testa, R., Di Trapani, A. M., Foderà, M., Sgroi, F., & Tudisca, S. (2014). Economic evaluation of introduction of poplar as biomass crop in Italy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 38, 775-780.
489. The Economic Times (2019). *India sees boosting green power by 2030, overtaking climate goal* [žiřřeta 2019-11-15]. Prieiga per internetą

<https://economictimes.indiatimes.com/industry/energy/power/india-sees-boosting-green-power-by-2030-overtaking-climate-goal/articleshow/70035845.cms?from=mdr>

490. The Institute for Energy Economics and Financial Analysis (IEEFA) (2019). *Report says U.S. clean energy investment hit record \$64.2 billion in 2018* [žiūrėta 2019-11-16]. Prieiga per internetą <https://ieefa.org/report-says-u-s-clean-energy-investment-hit-record-64-2-billion-in-2018/>
491. Theo, W. L., Lim, J. S., Ho, W. S., Hashim, H., Lee, C. T., & Muis, Z. A. (2017). Optimisation of oil palm biomass and palm oil mill effluent (POME) utilisation pathway for palm oil mill cluster with consideration of BioCNG distribution network. *Energy*, 121, 865-883.
492. Thompson, B. (2004). *Exploratory and confirmatory factor analysis*. Washington, DC: American Psychological Association.
493. Thornley, P. (2006). Increasing biomass based power generation in the UK. *Energy Policy*, 34(15), 2087-2099
494. Thornley, P., Rogers, J., & Huang, Y. (2008). Quantification of employment from biomass power plants. *Renewable Energy*, 33(8), 1922-1927.
495. Trianni, A., Cagno, E., & Farné, S. (2016). Barriers, drivers and decision-making process for industrial energy efficiency: A broad study among manufacturing small and medium-sized enterprises. *Applied Energy*, 162, 1537-1551.
496. Triantaphyllou, E., & Sánchez, A. (1997). A sensitivity analysis approach for some deterministic multi-criteria decision-making methods. *Decision sciences*, 28(1), 151-194.
497. Triantaphyllou, E. (2000). Multi-criteria decision making methods. In *Multi-criteria decision making methods: A comparative study* (pp. 5-21). Springer, Boston, MA.
498. Toklu, E. (2017). Biomass energy potential and utilization in Turkey. *Renewable Energy*, 107(107), 235-244.
499. Tomei, J., & Upham, P. (2011). Argentine clustering of soy biodiesel production: the role of international networks and the global soy oil and meal markets. *Open Geography Journal*, 4, 45-54.
500. Tourkoulis, C., & Mirasgedis, S. (2011). Quantification and monetization of employment benefits associated with renewable energy technologies in Greece. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(6), 2876-2886.
501. Trink, T., Schmid, C., Schinko, T., Steininger, K. W., Loibnegger, T., Kettner, C., ... & Töglhofer, C. (2010). Regional economic impacts of biomass based energy service use: A comparison across crops and technologies for East Styria, Austria. *Energy Policy*, 38(10), 5912-5926.
502. Tun, M. M. (2019). An overview of renewable energy sources and their energy potential for sustainable development in Myanmar. *European Journal of Sustainable Development Research*, 3(1), 1-13.
503. Tun, M. M., Juchelkova, D., Win, M. M., Thu, A. M., & Puchor, T. (2019). Biomass energy: An overview of biomass sources, energy potential, and management in Southeast Asian countries. *Resources*, 8(2), 81.
504. Turton, H., Barreto, L. (2006). Long-term security of energy supply and climate change. *Energy Policy*, 34(34), 2232-2250.
505. Uhde, B., Hahn, W. A., Griess, V. C., & Knoke, T. (2015). Hybrid MCDA methods to integrate multiple ecosystem services in forest management planning: a critical review. *Environmental management*, 56(2), 373-388.
506. Upham, P., Riesch, H., Tomei, J., Thornley, P. (2011). The sustainability of forestry biomass supply for EU bioenergy: A post-normal approach to environmental risk and uncertainty. *Environmental Science & Policy*, 14(14), 510-518.
507. Upreti, B. R. (2004). Conflict over biomass energy development in the United Kingdom: some observations and lessons from England and Wales. *Energy policy*, 32(6), 785-800.
508. Uslu, A., Faaij, A. P., & Bergman, P. C. (2008). Pre-treatment technologies, and their effect on international bioenergy supply chain logistics. Techno-economic evaluation of torrefaction, fast pyrolysis and pelletisation. *Energy*, 33(8), 1206-1223.
509. Valentine, S.V. (2011). Emerging symbiosis: Renewable energy and energy security. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(15), 4572- 4578.

510. Valstybinė energetikos reguliavimo tarnyba (VERT) (2019). *Atviri duomenys* [žiūrėta 2019-11-15]. Prieiga per internetą <https://www.regula.lt/Puslapiai/bendra/Atviri-duomenys.aspx>
511. Valstybinė kainų ir energetikos kontrolės komisija (VKEKK) (2016). *Lietuvos Respublikos elektros energijos ir gamtinių dujų rinkų metinė ataskaita Europos Komisijai* [žiūrėta 2018-12-17]. Prieiga per internetą [https://www.ceer.eu/documents/104400/3737108/C16\\_NR\\_Lithuania-NL.pdf/312066cc-6ac4-49df-efaf-9bbc176a7579](https://www.ceer.eu/documents/104400/3737108/C16_NR_Lithuania-NL.pdf/312066cc-6ac4-49df-efaf-9bbc176a7579)
512. Valstybinė miškų tarnyba (VMT) (2019). *Miškų naudojimas ir statistika* [žiūrėta 2019-12-17]. Prieiga per internetą <http://www.amvmt.lt/index.php/miskotvarka-misko-naudojimas-ir-misku-ukio-statistika>
513. Valstybinė mokesčių inspekcija prie Finansų ministerijos (VMI) (2009). *Mokesčių ir kitų įmokų į biudžetus apyskaita 2009 m. Sausio 1 d.* Vilnius: Valstybinė mokesčių inspekcija.
514. Valstybinė mokesčių inspekcija prie Finansų ministerijos (VMI) (2010). *Mokesčių ir kitų įmokų į biudžetus apyskaita 2010 m. Sausio 1 d.* Vilnius: Valstybinė mokesčių inspekcija
515. Valstybinė mokesčių inspekcija prie Finansų ministerijos (VMI) (2011). *Mokesčių ir kitų įmokų į biudžetus apyskaita 2011 m. Sausio 1 d.* Vilnius: Valstybinė mokesčių inspekcija.
516. Valstybinė mokesčių inspekcija prie Finansų ministerijos (VMI) (2012). *Mokesčių ir kitų įmokų į biudžetus apyskaita 2012 m. Sausio 1 d.* Vilnius: Valstybinė mokesčių inspekcija.
517. Valstybinė mokesčių inspekcija prie Finansų ministerijos (VMI) (2013). *Mokesčių ir kitų įmokų į biudžetus apyskaita 2013 m. Sausio 1 d.* Vilnius: Valstybinė mokesčių inspekcija.
518. Valstybinė mokesčių inspekcija prie Finansų ministerijos (VMI) (2014). *Mokesčių ir kitų įmokų į biudžetus apyskaita 2014 m. Sausio 1 d.* Vilnius: Valstybinė mokesčių inspekcija.
519. Valstybinė mokesčių inspekcija prie Finansų ministerijos (VMI) (2015). *Mokesčių ir kitų įmokų į biudžetus apyskaita 2015 m. Sausio 1 d.* Vilnius: Valstybinė mokesčių inspekcija.
520. Valstybinė mokesčių inspekcija prie Finansų ministerijos (VMI) (2016). *Mokesčių ir kitų įmokų į biudžetus apyskaita 2016 m. Sausio 1 d.* Vilnius: Valstybinė mokesčių inspekcija.
521. Valstybinė mokesčių inspekcija prie Finansų ministerijos (VMI) (2017). *Mokesčių ir kitų įmokų į biudžetus apyskaita 2017 m. Sausio 1 d.* Vilnius: Valstybinė mokesčių inspekcija.
522. Valstybinė mokesčių inspekcija prie Finansų ministerijos (VMI) (2018). *Mokesčių ir kitų įmokų į biudžetus apyskaita 2018 m. Sausio 1 d.* Vilnius: Valstybinė mokesčių inspekcija.
523. Van der Eijk, C., & Rose, J. (2015). Risky business: factor analysis of survey data—assessing the probability of incorrect dimensionalisation. *PLoS one*, 10(3), e0118900.
524. Varun, Prakash, R., Bhat, I.K. (2009). Energy, economics and environmental impacts of renewable energy systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(13), 2716–2721.
525. Vávrová, K., Knápek, J., & Weger, J. (2017). Short-term boosting of biomass energy sources—Determination of biomass potential for prevention of regional crisis situations. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 67, 426-436.
526. Vaz, T. D. N., Nijkamp, P., 2009. Knowledge and innovation: The strings between global and local dimensions of sustainable growth. *Entrepreneurship & Regional Development*, 21 (4), pp. 441–455.
527. Veleva, V., Todorova, S., Lowitt, P., Angus, N., & Neely, D. (2015). Understanding and addressing business needs and sustainability challenges: lessons from Devens eco-industrial park. *Journal of Cleaner Production*, 87, 375-384.
528. Versteeg, G., Bouwman, H. (2006). Business architecture: A new paradigm to relate business strategy to ICT. *Information Systems Frontiers*, 8(8), 91–102.
529. Viederytė, R. (2015). *Lietuvos jūrinio sektoriaus klasterizacijos prielaidų ekonominis vertinimas: Daktaro disertacija*. Kaunas: Kauno technologijos universitetas.
530. Viswanath, P., & Pinkesh, R. (2006, August). l-dbscan: A fast hybrid density based clustering method. In *18th International Conference on Pattern Recognition (ICPR'06)* (Vol. 1, pp. 912-915). IEEE.
531. Walker, G. (2008). What are the barriers and incentives for community-owned means of energy production and use? *Energy Policy*, 36(36), 4401–4405.
532. Wang, C. L., & Ahmed, P. K. (2004). The development and validation of the organisational innovativeness construct using confirmatory factor analysis. *European journal of innovation management*, 7(4), 303-313.

533. Wang, M., Han, J., Dunn, J. B., Cai, H., & Elgowainy, A. (2012). Well-to-wheels energy use and greenhouse gas emissions of ethanol from corn, sugarcane and cellulosic biomass for US use. *Environmental research letters*, 7(4), 1-13.
534. Wang, M., Liu, S., Wang, S., & Lai, K. K. (2010). A weighted product method for bidding strategies in multi-attribute auctions. *Journal of Systems Science and Complexity*, 23(1), 194-208.
535. Wang, C., Zhang, L., Zhou, P., Chang, Y., Zhou, D., Pang, M., & Yin, H. (2019). Assessing the environmental externalities for biomass-and coal-fired electricity generation in China: A supply chain perspective. *Journal of environmental management*, 246, 758-767.
536. Waś, A., Zawalińska, K., Britz, W. (2014, September). Impact of 'greening' the Common Agricultural Policy: Evidence from selected countries based on CAPRI model. In *Paper part of the organized session "Assessing multiple dimensions of CAP environmental measures" at the EAAE 2014 Congress 'Agri-Food and Rural Innovations for Healthier Societies'*. August (Vol. 26).
537. Wątróbski, J., & Jankowski, J. (2016). Guideline for MCDA method selection in production management area. In *New frontiers in information and production systems modelling and analysis* (pp. 119-138). Springer, Cham.
538. Wei, M., Patadia, S., & Kammen, D. M. (2010). Putting renewables and energy efficiency to work: How many jobs can the clean energy industry generate in the US? *Energy policy*, 38(2), 919-931.
539. Weiland, P. (2003). Production and Energetic Use of Biogas from Energy Crops and Wastes in Germany. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 109(109), 263-274.
540. Weiland, P. (2006). Biomass Digestion in Agriculture: A Successful Pathway for the Energy Production and Waste Treatment in Germany. *Engineering in Life Sciences*, 6(3), 302-309.
541. Weitemeyer, S., Kleinhans, D., Vogt, T., & Agert, C. (2015). Integration of Renewable Energy Sources in future power systems: The role of storage. *Renewable Energy*, 75, 14-20.
542. Weldu, Y. W. (2018). A Societal Life Cycle Costing of Energy Production: The Implications of Environmental Externalities. *Low Carbon Transition: Technical, Economic and Policy Assessment*, 109.
543. Wetzal, S. J. (2017). Unsupervised learning of phase transitions: From principal component analysis to variational autoencoders. *Physical Review E*, 96(2), 022140.
544. Widaman, K. F. (2007). Common factors versus components: Principals and principles, errors and misconceptions. In: Cudeck, R. MacCallum, R. C. eds., *Factor Analysis at 100: Historical Developments and Future Directions*, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, pp. 177–203.
545. Wolfe, D. A. & Gertler, M. S. (2004) Clusters from the inside and out: Local dynamics and global linkages, *Urban Studies*, 41(5), 1071–1093.
546. Wolniak, R., & Hąbek, P. (2016). Quality assessment of CSR reports–factor analysis. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 220, 541-547.
547. World nuclear association (WNA) (2019). *Nuclear Power in Sweden* [žiūrėta 2019-11-12]. Prieiga per internetą <https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-o-s/sweden.aspx>
548. Wu, B., & Wilamowski, B. M. (2016). A fast density and grid based clustering method for data with arbitrary shapes and noise. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 13(4), 1620-1628.
549. Wünsch, K., Gruber, S., & Claupein, W. (2012). Profitability analysis of cropping systems for biogas production on marginal sites in southwestern Germany. *Renewable energy*, 45, 213-220.
550. Xiaoqiang, H. (2009). Research on relevance of supply chain and industry cluster. *International Journal of Marketing Studies*, 1(2), 127–130.
551. Xie, D., Lu, Y., Sun, J., Gu, C., & Li, G. (2016). Optimal operation of a combined heat and power system considering real-time energy prices. *IEEE Access*, 4, 3005-3015.
552. Xu, P., Guo, M., Qian, H., & Zhang, Q. (2019, May). Geothermal Water Quality Assessment Based on Entropy Weighted TOPSIS Method in Xi'an, China. In *2019 2nd International*

- Conference on Sustainable Energy, Environment and Information Engineering (SEEIE 2019)*. Atlantis Press.
553. Yang, Z., Hao, P., & Cai, J. (2015). Economic clusters: A bridge between economic and spatial policies in the case of Beijing. *Cities*, 42(42), 171-185.
  554. Yazdani, M., Zavadskas, E. K., Ignatius, J., & Abad, M. D. (2016). Sensitivity analysis in MADM methods: application of material selection. *Engineering Economics*, 27(4), 382-391.
  555. Yeung, K. Y., Fraley, C., Murua, A., Raftery, A. E., & Ruzzo, W. L. (2001). Model-based clustering and data transformations for gene expression data. *Bioinformatics*, 17(10), 977-987.
  556. Yi, S., Lai, Z., He, Z., Cheung, Y. M., & Liu, Y. (2017). Joint sparse principal component analysis. *Pattern Recognition*, 61, 524-536.
  557. Yim, O., & Ramdeen, K. T. (2015). Hierarchical cluster analysis: comparison of three linkage measures and application to psychological data. *The quantitative methods for psychology*, 11(1), 8-21.
  558. Yue, D., You, F., & Snyder, S. W. (2014). Biomass-to-bioenergy and biofuel supply chain optimization: overview, key issues and challenges. *Computers & Chemical Engineering*, 66, 36-56.
  559. Yu, Z., Klein, C., & Jang, W. (2014). Multi period operational planning in woody biomass system. *Proceedings of the 2014 Industrial and Systems Engineering Research Conference*, May 31-June 4, 2014, Montreal, Canada.
  560. Zanakis, S. H., Solomon, A., Wishart, N., & Dublisch, S. (1998). Multi-attribute decision making: A simulation comparison of select methods. *European journal of operational research*, 107(3), 507-529.
  561. Zaslavskiy, V., & Pasichna, M. (2019). System Approach Towards the Creation of Secure and Resilient Information Technologies in the Energy Sector. *Information & Security: An International Journal*, 43, 318-330.
  562. Zavadskas, E. K., Mardani, A., Turskis, Z., Jusoh, A., & Nor, K. M. (2016). Development of TOPSIS method to solve complicated decision-making problems—An overview on developments from 2000 to 2015. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 15(03), 645-682.
  563. Zēverte-Rivža, S. (2014). Promotion of biogas production in Latvia. *Energetika*, 60(4), 249–259.
  564. Zhang, X., Mei, C., Chen, D., & Li, J. (2016). Feature selection in mixed data: A method using a novel fuzzy rough set-based information entropy. *Pattern Recognition*, 56, 1-15.
  565. Zhao, Y., Karypis, G., & Fayyad, U. (2005). Hierarchical clustering algorithms for document datasets. *Data mining and knowledge discovery*, 10(2), 141-168.
  566. Zhu, T., Huang, Z., Sharma, A., Su, J., Irwin, D., Mishra, A., ... & Shenoy, P. (2013, April). Sharing renewable energy in smart microgrids. In *2013 ACM/IEEE International Conference on Cyber-Physical Systems (ICCPS)* (pp. 219-228). IEEE.
  567. Zuberi, M. J. S., Hasany, S. Z., Tariq, M. A., & Fahrioglu, M. (2013, May). Assessment of biomass energy resources potential in Pakistan for power generation. In *4th International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives* (pp. 1301-1306). IEEE.

## MOKSLINIŲ PUBLIKACIJŲ DISERTACIJOS TEMA SĄRAŠAS

### Publikacijos Web of Science ir SCOPUS duomenų bazėse su citavimo indeksu

- Svazas, Mantas; Navickas, Valentinas; Krajnakova, Emilia; Nakonieczny, Joanna. Sustainable supply chain of the biomass cluster as a factor for preservation and enhancement of forests // Journal of international studies. Szczecin : Centre of Sociological Research. ISSN 2071-8330. eISSN 2306-3483. 2019, vol. 12, iss. 2, p. 309-321. DOI: 10.14254/2071-8330.2019/12-2/20. [Scopus].
- Vojtovic, Sergej; Navickas, Valentinas; Svazas, Mantas. Biofuel cluster: reasons for action and benefit // Rynek energii. Lublin : KAPRINT. ISSN 1425-5960. 2018, vol. 5(138), 14, p. 92-96. [Scopus].
- Navickas, V.; Vojtovic, S.; Svazas, M. Biomass clusters influence on business competitiveness // Polish journal of management studies. Czestochowa : Czestochowa University of Technology. ISSN 2081-7452. 2017, vol. 16, iss. 2, p. 188-197. DOI: 10.17512/pjms.2017.16.2.16. [Emerging Sources Citation Index (Web of Science); Scopus; DOAJ].
- Navickas, Valentinas; Svazas, Mantas. Macroeconomic dimensions in the clusterization processes: Lithuanian biomass cluster case // Scientific annals of economics and business. Warsaw : De Gruyter Open. ISSN 2501-1960. 2017, vol. 64, iss. 1, p. 33-44. DOI: 10.1515/saeb-2017-0003. [Emerging Sources Citation Index (Web of Science); Scopus].
- Krajnakova, Emilia; Svazas, Mantas; Navickas, Valentinas. Biomass blockchain as a factor of energetical sustainability development // Entrepreneurship and sustainability issues. Vilnius : Entrepreneurship and Sustainability Center. ISSN 2345-0282. 2019, vol. 6, iss. 3, p. 1456-1467. DOI: 10.9770/jesi.2019.6.3(28). [Emerging Sources Citation Index (Web of Science); Scopus].
- Navickas, Valentinas; Švažas, Mantas; Guščinskienė, Jūratė. Biomass clusters as a national energy security factor // Journal of security and sustainability issues. Vilnius : Generolo J. Žemaičio LKA. ISSN 2029-7017. eISSN 2029-7025. 2017, vol. 6, iss. 3, p. 523-531. DOI: 10.9770/jssi.2017.6.3(16). [Scopus; International Security & Counter-Terrorism Reference Center; Sustainability Reference Center].

### Publikacijos Web of Science ir SCOPUS duomenų bazėse be citavimo indekso

- Švažas, Mantas; Navickas, Valentinas; Ivanova, Eva. Logistic systems in clusters: biomass case study // Ad alta: journal of interdisciplinary research. Hradec Králové : Magnanimitas. ISSN 1804-7890. eISSN 2464-6733. 2019, vol. 9, iss. 1, p. 292-298. [Emerging Sources Citation Index (Web of Science); Academic Search Complete].
- Gajda, Waldemar; Švažas, Mantas; Navickas, Valentinas. Bioeconomics development in the regions: Lithuanian clustering analysis // Ad alta: journal of interdisciplinary research. Hradec Králové : Magnanimitas. ISSN 1804-7890. eISSN 2464-6733. 2019, vol. 9, iss. 2, p. 346-353. [Emerging Sources Citation Index (Web of Science); Academic Search Complete].

- Navickas, Valentinas; Vojtovich, Sergej; Švažas, Mantas. Clusterization processes influence to competitiveness: biomass clusters case // CITPM 2016 : proceedings of the 1st international conference contemporary issues in theory and practice of management, 21-22 April 2016, Częstochowa, Poland / edited by M. Okręglička, ... [et al.]. Częstochowa : Wydawnictwa Wydziału Zarządzania Politechniki Częstochowskiej, 2016. ISBN 9788365179432. p. 302-308. [Conference Proceedings Citation Index - Social Science & Humanities (Web of Science)]

### **Publikacijos kitose tarptautinėse duomenų bazėse.**

- Švažas, Mantas. The benefits of biomass use for energy production in the European Union // Tanulmánykötet prof. dr. Enyedi György emlékére / szerkesztette Csegodi Tibor László. Godollo : Szent István Egyetemi Kiadó Nonprofit Kft, 2019. ISBN 9789632697956. p. 53-65.
- Svazas, Mantas; Liberyte, Manta. Brain drain impact on the economy: Baltic States case // Sociálno-ekonomická revue = Social and economic revue. Trenčín : Alexander Dubček University of Trenčín. ISSN 1336- 3727. eISSN 2585-9358. 2019, vol. 17, iss. 1, p. 66-76. [Business Source Complete; IndexCopernicus].
- Navickas, Valentinas; Švažas, Mantas. Biomass clusters: paradigm SHIFT in economics methodology// Social and economic revue = Sociálno-ekonomická revue. Trenčín : Alexander Dubček University of Trenčín. ISSN 1336-3727. 2016, vol. 14, iss. 4, p. 6-14. [CEEOL – Central and Eastern European Online Library; Business Source Complete; IndexCopernicus].
- Svazas, Mantas; Navickas, Valentinas; Jegelaviciute, Rusnė. Formation of competitive supply in heat energy sector: Lithuanian case // Proceedings of the third international economic symposium (IES 2018), April 19-21, 2018, Saint Petersburg / editor V. Titov. Paris : Atlantis Press, 2019. ISBN 9789462528475. p. 102-109. (Advances in economics, business and management research, ISSN 2352-5428 ; vol. 104).
- Navickas, Valentinas; Švažas, Mantas; Krajnakova, Emilia. Supply chain as a fundamental determinant of biomass cluster // CITPM 2018: proceedings of the 2nd international conference contemporary issues in theory and practice of management, 19-20 April 2018 Czesochowa, Poland / edited by M. Okręglička, A. Korombel, A. Lemanska-Majdzik. Czesochowa : Czesochowa University of Technology, 2018, 57. ISBN 9788365951120. eISBN 9788365951182. p. 451-458. (CITPM, ISSN 2544-8579, eISSN 2544-8587 ; No. 2).
- Navickas, Valentinas; Švažas, Mantas. Biomass clusters and their economic significance // Międzynarodowa konferencja naukowa Ku pamięci prof. Andrzeja Zawisłaka - Kreacja, nowe myślenie, innowacyjność w zarządzaniu. Warszawa : Warszawska Szkoła Zarządzania - Szkoła Wyższa, 2017. ISBN 9788360882450. p. 85-90.
- Svazas, Mantas; Liberytė, Manta. Dualistic impact of economic indicators on sustainable development // 13th international scientific-methodical-practical conference on sustainable regional development: Economical, management, law and technological possibilities, 24-25 October 2019, Klaipėda, Lithuania: abstracts book

/ editors: J. Martinkienė, S. Vinogradov. Klaipėda : Lithuania Business University of Applied Sciences, 2019. ISBN 9789632698588. p. 31.

- Krajnakova, Emilia; Navickas, Valentinas; Svazas, Mantas. Biomass blockchain as a factor of energetical sustainability development // 16th international conference on social sciences, 23-24 November, 2018, Paris, France: abstract book. Paris : European Center for Science Education and Research (EUSER), 2018. ISBN 9788890970023. p. 122.
- Švažas, Mantas; Navickas, Mykolas. Paradigm shift of logistics clusters competitive advantage in modern economy // 12th international scientific-methodical-practical conference on sustainable regional development: Economics, Management, Technology and Law Opportunities 2017, Klaipėda, Lithuania, 27-28 October 2017 : abstract book. Klaipėda : Lietuvos verslo kolegija, 2017. ISBN 9789955189596. p. 26-27.

SL344. 2020-05-19, 25 leidyb. apsk. I. Tiražas 14 egz.

Išleido Kauno technologijos universitetas, K. Donelaičio g. 73, 44249 Kaunas  
Spausdino leidyklos „Technologija“ spaustuvė, Studentų g. 54, 51424 Kaunas

