

Virgilijus DIRMA

DAKTARO DISERTACIJA

**ATSINAUJINANČIŲ ENERGIJOS
IŠTEKLIŲ NAUDOJIMO
POVEIKIO EKONOMIKOS
AUGIMUI VERTINIMAS**

**SOCIALINIAI MOKSLAI,
EKONOMIKA (S 004)**
VILNIUS, 2025



Mykolas Romeris
universitetas

MYKOLO ROMERIO UNIVERSITETAS

Virgilijus Dirma

ATSINAUJINANČIŲ ENERGIJOS IŠTEKLIŲ
NAUDOJIMO POVEIKIO EKONOMIKOS
AUGIMUI VERTINIMAS

Mokslo daktaro disertacija
Socialiniai mokslai, ekonomika (S 004)

Vilnius, 2025

Mokslo daktaro disertacija rengta 2016–2024 metais Mykolo Romerio universitete pagal Vytauto Didžiojo universitetui su ISM Vadybos ir ekonomikos universitetu, Mykolo Romerio universitetu ir Vilniaus universitetu Lietuvos Respublikos švietimo, mokslo ir sporto ministro 2019 m. vasario 22 d. įsakymu Nr. V-160 suteiktą doktorantūros teisę.

Mokslinė vadovė:

prof. habil. dr. Žaneta Simanavičienė (Mykolo Romerio universitetas, socialiniai mokslai, ekonomika, S 004).

Mokslo daktaro disertacija ginama Vytauto Didžiojo universiteto, ISM Vadybos ir ekonomikos universiteto, Mykolo Romerio universiteto ir Vilniaus universiteto Šiaulių akademijos Ekonomikos mokslo krypties taryboje:

Pirmininkė:

prof. dr. Asta Vasiliauskaitė (Mykolo Romerio universitetas, socialiniai mokslai, ekonomika, S 004).

Nariai:

prof. dr. Valdonė Darškuvienė (ISM Vadybos ir ekonomikos universitetas, socialiniai mokslai, ekonomika, S 004);

doc. dr. Žaneta Karazijienė (Mykolo Romerio universitetas, socialiniai mokslai, ekonomika, S 004);

prof. habil. dr. Marek Szarucki (Krokuvos ekonomikos universitetas, Lenkijos Respublika, socialiniai mokslai, ekonomika, S 004);

prof. dr. Vlada Vitunskienė (Vytauto Didžiojo universitetas, socialiniai mokslai, ekonomika, S 004).

Mokslo daktaro disertacija bus ginama viešame Ekonomikos mokslo krypties tarybos posėdyje 2025 m. rugsėjo 25 d. 11 val. Mykolo Romerio universitete, I-414 auditorijoje.

Adresas: Ateities g. 20, LT-08303 Vilnius, Lietuva.

TURINYS

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS	4
LENTELIŲ SĄRAŠAS	5
ĮVADAS	8
1. ATSINAUJINANČIŲ ENERGIJOS IŠTEKLIŲ NAUDOJIMO POVEIKIO EKONOMIKOS AUGIMUI TYRIMO TEORINĖS NUOSTATOS	14
1.1. Atsinaujinančių energijos išteklių samprata ir rūšys	14
1.1.1. Atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo poveikio aplinkai ir galimybių teoriniai aspektai	20
1.2. Atsinaujinančių išteklių panaudojimo atspindys ekonomikos augimo teorijose	25
1.3. Atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo poveikio ekonomikos augimui teorinė analizė	28
1.3.1. Atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo poveikio ekonomikos augimui vertinimas	32
1.3.2. Atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo poveikio ekonomikos augimui teoriniai vertinimo metodai	42
2. ATSINAUJINANČIŲ ENERGIJOS IŠTEKLIŲ NAUDOJIMO POVEIKIO EKONOMIKOS AUGIMUI TYRIMO METODOLOGIJA	46
2.1. Atsinaujinančių energijos išteklių poveikio ekonomikai tyrimo modelio ekonometrinė specifikacija	46
2.2. Tyrimo kintamųjų ir empirinio tyrimo modelių specifikacijos principai	47
2.3. Įverčių apskaičiavimo būdų įvairovės apibūdinimas	57
2.4. Modelio prielaidų testavimas	58
3. ATSINAUJINANČIŲ ENERGIJOS IŠTEKLIŲ NAUDOJIMO POVEIKIO EKONOMIKOS AUGIMUI TYRIMAS	63
3.1. Įverčių apskaičiavimo būdo nustatymas ir modelių prielaidų testavimas	63
3.2. Ekonomikos augimo veiksnių tyrimo rezultatai	67
IŠVADOS	87
LITERATŪRA	92
SANTRAUKA	107
MOKSLINIŲ PUBLIKACIJŲ SĄRAŠAS	122
SUMMARY	125

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 pav. Loginė disertacinio tyrimo struktūra	13
2 pav. Atsinaujinantys energijos ištekliai (Algarni et al., 2023; Farghali et al., 2023; Osman et al., 2023; Adanma & Ogunbiyi, 2024; Gayen et al., 2024).....	15
3 pav. Atsinaujinančių energijos išteklių poveikis įvairioms sritims	23
4 pav. Atsinaujinančių išteklių naudojimo pridėtinės vertės supratimo lygiai.....	29
5 pav. Atsinaujinančių energijos išteklių socialinis-ekonominis poveikis	30
6 pav. Priežastinio ryšio tarp atsinaujinančių energijos išteklių ir ekonominio augimo mechanizmai	39
7 pav. Atsinaujinančių išteklių naudojimo poveikio ekonomikos augimui vertinimo modelis (sudaryta autoriaus)	62
8 pav. Ribinis a) suvartotos energijos iš atsinaujinančių energijos šaltinių dalies energetiniame balanse (%) ir b) energijos generavimo iš atsinaujinančių energijos šaltinių pajėgumų dalies bendruose pajėgumuose (%) poveikis ekonomikos augimui modeliuojant jį kaip antrojo laipsnio polinomą. Grafikų pagrindas – 9 lentelės skaičiavimų rezultatai	75
9 pav. Suvartotos energijos iš atsinaujinančių energijos šaltinių dalies energetiniame balanse (%) poveikis ekonomikos augimui, kai šį poveikį moderuoja a) priklausomybė nuo importuojamo kietojo iškastinio kuro (%), b) priklausomybė nuo importuojamos naftos ir naftos produktų (%), c) priklausomybė nuo importuojamos gamtinių dujų (%) ir d) priklausomybė nuo importuojamos elektros energijos (%). Grafikų pagrindas – X5a lentelės skaičiavimų rezultatai	80
10 pav. Energijos generavimo iš atsinaujinančių energijos šaltinių pajėgumų dalies bendruose pajėgumuose (%) poveikis ekonomikos augimui, kai šį poveikį moderuoja a) priklausomybė nuo importuojamo kietojo iškastinio kuro (%), b) priklausomybė nuo importuojamos naftos ir naftos produktų (%), c) priklausomybė nuo importuojamos gamtinių dujų (%) ir d) priklausomybė nuo importuojamos elektros energijos (%). Grafikų pagrindas – X5b lentelės skaičiavimų rezultatai.....	83
11 pav. a) suvartotos energijos iš atsinaujinančių energijos šaltinių dalies energetiniame balanse (%) ir b) energijos generavimo iš atsinaujinančių energijos šaltinių pajėgumų dalies bendruose pajėgumuose (%) poveikis ekonomikos augimui, kai šį poveikį moderuoja vėsavimo ir šildymo dienolaipsnių skaičius kartu. Grafikų pagrindas – 13 lentelės skaičiavimų rezultatai	86

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 lentelė. Pagrindinių atsinaujinančių išteklių privalumai ir trūkumai	19
2 lentelė. Mokslininkų tyrimui pasirinktų valstybių ir laikotarpių apibendrinimas ...	35
3 lentelė. Atsinaujinančių energijos išteklių poveikio ekonomikai vertinimo metodai	46
4 lentelė. Kintamųjų (priklausomas modelio kintamasis ir ekonomikos augimo vektorių vektorius X) pavadinimai, jų trumpiniai ir aprašomoji statistika	48
5 lentelė. Kintamųjų (atsinaujinantys energijos šaltiniai) pavadinimai, jų trumpiniai ir aprašomoji statistika	50
6 lentelė. Kintamųjų (mediatorių) pavadinimai, jų trumpiniai ir aprašomoji statistika	54
7 lentelė. (2) ir (4) lygčių fiksuotų efektų įverčiai. Pirmos hipotezės (H1) tikrinimo rezultatai. Priklausomas kintamasis – vidutiniai persidengiantys penkerių metų būsimi ekonomikos augimo tempai	64
8 lentelė. (5) lygties fiksuotų efektų įverčiai. Patvirtinančios/patikslinančios subhipotezės (H1a) tikrinimo rezultatai. Priklausomas kintamasis – vidutiniai persidengiantys penkerių metų būsimi ekonomikos augimo tempai	68
9 lentelė. (6) lygties fiksuotų efektų įverčiai. Patvirtinančios/patikslinančios subhipotezės (H1b) tikrinimo rezultatai. Priklausomas kintamasis – vidutiniai persidengiantys penkerių metų būsimi ekonomikos augimo tempai	72
10 lentelė. (7) lygties fiksuotų efektų įverčiai. Patvirtinančios/patikslinančios subhipotezės (H1c) tikrinimo rezultatai. Priklausomas kintamasis – vidutiniai persidengiantys penkerių metų būsimi ekonomikos augimo tempai	75
11 lentelė. Aštuntos (8) lygties fiksuotų efektų įverčiai. Antros hipotezės (H2) tikrinimo rezultatai. Priklausomas kintamasis – vidutiniai persidengiantys penkerių metų būsimi ekonomikos augimo tempai	78
12 lentelė. (8) lygties fiksuotų efektų įverčiai. Antros hipotezės (H2) tikrinimo rezultatai. Priklausomas kintamasis – vidutiniai persidengiantys penkerių metų būsimi ekonomikos augimo tempai	81
13 lentelė. (11) lygties fiksuotų efektų įverčiai. Trečios hipotezės (H3) tikrinimo rezultatai. Priklausomas kintamasis – vidutiniai persidengiantys penkerių metų būsimi ekonomikos augimo tempai	84

PAGRINDINIŲ SĄVOKŲ ŽODYNAS

Atsinaujinantys energijos ištekliai (angl. renewable energy sources) – ištekliai, gautami iš natūralių šaltinių, kurie atsinaujina ir yra natūrali žemės ciklo dalis (Hagen, 2016; Ma et al., 2009), kurie natūraliai atsinaujina per trumpą laikotarpį ir gali būti naudojami nuolat, nes jų atsargos papildomos greičiau nei jos suvartojamos (Obaiden et al., 2023).

Ekonominis augimas – tai ilgalaikis realaus bendrojo vidaus produkto (BVP) arba realaus BVP vienam gyventojui padidėjimas, atspindintis šalies ekonominės veiklos augimą per tam tikrą laikotarpį (Cervellati, Meyerheim & Sunde, 2023).

Ekonominė plėtra – tai procesas, apimantis ne tik ekonominį augimą, bet ir struktūrinius pokyčius, kurie lemia ilgalaikį gyvenimo kokybės gerėjimą, įskaitant švietimo, sveikatos apsaugos, infrastruktūros ir institucijų stiprinimą (Levine & Tantardini, 2023).

Tvarus vystymasis (angl. sustainable development) – į šviesią aplinką ir racionalų išteklių naudojimą orientuota subalansuota plėtra, tenkinanti dabarties poreikius ir nekenkianti ateities kartų galimybėms patenkinti savo poreikius (Spangenberg, 2005; Brundtland Commission, 1987).

Energetinis saugumas – tai gebėjimas užtikrinti nepertraukiamą energijos tiekimą už prieinamą kainą, atsižvelgiant į tiekimo prieinamumą, įperkamumą, prieinamumą ir priimtinumą (Cherp ir Jewell, 2014).

Energetinė priklausomybė – tai šalies pažeidžiamumas dėl išorinių energijos tiekimo šaltinių, ypač kai šie šaltiniai gali būti panaudoti kaip geopolitinio spaudimo priemonė (Boute, 2023).

Šiltnamio efektą sukeliančios dujos – tai atmosferoje esančios dujos, kurios sugečia ir skleidžia infraraudonąją spinduliuotę, prisidedant prie Žemės paviršiaus šilimo (IPCC, 2023).

Tvari energetikos sistema – tokia, kuri užtikrina ilgalaikį energijos tiekimą, atsižvelgiant į ekonominius, aplinkosauginius ir socialinius aspektus, siekiant patenkinti dabartinius poreikius nepakenkiant ateities kartų galimybėms (Alonso et al., 2023).

Žiedinė ekonomika – tai ekonomikos modelis, kuris siekia sumažinti atliekų kiekį ir maksimaliai išnaudoti išteklius per produktų perdirbimą, pakartotinį naudojimą ir ilgaamžiškumą (Figge et al., 2023).

Vartotojų preferencijos (angl. consumer preferences) – subjektyvus prekių, paslaugų ar jų rinkinių vertinimas pagal individualų jų teikiamą naudingumą (Liao et al., 2017; Helveston et al., 2015).

SANTRUMPOS

AEI – atsinaujinantys energijos ištekliai

BVP – bendrasis vidaus produktas

CO₂ – anglies dioksidas

EBPO / OECD – Ekonominio bendradarbiavimo ir plėtros organizacija

ES – Europos Sąjunga

TEA / IEA – Tarptautinė energetikos agentūra

IRENA – Tarptautinė atsinaujinančių energijos išteklių agentūra

MTEP – moksliniai tyrimai ir eksperimentinė plėtra

ŠESD – „šiltnamio efektą“ sukeliančios dujos

ESG – aplinkosaugos, socialinės atsakomybės ir valdysenos kriterijai

IPPC – tarpvyriausybė klimato kaitos komisija

ISO – Tarptautinė standartizacijos organizacija

IVADAS

Temos aktualumas. Šiuolaikiniame, nuolat besikeičiančiame ir globalizacijos paveiktame pasaulyje atsinaujinančių energijos išteklių plėtros poveikio vertinimas yra vienas svarbiausių procesų, siekiant įvertinti galimą aplinkos, ekonominį ir socialinį poveikį, kuris kyla diegiant ir plėtojant šiuos išteklius. Šiame vertinime turi būti analizuojami įvairūs aspektai, tokie, kaip CO₂ emisijos mažinimo galimybės, energijoje tiekimo saugumo gerinimas, žmonių gerovės užtikrinimas bei neigiamas poveikis ekosistemai ir biologinei įvairovei (Kumler et al., 2025). Per pastarąjį dešimtmetį pagrindine aplinkosaugos problema tapo klimato kaita ir padidėjusi oro tarša, todėl klimato kaitos švelninimo ir taršos mažinimo politika yra du esminiai pasaulinės aplinkosaugos politikos prioritetai. Dauguma mokslininkų (Pahle, 2016; Bortoluzzi et al., 2021; Algarni et al., 2023; Farghali et al., 2023; Orlando et al., 2023; Osman et al., 2023; Rocha et al., 2023; Adanma & Ogunbiyi, 2024; Gayen et al., 2024) teigia, kad sprendžiant klimato kaitos problemą, būtina informuoti visuomenę apie alternatyvių energijos išteklių naudojimo galimybes. Teigiama, kad perėjimas prie atsinaujinančių energijos išteklių bus visokeriopai naudingas, nes bus skatinamos technologinės inovacijos, didinama ekonominė nauda ir gerinama globalios energijos sistemos (Lin et al., 2025). Naudojant tokius alternatyvius išteklius, kaip saulės, vėjo ar vandens, stengiamasi gauti švaresnę ir pigesnę energiją, todėl alternatyvių išteklių naudojimas energetikos srityje iš dalies padeda atsisakyti taršių energijos išteklių naudojimo, įgyti energetinę nepriklausomybę nuo iškastinio kuro naudojimo bei gauti ekonominę naudą (Sulich & Soloduchko-Pelc, 2022). Energetikos sektoriaus plėtra ir inovacijų diegimas energetikos srityje yra vieni iš pagrindinių veiksmų, skatinančių tvarią plėtrą, todėl disertacijoje daugiausia dėmesio yra skiriama atsinaujinančių išteklių naudojimo poveikiui ekonomikai, analizuojant šį poveikį per energetikos sektoriaus plėtros prizmę.

Šiuo metu labai opi tapo pasaulinio atšilimo ir klimato kaitos problema, kurios pasekmės matomos visose srityse, tarp jų labiausiai ekonomikos, aplinkosaugos ir socialinėje. Neišvengiamas gyventojų skaičiaus augimas ir ekonominė plėtra daugelyje šalių turi neigiamą poveikį aplinkai, nes energijos gamybos procesai yra kenksmingi ir teršia ekosistemą. Šiuo metu žinoma, kad iškastinis kuras, branduolinė energija ir atsinaujinantys ištekliai yra pagrindiniai šiandien prieinami energijos tipai (Algarni et al., 2023).

Energija yra pagrindinis žmogaus gerovės kūrimo elementas, kuris yra reikšmingas didinant ekonominę naudą, užtikrinant tvarią plėtrą bei siekiant skurdo mažinimo (Augutis et al., 2011; Adedoyin et al., 2023). Energija yra unikalūs gamybos veiksnys, svarbus tiek vystant ekonomiką, tiek ir puoselėjant visuomenės gerovę. Siekiant išvengti neigiamo poveikio aplinkai, išryškėja poreikis keisti iškastinį kurą alternatyviu. Energijos naudojimo efektyvumo ir atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimo didinimas yra pagrindiniai šiltnamio dujų emisijų mažinimo būdas bei pagrindinis Europos Sąjungos (toliau - ES) energetikos ir klimato kaitos švelninimo politikos tikslas (Monbiot, 2007; Hamid et al., 2007; Wilson & Dowlatabani, 2007; Levenda et al., 2021; Alsagr, 2023). Inovatyvių technologijų taikymas ir atsinaujinančių energijos

išteklių naudojimas padeda apsaugoti aplinką nuo neigiamo poveikio ir sumažinti išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį. Energija laikoma pagrindiniu veiksniu kuriant žmogaus gerovę, taigi ekonomikos ir tvarumo vystymosi bei skurdo mažinimo komponentas yra reikšmingas bet kurioje pasaulio valstybėje. Energija laikoma viena iš pagrindinių ekonomikos augimo varomųjų jėgų (Augutis et al., 2011). Galima teigti, jog pastaruoju metu Europos Sąjungos energetikos sektorius susiduria su trimis pagrindiniais aspektais: energijos tiekimo saugumu, konkurencingumu ir energetikos sektoriaus tvarumu. Energija yra bet kokio gamybos proceso esmė ir ji yra būtina ekonominiam valstybės augimui. Energija yra nepakeičiamas gamybos veiksnys, kuris prisideda prie tautų ekonominio vystymosi ir gerovės (Adedoyin et al., 2023). Žmogaus civilizacijos pažanga remiasi didele dalimi energijos ir toliau augant žmonių visuomenei, energijos poreikiai vis didėja.

Energija, gaunama iš iškastinio kuro, labai prisideda prie pasaulinės klimato kaitos – jos generavimas sąlygoja daugiau nei 75 proc. šiltnamio efektą sukeliančių dujų ir maždaug 90 proc. viso anglies dioksido išmetimą, todėl alternatyvi energija iš atsinaujinančių šaltinių turi būti naudojama energetikos sektoriui dekarbonizuoti. Pasaulinės aplinkos taršos kontekste ypatingai išryškėja atsinaujinantys energijos ištekliai, kurie laikomi pagrindiniu veiksniu, galinčiu padėti ekonomikai kovoti su pasaulinio masto grėsme. Svarbu tik paminėti, kad neigiamas klimato kaitos poveikis, pvz. temperatūros padidėjimas, ekstremalūs vėjai, kylantis jūros lygis ir sumažėjęs kritulių kiekis gali turėti neigiamos įtakos atsinaujinančių energijos išteklių naudojimui (Osman et al., 2023), bet iš pradžių svarbu suprasti, kas yra tie atsinaujinantys ištekliai ir kuo jie yra ypatingi.

Moksliniuose darbuose apie atsinaujinančius energijos išteklius (šaltinius) ir jų poveikį ekonomikai buvo pradėta kalbėti po 1973 m. naftos krizės. Atsinaujinantys energijos ištekliai yra gyvybiškai svarbus veiksnys siekiant tvaraus ekonominio augimo. Svarbu pastebėti, kad ekonominei gerovei grėsmę kelia tokios aplinkybės, kaip padidėjęs energijos poreikis, dėl kurio greitai išaugo tradicinių energijos šaltinių naudojimas (Sebri, 2015). Dėl riboto iškastinio kuro atsargų ir padidėjusio energijos sunaudojimo, dabartiniame pasaulyje nebeįmanoma pasikliauti vien iškastinės energijos ištekliais ir Europos Sąjungos šalis tapo vienos iš labiausiai pažeidžiamų dėl didelės priklausomybės nuo energijos importo ir energijos išteklių trūkumo (Liu et al., 2019). Žinoma, kad pakeitus iškastinį kurą atsinaujinančia energija būtų sumažintas energijos importas, padidintas energijos tiekimo saugumas, išspręsti aplinkosaugos klausimai ir padidintas energijos efektyvumas (Gökgöz & Güvercin, 2018).

Mokslininkai taip pat nuolat analizuoja atsinaujinančios energetikos ilgalaikę naudą šalies ekonomikai ir pradinių investicijų poreikį. Orlando et al. (2023) ir Adanma & Ogunbiyi (2024) pateiktos įžvalgos pabrėžia strateginių investicijų į atsinaujinančią energiją svarbą, pabrėžiant ekonomikos taupymo, didesnio pelningumo ir aplinkos tvarumo potencialą. Siekiant užtikrinti patikimą, nebrangų, ekologišką elektros energijos šaltinį šaliai ir izoliuotoms bendruomenėms, viena iš alternatyvų yra surinkti tvarią energiją. Būtina pastebėti, kad ekonominės plėtros procesai ir ekonominis augimas didina ir energijos sunaudojimą pasaulyje, todėl siekiant užtikrinti tvarią plėtrą

ir ekonomikos augimą, skatinama mažinti tradicinių energijos šaltinių naudojimą. Atsinaujinantys energijos šaltiniai visame pasaulyje tapo gyvybiškai svarbiu komponentu tvaraus vystymosi kontekste ir būtent nuo jų priklausys tvarumas ateityje. Tvariam vystymuisi reikia pereiti nuo iškastinio kuro prie priklausomybės nuo švaresnių energijos šaltinių. Šios transformacijos pagrindinis komponentas yra atsinaujinanti energija, kuri žada mažiau neigiamo poveikio aplinkai (Osman et al., 2022). Perėjimas prie atsinaujinančios energijos yra būtinas norint sumažinti pasaulio ekonomines problemas, anglies dioksido išmetimą ir sušvelninti pasaulinę klimato kaitą (Levenda et al., 2021), nes priešingai nei iškastinis kuras, atsinaujinantys energijos šaltiniai sukelia mažesnį šiltnamio efektą ir dujų emisiją (Alsagr, 2023). Aplinkai nekenksmingos energijos paslaugos gali padėti kurti tvarią ir saugią energiją, sušvelninti klimato kaitos poveikį ir sumažinti neigiamą poveikį aplinkai. Atsinaujinančios energijos gamyba ir technologinės naujos yra sugretinamos vertinant atsinaujinančių energijos išteklių plėtrą (Yang & Zhan, 2024). Priešingai nei iškastinis kuras, atsinaujinantys energijos šaltiniai mažiau teršia aplinką, todėl atsinaujinantys energijos šaltiniai turi didelę potencialą prisidėti prie ekonominio, socialinio ir aplinkosaugos energijos tvarumo, nes energijos ištekliai yra labiau prieinami, mažiau teršalų patenka į aplinką, o kartu atsiranda socialinės ir ekonominės plėtros galimybės.

Empiriniai rezultatai taip pat rodo, kad atsinaujinančios energijos gamyba paprastai skatina energetinį saugumą. Atsinaujinančių energijos išteklių taikymas labai padeda sumažinti riziką, susijusią su proceso gamyba ir energijos kainų svyravimais (Lucas et al., 2016). Atsižvelgiant į kainą, prieinamumą ir technologiją atsinaujinančių energijos šaltinių plėtra komerciniam naudojimui yra ekonomiškai pranašesnė už iškastinio kuro technologijas (Valentine, 2011; He & Shen, 2019; Miremadi et al., 2019). Be to, yra glaudus ryšys tarp energijos naudojimo ir aplinkosaugos problemų, kurias taip pat pabrėžė Europos Komisija. Atsinaujinantys ištekliai gali automatiškai atsinaujinti, o neatsinaujinančios medžiagos negali, todėl iškastinis kuras turėtų būti naudojamas saikingai. Atsinaujinantys energijos šaltiniai ir yra apibrėžiami kaip energijos šaltinis, kurio atsiradimą lemia gamtos veiksniai ir todėl yra „atnaujinamieji“. Atsinaujinantys energijos šaltiniai yra neriboti, jų tiekimas yra nuolatinis, tačiau apimantis technologinius, ekonominius, politinius ir socialinius procesus (Harris & Roach, 2014). Tyrimai (Keles & Bilgen, 2012) atskleidžia, jog atsinaujinantys energijos šaltiniai taip pat turi būti tvarūs, nesibaigiantys ir nekenkiantys aplinkai, atsinaujinanti energija ilgojo laikotarpio perspektyvoje turi būti nebrangi ir patenkinanti visuomenės poreikius. Svarbu įvertinti jų naudą ir iššūkius mažinant šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimą, mažinant žalą aplinkai ir skatinant ilgalaikį tvarumą (Osman et al., 2022).

Pastebėtina, kad atsinaujinantieji energijos ištekliai (vėjo, saulės energija, aeroterminiai, geoterminiai, hidroterminiai ištekliai ir vandenynų energija, hidroenergija, biomasė, sąvartynų dujos, nuotekų perdirbimo įrenginių dujos ir biologinės dujos) yra alternatyva iškastiniam kurui ir padeda mažinti išmetamą šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį ir įvairinti energijos tiekimą. Pastaraisiais metais priimta daug ES teisės aktų (pvz. 2014-2020 m. Valstybės pagalbos gairės aplinkos apsaugos ir energetikos srityse; Atsinaujinančių išteklių energijos vartojimo pažangos ataskaita. Komisijos ataskaita

Europos Parlamentui, Tarybai, Europos ekonomikos ir socialinių reikalų komitetui ir regionų komitetui; Atsinaujinančios energijos pramonės planas Lietuvai; Atsinaujinančios energijos technologijų planas), kuriuose skatinama naudoti atsinaujinančiuosius energijos išteklius. ES vadovai nustatė tikslą ne vėliau kaip iki 2030 m. užtikrinti, kad 50 proc. ES suvartojamos energijos būtų gaunama iš atsinaujinančiųjų energijos išteklių, taip pat įsipareigota siekti ambicingo tikslo iki 2050 m. tapti pirmuoju pasaulyje klimatui neutraliu žemynu. Ekspertai teigia, kad atsinaujinantys energijos ištekliai iki 2030 m. galėtų užtikrinti 65% viso pasaulio elektros tiekimo, o iki 2050 m galėtų apimti 90 % elektros pramonės, žymiai sumažinti anglies dvideginio išmetimą bei prisidėti prie klimato kaitos švelninimo (Osman et al., 2023; Rocha et al., 2023).

Tyrimo mokslinė problema: kaip augantis atsinaujinančiųjų energijos išteklių naudojimas paveiks ekonomikos augimą. Taigi, siekiama rasti sprendimą – kaip įvertinti atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo poveikį ekonomikai socialiniame, politiniame, aplinkosaugos ir ekonominiame kontekste.

Mokslinio tyrimo objektas – atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo poveikis ekonomikos augimui.

Tyrimo tikslas – teoriškai pagrindus atsinaujinančių energijos išteklių naudojimą, parengti metodiką atsinaujinančių energijos išteklių poveikio ekonomikos augimui vertinti ir ją empiriškai patikrinti ES šalių kontekste.

Siekiant užsibrėžto tikslo buvo iškelti tokie **tyrimo uždaviniai**:

1. Išanalizuoti atsinaujinančių energijos išteklių sampratos interpretacijas ir jų naudojimo vertinimo požiūrius.
2. Atskleisti atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo reikšmę tvariam ekonomikos augimui užtikrinti.
3. Nustatyti metodus, tinkamus atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo poveikiui vertinti.
4. Sukurti metodiką atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo poveikiui ekonomikos augimui vertinti.
5. Įvertinti atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo poveikį ekonomikos augimui ES šalyse.

Tyrimo metodai

Teorinė dalis pagrįsta mokslinės literatūros analize ir sinteze, dedukcijos ir indukcijos bei kitais bendraisiais moksliniais tyrimo metodais. Empirinio tyrimo atlikimui naudojama *lyginamoji duomenų analizė ir matematinės statistikos metodai, ekonometrinis modeliavimas, remiantis panelinių duomenų modeliais tokiais kaip mažiausių kvadratų, fiksuotų ir atsitiktinių efektų. Visi reikalingi statistiniai duomenys rinkti iš Eurostat duomenų bazės.*

Darbo mokslinis naujumas ir praktinė reikšmė

Rengiant disertaciją buvo gauti šie ekonomikos mokslui nauji rezultatai:

1. Atlikta atsinaujinančių energijos išteklių sampratos koncepcijų ir požiūrių analizė, kuri atskleidė šios sąvokos daugialypiškumą ir platų jos pritaikomumą įvairioms problemoms nagrinėti, tarp jų ekonomikos augimui vertinti.
2. Atsinaujinančių energijos išteklių taikymas padeda sumažinti riziką, susijusią su gamyba ir energijos kainų svyravimais, todėl atskleistas glaudus ryšys tarp energijos vartojimo ir aplinkosaugos problemų;
3. Sukurta atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo poveikio ekonomikos augimui vertinimo metodika, pritaikyta statistiniams duomenims, dėl to yra išvengiama subjektyvaus požiūrio, bet remiamasi objektyviais vertinimais;
4. Sukurta atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo poveikio vertinimo metodika ir atliktas empirinis tyrimas gali būti pritaikytas ekonomikos augimui vertinti, kartu modeliuojant ateities situacijas ir jų galimą poveikį.

Ginamieji teiginiai

1. Atsinaujinančių energijos išteklių naudojimas daro teigiamą įtaką ekonomikos augimui.
2. Parengta atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo vertinimo metodika leidžia vertinti poveikį ekonomikos augimui eliminuojant subjektyvaus pobūdžio problemas.

Darbe iškeltos hipotezės

Siekiant įvertinti atsinaujinančių energijos išteklių poveikį ekonomikos augimui svarbu patikrinti ir pagrindines hipotezes. Jų darbe yra iškeltos 3 (trys):

- H1: Perėjimas prie atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo lėtina ekonomikos augimą.
- H2: Perėjimas prie atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo daro mažesnę neigiamą poveikį ekonomikos augimui kai šalis yra labiau priklausoma nuo importuojamų energijos šaltinių.
- H3: Ekstremalesnis klimatas mažina neigiamą perėjimo prie atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo poveikį ekonomikos augimui.

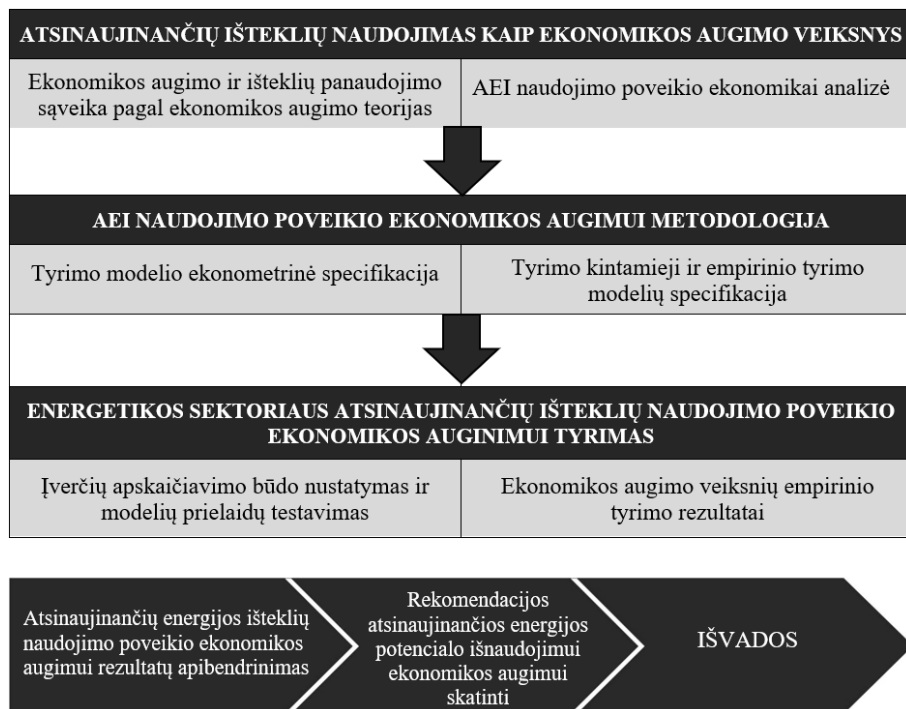
Darbo struktūra

Darbas yra sudarytas iš trijų pagrindinių dalių. Pirmoje dalyje yra apžvelgtos atsinaujinančių energijos išteklių koncepcijos, atlikta ekonomikos augimo teorijų analizė iš energetinių išteklių naudojimo perspektyvos. Taip pat atlikta atsinaujinančių energijos išteklių ir jų plėtros kryptį atskiruose ekonomikos sektoriuose analizė.

Siekiant pagrįsti temos aktualumą ir įvertinti temos ištyrimo lygį buvo atlikta kitų empirinių tyrimų, nagrinėjant atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo įtaką ekonomikai, analizė, kurios metu išskirti pagrindiniai veiksniai, kurie padeda įvertinti skirtingų veiksnių poveikį ekonomikai. Antroje dalyje remiantis moksline literatūra, kitų tyrimų pagrindu ir autoriaus išvalgomis buvo sudarytas poveikio ekonomikos

augimui vertinimo modelis, kuris trečioje dalyje buvo praktiškai aprobuotas, įvertinant atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo poveikį ekonomikos augimui ES šalių bloke.

Disertacijos loginė struktūra. Disertaciją sudaro įvadas, trys skyriai, išvados, literatūros sąrašas, ir priedai. Disertacijos loginė struktūra pateikta 1 pav.



1 pav. Loginė disertacinio tyrimo struktūra

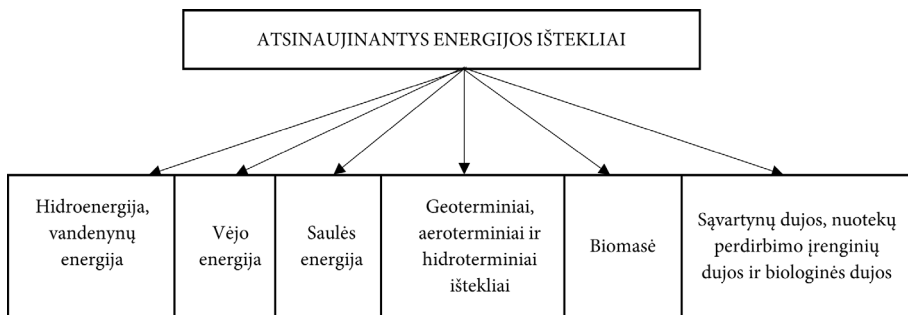
1. ATSINAUJINANČIŲ ENERGIJOS IŠTEKLIŲ NAUDOJIMO POVEIKIO EKONOMIKOS AUGIMUI TYRIMO TEORINĖS NUOSTATOS

Šiuolaikinėje visuomenėje siekiant darnaus vystymosi tikslų įgyvendinimo atsiranda poreikis naudoti atsinaujinančius išteklius bei vertinti atsinaujinančių energijos išteklių ekonominį ir aplinkosauginį poveikį atsižvelgiant į regioną, šalį ar kitus panašius aspektus. Mokslininkai (Bortoluzzi et al., 2021; Algarni et al., 2023; Osman et al., 2023; Adanma & Ogunbiyi, 2024; Gayen et al., 2024) teigia, kad perėjimas prie atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo skatina globalių energijos sistemų gerinimą, didina šalies ekonominę naudą bei skatina technologines inovacijas. Be to, turi aplinkosauginį poveikį ir veikia Vyriausybės politiką, nes atsinaujinančių energijos išteklių naudojimas teigiamai veikia naujų darbo vietų kūrimą, energijos kainų stabilizavimą, rinkos dinamiką, o ypatingai sąlygoja taršos bei klimato kaitos mažinimą (Osman et al., 2022; Zheng & Wong, 2024). Atsinaujinantieji energijos ištekliai yra modernios visuomenės šerdis, kuri yra paremta ne tik pagrindinių, kasdienių žmonių poreikių patenkinimu, bet ir pagrindinių pasaulio ekonomikos procesų ir kartu tvarumo įgyvendinimu. Taip kartu užtikrinamas ir tvarios ateities siekis.

Šiame skyriuje daugiau dėmesio yra skirta atsinaujinančių energijos išteklių sampratų, rūšių ir jų kitų ypatumų atskleidimui. Taip pat yra vertinamas ekonomikos augimo ir atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo ryšys atskleidžiant ekonomikos augimo teorijų ypatumus bei kitus teorinius atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo poveikio ekonomikos augimui aspektus.

1.1. Atsinaujinančių energijos išteklių samprata ir rūšys

Atsinaujinantys energijos ištekliai, dar vadinami alternatyvia energija, yra tie, kurie gali būti vėl panaudoti energijai generuoti. Tai energijos ištekliai gamtoje, kurių atsiradimą ir atsinaujinimą nulemia gamtos vyksmai: saulės šviesa, vėjas, upių tekėjimas, jūrų bangavimas, potvyniai ir atoslūgiai, biomasės augimas, geoterminė energija, nes žemė ir ištekliai, įskaitant saulės šviesą, orą, kritulius, bangas ir geoterminę energiją yra pagrindiniai atsinaujinančių energijos išteklių pavyzdžiai (Algarni et al., 2023). Galima pastebėti, kad daugelyje literatūros šaltinių (Tarptautinė energetikos agentūra 2010; Timmons & Harris, 2014; Valodka & Valodkienė 2015; Christian & Vintila, 2017; Algarni et al., 2023; Farghali et al., 2023; Osman et al., 2023; Adanma & Ogunbiyi, 2024; Gayen et al., 2024; Khurshid et al., 2024; Liang & Pirouzi, 2024) atsinaujinantys energijos šaltiniai yra apibrėžiami kaip tie, kurie atsiranda iš gamtos ir natūralių jos procesų, t. y. vėjo, saulės, biomasės, hidroenergijos, vandens, geoterminės energijos ir kt.. Pagrindinės atsinaujinančių energijos išteklių rūšys pateiktos 2 paveiksle (Gayen et al., 2024; Khurshid et al., 2024).



2 pav. *Atsinaujinantys energijos ištekliai (Algarni et al., 2023; Farghali et al., 2023; Osman et al., 2023; Adanma & Ogunbiyi, 2024; Gayen et al., 2024)*

2 pav. matoma atsinaujinančių energijos išteklių klasifikacija į: vėjo, saulės energiją, aeroterminus, geoterminus, hidroterminus išteklius ir vandenynų energiją, hidroenergiją, biomasę, sąvartynų dujas, nuotekų perdirbimo įrenginių dujas ir biologines dujas (Tarptautinė energetikos agentūra 2010; Timmons & Harris, 2014; Valodka & Valodkienė 2015; Christian & Vintila, 2017; Algarni et al., 2023; Farghali et al., 2023; Osman et al., 2023; Gayen et al., 2024; Khurshid et al., 2024; Liang & Pirouzi, 2024). Saulės, vėjo, biomasės, geoterminė energija, hidroenergija ir vandenynų ištekliai, biodegalai ir vandenilis gauti iš atsinaujinančių energijos šaltinių. Atsinaujinančių energijos išteklių įstatyme (2011) atsinaujinančių išteklių energija yra apibrėžiama kaip energija iš atsinaujinančių neiškastinių išteklių: vėjo, saulės energija, aeroterminiai, geoterminiai, hidroterminiai ištekliai ir vandenynų energija, hidroenergija, biomasė, biodujos, įskaitant sąvartynų ir nuotekų perdirbimo įrenginių dujas, taip pat kitų atsinaujinančių neiškastinių išteklių, kurių panaudojimas technologiškai yra galimas dabar arba bus galimas ateityje, energija.

Greičiausia plėtra pastaruosius dešimtmečius vyksta hidroenergijos, vėjo ir saulės energijos srityse. Vertinant kiekvieną atsinaujinančios energijos rūšį yra išvelgiami atsinaujinančių energijos išteklių privalumai ir trūkumai. Valodkos ir Valodkienės (2015) teigimu, atsinaujinančius energijos šaltinius sudaro gamtiniai šaltiniai, atsirandantys iš natūralių procesų – vėjas, biomasė, saulė, geoterminė ir vandens energija. Atsinaujinantys energijos šaltiniai apima pagrindines energetikos technologijas ir jie yra neriboti. Toliau aptartas kiekvienas iš galimų atsinaujinančių energijos išteklių.

Hidroenergija ir vandenynų energija

Tai yra vienas iš plačiausiai naudojamų atsinaujinančių energijos išteklių valstybėse ir regionuose. Hidroenergija generuoja didžiausią dalį elektros energijos, o daugiausiai pagamina Kinija, Brazilija, Kanada, Jungtinės Valstijos. Nuo Romos imperijos laikų vanduo buvo naudojamas kaip energijos šaltinis. Remiantis He et al. (2024) hidroenergija yra apibrėžiama kaip patvenkto ir (arba) tekančio vandens energija, naudojama elektros energijai gaminti. Kai sąlygos yra palankios, hidroenergija yra nebrangus atsinaujinančios energijos šaltinis. Tinkamiausia vieta hidroenergijai gaminti yra kalnuoti

regionai (Luis & Sidek, 2013). Hidroenergija gaminama rezervuaruose ir kituose regionuose, kur vanduo teka žemyn iš aukštumos arba palei pakrantes su dideliais potvynių svyravimais. Hidroenergija yra brandus atsinaujinančios energijos šaltinis. Be to, užtvankos statyba gali sutrikdyti ekosistemas ir pakeisti vandens srautą (Osman et al., 2023), todėl būtinas tinkamas užtvankų planavimas, kad neigiamas poveikis aplinkai būtų kuo labiau sumažintas.

Hidroenergijos privalumai (Shamoon et al., 2022; Permana & Potipituk, 2024):

- nebrangi elektros energijos gamyba;
- vandens ištekliai yra neišsenkantys;
- elektros energijos gamyba yra nepertraukiama;
- patikimumas ir pastovumas.

Hidroenergijos trūkumai (Wasti et al., 2022; Al Mubarak et al., 2024):

- energijos gamyba priklauso nuo klimato ir vietovės;
- galimas neigiamas poveikis gamtai ir vandens gyvūnijai.

Vėjo energija

Vėjo energija yra apibūdinama kaip oro energija, kuri padeda gyvenamuosius namus ir pramonę (įmones) aprūpinti reikalingu energijos kiekiu (Migliari et al., 2024). Vėjo energijos potencialas daugelyje regionų yra ribotas, tačiau užtikrina nepriklausomybę nuo energiją eksportuojančių valstybių ir nuo jų politiško nestabilumo. Vėjo energija yra keičiamo dydžio technologija, kurios perdavimas gali vykti iš namų ūkių į elektros tinklų sistemą (Alrikabi, 2014). Vėjo konvertavimui į energiją naudojama vėjo turbina (Bortoluzzi et al., 2021). Vėjo energija, kuri yra išgaunama naudojant sausumos įrenginius, yra viena iš sparčiausiai augančių ir vyraujanti atsinaujinančios energijos forma su minimaliu eksploatacijos metu išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekiu (Esteban et al., 2011). Daugiausiai energijos iš vėjo išgauna Danija, Švedija, Vokietija, Ispanija ir Airija. Vėjo ir saulės energija yra du švarios energijos šaltiniai, tačiau jie priklauso nuo oro sąlygų. Dėl to daugelyje regionų ji gali būti ribota, nes energijos gamyba didžiąja dalimi priklauso nuo vėjo greičio. Taigi, būtina atsižvelgti į orų kaitą renkant šį energijos šaltinį. Taip pat būtina paminėti, kad vėjo energija vystosi labiau nei kiti atsinaujinantys ir neatsinaujinantys ištekliai, išskyrus hidroenergiją. Susirūpinimas kyla tik dėl žemės naudojimo, triukšmo ir poveikio laukinei gamtai, bet technologijų pažanga ir tinkamas vietos pasirinkimas gali sumažinti šiuos rūpesčius.

Vėjo energijos privalumai (Kandpal et al., 2024; Migliari et al., 2024):

- vėjo ištekliai yra neišsenkantys;
- vėjo jėgainės realizavimas užtrunka mažai laiko, lyginant su kitomis technologijomis;
- ilgaamžis energijos šaltinis.

Vėjo energijos trūkumai (Jain & Verma, 2024; Kandpal et al., 2024):

- vėjo energija yra nepastovi.

Saulės energija

Saulės energija apibrėžiama kaip saulės spindulinė energija, kai iš saulės šviesos yra tiesiogiai gaunama elektros energija (Jacobson & Delucchi, 2011). Saulės energija yra pripažinta potencialiausiu ir galingiausiu energijos šaltiniu, kuris daugelyje valstybių pakeičia iškastinio kuro energijos sąnaudas. Tai labiausiai prieinamas ir vienas iš sparčiausiai augančių, plečiant švarius pasaulinės energijos gamybos šaltinius, atsinaujinantis energijos išteklis (Bortoluzzi et al., 2021). Saulės energija, kuri yra lengvai prieinama ir turi neribotą energijos tiekimą, galėtų patenkinti pasaulio energijos reikalavimus. Saulės energijos šaltinis yra nuoseklus ir jo efektyvumas didėja palyginti su kitais energijos šaltiniais, todėl tai yra perspektyvus energijos šaltinis visame pasaulyje. Saulės energija yra švari ir gausi, bet apima daug energijos sunaudojančius gamybos procesus. Daugiausiai saulės energijos „surenka“ Vokietija, Italija, Belgija, Graikija, Čekija.

Saulės energijos privalumai (Bortoluzzi et al., 2021; Ahmadizadeh et al., 2024):

- neišsenkantis energijos šaltinis;
- ilgaamžiškumas ir patikimumas;
- didelė įrenginių pasiūla;
- kainos sparčiai mažėja.

Saulės energijos trūkumai (Maradin, 2021; Ahmadizadeh et al., 2024):

- nepagaminama pakankamai energijos;
- priklausomybė nuo oro sąlygų.

Geoterminė energija

Geoterminė energija yra apibūdinama kaip šilumos energija, susikaupusi žemiau žemės paviršiaus (Igwe, 2021). Tai energija, saugoma kaip šiluma giliai žemėje, o šios šilumos atsiradimo priežastis yra susijusi su mūsų planetos vidine struktūra. Geoterminė energija yra netolygiai paskirstyta, retai koncentruota ir dažnai randama tokia, me gylyje, kuris neleidžia jos naudoti pramonėje. Daugiausiai geoterminės energijos išgauna Islandija, Naujoji Zelandija, Vengrija, Turkija ir Japonija. Geoterminė energija naudojama įvairiais tikslais, nors pagrindinis yra elektros gamyba, bet taip pat yra naudojama geoterminiams šilumos siurbliams, patalpų šildymui, šiltnamio šildymui, akvakultūros tvenkinio šildymui, žemės ūkio džiovinimui, pramonėje, maudymuisi ir plaukimui, aušinimui/sniego tirpinimui ir kitiems įvairiems tikslams. Geoterminė energija yra gaunama iš žemės karščio arba karštų uolienų garų (Bortoluzzi et al., 2021). Mokslininkai ir technologai siekia tobulinti ir plėtoti geoterminės energijos technologijas, nes jų pritaikymas yra platus.

Geoterminė energija turi minimalų poveikį aplinkai, palyginti su kitais atsinaujinančiais energijos šaltiniais, tačiau geoterminių gręžinių gręžimas ir valdymas gali kelti iššūkių. Patobulinta gręžimo technika ir atsakingas valdymas yra labai svarbus norint sumažinti neigiamą poveikį aplinkai (Lund & Toth, 2021).

Geoterminės energijos privalumai (Igwe, 2021; Idroes et al., 2024):

- patikima, nes ištekliai yra neišsenkantis ir nuolat atsinaujinantis;
- efektyvesnė nei saulės ar vėjo energija;

- aplinka yra neteršiama.

Geoterminės energijos trūkumai (Santos et al., 2022; Idroes et al., 2024):

- yra labai ribota, nes yra geografinių vietų, kuriose galima įrengti bei eksploatuoti geoterminius gręžinius, trūkumas;
- geoterminis naudojimas yra brangus, nes brangūs grąžtai;
- gamyklų statyba reikalauja daug kapitalo investicijų;
- geoterminių gręžinių gręžimas sukelia tektoninės plokštės poslinkį, todėl paviršius tampa nestabilus.

Biomasės energija

Biomasė apibrėžiama kaip biologiškai skaidžios biologinės kilmės žemės ūkio, miškų ūkio ir susijusių pramonės šakų, įskaitant žuvininkystę ir akvakultūrą, žaliavos, atliekos ir liekanos bei augalinės ir gyvūninės medžiagos, taip pat biologiškai skaidrios pramoninės ir komunalinės atliekos (Farghali et al., 2023). Biomasės energija gali būti laikoma alternatyviu, didesnį populiarumą įgyjančiu, energijos šaltiniu. Jį sudaro kietos atliekos, nuotekos, maisto perdirbimo atliekos ir energetiniai augalai, taip pat miškų, medienos ir pasėlių likučiai (Zafar et al., 2021). Teigiama, kad biomasė yra žmonių pirminis energijos šaltinis, naudojamas nuo ugnies atradimo (Timmons & Haris 2014; Neitzel, 2017). Biomasės energija gali būti neutrali anglies dioksido kiekiui, tačiau jos tvarumas priklauso nuo atsakingo žemės naudojimo ir žaliavos pasirinkimo. Miškų kirtimas biomasės gamybai gali sukelti miškų naikinimą ir biologinės įvairovės nykimą, nes energija gaminama deginant medieną ir žemės ūkio likučius, tokius kaip pasėlių ir gyvūnų atliekos ir kitos organinės medžiagos žaliavos. Biomasė sudeginama iki gaminti šilumą ir (arba) elektros energiją arba paversti biokuru ir biodujos naudojant anaerobinį skaidymą. Atliekos taip pat gali būti deginamos arba suardomos anaerobiniu būdu gaminant šilumą ir (arba) elektros energiją (Farghali et al., 2023).

Biomasės energijos privalumai (Farghali et al., 2023; Mignogna et al., 2024):

- pigesnė už iškastinį kurą ir užtikrinanti energijos gamybos pastovumą, todėl turimi biomasės ištekliai gali pilnai pakeisti iškastinio kuro trūkumus.

Biomasės energijos trūkumai (Chen et al., 2024; Mignogna et al., 2024):

- biomasės gavyba reikalauja didelių energijos sąnaudų.

Naudojant saulės, vandens, šildymo, energijos šaltinius, požeminių vandenį yra pagaminama didžioji dalis pasaulyje naudojamos energijos. Atsinaujinantys energijos ištekliai padeda patenkinti namų ūkių energijos poreikį išskiriant nedidelę oro taršą. Atsinaujinančių išteklių naudojimas taip pat padeda kelti vietinių gyventojų gyvenimo kokybę ir mažinti nedarbą, užtikrinti ekologinį tvarumą atokiose dykumos vietose ir kalnuotuose regionuose, įgyvendinti Vyriausybės įsipareigojimus ir kt. Galima teigti, kad atsinaujinantys energijos šaltiniai, kurie patenkina pagrindinius energijos poreikius valstybėje, ne tik kad nekelia grėsmės ekonominei gerovei, bet ir mažina priklausomybę nuo energiją eksportuojančių valstybių, skatina didesnį užimtumą ir didina saugumą (Alper & Oguz, 2016).

Vėjo energijos gamybos ekonominė analizė suteikia papildomų žinių apie atsinaujinančios energijos potencialą. Vėjo ir saulės energija tapo dominuojančiomis jėgomis

dabartinėje investicijų aplinkoje, o atsinaujinanti elektra dabar yra ekonomiškai efektyviausias energijos pasirinkimas daugelyje pasaulio regionų. Šis ekonominis konkurencingumas dar labiau didinamas dėl dabartinių aukštų iškastinio kuro kainų, todėl atsinaujinantys šaltiniai tampa dar patrauklesni, nors kai kuriuose regionuose dėl klimato kaitos saulės energija yra mažai naudojama. Klimato kaita taip pat gali pakeisti biomasės produktyvumą, augimą, cheminę sudėtį ir dirvožemio mikrobo bendrijas. Hidroelektrinės labiausiai kenkia aplinkai, o saulės elektrinės turi būti kruopščiai sumontuotos, kad būtų sumažintas jų neigiamas poveikis aplinkai. Vėjas turbinos ir biomasės jėgainės turi minimalų poveikį aplinkai, todėl jos turėtų būti naudojamos dar plačiau.

Informacijos apie atsinaujinančių išteklių rūšis apibendrinimui būtina įvardinti pagrindinius atsinaujinančių energijos išteklių privalumus ir trūkumus (1 lentelė).

1 lentelė. Pagrindinių atsinaujinančių išteklių privalumai ir trūkumai

Atsinaujinančių išteklių rūšys	Privalumai	Trūkumai
Saulės energija	+ Tvari ir žalia. + Maži energijos kaštai. + Universali. + Maži palaikymo kaštai.	– Didelis pradinis kapitalas. – Sukelia didžiulę vandens taršą. – Naikina paukščius ir vabzdžius. – Priklauso nuo saulės ir debesuotumo.
Vėjo energija	+ Efektyvus žemės naudojimas. + Darbo vietų kūrimas. + Vėjas yra visur. + Puiki vėjo konversija į energiją.	– Triukšmo tarša. – Paukščių ir šikšnosparnių mirtingumas. – Vėjo patikimumas. – Brangus įrengimas.
Hidroenergija ir vandenynų energija	+ Nebrangi. + Gali būti naudojama laistymui. + Vietinė gamyba. + Labai judri ir reaguojanti.	– Anglies ir metano emisija. – Potvynių rizika. – Jautri sausroms. – Imli pradiniam kapitalui.
Geoterminė energija	+ Nereikalauja didelių erdvių. + Tyla energija. + Leidžia dvigubą perdirbimą. + Mažiau priežiūros.	– Geografinių vietų prieinamumas. – Poveikis tektoninėms plokštėms. – Pastebimas didesnis šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekis.

Biomasė, sąvartynų dujos, nuotekų perdirbimo įrenginių dujos ir biologinės dujos	+ Pigesnė už iškastinį kurą ir užtikrinanti energijos gamybos pastovumą, todėl turimi biomasės ištekliai gali pilnai pakeisti iškastinio kuro trūkumus.	– Biomasės gavyba reikalauja didelių energijos sąnaudų.
--	---	---

Šaltinis: autoriaus sudaryta, remiantis Gayen et al. (2024) ir kitais aukščiau minėtais šaltiniais

Apibendrinant galima teigti, kad atsinaujinantys energijos ištekliai yra labai svarbūs ne tik klimato kaitos mažinimui, anglies dvideginio išmetimo sumažinimui ir aplinkos apsaugai, bet ir ekonomikos augimui. Atsinaujinančių energijos išteklių naudojimas turi daug reikšmingų pranašumų palyginti su tradiciniu iškastiniu kuru, nes yra ekologiškas, tvarus ir saugus. Reikšmingas pranašumas yra minimalus šiltnamio efektą sukeliančių dujų ir teršalų išmetimas iš atsinaujinančių energijos šaltinių, kurie žymiai sumažina bendrą jų neigiamą poveikį aplinkai. Skirtingai nuo baigtinių iškastinio kuro atsargų, atsinaujinanti energija pasižymi tvarių nuolatinių pajėgumu, išven-giant susirūpinimo dėl išteklių išekvojimo. Be to, atsinaujinantys energijos ištekliai yra iš prigimties saugesnis energijos gavimo būdas, kuris leidžia sumažinti priklausomybę nuo iškastinio kuro ir sukurti tvaresnę energijos šaltinį ateities kartoms.

1.1.1. Atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo poveikio aplinkai ir galimybių teoriniai aspektai

Aptarus atsinaujinančių energijos išteklių sampratą ir esmę būtina įvertinti ir ekonominę atsinaujinančių energijos šaltinių taikymo pusę, o ypatingai sąnaudas, klimato įtaką atsinaujinančiai energijai, atsinaujinančios energijos poveikį aplinkai, ekonomikai didžiausią dėmesį skiriant saulės, vėjo, biomasės, hidroenergjai ir geoterminėi energijai. Būtina pažymėti, kad masiškas iškastinio kuro naudojimas energetikos sektoriuje sukėlė sunkumų pasauliui ir padarė neigiamą poveikį ekosistemai bei joje sukėlė sumaištį (Ferreira et al., 2019). Klimato kaita yra papildoma problema, turinti neigiamą poveikį žmonių gyvenimui, įskaitant aplinką (Nazir et al., 2019). Energijos paklausa ir toliau auga, todėl reikia spręsti iškastinio kuro naudojimo problemą (Sharifi et al., 2019) ir svarstyti reikšmingą atsinaujinančių energijos išteklių indėlį į tvarų vystymąsi, poveikį aplinkai pasauliniu mastu ir pradėti daugiau naudotis atsinaujinančiais energijos ištekliais (Mori-Clement & Bednar-Friedl, 2019). Atsinaujinančių energijos išteklių plėtra tiek nacionaliniu, regioniniu bei pasauliniu mastu yra glaudžiai susijusi ir su darnaus vystymosi politika, nes vienas iš darnaus vystymosi principų nurodo, kad neatsinaujinantys ištekliai turi būti keičiami atsinaujinančiais. Atsinaujinančių energijos išteklių plėtra didina šalies viduje išgaunamos energijos šaltinių įvairovę ir tokiu būdu mažina importuojamos energijos poreikį bei priklausomybę nuo energijos išteklių eksportuojančių valstybių.

Atsinaujinančios energijos technologijų istorinė raida ir jų pasaulinis pritaikymas pasižymi reikšminga pažanga ir iššūkiais, o jų pritaikymas liudija, kad žmonija

vis labiau pripažįsta tvarių energijos sprendimų poreikį. Tvari energetikos ateitis yra susijusi su žaliųjų pastatų plėtra, žalia energija ir energijos naudojimu pramonėje, ekologišku transportu, sumažėjusiomis atsinaujinančios energijos sąnaudomis, energijos efektyvumo padidėjimu ir nuolatine technologine pažanga (Osman et al., 2023; Taghizad-Tavana et al., 2023). Žalieji pastatai gali tenkinti savo gyventojų poreikius naudojant atsinaujinančius energijos šaltinius, tokius kaip saulės, vėjo ir geoterminė energija bei iki nulio sumažinti jų energijos suvartojimą ir anglies pėdsaką (Chen et al., 2023). Šiuo metu statybų sektoriuje technologijų sklaida yra lėta, o atsinaujinantys energijos ištekliai tik palaipsniui įgauna svarbą neišsivysčiusiose šalyse. Schwartz ir Krarti (2022) bei Izam ir kt. (2022) pabrėžia sudėtingą technologinių, ekonominių ir politinių veiksnių sąveiką, turinčią įtakos tvarios energetikos sprendimų priėmimui. Pasauliui ir toliau judant pereinant prie tvaresnės ir atsparesnės energetikos ateities, šios dinamikos supratimas bus labai svarbus norint paspartinti atsinaujinančios energijos technologijų diegimą ir pasiekti pasaulinius tvarumo tikslus.

Tvari aplinka yra vienas iš tvaraus vystymosi ar degradacijos komponentų. Atsižvelgiant į energijos suvartojimą, ekonominė veikla yra ekonominės gerovės varomoji jėga ir esminis ekonomikos augimo elementas. Khan et al. (2021) savo tyrime pabrėžė galimą neigiamą ekonominės veiklos rezultatą aplinkai, nes kartais energijos vartojimas gali būti pagrindinis šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimo šaltinis (Malik et al., 2021). Tiesioginis neigiamas energijos vartojimo poveikis aplinkai gali būti kelių rūšių: vandens, oro, šilumos kokybės blogėjimas, kietųjų atliekų atsiradimas ir labiausiai neigiamas poveikis yra klimato kaita (Liang & Pirouzi, 2024). Energija, pagaminta iš iškastinio kuro, yra pagrindinis taršos šaltinis.

Europos aplinkos agentūros duomenimis (2004) energijos naudojimas sukelia įvairią vandens taršą, pvz., naftos išsiliejimas, kuris susidaro tvarkant naftą ir vėliau patenka į žemę arba į vandens telkinį, anglies kasyba, kietųjų atliekų atsiradimas. Kadangi iškastinio kuro energijos šaltiniai daro neigiamą poveikį tvariam vystymuisi, todėl būtina pereiti prie tvaraus ir mažai anglies dvideginio į aplinką išskiriančio energijos šaltinio. Tvarus energijos naudojimas yra propaguojamas visame pasaulyje ir yra vienas iš tvaraus vystymosi tikslų plėtros elementų.

Ekonomikai pereinant prie tvarios plėtos pradedama daugiau taikyti atsinaujinančių (žalių) energijos išteklių. Tvarios plėtos pagrindinė sąlyga yra modernių, aplinką ir energiją tausojančių technologijų, įskaitant alternatyvius energijos išteklius, naudojimus visame pasaulyje (Adanma & Ogunbiyi, 2024). Vertinant atsinaujinančių energijos išteklių naudojimą būtina analizuoti socialines, aplinkosauges ir ekonomines pasekmes, kurias galima suprasti platesniame tvaraus vystymosi kontekste (Farghali et al., 2023). Atsinaujinantys energijos ištekliai yra ypač svarbūs pramonės šakoms ir šalims, kurios priklauso nuo kuro ir energijos sektoriaus, kur perėjimas prie tvaraus vystymosi yra neatsiejamai susijęs su energijos poveikio aplinkai mažinimu (Kayachev et al., 2021).

Ilgalaikis reikšmingas priežastinis ryšys tarp iškastinio kuro ir ekonomikos augimo suvokiamas ir tada, kai atsinaujinantys energijos ištekliai skatina ekonomikos augimą įvairiais dažniais ir ženkliai prisideda prie anglies dvideginio išmetimo mažinimo.

Neatsinaujinantys energijos ištekliai skatina ekonomikos augimą trumpu ir vidutinės trukmės laikotarpiu bei prisideda prie užterštos aplinkos. Atsinaujinančios energijos suvartojimas priešingai turi didelį poveikį anglies dvideginio išmetimo mažėjimui ir ekonomikos augimui ilguoju laikotarpiu. Atsinaujinanti energija gali ne tik skatinti ekonomikos augimą, bet ir skatinti tvarumą bei švaresnę aplinką, todėl patartina skatinti investicijas į žaliąją energiją ir paspartinti perėjimą prie atsinaujinančios energijos gamybos, nes jos naudojimas yra geras iškastinio kuro pakaitalas (AlNemer et al., 2023).

Technologijų pažanga ir politikos pokyčiai atspindi bendras pastangas sprendžiant aplinkosaugos iššūkius, kuriuos kelia tradiciniai energijos šaltiniai. Technologijos, kurių pritaikymo lygis buvo didesnis, dažnai gauna naudą iš paramos, finansinių paskatų, mažų diegimo išlaidų ir teigiamo visuomenės suvokimo. Atvirkščiai, atsiliekančios diegiamos technologijos paprastai susiduria su kliūtimis, tokiomis kaip ilgas atsipirkimo laikotarpis, griežtų reikalavimų ar paskatų trūkumas, ribota reklama arba suderinamumo su esamomis sistemomis problemos. Šios dinamikos supratimas yra labai svarbus siekiant nustatyti strategijas, kaip padidinti tvarios energijos technologijų panaudojimą, taip prisidedant prie efektyvesnio atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo projektavimo ir modernizavimo (Schwartz & Krarti, 2022).

Atsinaujinanti energija yra energija, daugiausia visų pirma iš natūralių išteklių. Atsinaujinančią energiją galima vertinti iš tvarumo ir jo techninių charakteristikų (pvz. integravimo su kitais ištekliais, energijos vartojimo efektyvumo ir veiklos sąnaudų) perspektyvos (Bortoluzzi et al., 2021). Šie veiksniai, kad patenkintų rinkos paklausą, padeda politikos formuotojams pasirinkti konkretų atsinaujinančios energijos šaltinį. Tyrimai rodo, kad politika, technologijos, finansai ir kultūra daro įtaką atsinaujinančių energijos išteklių naudojimui, todėl pasaulinė parama atsinaujinančių išteklių diegimui ir politikos kūrimui padės stiprinti tvary plėtrą ateityje (Osman et al., 2023). Atsinaujinanti energija netrukus bus pigiausias energijos šaltinis didžiojoje pasaulio dalyje, nes atsinaujinančių išteklių sąnaudos mažėja. Atsinaujinančių energijos išteklių patrauklumas didėja net ypač mažas ir vidutinės pajamas gaunančių asmenų tarpe ir šalyse, kuriose ateities energijos paklausa tikėtina augs.

Atsinaujinantys energijos ištekliai laikomi įperkama bei kuriančiais tvary ir pigesnę energiją. Atsinaujinantys energijos ištekliai atlieka lemiamą vaidmenį siekiant anglies dvideginio neutralumo. Ekspertai teigia, kad atsinaujinantys energijos ištekliai iki 2030 m. galėtų užtikrinti 65% viso pasaulio elektros tiekimo, o iki 2050 m. galėtų apimti 90% elektros pramonės, žymiai sumažinti anglies dvideginio išmetimą bei prisidėti prie klimato kaitos švelninimo (Osman et al., 2023).

Pagrindinė struktūrinė kliūtis atsinaujinančių energijos šaltinių įgyvendinimui būtent ir yra nacionalinė priklausomybė nuo tradicinių energijos šaltinių ir didelės pirminės investicijos. Dėl to Europos Sąjungoje kuriamos skatinimo priemonės, kad valstybėse galėtų būti kuo daugiau naudojami atsinaujinantys energijos šaltiniai bei būtų užtikrintas energetinis saugumas (Manzano, 2012; Bacon & Kojima, 2016). Atsinaujinantys ištekliai yra energijos tiekimo dalis, mažinanti šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimą ir vykdanči Europos Sąjungos (ES) įsipareigojimus pagal Paryžiaus

susitarimą dėl klimato kaitos bei ES energetikos ir klimato programą iki 2030 m. (Raihan et al., 2023). Be to, atsinaujinančiųjų energijos išteklių gamyba turi atlikti svarbų vaidmenį didinant energijos tiekimo saugumą, technologinę plėtrą ir tvarią energiją priimtinomis kainomis, kartu užtikrinant sveikatos, aplinkos ir socialinę naudą, taip pat didinti darbo vietų kūrimo galimybes.

Tyrimai (Kangas, 2019; Zheng, & Wong, 2024) atskleidžia, kad atsinaujinantys energijos ištekliai – vėjo, saulės ir geoterminė energija vaidina svarbų vaidmenį siekiant išspręsti tiek besivystančių, tiek išsivysčiusių šalių energijos poreikių didėjimo problemą. Atsinaujinančių išteklių energija sukuria pusiausvyrą tarp aplinkosaugos, ekonomikos ir technologijų augimo. Atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo nauda yra sumažėjusi priklausomybė nuo iškastinio kuro ir taršos, energetinis saugumas, aukštas energijos efektyvumas, gamtos išteklių panaudojimas ir sukuriamos naujos darbo vietos (Nazir et al., 2019). Atsinaujinančių energijos išteklių plėtros poveikis ir galimybės yra vaizduojamos 3 paveiksle.

Poveikis aplinkosaugai Neskleidžiamos šiltnamio efektą sukeliančios dujos. Didinamos ekologinės	Poveikis ekonomikai ✓ Sumažėja energijos kainos. ✓ Sukuriamos naujos	Poveikis socialinei aplinkai Įtraukiama bendruomenė. Sukuriamos švietimo ir mokymosi galimybės.
ATSINAUJINANTYS ENERGIJOS IŠTEKLIAI		
Poveikis ištekliams Energos išteklių planavimas. Energos išteklių gamybos padidėjimas.	Poveikis technologinei aplinkai Naudojama pažangi įranga. Aukštas energijos efektyvumas.	Poveikis energetikai Pritraukiamos naujos investicijos. Sumažinama energetinė priklausomybė.

3 pav. Atsinaujinančių energijos išteklių poveikis įvairioms sritims.
Šaltinis: sudaryta autoriaus, remiantis Nazir et al. (2019).

Kaip matoma 3 paveiksle, atsinaujinančių energijos išteklių naudojimas turi visokeriopą poveikį: ekonominį, socialinį, technologinį, aplinkosauginį ir kt., todėl siekiant norint padidinti alternatyvių išteklių naudojimo efektyvumą, būtina pritraukti kuo daugiau investicijų, kurių poveikis geriausiai yra matomas ilgalaikėje perspektyvoje. Atsinaujinančių energijos išteklių taikymas prisideda ir prie kuriamos pridėtinės vertės. Vis didėjantis atsinaujinančių energijos šaltinių naudojimas konkrečioje valstybėje užtikrina ekonominę gerovę. Taip pat didinamas darbo vietų skaičius, mažinamas užsienio prekybos deficitas bei pritraukiama daugiau investicijų.

Be pirmiau minėtų veiksnių, finansinės programos efektyvumas tapo esminiu

remiant investicijas į atsinaujinančius energijos išteklius visuomenėje dėl didelių pradinį atsinaujinančios energijos sąnaudų. Santykis tarp finansinių efektyvumo ir atsinaujinančios energijos investicijų yra svarbus, nes naujiems atsinaujinančių energijos išteklių diegimo projektams vien valstybės investicijų nepakanka, investicijos į švarią energiją yra brangesnės nei įprastos investicijos į energetiką, o švari energija gali labiau priklausyti nuo efektyvios ir stabilios finansinės struktūros. Kai finansinė struktūra tampa veiksminga, daugiau pinigų galima skirti investicijoms į atsinaujinančios energijos pramonę. Efektyvi finansinių priemonių sistema gali palengvinti lėšų prieinamumą ir investicijas į atsinaujinančios energijos projektus. Gyvybinga ir dinamiška kapitalo rinka gali atlikti lemiamą vaidmenį panaikinant įmonės likvidumo riziką ir padėti jiems pasinaudoti lėšomis investuojant į atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo projektus ir plėtojant žaliasias technologijas. Padidėjęs finansinis efektyvumas taip pat padeda perskirstyti kapitalo išteklius tarp nešvarios ir švarios energijos naudojimo bei skatinti investicijas į švarią energiją, finansinio ryšio tyrimų plėtrą ir švarią energiją (Alsagr, 2023).

Izam ir kt. (2022) daugiausia dėmesio skiria saulės energijos technologijų tvaraus vystymosi perspektyvoms. Autoriai tiria pasaulinį saulės energijos potencialą, atsinaujinančios energijos tvarumo rodiklius ir iškastinio kuro naudojimo poveikį aplinkai. Jų diskusijose gilinamasi į pagrindines saulės energijos pramonės koncepcijas, pasaulinį energijos scenarijų ir svarbiausius mokslinius tyrimus, kuriais siekiama pagerinti saulės energijos pramonės efektyvumą. Išnagrinėjus atsinaujinančių energijos išteklių ir atsinaujinančios energijos įstatymų sistemą ir plėtrą pasauliniu mastu, tyrimas suteikia vertingų įžvalgų apie pasaulines saulės energijos naudojimo tendencijas. Šioje išsamioje apžvalgoje ne tik paaiškinamas saulės energijos technologijų veikimas, bet ir nustatomi ateities iššūkiai bei galimybės efektyvesnei saulės energijos pramonei, kuri galėtų sušvelninti energijos krizę. Tuo tarpu Hashmi (2023) aptaria atsinaujinančių energijos išteklių, tokių kaip geoterminė, vandens, saulės ir vėjo energija, efektyvumą ir palygina juos su tradiciniais energijos ištekliais, tokiais kaip nafta ir anglis ir teigia, kad atsinaujinantys energijos ištekliai gali veiksmingai ir efektyviai pakeisti tradicinius energijos išteklius, nepaisant didelių priėmimo ir įgyvendinimo iššūkių.

Apibendrinant būtina paminėti, kad visų anksčiau aptartų atsinaujinančių energijos išteklių naudojimas valstybėse nuolat didėja, o Europos Sąjungoje jų plėtra yra vienas svarbiausių energetikos politikos tikslų. Atsinaujinančių energijos išteklių naudojimas užtikrina valstybėje svarbių sričių efektyvumą. Vienas iš jų – energetinis saugumas, kuris mažina valstybės energetinę priklausomybę nuo energiją eksportuojančių šalių. Ekonomikos augimas ir našumas didžiąja dalimi priklauso nuo energetinio saugumo, nes pramonė negali tobulėti be patikimo energijos tiekimo. Energiją išgaunant iš atsinaujinančių energijos išteklių valstybėje padidėja nepriklausomybė ir naudojimo patikimumas. Pastebėtina, jos atsinaujinančių energijos išteklių vystymas valstybėje taip pat turi didelės įtakos technologinei pažangai. Europos Sąjungos rinka yra atvira technologijų plėtrai, nes siekiama pasiekti kuo aukštesnį lygį, o nuo to neatsiejama ir atsinaujinančios energetikos kryptis. Atsinaujinantys energijos ištekliai yra būtini siekiant tvarios plėtros ir sušvelninti klimato kaitos poveikį. Nors jie siūlo

aplinkosaugos naudos užtikrinimą, jų diegimas turėtų būti vykdomas vadovaujantis atsakinga praktika ir pagrįstais politiniais sprendimais. Skatinant technologinę plėtrą bandoma didinti jų indėlį į tvaresnę ateitį, nes naudojant atsinaujinančius energijos išteklius bandoma švelninti klimato kaitą ir sumažinti priklausomybę nuo iškastinio kuro taip sprendžiant kylančius aplinkosaugos klausimus. Atsinaujinančių energijos išteklių naudojimas sąlygoja šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekio sumažinimą, oro kokybės gerėjimą ir priklausomybės nuo baigtinių iškastinio kuro išteklių nutraukimą, o šios naudos ypatingai prisideda prie ilgalaikio tvarumo užtikrinimo.

1.2. Atsinaujinančių išteklių panaudojimo atspindys ekonomikos augimo teorijose

Ekonomikos augimo ir gamtos išteklių naudojimo ryšys jau seniai yra svarbus mokslinių tyrimų objektas. Įvairios ekonomikos augimo teorijos pateikia skirtingus požiūrius į tai, kaip gamtiniai ištekliai prisideda prie ekonomikos vystymosi arba jam trukdo. Istoriskai gamtiniai ištekliai vaidino labai svarbų vaidmenį plėtojant ekonomiką. Ištekliais grindžiamas požiūris rodo, kad gamtos ištekliai yra esminis ekonomikos augimo veiksnys.

Gamtos išteklių gavyba ir naudojimas labiausiai prisideda prie aplinkos būklės blogėjimo ir šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimo, todėl būtina išlaikyti pusiausvyrą tarp ekonomikos augimo ir ekologinio tvarumo (Raihan & Tuspekova, 2022). Atsinaujinančiosios energijos technologijų atsiradimas ir perėjimas prie atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo suteikia šiam santykiui naujų aspektų. Tvarių procesų integravimas ir atsinaujinančiųjų išteklių naudojimas vis dažniau laikomas galimybe pasiekti ilgalaikį ekonomikos augimą nesukeliant nepageidaujamo poveikio aplinkai.

Skirtingose ekonomikos augimo teorijose pateikiama nevienodų požiūrių į tai, kaip gamtiniai ištekliai veikia ekonomikos plėtrą. Klasikinėje ekonomikos teorijoje, kurią pateikė Adamas Smithas ir Davidas Ricardo (Kishtainy, 2024), pabrėžiama gamtinių išteklių svarba gamybos procesuose. Smitho akcentuojamas darbo pasidalijimas ir Ricardo lyginamojo pranašumo teorija netiesiogiai pripažįsta svarbų atsinaujinančių išteklių vaidmenį.

Priešingai, neoklasikiniame augimo Solow-Swan modelyje (Liu & Zheng, 2024), kaip pagrindiniai ekonomikos augimo veiksniai pabrėžiamas kapitalo kaupimas ir technologinė pažanga, o gamtiniai ištekliai jau tampa mažiau svarbūs. Šis modelis rodo, kad išteklių apribojimus galima įveikti technologinės pažangos ir didesnio jų taikymo efektyvumo dėka. Iš kitos pusės, gamtinių išteklių gausa gali sukelti ekonominių sąstingį ir politinį nestabilumą. Šią teoriją patvirtina empiriniai duomenys iš ištekliais turtingų šalių, kurių augimo tempai buvo lėtesni, palyginti su ištekliais neturtingomis šalimis, dažnai dėl tokių veiksnių kaip korupcija ir nepakankama finansinių išteklių diversifikacija.

Taip pat būtina išryškinti ir kitų galimų teorijų, kurie paaiškina atsinaujinančių išteklių panaudojimo ir ekonomikos efektyvumo ryšį, aspektus.

Neoklasikinė augimo teorija

Neoklasikinėje augimo teorijoje, kurios pradininkas buvo Robertas Solow, gamtiniai ištekliai laikomi pagrindiniais gamybos veiksniais kartu su darbu ir kapitalu. Teorijoje pabrėžiami šie aspektai (Sheng-cheng, 1978; Havránek et al., 2016; Dyomina, 2023; Yang et al., 2024):

- **Gamybos veiksniai.** Gamtos ištekliai gamybos funkcijose vertinami kartu su darbo ir kapitalo kategorijomis. Šių išteklių trūkumas ir našumas gali tiesiogiai paveikti ekonomikos augimo trajektoriją.
- **Tvaraus augimo modeliai.** Dasgupta-Heal-Solow-Stiglitz modelis šioje teorijoje konkrečiai nagrinėja ekonomikos augimo tvarumą esant neatsinaujinantiems (tradiciniams) ištekliams. Modelyje teigiama, kad tvarus augimas pasiekiamas technologinės pažangos ir efektyvaus išteklių valdymo dėka, kai išteklių eikvojimas yra vertinamas per inovacijų prizmę.
- **Išteklių prakeikimas.** Neoklasikinėje teorijoje taip pat įvardijamas „išteklių prakeikimas“, kai šalyse, turinčiose daug gamtinių išteklių, ekonomikos augimas gali sulėtėti dėl tokių veiksnių kaip prasta institucinė kokybė, korupcija ir pernelyg didelė priklausomybė nuo išteklių gavybos.
- **Optimalus išteklių eikvojimas ir augimas.** Neoklasikinėje teorijoje nagrinėjamas optimalus išteklių eikvojimo tempas, siekiant subalansuoti dabartinį vartojimą ir išteklių prieinamumą ateityje. Tai reiškia, kad būtina užtikrinti, kad investicijos į kitų formų kapitalą (pvz., žmogiškąjį, fizinį) kompensuotų mažėjančią gamtinių išteklių bazę.

Endogeninė augimo teorija

Endogeninio augimo teorijoje, kurią išplėtojo tokie ekonomistai kaip Paulas Romeris ir Robertas Lucasas, daug dėmesio skiriama technologinėms naujovėms ir žmogiškajam kapitalui kaip ekonomikos augimą lemiantiems veiksniams. Pagrindiniai endogeninės augimo teorijos aspektai (Bretschger & Smulders, 2007; Chambers & Guo, 2009; Farghali et al., 2023; Fang, 2023):

- **Inovacijų vaidmuo.** Šioje teorijoje svarbiausias vaidmuo tenka technologinei pažangai, kurią skatina moksliniai tyrimai ir plėtra. Efektyvus gamtos išteklių naudojimas gali paskatinti inovacijas, o tai lemia tvaresnį augimą.
- **Žmogiškasis kapitalas ir žinių sklaida.** Investicijos į žmogiškąjį kapitalą didina produktyvumą ir inovacijas. Žinių sklaida iš mokslinių tyrimų veiklos gali lemti geresnę išteklių valdymo ir naudojimo praktiką, o tai prisideda prie ilgalaikio augimo.
- **Subalansuoto augimo kelias.** Endogeniniai modeliai rodo, kad ekonomika gali pasiekti subalansuoto augimo kelią tada, kai ekonominis vystymasis ir aplinkos tvarumas egzistuoja kartu. Tai apima politiką, skatinančią atsinaujinančiąją energiją ir efektyviai atsinaujinančius išteklius naudojančias technologijas.

Institucinė teorija

Institucinė teorija pabrėžia institucijų vaidmenį formuojant ekonominius

rezultatus. Remiantis šia teorija, nuo institucijų kokybės priklauso, kaip efektyviai ekonomika gali panaudoti savo gamtinius išteklius. Teorijoje išryškunami šie aspektai (Ciriacy-Wantrup, 1969; Gylfason, 2001; Dyomina, 2023):

- **Institucijų kokybė.** Stiprios institucijos skatina gerą valdymą, mažina korupciją ir užtikrina, kad išteklių pajamos būtų investuojamos į produktyvius sektorius, taip skatinant ekonomikos augimą.
- **Rentų ėmimas ir valdymas.** Prasta institucinė sistema gali lemti pajamų įsisavinimo elgseną, kai asmenys ar grupės naudojami ištekliams siekdami trumpalaikės naudos, o tai lemia neefektyvumą ir lėtesnį augimą. Tai labai svarbus išteklių prakeikimo reiškinio veiksnys.
- **Politinės pasekmės.** Veiksminga politika turi būti orientuota į institucinės kokybės, skaidrumo ir atskaitomybės gerinimą, kad gamtiniai ištekliai būtų panaudoti tvariam augimui.

Ekologinė ekonomika

Ekologinė ekonomika integruoja ekonominius ir ekologinius principus, kad būtų galima spręsti tvarumo klausimus. Svarbiausia šios teorijos sąvoka - aplinkosauginė Kuzneco kreivės hipotezė. Pagrindiniai teorijoje atskleidžiami aspektai (Toman & López, 2003; Farmer & Bednar-Friedl, 2010; Hao et al., 2019; Yu et al., 2023):

- **Aplinkosauginė Kuzneco kreivė (AKK).** AKK hipotezė rodo apverstos U formos ryšį tarp aplinkos blogėjimo ir ekonomikos augimo. Iš pradžių augimas lemia aplinkos būklės blogėjimą, tačiau, viršijus tam tikrą pajamų lygį, tolesnis augimas lemia aplinkos būklės gerėjimą, nes visuomenė investuoja į švaresnes technologijas.
- **Tvarus išteklių valdymas.** Šioje teorijoje pabrėžiama, kad reikia politikos, skatinančios tvarų išteklių naudojimą, įskaitant atsinaujinančių išteklių naudojimo skatinimą ir neigiamo poveikio aplinkai mažinimą.
- **Ekologijos ir ekonomikos integracija.** Ekologinė ekonomika pasisako už integruotą požiūrį, kai ekonominė veikla derinama su ekologiniais apribojimais, siekiant užtikrinti ilgalaikį tvarumą.

Bendrosios nuosavybės išteklių teorija

Bendrosios nuosavybės išteklių teorija skirta ištekliams, kuriais naudojasi keli naudotojai, pavyzdžiui, žuvininkystei ir miškininkystei. Ši teorija pabrėžia šiuos aspektus (Gordon, 1954; Gordon, 1991; Stratton et al., 2024):

- **Kolektyvinis valdymas.** Veiksmingas bendrosios nuosavybės išteklių valdymas reikalauja kolektyvinių veiksmų ir reguliavimo sistemų, kad būtų išvengta pernelyg didelės eksploatacijos ir užtikrintas tvarus naudojimas.
- **Bendrosios nuosavybės išteklių iššūkiai.** Čia iškyla „bendrųjų išteklių problema“, kai atskiri naudotojai veikia vadovaudamiesi savo interesais ir dėl to ištekliai yra išseikvojami. Tinkami sprendimai apima bendruomenės valdymą, vyriausybės įsikišimą ir nuosavybės teisių nustatymą.

- **Ekonominė nuoma ir išteklių naudojimas.** Teorijoje taip pat aptariama ekonominės nuomos sąvoka, kuri yra tapatinama su išteklių grąža, viršijančią jų alternatyviąsias sąnaudas. Tinkamai valdant ekonominę nuomą galima prisidėti prie tvaraus augimo, reinvestuojant ją į produktyvius sektorius.

Apibendrinant, skirtingose ekonomikos augimo teorijose pateikiamos įvairios įžvalgos apie ekonomikos augimo ir atsinaujinančių gamtos išteklių naudojimo sąsajas. Neoklasikinėje ir endogeninėje augimo teorijose pabrėžiama technologinės pažangos ir subalansuoto augimo svarba, o institucinėje teorijoje pabrėžiamas valdymo ir institucinės kokybės vaidmuo. Ekologinėje ekonomikoje ekologinis tvarumas integruojamas į ekonominę veiklą, o bendrosios nuosavybės išteklių teorijoje daugiausia dėmesio skiriama bendrų išteklių valdymui. Kartu šios teorijos sudaro išsamią sistemą, padedančią suprasti ir spręsti gamtos išteklių naudojimo problemas, susijusias su ekonomikos augimu. Toliau darbe vertinant atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo poveikį ekonomikos augimui bus atsižvelgiama ne tik į atsinaujinančių išteklių pagrindinius aspektus, bet ir jų sąsajas su investicijomis, technologine pažanga bei į galimybes sprendžiant pagrindines aplinkosaugos problemas – klimato kaitą bei taršą – siekti tvarios plėtros užtikrinimo.

1.3. Atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo poveikio ekonomikos augimui teorinė analizė

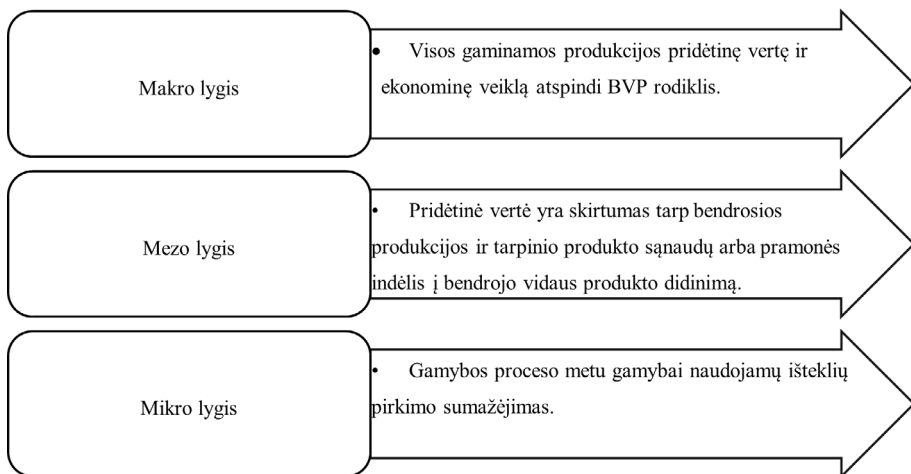
Šiuolaikinė energijos rinka išgyvena transformaciją, kurią skatina technologinės naujovės ir visuomenės posūkis tvarumo link. Pereinant prie atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo dažniausiai siekiama ilgalaikės ekonominės naudos. Ši dinamika sąnaudų ir naudos sąveika yra labai svarbi formuojant atsinaujinančios energijos naudojimo trajektoriją visame pasaulyje. Orlando et al. (2023) siūlo išsamias įžvalgas apie atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo ekonominę ir aplinkosauginę naudą, investicijų ir sąnaudų įtaką įmonių pelningumo rodikliams, atsinaujinančios energijos sąnaudų ir naudos analizę bei generavimą konkrečiose programose. Nepaisant iššūkių, susijusių su atsinaujinančių išteklių taikymu (didelių pradinio sąnaudų ir technologinės pažangos poreikiu), ilgalaikė nauda apima energetinį saugumą, mažesnę poveikį aplinkai ir naujų darbo galimybių kūrimą (Pahle, 2016; Adanma & Ogunbiyi, 2024).

Šiame kontekste atsinaujinančių energijos išteklių taikymas yra esminis tvarios plėtros veiksnys, kuris skatina ekonominės naudos gavimą ir neigiamo poveikio aplinkai mažinimą. Atsinaujinančios energijos integravimas į pasaulinį energijos šaltinį yra ne tik strateginis atsakas į klimato kaitą, bet ir svarbus ekonominių pokyčių variklis. Ši transformacija akivaizdi darbo vietų kūrime, energijos kainų dinamikoje ir bendroje energetikos sektoriaus rinkos dinamikoje. Pham (2019) pateikia vertingų įžvalgų apie šiuos aspektus, pabrėžiant įvairiapusį ekonominį atsinaujinančios energijos naudojimo poveikį. Perėjimo prie atsinaujinančių energijos išteklių būtinybė yra pateisinama išskylančiomis nuosekliomis energetikos ir aplinkosaugos problemomis, kurios tampa vis akivaizdesnės. Atsinaujinančios energijos išteklių naudojimo ekonominės ir aplinkosaugos perspektyvos yra įtikinamas argumentas pasauliniam perėjimui prie

tvaresnių energijos šaltinių.

Algarni et al. (2023) pabrėžia didelį atsinaujinančių energijos šaltinių potencialą prisidėti prie ekonominio, socialinio ir aplinkos apsaugos tikslų siekimo. Atsinaujinančių energijos išteklių taikymas pagerina prieigą prie energijos, sumažina teršalų išmetimą ir gali sukurti vietos socialinio ir ekonominio vystymosi galimybes. Tyrimė pabrėžiama, kad energija yra pagrindinis veiksnys kuriant gerovę ir esminis ekonominio tvarumo vystymosi ir skurdo mažinimo elementas. Atsinaujinantys energijos šaltiniai, pasižymintys minimaliu poveikiu aplinkai, yra būtini kiekvienai šaliai, tačiau visas šių išteklių potencialas priklauso nuo tvarių technologijų kūrimo, siekiant maksimaliai išnaudoti jų energiją. Autoriai pasisako už optimalų atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimą tvariam vystymuisi, pabrėždami strateginių metodų poreikį, kad būtų galima įveikti alternatyvių šaltinių priėmimo ir įgyvendinimo iššūkius.

Atsinaujinančių energijos išteklių naudojimas sudaro prielaidas darnumo plėtrai, kur bandoma įgyvendinti įvairius socialinius, technologinius, ekonominius, aplinkosauginius bei kitus tikslus. Kalbant apie atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo poveikį, reikėtų ypatingą dėmesį skirti ekonominiam tvarumui, nes energija gaunama iš atsinaujinančių šaltinių turi didelį būtent ekonominį potencialą. Ekonominė nauda, įskaitant darbo vietų kūrimą ir išlaidų taupymą, kartu su dideliais aplinkosaugos pranašumais (pvz., mažesniu anglies dvideginio išmetimu ir mažesniu neigiamu poveikiu ekosistemoms), pabrėžia atsinaujinančios energijos būtinybę šiuolaikinėje visuomenėje. Su šiuo perėjimu susiję iššūkiai, įskaitant finansinius suvaržymus ir visapusiškos ekonominės analizės poreikį, pabrėžia strateginio planavimo ir politikos paramos svarbą siekiant palengvinti šį pasaulinį pokytį. Pridėtinė vertė ekonomikai reiškia pagaminamų prekių ir paslaugų vertę, kuri yra sukuriamą atsinaujinančios energetikos plėtros pagrindu. Pridėtinė vertė iš atsinaujinančių energijos šaltinių taikymo yra vertinama keliais lygiais (4 pav.): mikro, mezo ir makro lygiu.



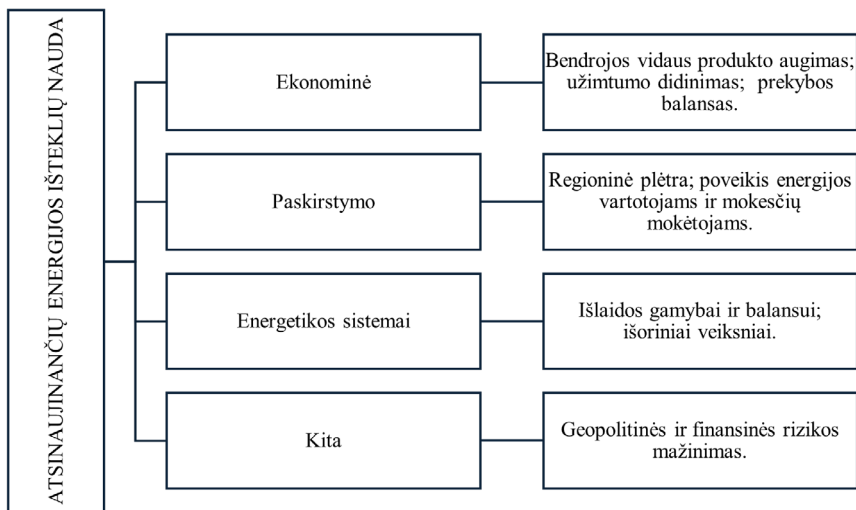
4 pav. Atsinaujinančių išteklių naudojimo pridėtinės vertės supratimo lygiai.

Šaltinis: sudaryta autoriaus, remiantis Algarni et al. (2023)

Ištyrus atsinaujinančios energijos naudą visuomenės sveikatai, Šenyapar (2023) atskleidė, kad norint palengvinti tvarių energijos šaltinių naudojimą, labai svarbu suprasti bendrą atsinaujinančios energijos naudą, įskaitant ekonomikos augimą, užimtumo didinimą ir naudą visuomenės sveikatai. Perėjimą prie aplinkai nekenksmingos energijos galima paspartinti didinant visuomenės informuotumą apie bendrą naudą sveikatai, o tai rodo, kad norint skatinti atsinaujinančių energijos išteklių naudojimą yra būtina holistinė perspektyva.

Šalies perėjimas prie atsinaujinančių energijos šaltinių yra ne tik techninis ir ekonominis iššūkis, bet ir sudėtingas valdymo klausimas, reikalaujantis pasaulinio bendradarbiavimo ir inovatyvių politikos principų formavimo. Pasauliui judant link tvaresnės ir aplinką tausojančios energetikos ateities, atsinaujinančios energijos svarba šiuolaikinėje visuomenėje ir toliau didės, o tai išryškins būtinybę sparčiau taikyti ir parengti visapusiškas strategijas esamoms alternatyvių išteklių naudojimo kliūtims įveikti. Atsinaujinančios energijos poveikio aplinkai ir ekonomikai vertinimas reikalauja tvirtos teorinės sistemos, kuri galėtų apimti ir apibrėžti daugialypį šio poveikio pobūdį.

Pažymėtina, kad per pastaruosius dešimtmečius vystėsi atsinaujinančios energijos diegimo technologijos, keitėsi ir pagrindinės plėtros priežastys – energetinis saugumas, aplinkosaugos klausimai ir energijos prieinamumas. Kaip jau buvo minėta, atsinaujinančių energijos išteklių naudojimas apima įvairias naudas – sukuriama naujos darbo vietos, tobulinama sveikatos ir švietimo sistema, mažinamas skurdas ir neigiamas poveikis aplinkai. Išsamiau atsinaujinančių energijos išteklių sukuriamą naudą yra aptariama 5 paveiksle.



5 pav. Atsinaujinančių energijos išteklių socialinis-ekonominis poveikis.

Šaltinis: sudaryta autoriaus remiantis Tarptautinės atsinaujinančios energijos agentūros IRENA (2016) duomenimis

Gerovė ekonomikoje dažniausiai vertinama kaip vartojimo nauda grupei žmonių. Atsinaujinanti energetika gali daryti įtaką daugeliui gerovės rodiklių ir aplinkosaugai bei sveikatai. Užimtumas valstybėje didėja dėl atsinaujinančių energijos išteklių plėtos, nes kiekvienas naujas projektas ir investicijos į atsinaujinančius energijos išteklius sukuria naujas darbo vietas ir didina piliečių pajamas (Pahle, 2016). Žvelgiant iš ekonomikos perspektyvos, prognozuojama, kad atsinaujinančios energijos technologijų pritaikymas sąlygos reikšmingas užimtumo galimybes. Iki 2030 m. šios technologijos galėtų sukurti daugiau nei pusę milijono darbo vietų, o iki 2050 m. jų skaičius padidėtų iki daugiau nei keturių milijonų (Raihan & Tuspekova, 2022). Šis darbo vietų kūrimo aspektas yra labai svarbi ekonominė nauda, išryškinanti atsinaujinančios energijos potencialą teigiamai prisidėti prie pasaulio ekonomikos. Taip galima pabrėžti perėjimo prie atsinaujinančių energijos šaltinių ekonominę naudą ir naudą aplinkai (Farghali et al., 2023).

Orlando ir kt. (2023) taip pat akcentuoja atsinaujinančios energijos bendruomenių kūrimo ekonominę ir aplinkosauginę naudą. Jų tyrimas pabrėžia bendrą atsinaujinančių energijos išteklių potencialą maksimaliai padidinti savo suvartojimą ir sumažinti energijos išėmimą iš elektros tinklo, taip sumažinant pradines investicijas ir priežiūros išlaidas. Šis bendruomeninis požiūris ne tik skatina taupyti, bet ir prisideda prie aplinkos apsaugos, nes sumažina CO₂ išmetimą. Autorių pasiūlyta sistema rodo, kad atsinaujinančios energijos bendruomenės gali atlikti pagrindinį vaidmenį didinant atsinaujinančios energijos technologijų prieinamumą, taip paspartindamos perėjimą prie tvaresnės energetikos.

Investicijos į atsinaujinančią energiją teigiamai veikia ir pelningumo rodiklius, tokius kaip pelnas prieš palūkanas, mokesčius, nusidėvėjimą ir amortizaciją (EBITDA), grynąsias pajamas ir investicijų grąžą. Pabrėžiamas investicijų į atsinaujinančią energiją ekonominis gyvybingumas, o tai rodo, kad nepaisant pradinių sąnaudų, ilgalaikė nauda, susijusi su didesniu pelningumu ir tvarumu, yra didelė. Būtina finansinė politika, kuri remtų investicijas į atsinaujinančios energijos technologijas, formavimą, pabrėždama tokių investicijų svarbą skatinant pasaulinį perėjimą prie atsinaujinančios energetikos (Adanma & Ogunbiyi, 2024). Regiono tautoms reikia didelių investicijų į atsinaujinančius energijos išteklius (Coskuner et al., 2020; Dilanchiev et al., 2024). Pavyzdžiui, gamtinių dujų ir ypač atsinaujinančių energijos išteklių naudojimui turėtų būti skiriama dėmesio, kad atsinaujinantys energija ištekliai sumažintų energijos gamybos sąnaudas ir neleistų teršti aplinką.

Investicijos į atsinaujinančius energijos išteklius gali tapti nauju ekonomikos augimo stimulu, kuris skatina nacionalinių pajamų didėjimą, prekybos balanso gerinimą, pramonės plėtrą ir užimtumo didėjimą (Li et al., 2022). Kai kurios šalys su žema ir vidutine ekonomikos augimo norma gali būti pagrindas ją tobulinti ir skatinti, priimant optimalią atsinaujinančios energijos plėtos politiką. Šiuo tikslu pirmiausia turėtų būti teisingai suprantama plėtos ekonominė vertė atsinaujinantys energijos ištekliai ir alternatyvios energijos pridėtinę vertę kuriančios dalys (Zou et al., 2021), todėl pirmajame vertinimo žingsnyje būtina nustatyti įtakojančius kintamuosius ir tada įvertinti kiekvieno iš jų indėlį atsinaujinančios energijos plėtos vertės grandinėje.

Antroji vertės kūrimo kategorija socialinio ir ekonominio poveikio vertinime yra paskirstymas skirtingų atsinaujinančių energijos išteklių gamyklų ir jų savininkų tarp energijos vartotojų ir mokesčių mokėtojų. Atsinaujinančios energijos gamyklos generuoja pajamas jų savininkams, o tradicinės energijos jėgainės priklauso komunalinėms įmonėms. Paskirstymo efektas daro spaudimą centralizuotoms komunalinių paslaugų verslo modeliams, kartu su atsinaujinančia energija atsiranda nauji dalyviai rinkoje. Energetikos sistemos poveikis atspindi papildomas išlaidas ir privalumus susijusius su atnaujinimu pagrįsta sistema (Zafar et al., 2021). Papildomos gamybos ir balansavimo išlaidos susijusios su elektros gamyba iš alternatyvių energijos išteklių įskaitant technologijų diegimą. Balansavimo išlaidos yra susijusios su balansavimo poreikiu siekiant užtikrinti sistemos stabilumą ir ilgainiui teikti pakankamus energijos resursus. Papildomos išlaidos apima išplėtimą, technologinį tinklų modernizavimą susijusį su atsinaujinančiais energijos ištekliais. Išoriniai veiksniai gali būti teigiami ir neigiami, nors energijos technologijų poveikis kitoms sritims, kuriamos inovacinės įmonės, plėtos politikos programos dažniausiai daro teigiamą poveikį (Miremadi et al., 2019). Gaminant energiją iš atsinaujinančių išteklių yra sumažinama rizika ir išorinė, ir vidinė. Išorinė rizika yra sumažinama dėl nepatikimos energijos tiekimo, o vidinė rizika sumažinama dėl kenksmingų medžiagų naudojimo.

Papildomas poveikis apima visas likusias išlaidas ir naudą, kurios yra susiję su atsinaujinančių energijos išteklių diegimu. Vienas iš svarbiausių – avarių rizikos mažinimas geopolitinės ir finansų srityse. Geopolitinė rizika glaudžiai susijusi su importu, nes sumažinus energijos importą, šalys gali pasiekti didesnę nepriklausomybę ir išvengti energijos kainų svyravimo. Finansinė rizika yra glaudžiai susijusi su prekybos balanso problemomis. Kaip minėta anksčiau, ekonomika yra priklausoma nuo iškastinio kuro, todėl būsimos energijos kainos tiek importuotojams, tiek eksportuotojams susijusios su finansine nepastovumo rizika (Omer, 2010). Iš to seka, kad atsinaujinantys energijos ištekliai yra lengviau nuspėjami, o prognozuojamos sąnaudos gali sušvelninti šią riziką.

1.3.1. Atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo poveikio ekonomikos augimui vertinimas

Vertės kūrimas apima plataus ekonomikos spektro naudą šalims, kurios taiko tvaraus vystymosi metodą. Kitaip tariant, vertės kūrimas apima darbo vietų kūrimą, sveikatos ir švietimo gerinimą, skurdo mažinimą ir neigiamo poveikio aplinkai mažinimą. Atsinaujinančių išteklių plėtra tiesiogiai ir netiesiogiai sukūrė milijonus darbo vietų. Nors atsinaujinančios energijos plėtos nauda labai didelė, šioje srityje atlikta gan nedaug ekonominės analizės tyrimų. Aptariant galimus pajėgumus įvairiose atsinaujinančios energijos vertės grandinės dalyse, daugiausia dėmesio turėtų būti skirta saulės ir vėjo energijos plėtrai, užimtumui ir pridėtinei vertei, atsirandančiai plėtojant atsinaujinančią energiją. Be to, būtina įvertinti kokią įtaką atsinaujinančios energetikos plėtra turi BVP ir visuomenės gerovei (Zahraoui et al., 2021).

Atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo ir ekonomikos augimo santykis yra

daugialypis. Nors yra vis daugiau įrodymų, kad atsinaujinanti energetika gali turėti teigiamos įtakos ekonomikos augimui, bet svarbu pažymėti, kad šio poveikio mastas gali skirtis priklausomai nuo įvairių veiksnių, įskaitant šalies konkrečias aplinkybes, politikos sistemas ir atsinaujinančios energetikos plėtrą. Ekonominė pažanga priklauso nuo efektyvaus energijos naudojimo, tačiau perteklinis iškastinio kuro suvartojimas labai teršia aplinką. Dėl to dažnai bandoma padidinti atsinaujinančios energijos naudojimo mastą, siekiant sumažinti išmetamų dujų kiekį, kuris gali sukelti šiltnamio efektą. Vyriausybės remiamos iniciatyvos per dotacijas, mokesčių nuolaidas ir kitas lengvatas pastaruoju metu buvo pagrindinis atsinaujinančios energetikos variklis, o kaip rezultatas pajamos iš šių šaltinių padidėjo (Bhattacharya et al., 2016).

Atsinaujinančių energijos šaltinių naudojimo poveikis ekonomikos augimui ir tvariam vystymuisi gali skirtis priklausomai nuo kiekvieno šalies konteksto ir politikos. Atsinaujinančios energijos infrastruktūros diegimas atnešė įvairios ekonominės naudos, įskaitant darbo vietų kūrimą, investicijų pritraukimą ir iškastinio kuro importo mažinimą. Iniciatyva taip pat paskatino vidaus atsinaujinančios energijos įrenginių gamybą, nes jie prisideda prie gamybos sektoriaus augimo (Gayen et al., 2024). Atsinaujinančios energijos įtaka ekonomikos augimui ir darnus vystymasis priklauso nuo konkrečių šalies aplinkybių ir jos įgyvendinamos politikos. Daugelis šalių pripažįsta atsinaujinančios energijos ekonominį potencialą, kai energija, skirta sumažinti anglies dvideginio išmetimą, didina energetinį saugumą ir sukuria naujų darbo vietų žaliosios energijos sektoriuje. Tačiau šio poveikio mastas ir pobūdis gali skirtingose šalyse skirtis, priklausomai nuo ekonominės struktūros ir politikos pasirinkimo.

Pavyzdžiui, smarkiai augant vėjui, saulės ir vandens energijos pajėgumams, Kinija yra viena didžiausių investuotojų į atsinaujinančią energiją pasaulyje. Šalis atnaujiną energetikos sektorių ir sumažino savo priklausomybę nuo anglies, sumažino oro taršą ir sukūrė milijonus darbo vietų atsinaujinančių energijos šaltinių gamybos, montavimo ir energijos sistemų priežiūros srityje. Kinijos investicijos į ekologiškas technologijas ir atsinaujinančios energijos įrangos eksportas paskatino jos ekonomikos augimą ir prisidėjo prie šiltnamio efekto, sukeliančio dujų išmetimą, sumažinimo. Kinija sparčiai išplėtė energijos gamybą, akcentuodama iškastinį kurą ir atsinaujinančius energijos išteklius (Gayen et al., 2024).

Klimato kaita, ekologiška ekonomika ir aplinkos tvarumas tapo pagrindiniais akademinį tyrimų klausimais. Be to, klimato kaita yra be jokios abejonės, viena pavojingiausių grėsmių žmogui ir ekosistemų egzistavimui, taigi per pastarąjį dešimtmetį tyrėjai pabrėžia pagrindines klimato kaitos bei pasaulinio atšilimo pasekmes (Nardo, 2020; Moslehpour et al., 2022), nors akivaizdu, kad CO₂ emisija yra viena iš pagrindinių problemų. Vyraujanti klimato kaitos ir visuotinio atšilimo grėsmė atkreipė dėmesį į atitinkamą ryšį tarp ekonominių rodiklių (tokie kaip BVP augimas, gamyba, naftos kainos ir kt.), energetikos vartojimo ir ekologinės taršos (AlNemer et al., 2023).

Pirmasis empirinis tyrimas, kuriame buvo analizuotas suvartotos energijos ir ekonominio augimo santykis buvo atliktas 1978 metais Krafto. Tyrime vertinant Grangerio priežastinį ryšį buvo nustatytas stiprus ryšys tarp suvartotos energijos ir BVP augimo. Tai įrodė, kad BVP didėjimas arba mažėjimas turi įtakos energijos vartojimo

pokyčiams, tačiau energijos vartojimas nebūtinai turi įtakos BVP. Šiam tyrimui prieštaravo Akarca ir Long tyrimas (1980), kurie taikydami Sims metodą priežastinio ryšio tarp energijos vartojimo ir BVP nenustatė. Kiti mokslininkai irgi bandė nustatyti, ar yra ryšys tarp suvartotos energijos ir ekonomikos augimo. Tyrimui atlikti jie pasirinko skirtingas valstybes bei skirtingus tyrimo periodus (žr. 2 lentelę).

Chien ir Hu (2007) naudodami panelinę duomenų analizę ištyrė 45 valstybes ir jų ekonomikas. Lee ir Chang (2008) į savo tyrimą įtraukė darbo jėgą ir kapitalą, o gauti rezultatai parodė trumpalaikį ir ilgalaikį priežastinį ryšį tarp energijos vartojimo ir BVP. Gauti tyrimų rezultatai parodė, kad atsinaujinanti energetika didina techninių valstybių našumą, o tradicinė energija ji mažina. Taip pat nustatyta, kad išsivysčiusiose šalyse energetinis efektyvumas yra didesnis nei besivystančiose. Jeigu teigiama, kad atsinaujinanti energetika pagerina techninį efektyvumą, tai reiškia, kad su tuo pačiu sąnaudų lygiu pagaminama daugiau produkcijos. Vertinant atsinaujinančios energijos įtaką BVP per importą ir kapitalo formavimą buvo nustatyta, kad atsinaujinanti energija teigiamai veikia BVP per kapitalo formavimą, o ne per prekybos balansą (Domac et al., 2005; Ohler, Fetters 2014).

Dauguma tyrimų paaiškina padidėjusį ekonominį efektyvumą, kuris atsirado dėl atsinaujinančios energijos naudojimo. Kai kurie mokslininkai ištyrė ryšį tarp atsinaujinančios ir neatsinaujinančios energijos vartojimo ir ekonomikos augimo įvairiose šalyse. Rezultatai rodo teigiamą ir reikšmingą ryšį tarp atsinaujinančios energijos vartojimo ir ekonomikos augimo ilgalaikėje perspektyvoje. Be to, yra dvipusis priežastinis ryšys tarp neatsinaujinančios energijos vartojimo ir ekonomikos augimo ilguoju ir trumpuoju laikotarpiu. Nagrinėjant priežastinį ryšį tarp atsinaujinančios kintamųjų energijos suvartojimo ir ekonomikos augimo, mokslininkai (Candra et al., 2023) padarė išvadą, kad yra ilgalaikis pusiausvyros ryšys tarp atsinaujinančios energijos vartojimo kintamųjų, ekonominio augimo, kapitalo ir darbo.

Tyrimas (Osman et al., 2023) įrodo, kad naudojant atsinaujinančią energiją tiesiogiai didėja bendrasis vidaus produktas (BVP) ir pagerėja ekonomika. Atsinaujinančios energijos naudojimas prisideda prie ekonomikos augimo, sukuria milijonus darbo vietų ir gerina žmonių gyvenimo kokybę. Tokia investicija turėtų milžinišką socialinę ir ekonominę naudą, tačiau reikalauja maždaug 130 trilijonų dolerių naujų investicijų. Energetikos sistemų transformacija galėtų pridėti 98 trilijonus dolerių prie pasaulio bendrojo vidaus produkto (BVP) 2016–2050 m. Palyginus su įprastu verslu tikėtina beveik trigubai padidės užimtumas atsinaujinančios energijos pramonėje (iki 42 mln. žmonių), o su energijos vartojimo efektyvumu susijęs užimtumas padidės iki 21 mln. žmonių. Naudojant atsinaujinančią energiją bus galimybė prisidėti prie nacionalinių ekonomikų augimo.

2 lentelė. Mokslininkų tyrimui pasirinktų valstybių ir laikotarpių apibendrinimas

Šaltinis	Valstybė	Metai
Sadorsky (2009)	Ekonomiškai besivystančios valstybės	1994-2003
Apergis & Payne (2010)	Euroazija	1992-2007
Apergis & Payne (2010)	OECD valstybės	1985-2005
Apergis & Payne (2011)	Centrinė Amerika	1980-2006
Apergis & Payne (2011)	16 ekonomiškai besivystančios šalys	1990-2007
Bobinaitė (2011)	Lietuva	1990-2009
Shafie (2013)	OECD valstybės	1980-2011
Apergis & Danuletiu (2014)	80 valstybių iš skirtingų žemynų	1990-2012
Bhattacharya (2015)	38 atsinaujinančius energijos išteklius naudojančios valstybės	1991-2012
Bozkurt & Destek (2015)	UK, Vokietija, Turkija, Italija	1980-2012
Lucas et al. (2016)	Kinija	2006-2019
Coskuner et al. (2020)	Kaukazas	1990-2021
Güney & Kantar (2020)	36 atsinaujinančius energijos išteklius naudojančios valstybės	1997-2017
Abban & Hasan (2021)	Besivystančios šalys	1996-2020
AlNemer et al. (2023)	25 atsinaujinančius energijos išteklius naudojančios valstybės	1997-2011
Candra et al. (2023)	124 atsinaujinančius energijos išteklius naudojančios valstybės	1990-2018
Fang (2023)	Kinijos provincijos	2005-2019
Dilanchiev et al. (2024)	Kaukazas	1990-2021
Noor et al. (2024)	Azijos šalys	1995-2019
Tugcu & Menegaki (2024)	G7 šalys	1980-2018

Šaltinis: autoriaus sudaryta remiantis paminėtais literatūros šaltiniais.

2 lentelėje pateikti tyrimų apie atsinaujinančių energijos šaltinių vartojimo ir ekonomikos augimo ryšių apžvalgų rezultatai. Matoma, kad mokslininkai siekdami patikimų rezultatų pasirinko gan nemažą šalių kiekį ir kartu keliasdešimties metų laikotarpį. Kuo ilgesnis bus tyrimo laikotarpis, tuo gauti rezultatai bus patikimesni, o kuo daugiau šalių bus pasirinkta, tuo daugiau pavyzdžių ir pokyčių vertinimų bus apžvelgta.

Pastebėtina, kad dėl energijos vartojimo ir ekonominio augimo priklausomybės yra gauta daug prieštaringų rezultatų, vieni tyrimai atskleidė priežastinį ryšį, kito jo nerado. Pabrėžtina, kad tokie skirtingi rezultatai tuo pačiu tiriamu laikotarpiu buvo gaunami dėl skirtingų kintamųjų įtraukimo į vertinimą.

Svarbu paminėti, jog paskutiniais metais atliktuose tyrimuose daugiausiai dėmesio skiriama atsinaujinančios energetikos ir BVP santykiui. Ekonomistas Amri (2017) ištyrė ryšį tarp ekonomikos augimo ir energijos naudojimo priklausomybes pagal dvi kategorijas – atsinaujinančios energetikos ir neatsinaujinančios energetikos. Tyrimui atlikti buvo naudojamas ADL modelis, kurio rezultatai parodo ilgalaikį dvikryptį priežastinį ryšį tarp ekonomikos augimo ir neatsinaujinančios energetikos, tačiau tarp atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo ir ekonominio augimo ryšio nenustatyta, bet rezultatai atskleidė vienkryptį poveikį ekonomikos augimui, atsirandantį dėl atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo įtakos ilguoju laikotarpiu.

Payne (2010) teigimu augimas grindžiamas vienkrypčiu ryšiu tarp atsinaujinančios energijos naudojimas priklausomybės nuo ekonominio augimo. Šia hipoteze teigiama, kad energijos naudojimas prisideda prie ekonomikos augimo. Jei priežastinio ryšio santykiai yra teigiami, naudojant daugiau energijos ekonomika auga, o ribojant energijos naudojimą galima neigiamai paveikti ekonomikos augimą. Jei priežastinis ryšys yra neigiamas, gali būti, kad per daug energijos yra sunaudojama neproduktyviuose sektoriuose, kas sąlygoja ekonomikos rezultatų mažėjimą. Iš to seka, kad atsinaujinanti energija gali būti interpretuojama kaip ekonomikos augimo varomoji jėga. Neutralumo hipotezėje priežastinis ryšis tarp energijos naudojimo ir ekonominio augimo nėra nustatomas, nes pabrėžiama, kad energijos naudojimas turi labai nedidelę arba neturi jokios įtakos ekonomikos augimui (Apergis & Payne, 2011), todėl neutralumo hipotezė yra pagrįsta priežastinio ryšio nebuvimu tarp energijos sunaudojimo ir ekonominio augimo.

Mokslininkai (Algarni et al., 2023; Fang, 2023; Hashmi, 2023; Şenyapar, 2023; Gayen et al., 2024 ir kiti) pateikia išsamių įžvalgų apie ekonominę naudą ir iššūkius, susijusius su atsinaujinančios energijos taikymu, pabrėžiant atsinaujinančios energijos vaidmenį tvarioje plėtroje, poveikį visuomenės sveikatai ir ekologinės aplinkos kūrimui. Mokslininkai pabrėžia strateginių požiūrių ir visuomenės sąmoningumo svarbą įveikiant šiuos iššūkius ir išnaudojant visą atsinaujinančios energijos potencialą tvariai atečiai. Kartu šie tyrimai padeda giliau suprasti teorinius pagrindus, būtinus vertinant atsinaujinančios energijos poveikį. Jie pabrėžia technologinės pažangos, politikos intervencijų ir regioninių svarstymų svarbą mažinant anglies dvideginio išmetimą ir skatinant tvarią plėtrą, kai pasaulinė bendruomenė ir toliau grumiasi su klimato kaitos iššūkiais ir perėjimu prie tvarios energijos sistemų.

Pham (2019) tyrė tarpvalstybinį atsinaujinančios energijos poveikį ir atskleidė, kad atsinaujinantys energijos ištekliai, tiekiami su mažomis ribinėmis sąnaudomis gali lemti elektros rinkos kainų mažėjimą. Šis poveikis yra reikšmingas sujungtose elektros rinkose, kur vienos šalies politika ir energijos gamyba gali turėti įtakos energijos kainoms ir rinkos dinamikai kitoje šalyje. Svarbu koordinuoti energetikos politiką ir bendras atsinaujinančios energijos paramos schemas tarpusavyje sujungtose rinkose, siekiant optimizuoti atsinaujinančios energijos integravimo naudą. Atsinaujinančios energijos naudojimas turi didelį pasekmių darbo vietų kūrimui, energijos kainoms ir rinkos dinamikai. Pham (2019) iliustruoja atsinaujinančios energijos ekonominę naudą, viršijančią jos pranašumus aplinkai. Ši nauda apima energijos rinkų stabilizavimą,

energijos kainų mažinimą ir tvaraus užimtumo galimybių sukūrimą. Pasauliui ir toliau pereinant prie tvaresnės energetikos politikos formuotojams, įmonėms ir bendruomenėms bus labai svarbu suprasti ir panaudoti šį ekonominį poveikį.

Tuo tarpu Adeyemi-Kayode et al. (2021) ištyrė atsinaujinančios energijos gamybos poveikį Nigerijoje, daugiausia dėmesio skiriant saulės, biomasės, hidroenergijos ir vandenynų energijai, ir atskleidė, kad atsinaujinančios energijos naudojimas labai prisideda prie ekonomikos plėtros, nes sukuria užimtumo galimybes, skatina BVP augimą ir skatina vietinius mokslinius tyrimus ir plėtrą. Tyrime pabrėžiama, kad skatinant socialinę ir ekonominę transformaciją, būtina įvertinti atsinaujinančios energijos švietimo, atsinaujinančios energijos verslo ir konkrečių saulės bei vėjo projektų svarbą visoje Nigerijoje. Šis Nigerijos atvejo tyrimas iliustruoja atsinaujinančios energijos potencialą spręsti tvaraus vystymosi iššūkius ir pasiekti visuotinę prieigą prie alternatyvios energijos iki 2030 m.

English et al. (2022) nagrinėjo atsinaujinančio biokuro/energijos pramonės tiekimo grandinės ekonominį poveikį ir pabrėžė atsinaujinančios energijos svarbą skatinant ekonomikos vystymąsi ir aplinkos tvarumą. Tiriant makroekonominių veiksnių įtaką atsinaujinančios energijos gamybai Pietų Azijoje, raštingumo lygis, energijos importas, Vyriausybės išlaidos ir miestų gyventojų skaičiaus augimas buvo įvardinti kaip pagrindiniai veiksniai, darantys įtaką atsinaujinančios elektros energijos gamybai. Atlikto tyrimo išvados rodo, kad energijos importas, Vyriausybės išlaidos ir miesto gyventojų skaičiaus augimas neigiamai veikia atsinaujinančios elektros energijos gamybą, o raštingumo lygis turi teigiamą ir reikšmingą poveikį. Šiame tyrime pabrėžiamas esminis makroekonominių kintamųjų vaidmuo didinant atsinaujinančios energijos gamybą, pabrėžiant politikos, kuri sumažintų energijos importą ir užtikrintų veiksmingas Vyriausybės išlaidas atsinaujinčiai energijai, poreikį.

Mokslininkai Zhao et al. (2022) teigia, kad atsinaujinanti energija mažina energijos nepriteklį, o kadangi pajamų nelygybės mažinimas yra vienas iš tvaraus vystymosi tikslų ir aspektų, todėl atsinaujinanti energija skatina tvarų vystymąsi per energijos nepritekliaus poveikį pajamų nelygybei. Atsinaujinanti energija skatina tvarią plėtrą ir kartu lemia pajamų nelygybės aspektą didinant energijos prieinamumą. Güney ir Kantar (2020) nustatė, kad atsinaujinanti energija yra svarbus tvaraus vystymosi variklis šalyse trumpuoju ir ilguoju laikotarpiu.

Teigiama, kad energijos prieinamumas mažina pajamų nelygybę, todėl tikimasi, kad atsinaujinanti energija padidins tvarų vystymąsi. Pan et al. (2021) rodo, kad energijos nepritekliaus mažinimas gerina visuomenės sveikatą, o Zhao et al. (2022) rodo, kad atsinaujinanti energija mažina energijos nepriteklį, todėl tikimasi, kad atsinaujinanti energija paskatins tvarų vystymąsi, kuris mažins energijos nepriteklį ir gerins visuomenės sveikatą, nes visuomenės sveikata taip pat yra vienas iš ypatingai svarbių tvarios plėtros aspektų. Atsinaujinanti ir neatsinaujinanti energija daro įtaką darniam vystymuisi, todėl šis tyrimas buvo atliktas siekiant ištirti atsinaujinančios ir neatsinaujinančios energijos įtaką tvariai plėtrai.

Chen et al. (2022) tyrė neatsinaujinančių išteklių įtaką tvariam vystymuisi ir naudojo BVP vienam gyventojui kaip tvarumo rodiklį. Darnus vystymasis buvo matuojamas

bendrosiomis nacionalinėmis pajamomis. Jų tyrimo išvados rodo, kad vieno procento atsinaujinančios energijos vartojimo padidėjimas lemia 0,14 procento BVP vienam gyventojui padidėjimą ir vieno procento neatsinaujinančios energijos vartojimo padidėjimas sukelia 0,13 procento sumažėjimą BVP vienam gyventojui. Todėl buvo rastas teigiamas atsinaujinančios energijos poveikis ir neigiamas neatsinaujinančios energijos poveikis tvariai plėtrai.

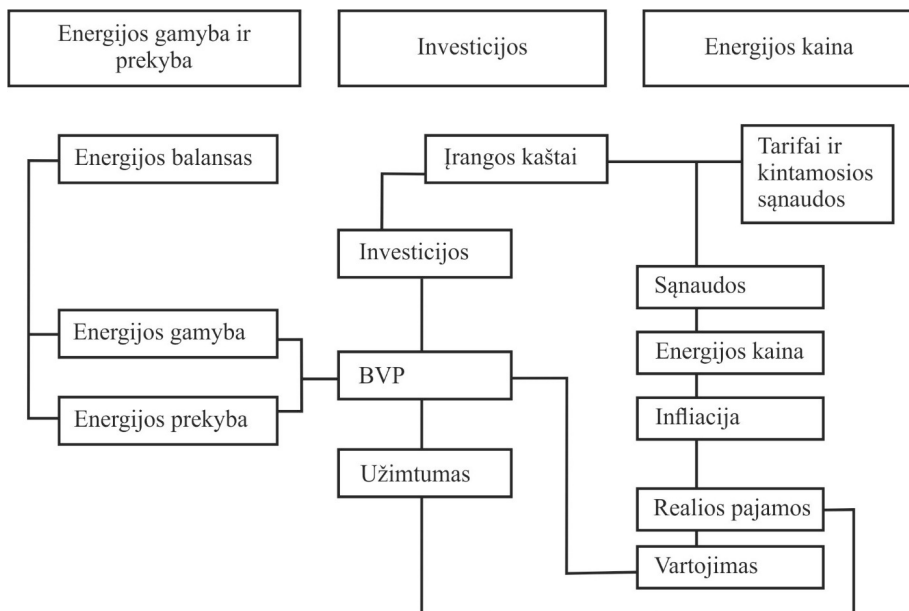
Wei ir Huang (2022) kaip rodiklį naudojo pakoreguotas nacionalines santaupas tvarios plėtros kontekste ir įvertino atsinaujinančios energijos poveikį pakoreguotam nacionalinių santaupų lygiui. Jų tyrimo rezultatai rodo teigiamą atsinaujinančios energijos įtaką nacionalinei ekonomikai, o tai reiškia, kad atsinaujinanti energija gerina tvarumą. Ilgalaikiai tyrimai parodė, kad skatinant ekonomikos plėtrą svarbu vartoti atsinaujinančius ir neatsinaujinančius energijos išteklius.

Fang (2023) nagrinėjo ekonominio sudėtingumo, investicijų į energetikos sektorių, ekologiškų technologinių naujovių ir pramonės augimo poveikį anglies dvideginio išmetimui Kinijos provincijose 2005–2019 m. m. ir nustatė, kad nors ekonominio sudėtingumo indeksas prisideda prie padidėjusio CO₂ išmetimo, investicijos į atsinaujinančią energiją ir ekologiškas technologines naujoves bei pramonės struktūros pažanga žymiai sumažina neigiamas pasekmes aplinkai. Šis tyrimas suteikia supratimą, kaip įvairūs ekonominiai ir technologiniai veiksniai sąveikauja darydami įtaką anglies dvideginio išmetimui ir siūlo Kinijai politines rekomendacijas anglies dvideginio mažinimo tikslams paremti.

Kitų mokslininkų (Suproń, & Myszczyzsyn, 2024) atlikto tyrimo rezultatai pabrėžia poreikį skatinti atsinaujinančios energijos plėtrą žemės ūkyje ir didinti informuotumą apie neigiamą intensyvios žemdirbystės poveikį aplinkai, akcentuojant teigiamą ekologinio žemės ūkio poveikį. Žaliosios žemdirbystės koncepcija buvo sukurta remiantis tvaraus žemės ūkio praktika, kuri pirmenybę teikia aplinkos apsaugai, ekosistemų išsaugojimui ir maisto saugumui. Atsinaujinančios energijos vaidmuo Europos žemės ūkyje vis dar išlieka mažas, nors jo potencialas yra palyginti didelis. Atsinaujinanti energija žemės ūkyje didina žemės ūkio sektoriuje užimtumą ir gerina ūkininkų finansinę padėtį. Be to, atsinaujinanti energija gali didinti žemės ūkio gamybos ekonominį gyvybingumą (taupant išlaidas), konkurencingumą ir sumažintą pažeidžiamumą išorės sukrėtimams.

Atsižvelgiant į praeityje atliktus tyrimus, siekiant nustatyti priežastinį ryšį tarp atsinaujinančių energijos išteklių ir ekonominio augimo (2 lentelė) matoma, kad buvo tiriamos skirtingos valstybės ir valstybių grupės, skirtingais laiko periodais. Rezultatai gauti taip pat skirtingi: ekonomiškai besivystančiose valstybėse nustatytas vienkryptis priežastinis ryšys tarp atsinaujinančių energijos išteklių ir ekonominio augimo, ekonomiškai stipriose ir didelėse valstybėse nustatytas dvikryptis priežastinis ryšys tarp atsinaujinančių energijos išteklių ir ekonominio augimo. Atliktų tyrimų rezultatai parodė, kad dažniausiai priežastinis ryšys tarp atsinaujinančių energijos išteklių ir ekonomikos augimo grindžiamas grįžamojo ryšio hipoteze. Galima teigti, kad valstybių pasirinkimas ir skirtingų analizės duomenų taikymas parodo atsinaujinančių energijos išteklių ir ekonominio augimo priežastingumo priklausomybę. Priežastinis

ryšys tarp ekonomikos augimo ir energijos vartojimo įrodytas įvairiose mokslininkų tyrimuose. Galima teigti, kad energijos vartojimo efektyvumas mažina gamybos sąnaudas, o tai skatina veiksmų našumą ir ekonominį augimą. Priežastinis ryšys tarp ekonominio augimo ir atsinaujinančios energetikos egzistuoja remiantis trimis mechanizmais (6 pav.).



6 pav. Priežastinio ryšio tarp atsinaujinančių energijos išteklių ir ekonominio augimo mechanizmai.

Šaltinis: sudaryta autoriaus, remiantis Gaspar (2017).

Iš 6 paveikslą matome, kad poveikis pasireiškia trimis kryptimis (Gaspar, 2017): energijos gamyba ir prekyba, investicijos ir kainos. Šios trys kryptys apima ir smulkesnius aspektus, kuriuos būtina bent trumpai aptarti.

Energijos gamyba ir prekyba. Mokslininkų (Abban, A. R., ir Hasan, M. Z., (2021).) nuomone, atsinaujinančių energijos išteklių naudojimas sumažina iškastinio kuro naudojimą, todėl dalyje valstybių sumažės BVP. Tai atsitinka valstybėse, kurios energijos gamyba priklauso nuo iškastinio kuro ir importuoja iškastinį kurą. Kaip minėta anksčiau, tai atsitinka dėl energijos kainų nepastovumo.

Investicijos. Atsinaujinanti energetika reikalauja daugiau kapitalo, nes įvairūs mokslininkai jau pagrindė investicijų į alternatyvius energijos šaltinius būtinybę. Didesnės investicijos lemia didesnę BVP, kuris savo ruožtu kuria naujas darbo vietas.

Kainos. Aukštos elektros kainos didina infliacijos lygį ir mažina realias pajamas. Dėl technologinio pažangumo atsinaujinanti energetika ir jos plėtra regionuose mažina sąnaudas gamybai, todėl tokios elektros kaina yra mažesnė ir tai skatina spartesnį

ekonominį augimą (Paulauskaitė, (2023).

Bendras ekonominis tobulėjimas ir augimas dėl atsinaujinančios energijos naudojimo lemia daugumos šalių ekonomikos sektorių augimą. Atsinaujinanti energetika skatina užimtumą, tarptautinę prekybą, gerovę ir ekonominį augimą. Atsinaujinančios energetikos poveikis nurodo galimybę valstybėms judėti link ekonomiškesnės, patikimesnės ir saugesnės energetikos sistemos. Atsinaujinančių energijos šaltinių plėtrą daugiausiai įtakoja jų prieinamumas, o technologiniai ir ekonominiai veiksniai skatina jų vystymąsi (Halkos & Tzeremes, 2013). Augančios ekonomikos valstybės siekia užtikrinti stabilumą energetikos srityje ir technologinį vystymąsi. Kaip minėta anksčiau, ES yra viena iš sparčiausiai atsinaujinančių energijos išteklių plėtrą skatinančių regionų, nes jos pagrindinis tikslas atsinaujinančių energijos išteklių srityje apima tris pagrindinius prioritetus:

- išlaikyti ekonominį konkurencingumą;
- pereiti prie mažiau „užterštos“ ekonomikos;
- užtikrinti energijos tiekimo saugumą.

Pažymėtina, kad ekonomikos augimas sparčiai išaugino energijos paklausą visame pasaulyje, o labiausiai didelėse gyventojų grupėse Brazilijoje, Kinijoje bei Artimųjų Rytų šalyse. Be to, dėl daugelio besivystančių šalių netinkamo ir nepatikimo energijos tiekimo didėja energijos poreikis, daugelis besivystančių šalių ieško galimybių maksimaliai padidinti energijos gamybos pajėgumus. Elektros energijos tiekimo trūkumas didžiausią žalą daro skurdžiausioms pasaulio valstybėms, nes yra stabdomas verslo ir ekonominis augimas. Energija yra pagrindinis indėlis visoms prekėms ir paslaugoms, todėl netinkamas energijos tiekimas sumažina našumą, konkurencingumą ir užimtumą (Arbolino & Romano, 2017; Algarni et al., 2023).

Verta paminėti, kad nuo pat atsinaujinančios energetikos plėtros pradžios jos nauda ekonomikai analizuojama nuolat. Walz ir Schleiz (2008) išskyrė tris pagrindinius atsinaujinančios energetikos padarinius ekonomikai. Pirmiausiai, ekonominė nauda matuojama dėl įtakos paklausai, įgyvendinat AE politiką reikalingos papildomos investicijos. Investicijų padidėjimas atsinaujinančios energijos gamyboje didina paklausą su atsinaujinančia energija susijusiomis paslaugomis. Padidėjusi paklausa lemia gamybos augimą sektoriuose, kuriuose yra naudojami atsinaujinantys energijos ištekliai. Namų ūkio sektoriui atsinaujinančios energijos naudojimas sukelia papildomas išlaidas, dėl didesnių atsinaujinančių energijos kainų. Aukštesnės energijos kainos sumažina realias pajamas namų ūkiui, todėl už tas pačias pajamas prekių suvartojimą mažiau. Atsinaujinančios energijos kainos sumažina realias pajamas ir vartojimą perkelia į atsinaujinančios energijos sritį. Tačiau, investicijos ir atsinaujinančios energijos veikla skatina užimtumą, dėl kurio namų vartotojai turės daugiau pajamų vartojimui. Antra, ekonominė nauda matuojama dėl įtakos pajamoms, atsinaujinančios energijos politika sukelia darbo jėgos paklausą. Didesnės pajamos, kurios atsiranda dėl atsinaujinančios energijos vartojimo skatina didesnę vartojimo paklausą, dėl to didėja gamyba ir gaunamos didesnės pajamos. Dėl šios priežasties didėja užimtumas valstybėje, o kartu ir namų ūkių pajamos. Vienas iš svarbiausių ekonominės naudos veiksnių yra investicijos, nes naujos technologijos įveda naujus sistemos pokyčius ir modernizuoja

kapitalą (Koscis & Kiss 2014; Orlando et al., 2023; Adanma & Ogunbiyi, 2024).

Minėtina, kad ekonominę pažangą per pastaruosius dešimtmečius daugiausiai lėmė energetikos sektoriaus modernizavimas ir stabilumas (Voser, 2015). Šalyse, kuriose yra gausu energijos išteklių, pramonė yra ekonomikos atsigavimo ir vystymosi varomoji jėga. Tradicinius energijos išteklius turinčios valstybės gali pasirinkti plėtros strategijas, kurios padės maksimaliai padidinti išteklių gavybos naudą. Sektorių, susijusių su atsinaujinančių energijos šaltinių gamyba, vystymas užtikrina ekonominę naudą. Būtina pabrėžti, kad ekonomiškai besivystančioms valstybėms patikimos ir prieinamos energijos tiekimas yra itin svarbus, o nepatikimos energijos tiekimas prisideda prie Bendrojo vidaus produkto mažėjimo.

Moksliniai tyrimai ekonomikos srityje rodo didėjančią atsinaujinančios energijos vaidmenį ekonomikos augime. Autoriai (AlNemer et al., 2023) atskleidė, kad atsinaujinanti energija kaip problemų sprendimas atsiranda dėl iškastinių išteklių neapibrėžtumo, priklausomybės nuo šalių importo, politinės krizės ir neigiamo iškastinių išteklių poveikio aplinkai. Empiriniai rezultatai parodė, kad realios pajamos vienam gyventojui turi teigiamą ir reikšmingą atsinaujinančios energijos vienam gyventojui vertę. Kapitalas, prekybos atvirumas ir urbanizacija taip pat įtraukiami į gamybos funkcijas kaip papildomi ekonomikos augimo veiksniai.

Mokslininkai (Apergis & Payne, 2012; Ivanovski et al., 2021; Shahbaz et al., 2024) nustatė, kad atsinaujinančių energijos išteklių naudojimas teigiamai veikia ekonomikos augimą, tačiau atsinaujinančių energijos išteklių naudojimas gali turėti ir įvairių socialinių padarinių, įskaitant skurdo panaikinimą, klimato kaitos švelninimą ir sveikatos gerinimą, mažinant su dujų išmetimu susijusią taršą. Tuo tarpu investicijos į atsinaujinančios energijos projektus gali padėti sumažinti skurdą suteikiant naujas darbo galimybes kaimo vietovėse.

Apibendrinant ankstesnius tyrimus ir apžvelgtą ekonominę literatūrą galima teigti, kad energetika yra gyvybiškai svarbi ekonomikai ir yra esminis įnašas beveik visoms paslaugoms ir prekėms. Stabili energijos gamyba ir našumas yra ekonomikos augimo pagrindas. Teigiama, kad patikimas energijos šaltinis yra laikomas svarbiu veiksmu ekonomikos plėtroje. Mokslininkai siūlo išsamią teorinę sistemą, kuri kiekybiškai įvertina technologijų pažangos, atsinaujinančios energijos vartojimo ir tarptautinės prekybos poveikį anglies dvideginio išmetimui. Tyrimuose pabrėžiamas teigiamas technologijų pažangos ir atsinaujinančių energijos išteklių vartojimo poveikis mažinant CO₂ išmetimą. Autoriai pasisako už priemones, reglamentus ir teisinės sistemas, skatinančias technologinius patobulinimus ir perėjimą prie tvarios energijos, pabrėždami lemiamą politikos vaidmenį palengvinant šiuos pokyčius. Būtina tik atsižvelgti į tarpvalstybinę priklausomybę ir nevienalytiškumą, užtikrinant išvestinių politikos įžvalgų patikimumą. Iš to seka, kad atsinaujinančios energijos panaudojimo ekonominė nauda yra didelė, nes ji siūlo tvarios plėtros, visuomenės sveikatos gerinimo ir aplinkos išsaugojimo sprendimus, tačiau perėjimui prie atsinaujinančios energijos sistemų gali iškilti technologinių, finansinių ir politinių kliūčių, todėl svarbu įvertinti regioninę ekonominę atsinaujinančios energijos naudojimo dinamiką, kuri gali labai skirtis nuo nacionalinio lygmens poveikio.

1.3.2. Atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo poveikio ekonomikos augimui teoriniai vertinimo metodai

Priežastingumo ryšys tarp atsinaujinančios energijos skatinimo, anglies emisijos mažinimo ir ekonomikos augimo tapo svarbiu akcentu darnaus vystymosi diskurso tyrimų srityje. Didėjanti atsinaujinančios energijos gamyba ir kartu vykstančios technologinės naujovės skatina energetikos sektoriaus pertvarką, todėl būtina sukurti tinkamą energetinio saugumo vertinimo sistemą (Dzwigol et al., 2023). Inovacijos atsinaujinančios energijos technologijose gali padėti tiekti rinkai švarią energiją ir gali būti naudingi siekiant paveikti energijos portfelius. Nepaisant to, palyginti mažai dėmesio buvo skirta priežastinio ryšio tarp atsinaujinančių ir neatsinaujinančių energijos šaltinių ir oro taršos nustatymui (Chen et al., 2023). Atsinaujinančios energijos gamyba ir technologinės inovacijos tuo pat metu buvo naudojamos kaip pagrindiniai atsinaujinančios energijos plėtros pavyzdžiai. Saulės, vandens ir vėjo energijos poveikio ekonomikai analizei dažniausiai naudojamas regresijos metodas, tačiau literatūroje išskiriami ir kiti galimi alternatyvių energijos išteklių poveikio ekonomikai vertinimo metodai (3 lentelė).

3 lentelė. Atsinaujinančių energijos išteklių poveikio ekonomikai vertinimo metodai

Metodai	Šaltiniai
Autoregresyvaus paskirstyto atsilikimo metodai	Lucas et al., 2016; Abban & Hasan, 2021; English et al., 2022; Wei & Huang, 2022; Adedoyin et al., 2023; AlNemer, Hkiri, & Tissaoui, 2023; Alsagr, 2023; Fang, 2023; Noor et al., 2024; Tugcu & Menegaki, 2024.
Ekonometriniai metodai	Güney, 2019; Coskuner et al., 2020; AlNemer et al., 2023; Alsagr, 2023; Candra et al., 2023; Dzwigol et al., 2023; Fang, 2023; Dilanchiev et al., 2024; Suproń & Myszczyzsyn, 2024; Zheng & Wong, 2024.
Granger priežastingumo testas	Güney & Kantar, 2020; Wei & Huang, 2022; Lin et al., 2022; Raihan & Tuspekova, 2022; AlNemer et al., 2023; Candra et al., 2023; Chen et al., 2023; Dzwigol et al., 2023; Noor et al., 2024; Tugcu & Menegaki, 2024.
Mažiausių kvadratų metodas	Güney, 2019; Adedoyin et al., 2023; Yu et al., 2023; Suproń & Myszczyzsyn, 2024.
Panelinė analizė	Güney & Kantar, 2020; Alsagr, 2023; Candra et al., 2023; Chen et al., 2023; Fang, 2023; Yu et al., 2023; Dilanchiev et al., 2024; Noor et al., 2024.

Šaltinis: sudaryta autoriaus remiantis literatūros apžvalga

3 lentelėje matoma, kad ryšio tarp atsinaujinančių energijos išteklių ir ekonomikos augimo tyrimui gali būti naudojami įvairūs metodai: autoregresyvaus paskirstyto atsilikimo metodai, ekonometriniai metodai, Granger priežastingumo testas, mažiausių

kvadratų metodas, panelinė analizė. Įvairių metodų taikymas padeda gauti gan tikslūs rezultatus ir nustatyti, ar tikrai tarp nagrinėjamų veiksmų yra ryšys ir kokio stiprumo jis yra.

Daugumos šalių tyrimai patvirtina energijos vartojimo poveikį BVP ir dvikryp- tę įtaką atsinaujinančios ir neatsinaujinančios energijos suvartojimui nuo BVP (nors šie santykiai skiriasi priklausomai nuo tirtų šalių ir taikomų metodų). Vertinant šalių makroekonominius rodiklius matoma, kad atsižvelgiant į aplinkosaugos problemas, kylančias dėl iškastinių medžiagų vartojimo kuro, neišvengiamai pasirenkama tinkama investicijų plėtros politika ir atsinaujinančios energijos suvartojimas (Candra et al., 2023). Šio svarbaus dalyko reikalavimas yra politikos ir Vyriausybės informuotumas apie atsinaujinančios energijos plėtrą, kuris paveikia makroekonominius kintamuosius, kad tų pokyčių pagrindu būtų galima priimti tinkamus sprendimus. Įrodymai rodo, kad nors vidutinės pajamas gaunančių asmenų šalys gali naudoti atsinaujinančios energijos šaltinius išteklius ir jie yra labai dideli, tačiau iki šiol nebuvo tinkamai išnaudoti. Didelės investicijos į atsinaujinančios energijos sritį sukėlė daug pasaulinės energetikos pramonės pokyčių ir spartų pasaulinės atsinaujinančios energijos dalies augimą bendrame pagamintos elektros energijos kiekyje. Nors klimato kaita yra vienas pagrindinių ir svarbių atsinaujinančios energetikos plėtros decentralizacijos tikslų, iš to kylantis teigiamas ekonominis poveikis yra svarbiausias atsinaujinančios energijos plėtros tikslas. Kita vertus, veiksmų įvertinimas atsiranda dėl ekonominio atsinaujinančių energijos šaltinių poveikio regionų vystymuisi, tačiau jis susiduria su daugybe metodinių ir eksperimentinių apribojimų.

Visų naujų energijos šaltinių, įskaitant atsinaujinančių energijos šaltinių, naudojimas teigiamai veikia ekonomikos augimą. Ekonominiai ir aplinkosaugos klausimai paskatino naujus požiūrius į tarptautinę aplinkos teisę, įskaitant žaliąją ekonomiką. Vertinant atsinaujinančios energijos naudojimo poveikį ir rezultatus galima teigti, kad energijos gamyba iš atsinaujinančių šaltinių yra teigiama trumpu ir ilgu laikotarpiu, tačiau atsinaujinantys energijos ištekliai turi didesnę poveikį žaliajai ekonomikai tam tikrose vidutinės pajamas gaunančiose šalyse, todėl makroekonominių rodiklių vertinamas pasirinktose šalyse yra kaip viena iš energijos gamybos plėtros priežasčių.

Kintamieji

Remiantis atliktų tyrimų duomenimis, galima teigti, kad atsinaujinanti energetika ekonominį efektyvumą didina dvejais būdais:

- atsinaujinanti energetika lemia verslo plėtrą ir užimtumo didinimą valstybėje, kuri skatina ekonominį augimą;
- energijos importo sumažėjimas turi tiesioginį poveikį BVP ir prekybos balansui.

Reikia pastebėti, jog atsinaujinančių energijos išteklių vartojimas priveda prie mažesnio importo, nes dėl didėjančios naftos ir dujų paklausos ir riboto šių išteklių prieinamumo, vartotojų šalys tampa priklausomos nuo kitų (Bosman, 2016), todėl energijų eksportuojančioms valstybėms tai suteikia oligopolinę poziciją ir didelę rinkos jėgą. Didelės importo kainos daro neigiamą poveikį prekybos balansui ir

BVP. Atsinaujinanti energetika ir jos disponuojami ištekliai leidžia valstybei rinktis – importuoti ar gaminti energiją patiems. Atsinaujinančių energijos išteklių plėtos ekonominis ir socialinis poveikis skirstomas į keturias pagrindines dalis: ekonominį poveikį, paskirstymo poveikį, energetikos sistemos plėtos efektus ir kitus efektus. Norint išnagrinėti kiekvieną iš šių sričių, būtina nustatyti pagrindinius ir įtakojančius rodiklius, tarp jų: užimtumą, pridėtinę vertę, bendrąjį vidaus produktą ir ekonominę gerovę (Candra et al., 2023).

Vertinant veiksnių įtaką atsinaujinančiai energijai būtina sudaryti atitinkamą kintamųjų rinkinį, kuris vėliau gali būti naudojamas atliekant ekonometrinę analizę, Granger priežastingumo testą ar kt. (Lin et al., 2022; Khan, & Gunwant, 2024). Į svarbiausių kintamųjų (veiksnių, kurie turi įtakos atsinaujinančių energijos išteklių plėtrai) sąrašą gali būti įtraukti šie veiksniai:

- **Pramonės struktūra.** Pramonės transformacijos ir modernizavimo struktūra turi didelę įtaką atsinaujinančios energijos vystymuisi. Tradicinių išteklių gavimo būdas ir technologija energetikos pramonėje sunkiai gali patenkinti tvaraus vystymosi poreikį, o kuriant naujas pramonės šakas reikia naudoti daugiau atsinaujinančių energijos išteklių, todėl būtina optimizuoti pramonės struktūrą, skatinti pramonės modernizavimą ir pertvarką siekiant atsinaujinančios energijos plėtos.
- **Inovacijų lygis.** Technologijų naujovės turi didelę įtaką atsinaujinančios energijos plėtrai. Literatūroje teigiama, kad technologijų naujovės gali sumažinti atsinaujinančios energijos diegimo išlaidas ir skatinti atsinaujinančios energijos plėtrą. Patentas yra gerai žinomas inovacijų matavimo rodiklis.
- **Ekonominis išsivystymas.** Ekonominio išsivystymo lygis ir atsinaujinančios energijos plėtos lygis yra glaudžiai susiję. Kylant ekonomikai plėtos lygiui, didėja energijos poreikis ir spaudimas, o tradicinis energijos tiekimas tampa vis didesnis. Tuo pačiu metu atsinaujinančios energijos plėtra taip pat gali paskatinti ekonomikos transformaciją ir modernizavimą bei skatinti tvarų vystymąsi.
- **Infrastruktūra.** infrastruktūros kūrimas yra gyvybiškai svarbus plėtojant atsinaujinančią energetiką. Atsinaujinančios energijos vystymasis reikalauja daug investicijų ir techninės paramos, kad būtų palaikoma tobula infrastruktūra (pvz., elektros tinklo atnaujinimas, energijos kaupimo technologijos plėtra, statyba įkrovimo įrenginiai ir kt.).
- **Tiesioginės užsienio investicijos.** Tiesioginės užsienio investicijos taip pat vaidina svarbų vaidmenį atsinaujinančios energijos plėtroje. Tiesioginės užsienio investicijos gali padėti technologijų, kapitalo ir valdymo patirties srityse skatinti atsinaujinančios energijos pramonės plėtrą. Tuo pačiu metu tiesioginės užsienio investicijos taip pat gali skatinti prijungimą ir bendradarbiavimą tarp atsinaujinančios energijos ir tarptautinės rinkos bei pagerinti tarptautinį atsinaujinančios energijos konkurencingumą.
- **Urbanizacija.** Urbanizacijos pagreitis taip pat turi svarbų vaidmenį skatinant atsinaujinančios energijos plėtrą. Spartėjanti urbanizacija skatina didinti miesto

energijos poreikį, o atsinaujinančios energijos plėtra gali patenkinti miesto energijos paklausą, skatinti miesto energetikos struktūros koregavimą ir optimizavimą.

Apibendrinant, atsinaujinantys energijos ištekliai, tokie kaip vėjo ir saulės sistemos yra plačiai naudojami elektros energijos sistemoje, siekiant sumažinti aplinkos taršą. Be to, alternatyvi atsinaujinančių išteklių forma yra biologinės atliekos įrenginys, kuris gali generuoti elektros energiją įtraukdamas aplinkos atliekas. Sąlygos pasiekti pusiausvyrą tarp gamybos ir vartojimo gali būti nevykdomos atliekant operacijas realiuoju laiku. Atsinaujinančios energijos panaudojimo ekonominis poveikis yra didžiulis, todėl būtina įvertinti atsinaujinančios energijos projektų ekonominę naudą ir paramos politikos investicijų svarbą. Sprendžiant iššūkius ir išnaudojant atsinaujinančios energijos teikiamas galimybes, šalys gali pasiekti reikšmingos ekonominės ir aplinkosaugos naudos, prisidėdamos prie pasaulinių pastangų kovojant su klimato kaita ir skatinant tvarią plėtrą. Atsinaujinančių energijos šaltinių technologijų naujovės gali tobulėti taip sumažinant sunaudojamos energijos kiekį bei neigiamą poveikį aplinkai. Dažniausiai naudojami atsinaujinantys energijos ištekliai yra biomasė, geoterminė energija, hidroenergija, saulės energija ir vėjo energija. Inovacijos atsinaujinančios energijos technologijose gali padėti tiekti rinkai švarią energiją. Atsinaujinanti energija yra svarbi politikos priemonė siekiant energijos įvairovės ir saugumo, nes tai sumažina šalies priklausomybę nuo brangaus iškastinio kuro. Investicijos į atsinaujinančią energiją lemia finansinį efektyvumą, BVP vienam gyventojui, CO₂ emisiją, prekybos atvirumą (prekybą) ir atsitiktines klaidas. Tai yra ilgalaikis požiūris, todėl būtina orientuotis į trumpalaikius ir ilgalaikius rezultatus ir kurti ribų testavimo strategiją bei klaidų taisymo metodą. Atsinaujinančios energijos plėtrai įtakos turi įvairūs veiksniai, įskaitant klimato kaitą, visuotinį atšilimą, energetinį saugumą, sąnaudų mažinimas ir emisijų mažinimas. Taikant surinktais duomenimis pagrįstus metodus, tokius kaip mažiausių kvadratų metodas, Granger priežastingumo testas, panelinė analizė ir kitus metodus galima pateikti tikslesnes saulės, vėjo ir kitų alternatyvių išteklių naudojimo tendencijų prognozes. Ši į ateitį orientuota analizė ne tik siūlo griežtesnį ir mažesnį kapitalą ir suvienodintas energijos sąnaudas, bet ir pabrėžia poreikį užtikrinti didesnę gamybos ekosistemų skaidrumą, kad būtų galima panaudoti pažangius analitinius metodus. Pabrėžiama, kad būtina skubiai paspartinti atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimą, kad būtų pasiektas tinkamas lygis, būtinas klimato kaitos tikslams pasiekti.

2. ATSINAUJINANČIŲ ENERGIJOS IŠTEKLIŲ NAUDOJIMO POVEIKIO EKONOMIKOS AUGIMUI TYRIMO METODOLOGIJA

Šiame skyriuje remiantis teoriniais atsinaujinančių energijos išteklių bei ekonomikos plėtros aspektais formuojama atsinaujinančių išteklių poveikio ekonomikai tyrimo metodika bei apibrėžiami pagrindiniai poveikio ekonomikai aspektai. Detaliai aptariama empirinio tyrimo eiga, tyrimo metodai ir jų charakteristika.

2.1. Atsinaujinančių energijos išteklių poveikio ekonomikai tyrimo modelio ekonometrinė specifikacija

Perėjimo prie atsinaujinančių energijos šaltinių poveikio ekonomikos augimui vertinimas bus atliekamas naudojant eklektinę ekonomikos augimo modelio specifikaciją (Greiner et al., 2013). Šio modelio pagrindą sudaro neoklasikinis sąlyginės beta konvergencijos modelis, kuris priklausomai nuo tyrimo tikslo yra papildomas įvairiais ekonomikos augimo veiksniais (Burnett & Madariaga, 2017, Režný & Bureš, 2019; Verstiak, 2021). Bendriausia šio modelio išraiška paneliniams duomenims gali būti aprašyta (1) lygtimi.

$$\frac{1}{T} \ln \left(\frac{Y_{i,t+T}}{Y_{i,t}} \right) = \alpha_i + \beta \ln Y_{i,t} + \gamma X + \theta_t + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

kur: $\frac{1}{T} \ln \left(\frac{Y_{i,t+T}}{Y_{i,t}} \right)$ vidutiniai metiniai realaus BVP vienam gyventojui (Y) augimo tempai nuo t iki T laikotarpio i šalyje.

Toliau lygtyse šie augimo tempai bus žymimi $gr_{i,t}$ ir jais bus aproksimuojami ekonomikos augimo tempai (Kitov et al., 2007; Lera & Sornette, 2015; Adamou et al., 2020).

Tyrime bus naudojami vidutiniai persidengiantys penkerių metų ($T=5$) būsimi ekonomikos augimo tempai (angl. overlapping forward-looking 5-year growth rate). Remiantis Apergis ir Payne (2010), tokį pasirinkimą lėmė keletas aplinkybių.

Pirmoji – apskaičiuojant vidutinius kelerių metų ekonomikos augimo tempus eliminuojamas verslo ciklo poveikis ekonomikos augimo tempams ir galima atsižvelgti tik į ekonomikos augimui ilguoju laikotarpiu poveikį darančius veiksnius (Aali-Bujari et al., 2017).

Antroji – persidengiantys augimo tempai ne taip drastiškai sumažina tyrimo imtį lyginant su nepersidengiančiais augimo tempais nors ir sukelia paklaidos autokoreliacijos problemą (šios ir kitų modelio specifikacijos prielaidų testavimas bei korekcijos aptartamos 2.4 poskyryje).

Trečioji – būsimi ekonomikos augimo tempai naudojami siekiant sumažinti atvirkštinio ryšio efekto (angl. feedback effect) pasireiškimo galimybę (Attiaoui et al., 2017).

Šio tyrimo kontekste mes galime labiau tikėtis, kad ne investicijos į ir perėjimas

prie atsinaujinančių energijos šaltinių t metais veikia ekonomikos augimą t metais, bet t metų ekonomikos augimas ar jo prognozė padaryta $t-1$ metais paskatina vienokias ar kitokias valstybės investicijas į atsinaujinančių energijos išteklių infrastruktūrą ar jų naudojimo plėtrą t metais (Modis, 2013; Christensen et al., 2018). Pvz.: prognozuojant ekonomikos nuosmukį valstybė gali priimti sprendimą vykdyti ekspansinę fiskalinę politiką ir investuoti papildomai į energetikos infrastruktūros projektus. Dėl šio potencialiai egzistuojančio atvirkštinio ryšio galima neteisingai nustatyti, kad atsinaujinančių energetinių išteklių plėtra veikia ekonomikos augimą nors ir yra atvirkščiai.

Analizuojant veiksmų poveikį ateinančio laikotarpio ekonomikos augimo tempams dėl Granger priežastingumo struktūros pritaikymo modelio specifikacijoje išvengiama grįžtamojo ryšio poveikio galimybės (Armeanu et al., 2017). Kita priežastis naudoti būsimus ekonomikos augimo tempus yra grindžiama prielaida, kad ekonomikos augimo veiksmų poveikis gali nepasireikšti einamaisiais metais. Tikėtina, kad šis poveikis yra vėluojantis (Chen, 2023, Dellink et al., 2017).

α_i apima nestebimus ir laike nekintančius (arba labai lėtai kintančius) šalių specifinius efektus, t.y. nestebimą šalių heterogeniškumą. Remiantis Scholten & Bosman (2016), Ike et al. (2020), Gernaat et al. (2021), Shahbaz et al. (2021), šio tyrimo kontekste tai galėtų būti šalių geografiniai ir gamtiniai ypatumai (pvz.: vidutinis saulėtų ir debesuotų dienų skaičius bei vidutinis šviesus paros metas, vėjų stiprumas bei kryptys, hidroelektrinėms tinkantis upių tinklas, šalių miškingumas, iškastinio kurio išteklių gausa bei jų eksploatavimo apimtys ir t.t.), kurie sąlygojo ir sąlygoja skirtingą šalių atsinaujinančių energijos išteklių potencialą bei poreikį keisti juo importuojamą iškastinį kurą. Priklausomai nuo prielaidų daromų apie yra parenkamas įverčių apskaičiavimo būdas (plačiau apie tai 2.3. poskyryje).

$\ln Y_{i,t}$ yra šalies pradinio BVP vienam gyventojui logaritmas, o β įvertis atskleidžia ar tarp tiriamų šalių ekonomikų vyksta konvergencija. X yra ekonomikos augimo veiksmų vektorius (plačiau pristatomas 2.2. poskyryje). γ yra ekonomikos augimo veiksmų daromo poveikio ekonomikos augimui įverčių koeficientų vektorius. θ_t yra laiko pseudokintamųjų vektorius. Laiko pseudokintamieji leidžia šiame tyrime sumodeliuoti analizuojamai šalių grupei būdingą bendrą ekonomikos augimo trendą. Neoklasikinės ekonomikos augimo teorija leidžia daryti prielaidą, kad ES šalių grupės ekonomikoms pasiekiant vis aukštesnį išsivystymo lygį, jų bendras vidutinis ekonomikos augimo tempas lėtės (Próchniak & Witkowski, 2012; Balitskiy et al., 2014; Annoni & Rubianes, 2016; Piven & Kubatko, 2023), $\varepsilon_{i,t}$ yra idiosinkratinė modelio paklaida. Šios paklaidos pagrindu atliekami testai tikrinant modelio prielaidas pristatomi 2.4. poskyryje.

2.2. Tyrimo kintamųjų ir empirinio tyrimo modelių specifikacijos principai

Šiame poskyryje detalizuojamos modelių specifikacijos, kurios bus naudojamos empiriškai tikrinant iškeltas tyrimo hipotezes. Norint nepervertinti poveikio, kurį perėjimas prie atsinaujinančių energijos šaltinių daro ekonomikos augimui dėl praleistų ekonomikos augimo veiksmų (angl. omitted variable bias), būtina užtikrinti, kad

modelyje yra kontroliuojami visi pagrindiniai ekonomikos augimo veiksniai (Dogan, 2016; Zhu et al., 2016; Salman et al., 2019; Asif et al., 2021). Todėl detalizuojant pirmąją lygtį pirmiausia aptariami ekonomikos augimo veiksniai įeinantys į vektorių X . Detalizuota ekonomikos augimo modelio specifikacija naudojama empiriniam tyrimui su paneliniais duomenimis gali būti užrašyta (2) lygtimi:

$$gr_{i,t} = \alpha_i + \beta \ln Y_{i,t} + \gamma_1 RnD_{i,t} + \gamma_2 HC_{i,t} + \gamma_3 \Delta \ln HICP_{i,t} + \gamma_4 G_{i,t} + \gamma_5 GCF_{i,t} + \gamma_6 GCF_{i,t}^2 + \gamma_7 TR_{i,t} + \gamma_8 CC_{i,t} + \gamma_9 \Delta \ln EMPL_{i,t} + \theta_t + \varepsilon_{i,t} \quad (2)$$

kur: $gr_{i,t}$ – vidutiniai persidengiantys penkerių metų būsimi ekonomikos augimo tempai apskaičiuojami kaip $\frac{1}{5} \ln \left(\frac{Y_{i,t+T}}{Y_{i,t}} \right)$ kai Y yra realaus BVP vienam gyventojui.

Duomenys visiems kintamiesiems išmatuoti yra surinkti Eurostat duomenų bazėje. Nesubalansuotą panelinių duomenų imtį sudaro 27 ES šalys ($N=27$), duomenys apima 2000-2021 metų laikotarpį ($T=22$). Visų kintamųjų detalizavimas pateikiamas 4 lentelėje.

4 lentelė. Kintamųjų (priklausomas modelio kintamasis ir ekonomikos augimo veiksmių vektorius X) pavadinimai, jų trumpiniai ir aprašomoji statistika

Kintamojo pavadinimas	Trumpinys	Vidurkis	Minimumas	Maksimumas	Standartinis nuokrypis	Stebėjimų skaičius
Vidutiniai persidengiantys penkerių metų būsimi ekonomikos augimo tempai (indeksas)	$gr_{i,t}$	0.019	-0.059	0.104	0.024	457
Realus (2010 metų kainomis) BVP vienam gyventojui (EUR)	$Y_{i,t}$	24560	2990	88120	16597	592
Bendrosios investicijos į MTEP (% nuo BVP)	$RnD_{i,t}$	1.48	0.23	3.87	0.89	584
15-64 metų amžiaus gyventojų dalis, turinti aukštąjį (ISCED 5-8) išsilavinimą (%)	$HC_{i,t}$	23.57	4.90	45.20	8.37	588

Infliacija (apskaičiuota kaip vidutinio metinio harmonizuoto vartotojų kainų indekso pokytis)	$\Delta \ln HICP_{i,t}$	0.022	-0.005	0.168	0.017	459
Centrinės valdžios sektorius galu- tinio vartojimo išlaidos (% nuo BVP)	$G_{i,t}$	19.85	12.00	27.90	2.92	594
Bendrojo kapitalo formavimo išlai- dos (% BVP)	$GCF_{i,t}$	23.15	11.90	55.00	4.61	594
Prekių bei paslaugų importo ir eksporto sumos santykis su BVP (% nuo BVP)	$TR_{i,t}$	119.81	45.42	388.12	63.18	594
Korupcijos kontrolės lygis (indeksas)	$CC_{i,t}$	0.99	-0.51	2.46	0.79	567
Užimtųjų pokytis (indeksas)	$\Delta \ln EMPL_{i,t}$	0.006	-0.054	0.058	0.016	457

Į modelį yra įtraukiami dažniausiai empiriniuose tyrimuose naudojami ekonomikos augimo veiksniai kai šie tyrimai papildomi specifiniais tyrėjus dominančiais kintamaisiais. $RnD_{i,t}$ atspindi bendras (privačias ir valstybės) investicijas į MTEP (angl. R&D) veiklą ir juo matuojamas šalies inovacinis potencialas (Bor et al., 2010; Zhao & Song, 2018). Žmogiškajam kapitalui ($HC_{i,t}$) išmatuoti naudojama gyventojų dalis, turinti aukštąjį išsilavinimą (Borojo & Yushi, 2015, Buffie et al., 2020). Infliacija bus matuojama kainų lygio pokyčiais ($\Delta \ln HICP_{i,t}$) (Chu et al., 2015, Gautam, 2022). Valstybės sektoriaus dydžiui išmatuoti bus naudojamos centrinės valdžios sektoriaus galutinio vartojimo išlaidų dalis nuo BVP ($G_{i,t}$) (de Castro & González Minguez, 2008, Fernández & Minguez, 2008). Investicijų apimtims šalyje aproksimuoti bus naudojama bendrojo kapitalo formavimo išlaidų dalis nuo BVP ($GCF_{i,t}$) (Esposti & Pierani, 2003; Shahbaz & Rahman, 2010). Remiantis neoklasikine augimo teorija, teigiamas investicijų poveikis ekonomikos augimui pasižymi mažėjančiu ribiniu efektu, t.y. augant investicijoms, papildomas jų kiekis vis mažiau prisideda prie ekonomikos augimo skatinimo. Šiam netiesiniam ryšiui aproksimuoti bus naudojamas antro laipsnio polinomas ir $GCF_{i,t}$ kintamasis į modelį bus įtrauktas ir jį keliant kvadratu (Faff et al., 2013; Liang, 2023). Ekonomikos atvirumui matuoti bus naudojamas šalies atvirumas tarptautinei prekybai kaip importo ir eksporto sumos santykis su BVP ($TR_{i,t}$) (Lloyd & Maclaren, 2000;

Rahman & Alam, 2021). Institucinės aplinkai aproksimuoti bus naudojama korupcijos kontrolės lygis (CC_{it}), kurio įverčius pateikia Pasaulio Bankas savo Pasaulinės valdymo indikatorių (angl. Worldwide Governance Indicators (WGI)) duomenų bazėje (Ogun, 2014; Okada & Samreth, 2014). Paskutinis ekonomikos augimo veiksnys – darbo jėgos kiekio, įveiklinamo ekonomikoje dinamika, kuri aproksimuojama užimtųjų skaičiaus pokyčiu ($\Delta \ln EMPL_{i,t}$) (Kaseeram & Mahadea, 2017; Zhang et al., 2020).

Toliau detalizuojant lygtis ir įtraukiant kintamuosius, kurie matuoja perėjimą prie atsinaujinančių energijos šaltinių, ekonomikos augimo veiksniai nebus pateikiami atskirai, o kaip visus juos apimantis vektorius X :

$$X = \{RnD, HC, \Delta \ln HICP, G, GCF, GCF^2, TR, CC, \Delta \ln EMPL\} \quad (3)$$

Perėjimas prie atsinaujinančių energijos (Hydro, geoterminė, vėjo, saulės, potvynių/bangų) šaltinių ($REN_{i,t}$) bus matuojamas dviem alternatyvomis – suvartotos energijos iš atsinaujinančių energijos šaltinių dalimi ($REN_U_{i,t}$) energetiniame balanse (Pablo-Romero et al., 2020; Matuszewska-Janica et al., 2021) bei energijos generavimo iš atsinaujinančių energijos šaltinių pajėgumų dalimi ($REN_P_{i,t}$) energijos generavimo pajėgumuose (Pursiheimo et al., 2019; Vidal-Amaro & Sheinbaum-Pardo, 2017). (žr. 5 lentelę).

5 lentelė. *Kintamųjų (atsinaujinantys energijos šaltiniai) pavadinimai, jų trumpiniai ir aprašomoji statistika*

Kintamojo pavadinimas	Trumpinys	Vidurkis	Minimumas	Maksimumas	Standartinis nuokrypis	Stebėjimų skaičius
Suvaltos energijos iš atsinaujinančių energijos šaltinių dalis energetiniame balanse (%)	$REN_U_{i,t}$	18.142	0.102	62.573	11.678	486
Energijos generavimo iš atsinaujinančių energijos šaltinių pajėgumų dalis bendruose pajėgumuose (%)	$REN_P_{i,t}$	34.883	0	100	22.78	588

Suvarotos energijos iš atsinaujinančių energijos šaltinių dalis energetiniame balanse transporto sektoriuje (%)	$REN_U_T_{i,t}$	5.1377	0	31.854	4.686	486
Suvarotos elektros energijos iš atsinaujinančių energijos šaltinių dalis elektros energetiniame balanse (%)	$REN_U_E_{i,t}$	24.912	0	78.204	18.572	486
Suvarotos energijos šildymui ir vėsinimui iš atsinaujinančių energijos šaltinių dalis šildymo ir vėsinimo energetiniame balanse (%)	$REN_U_HC_{i,t}$	24.301	1.028	68.642	15.712	486
Energijos generavimo iš hidro energijos šaltinių pajėgumų dalis bendruose pajėguose (%)	$REN_P_H_{i,t}$	24.443	0	100	22.564	588
Energijos generavimo iš geoterminės, vėjo, saulės, potvynių/ bangų energijos šaltinių pajėgumų dalis bendruose pajėguose (%)	$REN_P_GWSO_{i,t}$	10.44	0	53.388	11.774	588

Pirmame etape bus tikrinama *H1 hipotezė, kad perėjimas prie atsinaujinančių energetinių šaltinių lėtina ekonomikos augimą*. Ši hipotezė grindžiama prielaida, kad dėl aukštesnės atsinaujinančių energijos šaltinių (saulės, vėjo ir kt.) kainos lyginant su tradiciniais energijos šaltiniais (iškastiniu kuru, atominė energija, ir kt.), didesnė atsinaujinančių energijos šaltinių dalis energetiniame balanse reiškia ir didesnę bendrą energijos, naudojamos ekonomikoje, kainą (Marques & Fuinhas, 2012). Tai didina namų ūkių išlaidas bei įmonių sąnaudas ir mažina prekių bei paslaugų konkurencingumą tarptautinėje rinkoje ir šalies eksporto apimtį ir didina importą. Panaši prielaida gali

būti daroma ir dėl energijos generavimo iš atsinaujinančių energijos šaltinių pajėgumų plėtojimo. Kadangi šios technologijos yra sąlyginai naujos, jų pagrindu plėtojami energijos generavimo pajėgumai yra brangesni nei tradicinių energijos šaltinių pagrindu, t. y. vieno megavato (MW) energijos generacinių pajėgumų instaliavimo kainos skiriasi tradicinių energijos šaltinių naudai (Adeyeye et al., 2020). Dėl to kaštų-naudos analizės kontekste sprendimas plėsti energijos generavimo pajėgumus iš atsinaujinančių energijos šaltinių atsisakant pigesnių tradicinių yra neracionalus, nes susijęs su didesnėmis sąnaudomis gaunant tą patį rezultatą. Pirmoji hipotezė empiriškai bus tikrinama naudojant (4) regresijos lygties specifikaciją.

$$gr_{i,t} = \alpha_i + \beta \ln Y_{i,t} + \gamma X + \varphi REN_{i,t} + \theta_t + \varepsilon_{i,t} \quad (4)$$

Jei φ įvertis bus neigiamas ir statistiškai reikšmingas, tai rodytų neigiamą atsinaujinančių energijos išteklių plėtros poveikį ekonomikos augimui ir bus įrodymas, leidžiantis neatmesti H1.

Kadangi H1 hipotezėje ekonomikos augimą stabdantis perėjimo prie atsinaujinančių energijos šaltinių poveikis yra grindžiamas sąnaudų efektu (Ram et al., 2022), papildomai bus tikrinamos trys patvirtinančios/patikslinančios subhipotezės.

H1a: laikui bėgant mažėjant atsinaujinančių energijos išteklių kainoms bei pingant naujiems energijos generaciniams pajėgumams iš atsinaujinančių energijos šaltinių, neigiamas perėjimo prie atsinaujinančių energijos šaltinių poveikis ekonomikos augimui mažėja (Lagarde & Lantz, 2018; Pursiheimo et al., 2019; Sahlian et al., 2021). Ši subhipotezė empiriškai bus tikrinama naudojant (5) regresijos lygties specifikaciją.

$$gr_{i,t} = \alpha_i + \beta \ln Y_{i,t} + \gamma X + \varphi REN_{i,t} + \delta_{2001} REN_{i,t} \times td_{2001} + \dots + \delta_{2021} REN_{i,t} \times td_{2021} + \theta_t + \varepsilon_{i,t} \quad (5)$$

kur: $td_{2001}, \dots, td_{2021}$ yra laiko pseudokintamieji, $REN_{i,t} \times td_{2001}, \dots, \delta_{2021} REN_{i,t} \times td_{2021}$ yra sąveikos kintamieji tarp perėjimo prie atsinaujinančių energijos išteklių ir laiko pseudokintamųjų. $\delta_{2001}, \dots, \delta_{2021}$ yra koeficientai, kurie rodo perėjimo prie atsinaujinančių energijos išteklių poveikio ekonomikos augimui skirtumą atitinkamais metais lyginant su 2000. H1a neatmetama jei $\delta_{2001}, \dots, \delta_{2021}$ yra teigiami ir statistiškai reikšmingi bei tenkinama nelygybė: $\delta_{2001} < \dots < \delta_{2021}$. Tai rodytų, kad neigiamas 2000 metų efektas φ laikui bėgant tampa vis mažesnis.

H1b: augant generacinių pajėgumų iš atsinaujinančių energijos šaltinių apimtims ir veikiant masto ekonomijos efektui ribinis neigiamas perėjimo prie atsinaujinančių energijos šaltinių poveikis ekonomikos augimui mažėja (Bhattacharya et al., 2016; Pursiheimo et al., 2019; Makieła & Mazur, 2022). Ši subhipotezė empiriškai bus tikrinama naudojant šią regresijos lygties specifikaciją:

$$gr_{i,t} = \alpha_i + \beta \ln Y_{i,t} + \gamma X + \varphi_1 REN_{i,t} + \varphi_2 REN_{i,t}^2 + \theta_t + \varepsilon_{i,t} \quad (6)$$

$$gr_{i,t} = \alpha_i + \beta \ln Y_{i,t} + \gamma X + (\varphi_1 + \varphi_2 REN_{i,t}) REN_{i,t} + \theta_t + \varepsilon_{i,t} \quad (6')$$

$$\sqrt{\text{var}(\varphi_1) + REN_{i,t}^2 \cdot \text{var}(\varphi_2) + 2 \cdot REN_{i,t} \cdot \text{cov}(\varphi_1, \varphi_2)} \quad (6'')$$

Jei φ_1 neigiamas ir statistiškai reikšmingas, o φ_2 teigiamas ir statistiškai reikšmingas, H1b atmesti negalima. Tai reiškia, kad šalyse, kuriose perėjimas prie atsinaujinančių energijos šaltinių yra pažengęs labiau, tolimesnis perėjimas dėl masto ekonomijos yra sąlyginai pigesnis ir mažiau stabdantis ekonomikos augimą.

H1c: skirtingos atsinaujinančios energijos šaltinių kainos bei skirtingos energijos generacinių pajėgumų plėtojimo iš skirtingų atsinaujinančių energijos šaltinių sąnaudos lemia, kad perėjimas prie atsinaujinančių energijos šaltinių, kurie yra santykinai brangesni turės didesnę neigiamą poveikį ekonomikos augimui. Pvz.: kadangi atsinaujinančių energetinių išteklių panaudojimas šilumos gamybai ar vėsinimui dažniausiai reiskia biokuro (medienos ir jos atliekų, biodegalų ir kt.), oro ar vandens siurblių ir pan. naudojimą nekeičiant pačios energijos generavimo technologijos ir tuo labiau jos paskirstymo tinklo, perėjimas šiame sektoriuje prie atsinaujinančių energijos šaltinių yra daug pigesnis nei transporto sektoriuje ar generuojant elektros energiją (Heptonstall & Gross, 2020). Pastaruosiuose sektoriuose reikalingos naujos technologijos (elektromobiliai, įkrovimo stotelių tinklai, saulės ar vėjo elektrinių ir kt. parkai, sugeneruotos elektros energijos saugojimo baterijos ir t.t.), o tai didina perėjimo prie atsinaujinančių energijos šaltinių sąnaudas (Ram et al., 2018). Panašią prielaidą galima daryti ir su energijos generavimo iš atsinaujinančių energijos šaltinių pajėgumais. Kadangi hidroelektrinių technologijos ir infrastruktūra yra gana senai ir gerai išplėtoti tai šio tipo naujų energijos generacinių pajėgumų plėtojimas yra pigesnis nei vėjo, saulės, geoterminės ar potvynių/bangų ir pan. pajėgumų (Ohler & Fetters, 2014). Ši subhipotezė empiriškai bus tikrinama naudojant (7) regresijos lygties specifikaciją:

$$gr_{i,t} = \alpha_i + \beta \ln Y_{i,t} + \gamma X + \varphi_1 REN1_{i,t} + \varphi_2 REN2_{i,t} + \varphi_3 REN3_{i,t} + \theta_t + \varepsilon_{i,t} \quad (7)$$

kur: $REN1_{i,t}, \dots, REN3_{i,t}$ yra arba suvartotos energijos iš atsinaujinančių energijos šaltinių dalys atitinkamai transporto sektoriuje ($REN_U_T_{i,t}$), vartojant elektros energiją ($REN_U_E_{i,t}$), šilumos gamyboje ir vėsinime ($REN_U_HC_{i,t}$) arba energijos generavimo iš atsinaujinančių energijos šaltinių pajėgumai atitinkamai hidro ($REN_P_H_{i,t}$) ir geoterminė, vėjo, saulės, potvynių/bangų ($REN_P_GWSO_{i,t}$). H1c bus neatmesta jei $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ statistiškai reikšmingai skirsis, t. y. skirtingi atsinaujinantys energijos šaltiniai bei energijos generacinių pajėgumų plėtojimas iš skirtingų atsinaujinančių energijos šaltinių lemia skirtingą perėjimo prie atsinaujinančių energijos šaltinių poveikį ekonomikos augimui.

Kitos tyrime keliamos hipotezės susijusios su įvairių išorinių veiksnių daromu poveikiu tam kaip perėjimas prie atsinaujinančių energijos šaltinių veikia ekonomikos augimą. Vienas iš tikslų, kurio siekiama pereinant prie atsinaujinančių energijos

šaltinių – didinti šalies saugumą mažinant priklausomybę nuo importuojamų energijos šaltinių apsirūpinant vietiniais (Aslanturk & Kırprızlı, 2020; Ürkmez & Okyar, 2022; Ghezelbash et al., 2023). Todėl tyrime keliama hipotezė H2: perėjimas prie atsinaujinančių energijos šaltinių pasižymės mažesniu neigiamu poveikiu ekonomikos augimui tuomet kai šalis yra labiau priklausoma nuo importuojamų energijos šaltinių. Priklausomybė nuo importuojamo atitinkamo energijos šaltinio ($IMP_D_{i,t}$) bus apskaičiuota kaip santykis tarp importuojamo tam tikro energijos išteklių apimtys ir jo importo bei eksporto sumos. 0 šiuo atveju reiškia, kad šalis tik eksportuoja, bet neimportuoja, o 100, kad tik importuoja, bet neeksportuoja. Informacija apie kintamuosius pagal atskirus energijos šaltinius pateikiama 6 lentelėje.

6 lentelė. Kintamųjų (mediatorių) pavadinimai, jų trumpiniai ir aprašomoji statistika

Kintamojo pavadinimas	Trumpinys	Vidurkis	Minimumas	Maksimumas	Standartinis nuokrypis	Stebėjimų skaičius
Priklausomybė nuo importuojamo kietojo iškastinio kuro (%)	$IMP_D_SFF_{i,t}$	90.819	5.1666	100	19.121	571
Priklausomybė nuo importuojamos naftos ir naftos produktų (%)	$IMP_D_OPP_{i,t}$	77.279	31.352	100	13.683	594
Priklausomybė nuo importuojamos gamtinių dujų (%)	$IMP_D_NG_{i,t}$	91.694	0	100	20.639	555
Priklausomybė nuo importuojamos elektros energijos (%)	$IMP_D_E_{i,t}$	55.434	4.3875	100	23.191	557
Vėsinimo dienolaipsnių skaičius	$CDD_{i,t}$	117.92	0	812.18	182.52	594
Šildymo dienolaipsnių skaičius	$HDD_{i,t}$	2825	322.36	6179.8	1152.1	594

Antra hipotezė empiriškai bus tikrinama naudojant (8) regresijos lygties specifikaciją:

$$gr_{i,t} = \alpha_i + \beta \ln Y_{i,t} + \gamma X + \varphi_1 REN_{i,t} + \varphi_2 IMP_D_{i,t} + \varphi_{12} REN_{i,t} \times IMP_D_{i,t} + \theta_t + \varepsilon_{i,t} \quad (8)$$

kur sąveika tarp $REN_{i,t}$ ir $IMP_D_{i,t}$, t.y. $REN_{i,t} \times IMP_D_{i,t}$ leidžia nustatyti kaip perėjimo prie atsinaujinančių energijos šaltinių poveikis ekonomikos augimui priklauso nuo to kiek šalis yra priklausoma nuo įvežtinių energijos šaltinių. Pertvarkius lygtį gaunama išraiška, kurioje $gr_{i,t}$ poveikis $gr_{i,t}$ priklauso nuo $IMP_D_{i,t}$:

$$gr_{i,t} = \alpha_i + \beta \ln Y_{i,t} + \gamma X + \varphi_2 IMP_D_{i,t} + [\varphi_1 + \varphi_{12} IMP_D_{i,t}] \times REN_{i,t} + \theta_t + \varepsilon_{i,t} \quad (9)$$

kur $\varphi_1 + \varphi_{12} IMP_D_{i,t}$ yra sudėtinis perėjimo prie atsinaujinančių energijos šaltinių poveikio ekonomikos augimui koeficientas, priklausantis nuo to, kiek šalis yra priklausoma nuo įvežtinių energijos šaltinių. Kaip teigia Juhl, T., & Lugovskyy, O (2014) šioje specifikacijoje ne tik perėjimo prie atsinaujinančių energijos šaltinių poveikio ekonomikos augimui koeficientas priklauso nuo to, kiek šalis yra priklausoma nuo įvežtinių energijos šaltinių, bet ir šio koeficiento standartinė paklaida (σ):

$$\sqrt{\text{var}(\varphi_1) + IMP_D_{i,t}^2 \cdot \text{var}(\varphi_{12}) + 2 \cdot IMP_D_{i,t} \cdot \text{cov}(\varphi_1, \varphi_{12})} \quad (10)$$

Kadangi tiek poveikio koeficientas, tiek jo standartinė paklaida yra sąlyginiai, tai ir jų santykis (t-santykis arba Stjudento koeficientas) kuris lemia su kokia tikimybe apskaičiuotas koeficientas skiriasi nuo nulio priklauso nuo to, kiek šalis yra priklausoma nuo įvežtinių energijos šaltinių. Tai reiškia, kad norint nustatyti kokį poveikį atitinkamai nuo to, kiek šalis yra priklausoma nuo įvežtinių energijos šaltinių, perėjimas prie atsinaujinančių energijos šaltinių daro ekonomikos augimui, koeficientus ir standartines paklaidas reikia suskaičiuoti kiekvienam stebimam priklausomybės nuo įvežtinių energijos šaltinių lygiui. Hipotezė H2 neatmetama, jei apskaičiuotas sąlyginis nuolydžio koeficientas didėja, augant šalies priklausomybei nuo įvežtinių energijos šaltinių.

Kitas tikslas, kurio siekiama didinant atsinaujinančių energijos šaltinių vartojimą – šalims tapti klimatui neutraliomis. Šio tikslo siekiama tam, kad būtų stabdoma klimato kaita ir jos neigiamas poveikis ekonomikai. Čia daroma prielaida, kad kuo klimatas darosi ekstremalesnis tuo jo neigiamas poveikis ekonomikai yra didesnis ir perėjimas prie atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo pasižymi mažesniais alternatyviaisiais kaštais ir tuo pačiu mažesniu neigiamu poveikiu ekonomikos augimui (Magazzino et al., 2021). Tyrime keliama hipotezė *H3: ekstremalesnis klimatas mažina neigiamą perėjimo prie atsinaujinančių energijos šaltinių poveikį ekonomikos augimui*. Klimato ekstremaliumui išmatuoti bus naudojami du rodikliai – vėsinimo ($CDD_{i,t}$) ir šildymo ($HDD_{i,t}$) dienolaipsnių skaičius (angl. cooling and heating degree days). Šie rodikliai leidžia įvertinti kiek ekstremaliai karšta ar šalta yra oro temperatūra metų bėgyje (Li et al., 2020). Trečia hipotezė empiriškai bus tikrinama naudojant (11) regresijos lygties specifikaciją:

$$\begin{aligned} gr_{i,t} = & \alpha_i + \beta \ln Y_{i,t} + \gamma X + \varphi_1 REN_{i,t} + \varphi_2 CDD_{i,t} + \varphi_3 HDD_{i,t} + \varphi_{12} REN_{i,t} \times CDD_{i,t} \\ & + \varphi_{13} REN_{i,t} \times HDD_{i,t} + \varphi_{23} CDD_{i,t} \times HDD_{i,t} + \varphi_{123} REN_{i,t} \times CDD_{i,t} \times HDD_{i,t} \\ & + \theta_t + \varepsilon_{i,t}, \quad (11) \end{aligned}$$

kur vėsinimo ($CDD_{i,t}$) ir šildymo ($HDD_{i,t}$) dienolaipsnių skaičius kartu yra naudojami kaip mediatoriai. Ši lygtis gali būti pertvarkyta, kad būtų išreikštas perėjimo prie atsinaujinančių energijos šaltinių poveikis ekonomikos augimui priklausantis nuo vėsinimo ir šildymo dienolaipsnių skaičiaus:

$$\begin{aligned}
gr_{i,t} = & \alpha_i + \beta \ln Y_{i,t} + \gamma X + \varphi_2 CDD_{i,t} + \varphi_3 HDD_{i,t} + \varphi_{23} CDD_{i,t} \times HDD_{i,t} \\
& + [\varphi_1 + \varphi_{12} CDD_{i,t} + \varphi_{13} HDD_{i,t} + \varphi_{123} CDD_{i,t} \times HDD_{i,t}] \times REN_{i,t} + \theta_t \\
& + \varepsilon_{i,t} \quad (13)
\end{aligned}$$

kur $\varphi_1 + \varphi_{12} CDD_{i,t} + \varphi_{13} HDD_{i,t} + \varphi_{123} CDD_{i,t} \times HDD_{i,t}$ yra sudėtinis perėjimo prie atsinaujinančių energijos šaltinių poveikio ekonomikos augimui koeficientas, priklausantis nuo vėsinimo ir šildymo dienolaipsnių skaičius. Šioje specifikacijoje ne tik perėjimo prie atsinaujinančių energijos šaltinių poveikio ekonomikos augimui koeficientas priklauso nuo vėsinimo ir šildymo dienolaipsnių skaičius, bet ir šio koeficiento standartinė paklaida (σ) (Bauer & Curran, 2005):

$$\begin{aligned}
& [var(\varphi_1) + CDD_{i,t}^2 \cdot var(\varphi_{12}) + HDD_{i,t}^2 \cdot var(\varphi_{13}) + CDD_{i,t}^2 \cdot HDD_{i,t}^2 \cdot var(\varphi_{123}) + 2 \cdot CDD_{i,t} \\
& \cdot cov(\varphi_1, \varphi_{12}) + 2 \cdot HDD_{i,t} \cdot cov(\varphi_1, \varphi_{13}) + 2 \cdot CDD_{i,t} \cdot HDD_{i,t} \cdot cov(\varphi_1, \varphi_{123}) \\
& + 2 \cdot CDD_{i,t} \cdot HDD_{i,t} \cdot cov(\varphi_{12}, \varphi_{13}) + 2 \cdot CDD_{i,t}^2 \cdot HDD_{i,t} \cdot cov(\varphi_{12}, \varphi_{123}) + 2 \\
& \cdot CDD_{i,t} \cdot HDD_{i,t}^2 \cdot cov(\varphi_{13}, \varphi_{123})]^{1/2} \quad (13)
\end{aligned}$$

Kadangi tiek poveikio koeficientas, tiek jo standartinė paklaida yra sąlyginiai, tai ir jų santykis (t-santykis arba Stjudento koeficientas) kuris lemia su kokia tikimybe apskaičiuotas koeficientas skiriasi nuo nulio priklauso nuo vėsinimo ir šildymo dienolaipsnių skaičius. Tai reiškia, kad norint nustatyti kokį poveikį priklausomai nuo vėsinimo ir šildymo dienolaipsnių skaičius perėjimas prie atsinaujinančių energijos šaltinių daro ekonomikos augimui, koeficientus ir standartines paklaidas reikia suskaičiuoti kiekvienai stebimai vėsinimo ir šildymo dienolaipsnių skaičius kombinacijai. Hipotezė H3 neatmetama, jei apskaičiuotas sąlyginis nuolydžio koeficientas didėja, augant vėsinimo ir šildymo dienolaipsnių skaičiui.

Atlikus detalią literatūros analizę būtina gautus rezultatus pritaikyti praktiškai, todėl visus literatūroje rastus tyrimus galima apibendrinti. Analizuojant poveikį ekonomikai naudinga apžvelgti keletą susijusių tyrimų, kurie patvirtina arba paneigia atlikto tyrimo apie atsinaujinančiųjų energijos išteklių plėtos poveikį ekonomikos augimui rezultatus.

1. **Teigiamas poveikis ekonomikos augimui.** Bhattacharya ir kt. (2016) atlikto tyrimo metu nustatyta, kad daugumoje pasirinktų šalių atsinaujinančiosios energijos suvartojimas turi reikšmingą teigiamą poveikį ekonominei plėtrai, o tai rodo teigiamą atsinaujinančiosios energijos vartojimo ir ekonomikos augimo ryšį (Bhattacharya ir kt., 2016). Shahbaz ir kt. (2024) atliktame tyrime patvirtinamas ilgalaikis ryšys tarp atsinaujinančiosios energijos vartojimo ir ekonomikos augimo – atsinaujinančioji energija daro teigiamą poveikį ekonomikos augimui daugumoje tirtų šalių (Shahbaz et al., 2024).
2. **Skirtingas poveikis priklausomai nuo ekonominių aplinkybių.** AlDarraji ir Bakir (2020) analizavo, kaip atsinaujinanti energija veikia ekonomikos augimą. Nepaisant to, kad šis poveikis yra labai mažas, tai rodo, kad nors ir naudingas,

poveikis gali būti nereikšmingas (AlDarraji & Bakir, 2020). Tyrime, kuriame daugiausia dėmesio skirta ES šalims, rezultatai kontrastuoja, čia nustatyta, kad išsivysčiusių ir pereinamojo laikotarpio valstybių narių atsinaujinančiosios energijos vartojimo poveikis ekonomikos augimui skiriasi, o tai rodo, kad šalies ekonominis kontekstas ir raidos etapas gali turėti įtakos atsinaujinančiosios energijos plėtos poveikiui (Šikić, 2020).

3. **Kompleksiškas ir ilgalaikis poveikis.** Inglesi-Lotz (2016) teigia, kad atsinaujinančiosios energijos dalis energetikoje daro teigiamą įtaką ekonomikos augimui, taip patvirtindama argumentą, kad atsinaujinančioji energija prisideda prie ekonominės gerovės (Inglesi-Lotz, 2016). Feng ir Zhao (2022) tyrė netiesioginį atsinaujinančiosios energijos vartojimo poveikį ekonomikos augimui ir nustatė ribinį efektą, kuris rodo, kad ryšys tarp atsinaujinančiosios energijos vartojimo ir ekonominių rezultatų yra sudėtingas ir priklauso nuo įvairių veiksnių, pavyzdžiui, energijos intensyvumas ir technologiniai apribojimai (Feng & Zhao, 2022).

Šiuose tyrimuose pateikiamas platus perėjimo prie atsinaujinančiųjų išteklių energijos poveikio ekonomikos augimui vertinimas, todėl disertacijoje turi būti atlikta analizė, kuri patvirtintų/paneigtų, kad atsinaujinančioji energija nelėtina ekonomikos augimo ir gali turėti teigiamą poveikį, atsižvelgiant į tokius veiksnius kaip investicijos, energijos rūšis, gamybos mastas ir klimato sąlygos

2.3. Įverčių apskaičiavimo būdų įvairovės apibūdinimas

Visų regresijos modelių koeficientų įverčiai pirmiausia apskaičiuojami mažiausių kvadratų metodu (MKM) (angl. ordinary least squares, OLS). Mažiausių kvadratų metodą aptaria daugelis mokslininkų (Vogelsang & Wagner, 2014; Güney, 2019; Adedoyin et al., 2023; Yu et al., 2023; Suproń & Myszczyzyn, 2024; Surajudeen et al., 2024). Mažiausių kvadratų metodas yra tiesinės regresijos modelis, kurio tikslas – iki minimumo sumažinti skirtumus tarp stebimų atsakų (numatomo kintamojo reikšmės) duotame duomenų rinkinyje. Vizualiai tai vertinama kaip kvadratinų vertikalių atstumų suma kiekvieno aibės duomenų taško ir atitinkamo regresijos tiesės taško – kuo mažesni skirtumai, tuo geriau ir modelis atitinka duomenis. Gautas įvertis gali būti išreikštas paprasta formule, ypač tuo atveju, kai vienas regresorius dešinėje pusėje. MKM įvertis yra nuoseklus, kai regresoriai yra egzogeniniai, ir optimalus tiesinių nešališkų įverčių klasėje, kai paklaidos yra homoskedastinės ir nuosekliai nekoreliuojamos. Esant tokioms sąlygoms, MK metodas suteikia minimalaus dispersijos vidurkio nešališką įvertinimą, kai klaidos turi baigtinę dispersiją. Darant papildomą prielaidą, kad klaidos paprastai pasiskirsto, MKM yra vertinamas kaip didžiausias tikimybės įvertis.

Mažiausių kvadratų metodas yra regresinės analizės parametų įvertinimo metodas, pagrįstas likučių kvadratų sumos skirtumu (likutinė vertė yra skirtumas tarp stebimos vertės ir pritaikytos vertės, pateiktos pagal modelį), sudarytu iš atskirų lygčių. Mažiausi kvadratai yra matematinė procedūra, skirta rasti geriausią tam tikrą taškų rinkinį atitinkančią kreivę, sumažinant kreivės taškų poslinkių („likučių“) kvadratų

sumą. Kai problema turi didelių neapibrėžčių nepriklausomame kintamajame (kintamajame x), tada paprastos regresijos ir mažiausių kvadratų metodai turi problemų ir tokiais atvejais vietoj mažiausių kvadratų metodo gali būti atsižvelgta į kintamųjų klaidų modelių pritaikymo metodiką.

Teigiama, kad tai yra geriausias metodas, kuris gali būti skirtas priežastingumo ryšiams tarp kintamųjų nustatyti. Šių modelių α_i įverčiai toliau yra testuojami siekiant nustatyti jų elgseną ir parinkti tinkamą įverčių apskaičiavimo metodą. Pirmame etape atliekamas Fišerio (F) testas leidžia patikrinti $H_0: \alpha_1 = \alpha_2 \dots = \alpha_i$, t.y. kad specifiškumu nepasižymi su alternatyva, kad yra specifiški ir laike nekintantys. Maža šio testo p -reikšmė ($<0,05$) leidžia daryti išvadą, kad MKM, kuris neeliminuoja ir nesumodeliuoja nėra tinkamas ir gali sąlygoti paslinktus parametrų įverčius (angl. bias estimates). Šiuo atveju tinkamesnė būtų fiksuotų efektų (FE) (angl. fixed effects, FE) įverčių apskaičiavimo alternatyva. FE metodas transformuoja duomenis (angl. time-demeaned transformation) ir tokiu būdu eliminuoja iš modelio.

Antrame etape atliekamas Breusch-Pagan (BP1) testas, kuriuo tikrinama $H_0: \alpha_1 = \alpha_2 \dots = \alpha_i$, t.y. kad α_i specifiškumu nepasižymi su alternatyva, kad α_i yra specifiški ir laike kinta atsitiktinai. Maža šio testo p -reikšmė ($<0,05$) leidžia daryti išvadą, kad MKM, kuris α_i neeliminuoja ir nesumodeliuoja nėra tinkamas ir gali sąlygoti paslinktus parametrų įverčius (angl. bias estimates). Šiuo atveju tinkamesnė būtų atsitiktinių efektų (AE) (angl. random effects, RE) įverčių apskaičiavimo alternatyva, kuri naudoja apibendrintą mažiausių kvadratų metodą (AMKM) (angl. generalized least squares, GLS). AE metodas transformuoja duomenis (angl. quasi time-demeaned transformation) ir tokiu būdu dalinai eliminuoja iš modelio.

Trečiame etape atliekamas Hausman testas, kuri leidžia patikrinti H_0 : AMKM įverčiai yra suderinti. Maža šio testo p -reikšmė ($<0,05$) leidžia daryti išvadą, kad AMKM nėra tinkamas ir tinkamesnis yra FE metodas (Baltači & Liu, 2007)..

Šie trys testai paremti α_i elgsenos analize leidžia parinkti vieną iš trijų įverčių apskaičiavimo būdų – MKM, FE ar AE. Tačiau tinkamo įverčių apskaičiavimo metodo pagal elgseną parinkimas negarantuoja, kad modelis nepasižymės endogeniškumu (Plümper & Troeger, 2018). Endogeniškumo prielaidos testavimas ir alternatyvių įverčių apskaičiavimo būdų parinkimas pristatomas 2.4. poskyryje

2.4. Modelio prielaidų testavimas

Apskaičiuotų regresijos modelio koeficientų įverčių patikimumui užtikrinti, modelių liekamosios paklaidos, t.y. $\varepsilon_{i,t}$ turi tenkinti tam tikras prielaidas. Viena iš prielaidų – ryšys tarp priklausomo ir nepriklausomų kintamųjų turi būti tiesinis, kadangi įverčiams apskaičiuoti dažniausiai taikomi tiesiniai modeliai dėl jų universalumo. Jei ryšys nėra tiesinis, paklaidos elgsenoje tai atsispindės ir jos sklaida nebus atsitiktinė, bet priklausys nuo vieno ar kelių nepriklausomų kintamųjų dydžio. Jau modelio konstravimo eigoje buvo daromos prielaidos, kad kai kurie ryšiai yra netiesiniai. Dėl to atlikta keletas kintamųjų natūrinio logaritmo ($\ln$) transformacija, taikyta antro laipsnio parabolės formos išraiška bei modeliuotas sąlyginis kai kurių veiksmų poveikis

(Wooldridge, 2010). Šios transformacijos atliktos tik su tais nepriklausomais kintamaisiais dėl kurių kilo teoriškai pagrįstos prielaidos apie galimą netiesinį poveikį. Galimas netransformuotų nepriklausomų kintamųjų netiesinis poveikis augimo tempams testuotas naudojant Ramsey RESET testą ir esant poreikiui (nustačius, kad tiesiškumo prielaida nėra tenkinama) atliekamos jų transformacijos (Ramsey, 1969).

Kita testuojama prielaida – modelio atsitiktinė paklaida nepasižymi autokoreliacija. Ši prielaida testuojama naudojant Wooldridge autokoreliacijos testą (Wooldridge, 2010). Reikia pažymėti, kad nustatyta statistiškai reikšminga tačiau neigiama autokoreliacija neturėtų ženkliai paveikti tradiciniu būdu apskaičiuotų modelio parametrų įverčių standartinių paklaidų ir tuo pačiu modelio parametrų įverčių statistinio reikšmingumo lygmens. Kaip jau minėta, tyrimui naudojami persidengiantys ekonomikos augimo tempai, o tai sąlygoja teigiamai autokoreliuotą modelio paklaidos struktūrą. Teigiamos autokoreliacijos atveju koeficientų įverčių standartinės paklaidos būna mažesnės nei tikrosios ir tuo pačiu dirbtinai padidinamas analizuojamų veiksmų reikšmingumo lygmuo (Arellano, 1987). Esant tokiai situacijai nebus bandoma keisti naudojamo modelio struktūros, t.y. velti galimą veiksmų poveikį (į tai modelyje jau atsižvelgta), ieškoti praleistų nepriklausomų kintamųjų (modelio nepriklausomų kintamųjų rinkinys sudarytas remiantis ankstesnių tyrimų pagrindu), o pasinaudoti plačiai tyrimuose taikomu metodu – stabilizuotomis standartinėmis paklaidomis (angl. robust standard errors). Reikia pažymėti, kad ši prieiga autokoreliacijos problemos priežasties nesprenžia, bet patikslina paklaidų dydį atsižvelgiant į autokoreliacijos stiprumą ir leidžia patikimiau nustatyti nagrinėjamų veiksmų reikšmingumo lygmenį (Huber, 1967).

Trečia testuojama prielaida – modelio paklaidų sklaida yra homoskedastiška. Kaip ir teigiamos autokoreliacijos atveju, kintanti (nestabili) modelio paklaidų variacija sumažina modelio parametrų įverčių standartinių paklaidų dydį ir galimybę patikimai nustatyti modelio parametrų įverčių reikšmingumo lygmenį. Šios prielaidos testavimui bus naudojamas Breusch-Pagan (BP2) testas (jei modelio paklaidų sklaida reikšmingai nesiskiria nuo normalaus skirstinio) arba Koenker testas (jei modelio paklaidų sklaida reikšmingai siskiriasi nuo normalaus skirstinio) (Breusch & Pagan, 1979). Abu testai tikrina H_0 : modelio paklaidų sklaida yra homoskedastiška. Maža p -reikšmė ($<0,05$) reiškia, kad modelio paklaidų sklaida yra heteroskedastiška. Esant tokiai situacijai galima modelio parametrų įverčių standartinės paklaidas perskaičiuoti naudojant stabilizuotas standartinės paklaidas. Kadangi yra nemaža tikimybė, kad to paties modelio paklaidoms bus būdinga ir autokoreliacija, ir heteroskedastiškumas, stabilizuotos standartinės paklaidos turi atsižvelgti į abi problemas tuo pačiu metu. Tam galima taikyti Arellano stabilizuotas paklaidas, kurios apskaičiuojamos naudojant heteroskedastiškumą ir autokoreliaciją koreguojančios kovariacijos matricos įverčius (Arellano & Bond, 1991).

Kita prielaida, kuri turi būti tenkinama – modeliui paklaidos neturi pasižymėti tarpgrupine koreliacija. Ši prielaida testuojama naudojant Pesaran CD testą tikrinant H_0 : modelio paklaidų tarpgrupinė koreliacija lygi nuliui (Pesaran, 2004). Maža p -reikšmė ($<0,05$) reiškia, kad paklaidų tarpgrupinė koreliacija yra ir būtina korekcija.

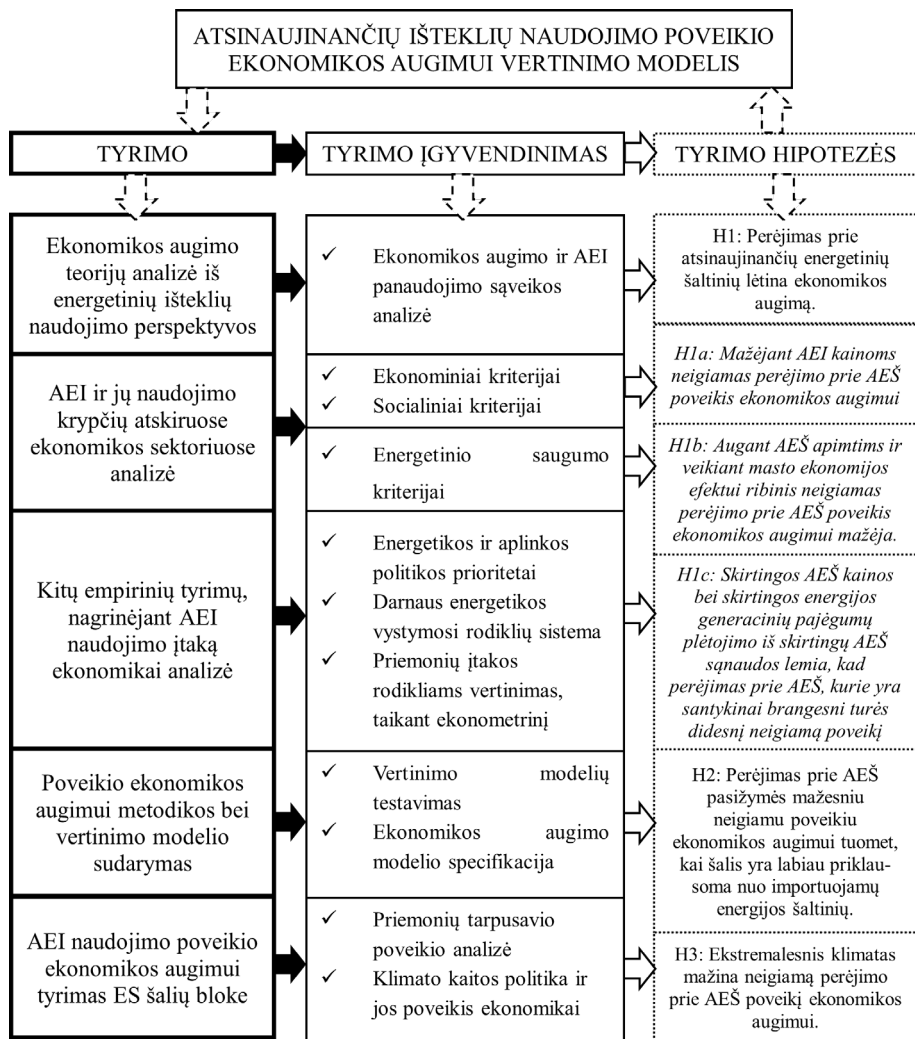
Tam galima panaudoti Beck-Katz stabilizuotas standartines paklaidas, kurios atsižvelgia į modelio paklaidoms būdingą tarpgrupinę koreliaciją bei heteroskedastiškumą ir autokoreliaciją (Beck & Katz, 1995).

Penktoji prielaida reikalauja, kad modelio nepriklausomi kintamieji per daug tarpusavyje nekoreliuoja. Naudojant dispersijos mažėjimo daugiklį (angl. variance inflation factor, VIF) galima nustatyti kaip vieno nepriklausomo kintamojo variacija priklauso nuo koreliacijos su kitais nepriklausomais modelio kintamaisiais. $VIF > 5$ gali signalizuoti, kad modelio kintamieji stipriai koreliuoja (modelis paasižymi multikolinearumu) ir perdengia vienas kito poveikį, dėl ko nustatytas efektas priklausomam kintamajam gali būti iškreiptas (Mansfield & Helms, 1982). Tai dažniausiai pasireiškia nustatyta nelogiška nepriklausomo kintamojo poveikio kryptis, nustatytas nereikšmingas poveikis ir pan. Dažniausiai naudojamas būdas šios problemos sprendimui yra peržiūrėti modelio specifikaciją, kad jame neliktų kintamųjų, kurie skirtingai išmatuoja vieną ir tą patį ekonomikos augimo veiksnį. Atliekant multikolinearumo analizę nekreipiama dėmesio į stiprią koreliaciją tarp kintamųjų ir jų tiesinių daugdarų.

Paskutinė testuojama prielaida – vienintelis modelio endogeniškas kintamasis yra priklausomas kintamasis. Nepriklausomų modelio kintamųjų endogeniškumas reiškia, kad jie koreliuoja ne tik su modelio priklausomu kintamuoju, bet ir su modelio paklaida. Koreliacija su modelio paklaida reiškia, kad nepriklausomas modelio kintamasis yra veikiamas praleisto modelio kintamojo (angl. omitted variable) (Durbin, 1954). Tai gali rodyti, kad endogeniškumu pasižyminčio nepriklausomo kintamojo statistiškai reikšmingas poveikis priklausomam modelio kintamajam nėra priežastinio ryšio ženklas, o praleisto kintamojo su kuriuo koreliuoja modelio veiksnys daromo poveikio priklausomam kintamajam atspindys. Pvz., nustatytas statistiškai reikšmingas atsinaujinančių išteklių plėtos poveikis ekonomikos augimui gali tiesiog rodyti, kad ekonomikos augimas yra veikiamas investicijų, kurias valstybė ir privatus verslas skiria energetikos sektoriui (infrastruktūrai, energijos generavimo pajėgumams ir pan.), jei šios investicijos nėra įtraukiamos į modelį ir teigiamai koreliuoja su atsinaujinančių išteklių plėtra. Endogeniškumo testavimui bus taikomas Durbin-Wu-Hausman testas, kurio H_0 : modelio nepriklausomi kintamieji yra egzogeniniai (Hausman, 1978). Maža p -reikšmė (< 0.05) rodo, kad modelio nepriklausomas veiksnys yra endogeninis. Šios problemos sprendimui galima panaudoti dviejų ar trijų žingsnių mažiausių kvadratų metodą (angl. two-, three-stage least squares, 2SLS, 3SLS) ar kitą metodą panaudojant instrumentinius kintamuosius (angl. instrumental variable, IV). Šių metodų trūkumas, kad jie reikalauja išorinių IV, kurie turi tenkinti labai griežtas ir dažnai sunkiai pagrindžiamas prielaidas (Wooldridge, 2010). Pvz.: IV turi nekoreliuoti su modelio paklaida (tai pagrindžiama tiek prielaidomis, nes modelio paklaida įverčio neturi) ir koreliuoti su endogeniniu kintamuoju. Dėl sudėtingos IV paieškos, endogeniškumo problema panelinių duomenų modeliuose yra sprendžiama taikant apibendrintą momentų metodą (angl. generalised method of moments, GMM) ir Arellano-Bond modelį dar vadinamą dinaminu panelinių duomenų modeliu (angl. dynamic panel data model, DPD) (Arellano & Bond, 1991). GMM endogeniškumo problemai spręsti naudoja vidinius instrumentinius kintamuosius (angl. internal instrumental variables

(IIV). Šie kintamieji tai endogeninių modelio kintamųjų pavėlintos reikšmės. Kadangi DPD specifikacija numato jog visi modelio kintamieji yra diferencijuoti, kuriant IVV gali kilti problema jei analizuojamas rodiklis yra lėtai kintantis laike, nes jo pokyčiai bus artimi nuliui ir jis bus netinkamas instrumentavimui. Tokiu atveju galima pritaikyti sisteminių GMM (angl. SGMM) kuriame koeficientų įverčiai apskaičiuojami sudarant lygčių sistemą (Blundell & Bond, 1998). Vienoje lygtyje IVV naudojami dinamikoje, o kitoje statikoje. Kadangi duomenų struktūroje N ir T skiriasi nedaug ir tyrimo imtis yra sąlyginai maža, kad būtų atsižvelgta į Blundell ir Bond (1998) kritiką, kad analizuojant mažas imtis SGMM metodu apskaičiuotos standartinės koeficientų įverčių paklaidos yra paslinktos (angl. downwards bias), bus naudojamos Windmeijer (2005) pasiūlytas baigtinės imties korekcijos asimptotinės kovariacijos matricai (Windmeijer, 2005). Apskaičiuotų koeficientų įverčių suderinamumui ir efektyvumui padidinti bus naudojamas dviejų žingsnių SGMM (angl. 2-step SGMM). Gavus pirmo žingsnio koeficientų parametrų įverčius, apskaičiuotos likutinių paklaidų imties kovariacijos matrica naudojama antro žingsnio įverčiams gauti, kurie yra ne tik suderinti, bet ir asimptotiškai efektyvūs (Blundell & Bond, 1998).

Septintame paveiksle matome pagrindinę informaciją apie suformuluotas hipotezes.



7 pav. Atsinaujinančių išteklių naudojimo poveikio ekonomikos augimui vertinimo modelis (sudaryta autoriaus).

Šiame modelyje atsispindi teorinėje darbo dalyje išanalizuoti keli AEI naudojimo poveikio ekonomikos augimui vertinimo būdai. Vertinimo modelyje išryškintos dalys, kurios apjungiamos į AEI plėtros poveikio ekonomikai vertinimą, pagal ekonomikos augimo veiksmų tyrimą, taikant ekonometrinį modeliavimą.

3. ATSINAUJINANČIŲ ENERGIJOS IŠTEKLIŲ NAUDOJIMO POVEIKIO EKONOMIKOS AUGIMUI TYRIMAS

Šiame skyriuje yra pateikti susisteminti atsinaujinančių išteklių ir ekonominės plėtos vertinimo rezultatai. Šios analizės tikslas yra patikrinti teorines prielaidas, kad atsinaujinantys energijos ištekliai turi įtakos ekonomikos augimui. Tyrimu siekiama patikrinti, ar nagrinėjami veiksniai koreliuoja tarpusavyje, kokio stiprumo ir krypties yra šie ryšiai. Taip pat bandoma praktiškai aprobuoti metodikos dalyje sukurtą veiksmų, turinčių įtakos ekonominiam augimui vertinimo modelį.

3.1. Įverčių apskaičiavimo būdo nustatymas ir modelių prielaidų testavimas

Įvertinant atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo poveikį ekonomikos augimui, pirmiausia taikant mažiausių kvadratų metodą (MKM) buvo apskaičiuoti visų regresijos modelių įverčiai. Po to šių modelių įverčiai buvo testuojami siekiant nustatyti jų elgseną ir parinkti tinkamą įverčių apskaičiavimo metodą. Fišerio (F) testu nustatyta, kad pasižymi specifiškumu. Maža šio testo p-reikšmė ($<0,0001$) leidžia daryti išvadą, kad MKM, kuris neeliminuoja ir nesumodeliuoja šalių specifinių efektų, nėra tinkamas, nes šiuo atveju tinkamesnė būtų fiksuotų efektų (FE) įverčių apskaičiavimo alternatyva. Maža Breusch-Pagan testo p-reikšmė ($<0,0001$) leidžia daryti išvadą, kad yra specifiški ir laike kinta atsitiktiniai. Tai dar kartą patvirtina, kad MKM gali sąlygoti paslinktus parametrų įverčius. Tinkamesnė būtų atsitiktinių efektų (AE) įverčių apskaičiavimo alternatyva, kuri naudoja apibendrintą mažiausių kvadratų metodą (AMKM). Maža Hausman testo, kuris leidžia patikrinti, ar AMKM įverčiai yra suderinti, p-reikšmė ($<0,0001$) leidžia daryti išvadą, kad AMKM nėra tinkamas ir pirmenybę reikėtų teikti FE metodui. Vadovaujantis gautais rezultatais toliau visų modelių įverčiai apskaičiuoti naudojant FE.

Šie modeliai toliau buvo testuojami dėl galimos endogeniškumo problemos. Didelė Durbin-Wu-Hausman testo p-reikšmė ($>0,05$) rodo, kad modelio nepriklausomi kintamieji yra egzogeniniai ir FE įverčiai nėra paslinkti. Tai taip pat rodo, kad į modelius yra įtraukti visi pagrindiniai ekonomikos augimo veiksniai ir nėra praleista kintamųjų, kurie veiktų ekonomikos augimą bei koreliuotų su į modelį įtrauktais kitais nepriklausomais kintamaisiais, taip sukeldami endogeniškumą.

Paskutiniame etape testuotos FE modelių paklaidos dėl tipiškai reikalaujamų prielaidų laikymosi. Ramsey RESET testas atskleidė, kad modelių specifikacijos ir juose taikomos duomenų transformacijos yra pakankamos, kad analizuojami ryšiai taptų tiesiniai. Wooldridge autokoreliacijos testas atskleidė, kad modelio paklaidos pasižymi nedidele, tačiau teigiama ir statistiškai reikšminga autokoreliacija. Kaip jau minėta anksčiau, to priežastimi yra tyrimui naudojami persidengiantys ekonomikos augimo tempai, kurie sąlygoja teigiamai autokoreliuotą modelio paklaidos struktūrą, dėl ekonomikos augimo inertiškumo ir fakto, kad ankstesnio laikotarpio ekonomikos augimo tempas yra geras ekonomikos subjektų lūkesčių atspindys ir teigiamai koreliuoja su vėlesnio laikotarpio ekonomikos augimo tempu. Kadangi modelių paklaidų sklaida

nustatyta kaip statistiškai reikšmingai nesiskirianti nuo normalaus skirstinio, galimas modelio paklaidų heteroskedastiškumas testuotas naudojant Breusch-Pagan testą. Testo rezultatai rodo, kad modelio paklaidų sklaida yra heteroskedastiška, dėl ko apskaičiuotos įprastinės standartinės modelių paklaidos gali būti neefektyvios ir netinkamos įverčių statistinio reikšmingumo nustatymui. Atlikus Pesaran CD testą nustatyta, kad paklaidoms būdinga tarpgrupinė koreliacija. Tokia situacija yra labai tikėtina, nes analizuojamos ES šalys, kurios tarpusavyje yra susijusio prekybos, investicijų bei darbo jėgos migracijos srautais ir vienoje šalyje vykstantys ekonomikos augimo pokyčiai yra susiję su ekonomikos augimo pokyčiais vykstančiais kitose šalyse. T. y. tam tikros ES šalies ekonomikos augimo veiksnys yra svertinis likusių ES šalių ekonomikos augimo tempo vektorius, kur svoris priklauso nuo ekonominių ryšių stiprumo. Kaip ir teigiamos autokoreliacijos bei heteroskedastiškumo atveju, tarpgrupinė koreliacija paklaidose sąlygoja neefektyvias ir tikėtina mažesnes nei tikrosios įprastines modelio įverčių standartinės paklaidas. Problemos sprendimui panaudotos Beck-Katz stabilizuotos standartinės paklaidos, kurios atsižvelgia į įprastinėms modelio paklaidoms būdingą tarpgrupinę koreliaciją bei heteroskedastiškumą ir autokoreliaciją. Visi modeliai taip pat buvo testuojami naudojant dispersijos mažėjimo daugiklį siekiant patikrinti, ar nepriklausomi kintamieji nėra pernelyg tarpusavyje koreliuoti. Gauti rezultatai ($VIF < 4$) leidžia teigti, kad modeliai multikolinearumu nepasižymi.

7 lentelė. (2) ir (4) lygčių fiksuotų efektų įverčiai. Pirmos hipotezės ($H1$) tikrinimo rezultatai. Priklausomas kintamasis – vidutiniai persidengiantys penkerių metų būsimi ekonomikos augimo tempai

Pilnas kintamojo pavadinimas	Trumpinys	Koef.	(1)	(2)	(3)
Konstanta		(0,02481)	0,2970***	0,2930***	0.3049***
			(0,02727)	(0.02489)	
Realaus (2010 metų kainomis) pradinio BVP vienam gyventojui (EUR) logaritmas			-0,02984***	-0.02888***	-0.03139***
			(0,001987)	(0.002214)	(0.002053)
Bendrosios investicijos į MTEP (% nuo BVP)			0,003713**	0.001901	0.003072*
			(0,001528)	(0.001692)	(0.001539)

15-64 metų amžiaus gyventojų dalis, turinti aukštąjį (ISCED 5-8) išsilavinimą (%)			0,0004361***	0.0002834**	0.0004667***
			(0,0001304)	(0.0001377)	(0.0001359)
Infliacija (apskaičiuota kaip vidutinio metinio harmonizuoto vartotojų kainų indekso pokytis)			0,09556	-0.01850	0.05974
			(0,06947)	(0.08280)	(0.07046)
Centrinės valdžios sektoriaus galutinio vartojimo išlaidos (% nuo BVP)			-0,0005583*	-0.001039***	-0.0003398
			(0,0003018)	(0.0003072)	(0.0003128)
Bendrojo kapitalo formavimo išlaidos (% BVP)			0,0005197	0.0007435	0.0005880
			(0,0009395)	(0.0008921)	(0.0009407)
			-1,623e-05	-1.907e-05	-1.816e-05
			(1,842e-05)	(1.746e-05)	(1.842e-05)
Prekių bei paslaugų importo ir eksporto sumos santykis su BVP (% nuo BVP)	TR _{i,t}		5,888e-05***	2.908e-05*	6.942e-05***
			(1,495e-05)	(1.667e-05)	(1.542e-05)
Korupcijos kontrolės lygis (indeksas)			0,006682***	0.01036***	0.007491***
			(0,002322)	(0.002392)	(0.002335)
Užimtųjų pokytis (apskaičiuota kaip vidutinio metinio užimtųjų skaičiaus pokytis)			0,4418***	0.5163***	0.4348***
			(0,06033)	(0.06787)	(0.06111)

Suvartotos energijos iš atsinaujinančių energijos šaltinių dalis energetiniame balanse (%)	$REN_U_{i,t}$			8.758e-06	
			(8.145e-05)		
Energijos generavimo iš atsinaujinančių energijos šaltinių pajėgumų dalis bendruose pajėgumuose (%)	$REN_P_{i,t}$				7.627e-05** 7.63*10 ⁻⁵ 0.0000763*100% 0.00763%
				(3.291e-05)	
Stebėjimų skaičius			n	421	351
Koreguotas determinacijos koeficientas			0,6942	0,6658	0.7000
Fišerio (F) testo H0: p-reikšmė			<0,0001	<0,0001	<0,0001
Breusch-Pagan (BP1) testo H0: p-reikšmė			<0,0001	<0,0001	<0,0001
Hausman testo H0: AMKM įverčiai yra suderinti p-reikšmė			<0,0001	<0,0001	<0,0001
Durbin-Wu-Hausman testo H0: modelio nepriklausomi kintamieji yra egzogeniniai p-reikšmė			0.13135	0,11719	0,12658
Ramsey RESET testo H0: ryšiai tarp priklausomo kintamojo ir nepriklausomų kintamųjų yra tiesiniai p-reikšmė			0.10735	0,14486	0,13986
Wooldridge testo H0: pirmos eilės autokoreliacijos nėra p-reikšmė			<0.0001	<0,0001	<0,0001
Breusch-Pagan (BP2) testo H0: paklaidų sklaida yra homoskedastiška p-reikšmė			<0.0001	<0,0001	<0,0001
Pesaran CD testo H0: tarpgrupinė paklaidų sklaida nesiskiria nuo nulio p-reikšmė			<0.0001	<0,0001	<0,0001

Pastabos: į visus modelius įtraukti laiko pseudokintamieji, nes Wald testo, kuris tikrina H0: atmesta su p-reikšme<0.0001. Į visus modelius įtraukti šalių individualūs efektai, t.y. taikytas dviejų krypčių fiksuotų efektų metodas (angl. 2-way FE) dar kitaip vadinama mažiausių kvadratų pseudokintamųjų regresija (LSDV) (angl. least squares dummy variable). Nei laiko nei šalių pseudokintamieji modelio lentelėse nėra pateikiami. Skliausteliuose pateikiamos Beck-Katz stabilizuotos standartinės paklaidos. Pateikiamas LSDV determinacijos koeficientas, kuris neapima šalių individualių efektų ir rodo tik specifiskai į modelį įtrauktų veiksmų paaiškinamą priklausomo kintamojo variacijos dalį. *, **, *** reiškia statistinį reikšmingumą atitinkamai prie ne didesnio kaip 10%, 5% ir 1% lygmens.

3.2 Ekonomikos augimo veiksnių tyrimo rezultatai

Rezultatų aptarimą būtina pradėti nuo ekonomikos augimo veiksnių, kurie į modelius buvo įtraukti kaip kontroliniai kintamieji. Šie kintamieji visuose modeliuose kartojasi, todėl būtina pateikti detalų jų aptarimą. Atlikus tyrimą buvo nustatyta neigiama ir statistiškai reikšminga (1% lygmens) koreliacija tarp pradinio BVP vienam gyventojui ir jo vidutinių penkerių metų augimo tempų, o tai signalizuoja, kad tarp analizuojamų ES šalių tiriamu laikotarpiu vyko beta konvergencija, kuri siekė apie 3%. Tai rodo, kad šalys, kurių BVP vienam gyventojui buvo mažesnis, augo sparčiau nei šalys, kurių BVP buvo didesnis (vieno procento BVP vienam gyventojui skirtumas susijęs su 0,03% ekonomikos augimo tempo skirtumu). Šalys, kurios į MTEP investavo daugiau pasižymėjo spartesniais ekonomikos augimo tempais. Vienu procentiniu punktu (p.p.) nuo BVP didesnės investicijos į MTEP buvo susijusios su 0,37% spartesniu ekonomikos augimo tempu. Modelius papildant suvartotos energijos iš atsinaujinančių energijos šaltinių dalimi energetiniame balanse (REN_U) ar energijos generavimo iš atsinaujinančių energijos šaltinių pajėgumų dalimi bendruose pajėgumuose (REN_P), MTEP poveikio dydis išlieka panašus, tačiau tampa statistiškai nereikšmingas. Tai rodo, kad MTEP investicijos ir REN_P bei REN_U yra susijusios, t. y. REN_P bei REN_U be MTEP veiklos nevyko ir jų įtraukimas į modelius pakankamai gerai aproksimuoja MTEP veiklos mastų skirtumus šalyse. Didesnis apsirūpinimas žmogiškuoju kapitalu, kuris tyrime aproksimuojamas gyventojų dalimi, turinčia aukštąjį išsilavinimą, statistiškai reikšmingai (prie 1%-5% lygmens) spartina ekonomikos augimo tempus. 1 p.p. didesnė gyventojų dalis su aukštuoju išsilavinimu susijusi su 0,03-0,05 procento spartesniu ekonomikos augimo tempu. Statistiškai reikšmingas infliacijos poveikis ekonomikos augimui nenustatytas. Tiriamu laikotarpiu, infliacijos tempai ES buvo pakankamai nedideli (vidutinis metinis kainų augimo tempas siekė 2,2%, o maksimalus – 16,8%) ir neigiamo poveikio ekonomikos augimui neturėjo. Valstybės sektoriaus dydis, kuris matuoja valdžios kišimosi į ekonomiką laipsnį ir aproksimuojamas per centrinės valdžios valdomą biudžetą perskirstoma BVP dalimi, turi neigiamą poveikį ekonomikos augimui. Tiek efekto dydis, tiek jo statistinis reikšmingumas modeliuose nėra stabilus. Modelyje, į kurį įtraukiamas REN_P, poveikis augimui tampa nereikšmingas ir tai rodo, kad energijos generavimo iš atsinaujinančių energijos šaltinių pajėgumų dalies bendruose pajėgumuose skirtumai šalyse yra susiję su centrinės valdžios sektoriaus galutinio vartojimo išlaidų dalimi nuo BVP, t. y. valstybė per savo biudžetą finansuoja reikšmingą šių generavimo pajėgumų augimo dalį.

Taip pat nustatytas netiesinis, tačiau statistiškai nereikšmingas, ryšys tarp bendrojo kapitalo formavimo išlaidų ir ekonomikos augimo. Neigiamas koeficientas prie bendrojo kapitalo formavimo išlaidų kvadrato rodo, kad ribinis investicijų efektas ekonomikos augimui yra mažėjantis ir lūžio taškas pasiekiamas kai bendrojo kapitalo formavimo išlaidos siekia apie 16 procentų nuo BVP. Tyrime alternatyviai buvo naudojami (i) bendrojo kapitalo formavimo išlaidos vienam užimtajam ir (ii) bendrojo fiksuoto kapitalo formavimo išlaidų dalis nuo BVP ir gauti panašūs rezultatai – nustatytas netiesinis statistiškai nereikšmingas, apverstos U raidės formos ryšys tarp kapitalo

investicijų ir ekonomikos augimo. Ekonomikos atvirumas prekybai matuojamas kaip importo ir eksporto sumos dalis nuo BVP turi statistiškai reikšmingą (prie 1% lygmens) teigiamą poveikį ekonomikos augimui. Vienu procentiniu punktu didesnė tarptautinės prekybos dalis nuo BVP susijusi vidutiniškai su 0,003-0,007 procentu spartesniu ekonomikos augimo tempu. Geresnė institucinė aplinka, matuojama mažesniu korupcijos lygiu, susijusi su spartesniais ekonomikos augimo tempais. Vienu balu (5 balų intervale) žemesnis korupcijos lygis statistiškai reikšmingai (prie 1% lygmens) susijęs su 0,7 -0.1 procentu spartesniu ekonomikos augimo tempu. Užimtųjų skaičiaus kaip vieno iš pagrindinių gamybos veiksnio augimas turi statistiškai reikšmingą (prie 1% lygmens) teigiamą poveikį ekonomikos augimui. Apskaičiuotas elastingumo koeficientas svyruoja apie 0.4-0.5, t. y. vienu procentu didesnis užimtųjų skaičius susijęs su 0.4-0.5 didesniu BVP.

Taip pat buvo tikrinama pirmoji hipotezė (H1), kuri teigia, kad perėjimas prie atsinaujinančių energetikos šaltinių lėtina ekonomikos augimą. Atlikus tyrimą galima teigti, kad atsinaujinančių energijos išteklių dalis energetiniame balanse statistiškai reikšmingo poveikio ekonomikos augimui neturi. Taigi, galima teigti, kad perėjimas prie atsinaujinančių energetikos šaltinių nestabdo ekonomikos augimo šalyse, tačiau įvertinus atsinaujinančių energetikos šaltinius pagal energijos generavimo dalį, nustatomas teigiamas statistiškai reikšmingas poveikis ekonomikai – vienu procentiniu punktu didesnė energijos generavimo iš atsinaujinančių energijos šaltinių pajėgumų dalis bendruose pajėgumuose susijusi su 0.00763% spartesniu ekonomikos augimu šalyje. Tai sietina su investicijomis, atitinkamai didinant generavimo pajėgumus, todėl galima atmesti H1 hipotezę ir daryti išvadą, kad perėjimas prie atsinaujinančių energijos išteklių vartojimo nelėtina ekonomikos augimo.

8 lentelė. (5) lygties fiksuotų efektų įverčiai. Patvirtinančios/patikslinančios subhipotezės (H1a) tikrinimo rezultatai. Priklausomas kintamasis – vidutiniai persidengiantys penkerių metų būsimi ekonomikos augimo tempai.

Pilnas kintamojo pavadinimas	Trumpinys	Koef.	(4)	(5)
Konstanta		(0,02817)	0,2873*** (0,02556)	0,3025***
Realaus (2010 metų kainomis) pradinio BVP vienam gyventojui (EUR) logaritmas			-0,02867*** (0,002253)	-0,03128*** (0,002089)
Bendrosios investicijos į MTEP (% nuo BVP)			0,001933 (0,001744)	0,003060* (0,001569)
15-64 metų amžiaus gyventojų dalis, turinti aukštąjį (ISCED 5-8) išsilavinimą (%)			0,0002835* (0,0001399)	0,0004885*** (0,0001386)

Infliacija (apskaičiuota kaip vidutinio metinio harmonizuoto vartotojų kainų indekso pokytis)			-0,01746	0,06303
			(0,08472)	(0,07182)
Centrinės valdžios sektoriaus galutinio vartojimo išlaidos (% nuo BVP)			-0,001054***	-0,0003857
			(0,0003130)	(0,0003212)
Bendrojo kapitalo formavimo išlaidos (% BVP)			0,0009097	0,0006068
			(0,0009377)	(0,0009685)
			-2,187e-05	-1,928e-05
			(1,836e-05)	(1,893e-05)
Prekių bei paslaugų importo ir eksporto sumos santykis su BVP (% nuo BVP)	$TR_{i,t}$		2,824e-05	6,667e-05***
			(1,697e-05)	(1,579e-05)
Korupcijos kontrolės lygis (indeksas)			0,01017***	0,007426***
			(0,002434)	(0,002371)
Užimtųjų pokytis (apskaičiuota kaip vidutinio metinio užimtųjų skaičiaus pokytis)			0,5202***	0,4291***
			(0,06923)	(0,06296)

Suvartotos energijos iš atsinau- jinančių energijos šaltinių dalis energetiniame balanse (%)	$REN_{i,t}$		9,374e-05	
			(0,0002085)	
			-1,370e-06	
			(0,0003082)	
			-0,0001459	
			(0,0003076)	
			-7,134e-05	
			(0,0003080)	
			-4,116e-05	
			(0,0003103)	
			1,296e-06	
			(0,0003061)	
			4,736e-05	
			(0,0002951)	
			-0,0001362	
			(0,0003004)	
			-0,0001876	
			(0,0002968)	
			-0,0002311	
			(0,0002936)	
			-0,0002356	
			(0,0002901)	
			-0,0001652	
			(0,0002859)	
			5,894e-05	
			(0,0002839)	

Energijos generavimo iš atsinaujinančių energijos šaltinių pajėgumų dalis bendruose pajėgumuose (%)	$REN_{i,t}$		0,0001733**	
			(0,0000817)	
			-6,342e-05	
			(0,0001692)	
			-4,391e-05	
			(0,0001612)	
			-0,0001016	
			(0,0001582)	
			-3,209e-05	
			(0,0001699)	
			-7,095e-05	
			(0,0001678)	
			-6,020e-05	
			(0,0001676)	
			-1,832e-05	
			(0,0001687)	
			-5,163e-05	
			(0,0001722)	
			-0,0001267	
			(0,0001743)	
			-9,648e-05	
			(0,0001751)	
			-0,0001730	
			(0,0001758)	
			-0,0002099	
			(0,0001753)	
			-0,0002196	
			(0,0001743)	
			-0,0001495	
			(0,0001751)	
			-0,0002008	
			(0,0001685)	
Stebėjimų skaičius		n	351	417
Koreguotas determinacijos koeficientas			0,656211	0,692123
Fišerio (F) testo H0: p-reikšmė			<0,0001	<0,0001

Breusch-Pagan (BP1) testo H0: p-reikšmė	<0,0001	<0,0001
Hausman testo H0: AMKM įverčiai yra suderinti p-reikšmė	<0,0001	<0,0001
Durbin-Wu-Hausman testo H0: modelio nepriklausomi kintamieji yra egzogeniniai p-reikšmė	0,12675	0,13273
Ramsey RESET testo H0: ryšiai tarp priklausomo kintamojo ir nepriklausomų kintamųjų yra tiesiniai p-reikšmė	0,12497	0,06629
Wooldridge testo H0: pirmos eilės autokoreliacijos nėra p-reikšmė	<0,0001	<0,0001
Breusch-Pagan (BP2) testo H0: paklaidų sklaida yra homokedastiška p-reikšmė	<0,0001	<0,0001
Pesaran CD testo H0: tarpgrupinė paklaidų sklaida nesiskiria nuo nulio p-reikšmė	<0,0001	<0,0001

Pastabos: į visus modelius įtraukti laiko pseudokintamieji, nes Wald testo, kuris tikrina H0: atmesta su p-reikšme <0.0001. Į visus modelius įtraukti šalių individualūs efektai, t.y. taikytas dviejų krypčių fiksuotų efektų metodas (angl. 2-way FE) dar kitaip vadinama mažiausių kvadratų pseudokintamųjų regresija (LSDV) (angl. least squares dummy variable). Nei laiko nei šalių pseudokintamieji modelio lentelėse nėra pateikiami. Skliausteliuose pateikiamos Beck-Katz stabilizuotos standartinės paklaidos. Pateikiamas LSDV determinacijos koeficientas, kuris neapima šalių individualių efektų ir rodo tik specifiskai į modelį įtrauktų veiksnių paaiškinamą priklausomo kintamojo variacijos dalį. *, **, *** reiškia statistinį reikšmingumą atitinkamai prie ne didesnio kaip 10%, 5% ir 1% lygmenų.

Pagal sukurtą modelį buvo patikrinta patikslinančioji subhipotezė (H1a), kuri teigia, kad laikui bėgant ir mažėjant atsinaujinančių energijos išteklių kainoms bei pingant naujiems generacijos pajėgumams iš atsinaujinančių energetikos šaltinių, neigiamas perėjimo prie atsinaujinančių energetikos šaltinių poveikis ekonomikai mažėja. Įvertinus gautus skaičiavimo rezultatus galima teigti, kad statistiškai reikšmingo poveikio pokyčio tiriamu laikotarpiu nėra. Vertinant atsinaujinančių energijos išteklių pagal energijos generavimo dalį, nustatomas tas pats teigiamas efektas ekonomikai, kuris laikui bėgant iš esmės nesikeičia. Ankstesniame etape nustatytas statistiškai nereikšmingas suvartotos energijos iš atsinaujinančių energijos šaltinių dalies energiniame balanse efektas, tokiu išlieka visu nagrinėtu laikotarpiu, todėl galima daryti išvadą, kad nustatyti efektai bėgant laikui išlieka santykinai pastovūs.

9 lentelė. (6) lygties fiksuotų efektų įverčiai. Patvirtinančios/patikslinančios subhipotezės (H1b) tikrinimo rezultatai. Priklausomas kintamasis – vidutiniai persidengiantys penkerių metų būsimi ekonomikos augimo tempai

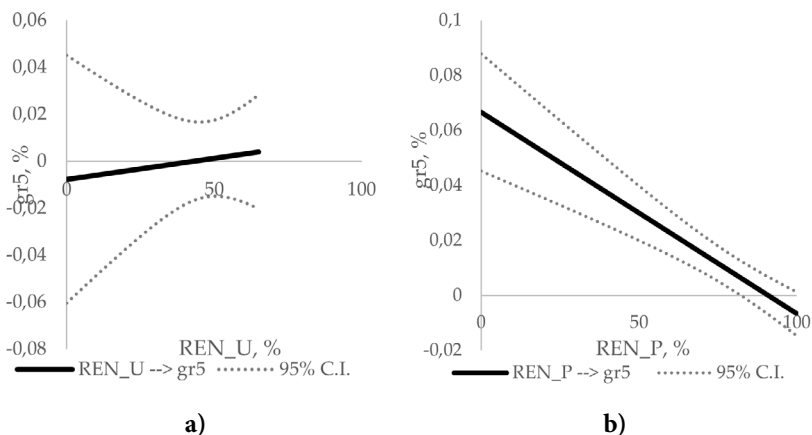
Pilnas kintamojo pavadinimas	Trumpinys	Koef.	(6)	(7)
Konstanta		(0,03028)	0,2974***	0,3034***
			(0,02395)	

Realaus (2010 metų kainomis) pradinio BVP vienam gyventojui (EUR) logaritmas			-0,02909***	-0,03243***
			(0,002298)	(0,001984)
Bendrosios investicijos į MTEP (% nuo BVP)			0,002083	0,001405
			(0,001779)	(0,001510)
15-64 metų amžiaus gyventojų dalis, turinti aukštąjį (ISCED 5-8) išsilavinimą (%)			0,0002777*	0,0004642***
			(0,0001389)	(0,0001308)
Infliacija (apskaičiuota kaip vidutinio metinio harmonizuoto vartotojų kainų indekso pokytis)			-0,01747	0,09691
			(0,08298)	(0,06812)
Centrinės valdžios sektoriaus galutinio vartojimo išlaidos (% nuo BVP)			-0,001078***	-6,304e-05
			(0,0003288)	(0,0003049)
Bendrojo kapitalo formavimo išlaidos (% BVP)			0,0006853	0,0001776
			(0,0009102)	(0,0009082)
			-1,808e-05	-8,869e-06
			(1,773e-05)	(1,780e-05)
Prekių bei paslaugų importo ir eksporto sumos santykis su BVP (% nuo BVP)	TR _{i,t}		2,788e-05	9,708e-05***
			(1,708e-05)	(1,562e-05)
Korupcijos kontrolės lygis (indeksas)			0,01036***	0,009532***
			(0,002395)	(0,002275)
Užimtųjų pokytis (apskaičiuota kaip vidutinio metinio užimtųjų skaičiaus pokytis)			0,5108***	0,4960***
			(0,06992)	(0,05980)
Suvartotos energijos iš atsinau- jinančių energijos šaltinių dalis energetiniame balanse (%)			-7,704e-05	
			(0,0002694)	
			1,797e-06	
			(5,377e-06)	
Energijos generavimo iš atsinau- jančių energijos šaltinių pajėgumų dalis bendruose pajėgumuose (%)				0,0006650***
				(0,0001086)
				-7,324e-06***
				(1,292e-06)
Stebėjimų skaičius		n	351	417
Koreguotas determinacijos koeficientas			0,6649	0,7222
Fišerio (F) testo H0: p-reikšmė			<0,0001	<0,0001
Breusch-Pagan (BP1) testo H0: p-reikšmė			<0,0001	<0,0001

Hausman testo H0: AMKM įverčiai yra suderinti p-reikšmė	<0,0001	<0,0001
Durbin-Wu-Hausman testo H0: modelio nepriklausomi kintamieji yra egzogeniniai p-reikšmė	0,11711	0,09765
Ramsey RESET testo H0: ryšiai tarp priklausomo kintamojo ir nepriklausomų kintamųjų yra tiesiniai p-reikšmė	0,09223	0,09195
Wooldridge testo H0: pirmos eilės autokoreliacijos nėra p-reikšmė	<0,0001	<0,0001
Breusch-Pagan (BP2) testo H0: paklaidų sklaida yra homoskedastiška p-reikšmė	<0,0001	<0,0001
Pesaran CD testo H0: tarpgrupinė paklaidų sklaida nesiskiria nuo nulio p-reikšmė	<0,0001	<0,0001

Pastabos: į visus modelius įtraukti laiko pseudokintamieji, nes Wald testo, kuris tikrina H0: atmesta su p-reikšme <0.0001. Į visus modelius įtraukti šalių individualūs efektai, t.y. taikytas dviejų krypčių fiksuotų efektų metodas (angl. 2-way FE) dar kitaip vadinama mažiausių kvadratų pseudokintamųjų regresija (LSDV) (angl. least squares dummy variable). Nei laiko nei šalių pseudokintamieji modelio lentelėse nėra pateikiami. Skliausteliuose pateikiamos Beck-Katz stabilizuotos standartinės paklaidos. Pateikiamas LSDV determinacijos koeficientas, kuris neapima šalių individualių efektų ir rodo tik specifiskai į modelį įtrauktų veiksnių paaiškinamą priklausomo kintamojo variacijos dalį. *, **, *** reiškia statistinį reikšmingumą atitinkamai prie ne didesnio kaip 10%, 5% ir 1% lygmens.

Toliau aptarsime ir patikslinančios subhipotezės (H1b), kuri teigia, kad augant generacinių pajėgumų iš atsinaujinančių energijos šaltinių apimtims ir veikiant masto ekonomijos efektui ribinis neigiamas perėjimo prie atsinaujinančių energijos išteklių poveikis ekonomikos augimui mažėja - tikrinimo rezultatus. Įvertinus gautus skaičiams galima teigti, kad nustatytas statistiškai reikšmingas teigiamas generavimo iš atsinaujinančių energijos išteklių pajėgumų efektas (žr. X2 ir X3 lentelių rezultatus bei komentarus po jomis). Tačiau veikiant ne masto ekonomijos efektui (kaip numato H1b), o investicijų mažėjančio rezultatyvumo efektui, ribinis teigiamas efektas mažėja kuo daugiau investuojama į šiuos generacinius pajėgumus ir jų dalis auga. Tai labai aiškiai galima matyti grafike X1 pav. b dalyje. Tai reiškia, kad galima atmesti šią subhipotezę. Tose šalyse, kuriose perėjimas prie atsinaujinančių energetikos šaltinių yra pažengęs labiau, tolimesnis generacinių pajėgumų vystymas didelės teigiamos įtakos ekonomikai neturės. Čia reikia pabrėžti, kad nors ir nustatytas netiesinio pobūdžio ryšys, tačiau vietoj hipotezėje numatyto apverstos U raidės formos ryšio (kai palaipsniui neigiamas efektas mažėja), nustatytas U raidės formos ryšys (kai palaipsniui teigiamas efektas mažėja). Tokiu būdu reikia atmesti prielaidą apie masto ekonomijos efekto veikimą ir jo poveikį energijos kainų mažėjimui, o generacijų pajėgumų iš atsinaujinančių energijos išteklių plėtojimą traktuoti kaip ir bet kurias kitas investicijas, kurių apimčių didėjimas pasižymi grąžos mažėjimu. Rezultatai reiškia, kad investicijos į generacinius pajėgumus bent jau trumpuoju laikotarpiu yra ekonomikos augimą skatinantis veiksnys (tol kol generacinių pajėgumų iš atsinaujinančių energijos šaltinių dalis neviršys 90%). Rezultatai tuo pagrindžia perėjimo prie atsinaujinančių energijos išteklių skatinimą.



8 pav. Ribinis **a)** suvartotos energijos iš atsinaujinančių energijos šaltinių dalies energetiniame balanse (%) ir **b)** energijos generavimo iš atsinaujinančių energijos šaltinių pajėgumų dalies bendruose pajėgumuose (%) poveikis ekonomikos augimui modeliuojant jį kaip antrojo laipsnio polinomą. Grafikų pagrindas – 9 lentelės skaičiavimų rezultatai.

Reikia pažymėti, kad anksčiau nustatytas statistškai nereikšmingas energijos iš atsinaujinančių šaltinių dalies poveikis ekonomikos augimui taip pat buvo patvirtintas ir analizuojant galimą netiesinį ryšį.

10 lentelė. (7) lygties fiksuotų efektų įverčiai. Patvirtinančios/patikslinančios subhipotezės (H1c) tikrinimo rezultatai. Priklausomas kintamasis – vidutiniai persidengiantys penkerių metų būsimi ekonomikos augimo tempai

Pilnas kintamojo pavadinimas	Trumpinys	Koef.	(8)	(9)
Konstanta		(0,02733)	0,3435***	0,2913***
			(0,02471)	
Realaus (2010 metų kainomis) pradinio BVP vienam gyventojui (EUR) logaritmas			-0,03499***	-0.03183***
			(0,002312)	(0.002021)
Bendrosios investicijos į MTEP (% nuo BVP)			0,002971*	0.003781**
			(0,001603)	(0.001524)
15-64 metų amžiaus gyventojų dalis, turinti aukštąjį (ISCED 5-8) išsilavinimą (%)			0,0007615***	0.0005489***
			(0,0001562)	(0.0001352)
Infliacija (apskaičiuota kaip vidutinio metinio harmonizuoto vartotojų kainų indekso pokytis)			-0,04426	0.05966
			(0,07946)	(0.06923)

Centrinės valdžios sektoriaus galutinio vartojimo išlaidos (% nuo BVP)			-0,0007344**	-0.0001624
			(0,0003010)	(0.0003108)
Bendrojo kapitalo formavimo išlaidos (% BVP)			-0,0002560	0.001406
			(0,0008793)	(0.0009483)
			-3,350e-06	-3.211e-05*
			(1,705e-05)	(1.845e-05)
Prekių bei paslaugų importo ir eksporto sumos santykis su BVP (% nuo BVP)	TR _{it}		6,203e-05***	9.480e-05***
			(1,697e-05)	(1.651e-05)
Korupcijos kontrolės lygis (indeksas)			0,008931***	0.004880*
			(0,002310)	(0.002392)
Užimtųjų pokytis (apskaičiuota kaip vidutinio metinio užimtųjų skaičiaus pokytis)			0,4654***	0.4561***
			(0,06596)	(0.06031)
Suvartotos energijos iš atsinaujinančių energijos šaltinių dalis energetiniame balanse transporto sektoriuje (%)	REN_U_T _{it}		-0,0004424*	
			(0,0002322)	
Suvartotos elektros energijos iš atsinaujinančių energijos šaltinių dalis elektros energetiniame balanse (%)	REN_U_E _{it}		-0,0003070***	
			(6,356e-05)	
Suvartotos energijos šildymui ir vėsinimui iš atsinaujinančių energijos šaltinių dalis šildymo ir vėsinimo energetiniame balanse (%)	REN_U_HC _{it}		0,0003662***	
			(7,139e-05)	
Energijos generavimo iš hidro energijos šaltinių pajėgumų dalis bendruose pajėgumuose (%)	REN_P_H _{it}			7,161e-05**
				(3,236e-05)
Energijos generavimo iš geoterminės, vėjo, saulės, potvynių/bangų energijos šaltinių pajėgumų dalis bendruose pajėgumuose (%)	REN_P_GWSO _{it}			0,0004275***
				(9,653e-05)
Stebėjimų skaičius		n	351	417
Koreguotas determinacijos koeficientas			0,6963	0,7103
Fišerio (F) testo H0: p-reikšmė			<0.0001	<0,0001
Breusch-Pagan (BP1) testo H0: p-reikšmė			<0.0001	<0,0001
Hausman testo H0: AMKM įverčiai yra suderinti p-reikšmė			<0.0001	<0,0001

Durbin-Wu-Hausman testo H0: modelio nepriklausomi kintamieji yra egzogeniniai p-reikšmė	0.09242	0,14701
Ramsey RESET testo H0: ryšiai tarp priklausomo kintamojo ir nepriklausomų kintamųjų yra tiesiniai p-reikšmė	0.12027	0,14452
Wooldridge testo H0: pirmos eilės autokoreliacijos nėra p-reikšmė	<0.0001	<0,0001
Breusch-Pagan (BP2) testo H0: paklaidų sklaida yra homoskedastiška p-reikšmė	<0.0001	<0,0001
Pesaran CD testo H0: tarpgrupinė paklaidų sklaida nesiskiria nuo nulio p-reikšmė	<0.0001	<0,0001

Pastabos: į visus modelius įtraukti laiko pseudokintamieji, nes Wald testo, kuris tikrina H0: atmesta su p-reikšme <0.0001. Į visus modelius įtraukti šalių individualūs efektai, t.y. taikytas dviejų krypčių fiksuotų efektų metodas (angl. 2-way FE) dar kitaip vadinama mažiausių kvadratų pseudokintamųjų regresija (LSDV) (angl. least squares dummy variable). Nei laiko nei šalių pseudokintamieji modelio lentelėse nėra pateikiami. Skliausteliuose pateikiamos Beck-Katz stabilizuotos standartinės paklaidos. Pateikiamas LSDV determinacijos koeficientas, kuris neapima šalių individualių efektų ir rodo tik specifiskai į modeli įtrauktų veiksnių paaiškinamą priklausomo kintamojo variacijos dalį. *, **, *** reiškia statistinį reikšmingumą atitinkamai prie ne didesnio kaip 10%, 5% ir 1% lygmens.

Toliau buvo patikrinta subhipotezė (H1c), kuri teigia kad skirtingos atsinaujinančių energijos šaltinių kainos, bei skirtingos energijos generacinių pajėgumų plėtojimo iš skirtingų atsinaujinančių energijos išteklių sąnaudos lemia, kad perėjimas prie atsinaujinančių energijos išteklių, kurie santykinai yra brangesni, turės didesnę neigiamą poveikį ekonomikos augimui. Gauti rezultatai leidžia teigti, kad skirtingos atsinaujinančių energijos išteklių kainos turi nevienodą poveikį ekonomikai. Pavyzdžiui, gaminant šilumos energiją iš atsinaujinančių energijos išteklių ir nekuriant papildomos infrastruktūros tai turi statistiškai reikšmingą teigiamą poveikį ekonomikos augimui, o vienu procentiniu punktu didesnė elektros energijos gamybos iš atsinaujinančių energijos išteklių dalis yra susijusi vidutiniškai su 0,03 procentu lėtesniu ekonomikos augimo tempu. Nustatytas skirtingas įvairių atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo transporto sektoriuje (nereikšmingas), elektros generavime (reikšmingas neigiamas), šildyme ir vėsinime (reikšmingas teigiamas) poveikis paaiškina, kodėl visus juos analizuojant bendrai nustatytas nereikšmingas poveikis ekonomikos augimui.

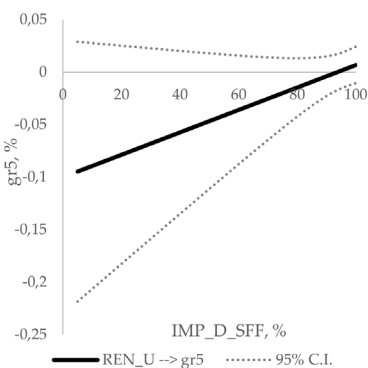
Įvertinus skirtingų energijos generacinių pajėgumų plėtojamą, šalių investicijas į naujausias ir brangiausias technologijas, reikalaujančias daugiausiai lėšų: geoterminės, vėjo, saulės energijos vystymą bendruose pajėgumuose, galima teigti, kad tai turi statistiškai reikšmingą teigiamą poveikį ekonomikos augimui. Teigiamą, tačiau mažesnę poveikį turi hidro energijos šaltinių pajėgumų vystymas, nes tai jau senai išvystyta technologija. Todėl galima atmesti iškeltą subhipotezę, nes tyrimo rezultatai nepatvirtina perėjimo prie atsinaujinančių energijos išteklių neigiamo efekto ekonomikai. Čia reikia pabrėžti, kad nustatyti teigiami efektai skiriasi, taigi ir plėtojimui skiriamų investicijų efektas bus nevienodas bei priklausys nuo vystomų šaltinių pobūdžio.

11 lentelė. Aštuntos (8) lygties fiksuotų efektų įverčiai. Antros hipotezės (H2) tikrinimo rezultatai. Priklausomas kintamasis – vidutiniai persidengiantys penkerių metų būsimi ekonomikos augimo tempai.

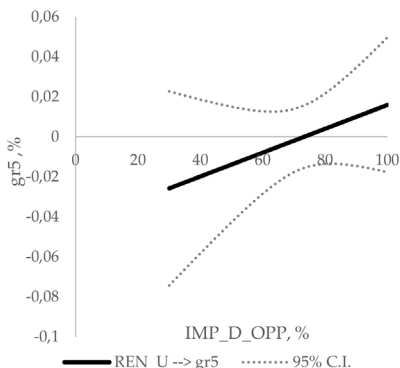
Pilnas kintamojo pavadinimas	Trumpinys	Koef.	(10)	(11)	(12)	(13)
Konstanta		(0.02880)	0.3110***	0,3061***	0,2652***	0,2536***
			(0,02676)	(0,02520)	(0,02937)	
Realaus (2010 metų kainomis) pradinio BVP vienam gyventojui (EUR) logaritmas			-0,02939***	-0,02604***	-0,02658***	-0,02535***
			(0,002366)	(0,002232)	(0,002189)	(0,002533)
Bendrosios investicijos į MTEP (% nuo BVP)			0,0007574	0,0005181	-0,001327	-0,002110
			(0,001709)	(0,001679)	(0,001087)	(0,001829)
15-64 metų amžiaus gyventojų dalis, turinti aukštąjį (ISCED 5-8) išsilavinimą (%)			0,0002312	0,0002196	0,0004728***	0,0004759***
			(0,0001504)	(0,0001364)	(0,0001266)	(0,0001501)
Infliacija (apskaičiuota kaip vidutinio metinio harmonizuoto vartotojų kainų indekso pokytis)			-0,03907	-0,03375	-0,01085	0,0003659
			(0,08370)	(0,08046)	(0,08729)	(0,08221)
Centrinės valdžios sektoriaus galutinio vartojimo išlaidos (% nuo BVP)			-0,0009597***	-0,001662***	-0,001288***	-0,001079***
			(0,0003200)	(0,0003278)	(0,0002781)	(0,0003127)
Bendrojo kapitalo formavimo išlaidos (% BVP)			0,0007955	0,0007564	0,002073**	0,001807*
			(0,0009047)	(0,0008702)	(0,0009719)	(0,0009393)
			-1,895e-05	-1,691e-05	-4,133e-05**	-3,959e-05**
			(1,759e-05)	(1,712e-05)	(1,799e-05)	(1,817e-05)
Prekių bei paslaugų importo ir eksporto sumos santykis su BVP (% nuo BVP)	TR _{it}		4,354e-05**	2,376e-05	9,053e-06	1,109e-05
			(1,814e-05)	(1,655e-05)	(1,803e-05)	(1,936e-05)
Korupcijos kontrolės lygis (indeksas)			0,01153***	0,01093***	0,009783***	0,01043***
			(0,002447)	(0,002325)	(0,001883)	(0,002455)
Užimtųjų pokytis (apskaičiuota kaip vidutinio metinio užimtųjų skaičiaus pokytis)			0,5655***	0,5923***	0,6770***	0,5905***
			(0,07248)	(0,06796)	(0,08644)	(0,07204)
Suvartotos energijos iš atsinaujinančių energijos šaltinių dalis energetiniame balanse (%)	REN_U _{it}		-0,001000	-0,0004363	6,207e-05	-0,0001884
			(0,0006649)	(0,0004075)	(0,0001459)	(0,0001820)

Priklausomybė nuo importuojamo kietojo iškastinio kuro (%)			-0,0001506*			
			(8,556e-05)			
		(6.828e-06)	1.069e-05			
Priklausomybė nuo importuojamos naftos ir naftos produktų (%)				-0,0003613***		
				(9,922e-05)		
				5,972e-06		
			(5,521e-06)			
Priklausomybė nuo importuojamos gamtinių dujų (%)					-6,303e-05*	
					(3,626e-05)	
					-2,038e-07	
				(1,674e-06)		
Priklausomybė nuo importuojamos elektros energijos (%)						-0,0001060
						(6,715e-05)
						4,307e-06
					(3,207e-06)	
Stebėjimų skaičius		n	337	351	325	327
Koreguotas determinacijos koeficientas			0,6722	0,6851	0,6897	0,6717
Fišerio (F) testo H0: p-reiškė			<0.0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Breusch-Pagan (BP1) testo H0: p-reiškė			<0.0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Hausman testo H0: AMKM įverčiai yra suderinti p-reiškė			<0.0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Durbin-Wu-Hausman testo H0: modelio nepriklausomi kintamieji yra egzogeniniai p-reiškė			0.06757	0,13628	0,09324	0,07384
Ramsey RESET testo H0: ryšiai tarp priklausomo kintamojo ir nepriklausomų kintamųjų yra tiesiniai p-reiškė			0.11235	0,08251	0,11315	0,10217
Wooldridge testo H0: pirmos eilės autokoreliacijos nėra p-reiškė			<0.0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Breusch-Pagan (BP2) testo H0: paklaidų sklaida yra homoskedastiška p-reiškė			<0.0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Pesaran CD testo H0: tarpgrupinė paklaidų sklaida nesiskiria nuo nulio p-reiškė			<0.0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

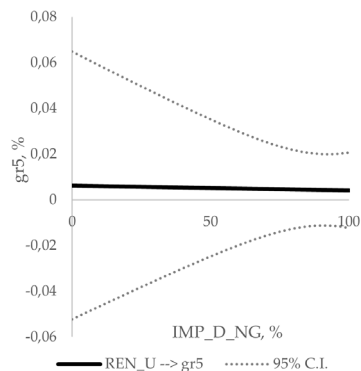
Pastabos: į visus modelius įtraukti laiko pseudokintamieji, nes Wald testo, kuris tikrina H0: atmesta su p-reiškė<0.0001. Į visus modelius įtraukti šalių individualūs efektai, t.y. taikytas dviejų krypčių fiksuotų efektų metodas (angl. 2-way FE) dar kitaip vadinama mažiausių kvadratų pseudokintamųjų regresija (LSDV) (angl. least squares dummy variable). Nei laiko nei šalių pseudokintamieji modelio lentelėse nėra pateikiami. Skliausteliuose pateikiamos Beck-Katz stabilizuotos standartinės paklaidos. Pateikiamas LSDV determinacijos koeficientas, kuris neapima šalių individualių efektų ir rodo tik specifiškai į modelį įtrauktų veiksnių paaiškinamą priklausomo kintamojo variacijos dalį. *, **, *** reiškia statistinį reikšmingumą atitinkamai prie ne didesnio kaip 10%, 5% ir 1% lygmens.



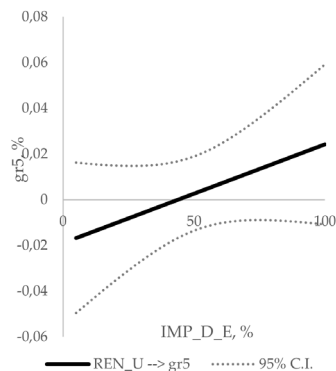
a)



b)



c)



d)

9 pav. Suvartotos energijos iš atsinaujinančių energijos šaltinių dalies energetiniame balanse (%) poveikis ekonomikos augimui, kai šį poveikį moduoja **a)** priklausomybė nuo importuojamo kietojo iškastinio kuro (%), **b)** priklausomybė nuo importuojamos naftos ir naftos produktų (%), **c)** priklausomybė nuo importuojamos gamtinių dujų (%) ir **d)** priklausomybė nuo importuojamos elektros energijos (%). Grafikų pagrindas – X5a lentelės skaičiavimų rezultatai.

Toliau aptariama antroji hipotezė (H2), kurioje teigiama, kad perėjimas prie atsinaujinančių energijos išteklių pasižymės mažesniu neigiamu poveikiu ekonomikos augimui tuomet, kai šalis yra labiau priklausoma nuo importuojamų energijos išteklių tikrinimo rezultatų. Įvertinus skaičiavimo rezultatus galima konstatuoti, kad tuomet kai šalis yra labiau priklausomos nuo importuojamų energijos išteklių – jų perėjimas prie atsinaujinančių energijos išteklių statistiškai reikšmingo poveikio ekonomikos augimui neturi. Tačiau verta pažymėti tai, jog tendencija akivaizdžiai rodo, kad toms šalims, kurios turi didesnę įvairios importuojamos energijos dalį, joms pereinant prie atsinaujinančių energijos išteklių, poveikis ekonomikos augimui iš neigiamo tampa teigiamu. Todėl galima patvirtinti H2 hipotezę, ir daryti išvadą, kad vykdant perėjimo

prie atsinaujinančių energetikos šaltinių politiką tai yra visų pirma naudinga toms šalims, kurios turi didesnę importuojamo iškastinio kuro dalį.

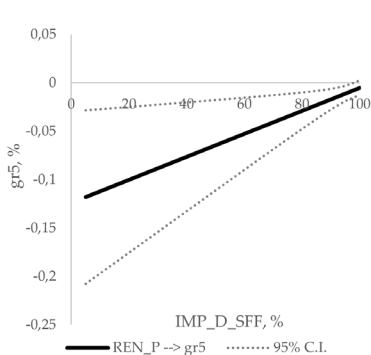
12 lentelė. (8) lygties fiksuotų efektų įverčiai. Antros hipotezės (H2) tikrinimo rezultatai. Priklausomas kintamasis – vidutiniai persidengiantys penkerių metų būsimi ekonomikos augimo tempai.

Pilnas kintamojo pavadinimas	Trumpinys	Koef.	(14)	(15)	(16)	(17)
Konstanta		(0,02518)	0,3085***	0,3275***	0,2972***	0,2813***
			(0,02703)	(0,02625)	(0,02650)	
Realaus (2010 metų kainomis) pradinio BVP vienam gyventojui (EUR) logaritmas			-0,03241***	-0,03049***	-0,02993***	-0,02899***
			(0,002146)	(0,002125)	(0,002103)	(0,002222)
Bendrosios investicijos į MTEP (% nuo BVP)			0,002476	0,002403	0,001824	0,0007291
			(0,001543)	(0,001540)	(0,001753)	(0,001661)
15-64 metų amžiaus gyventojų dalis, turinti aukštąjį (ISCED 5-8) išsilavinimą (%)			0,0003672**	0,0004160***	0,0005690***	0,0005464***
			(0,0001537)	(0,0001354)	(0,0001533)	(0,0001488)
Infliacija (apskaičiuota kaip vidutinio metinio harmonizuoto vartotojų kainų indekso pokytis)			0,07251	0,02957	0,04821	0,06678
			(0,07218)	(0,07294)	(0,07032)	(0,07128)
Centrinės valdžios sektoriaus galutinio vartojimo išlaidos (% nuo BVP)			-0,0002421	-0,0006955**	-0,0006055*	-0,0005095
			(0,0003161)	(0,0003335)	(0,0003485)	(0,0003240)
Bendrojo kapitalo formavimo išlaidos (% BVP)			-3,617e-05	0,0005456	0,001707*	0,001583
			(0,0009774)	(0,0009314)	(0,0009948)	(0,001042)
			-7,022e-06	-1,498e-05	-3,709e-05*	-3,816e-05*
			(1,904e-05)	(1,826e-05)	(1,922e-05)	(2,031e-05)
Prekių bei paslaugų importo ir eksporto sumos santykis su BVP (% nuo BVP)	TR _{it}		8,382e-05***	5,657e-05***	5,616e-05***	5,245e-05***
			(1,686e-05)	(1,640e-05)	(1,710e-05)	(1,752e-05)
Korupcijos kontrolės lygis (indeksas)			0,009137***	0,007596***	0,006172**	0,007939***
			(0,002405)	(0,002313)	(0,002655)	(0,002411)
Užimtųjų pokytis (apskaičiuota kaip vidutinio metinio užimtųjų skaičiaus pokytis)			0,4789***	0,5067***	0,5482***	0,4674***
			(0,06423)	(0,06529)	(0,06580)	(0,06485)

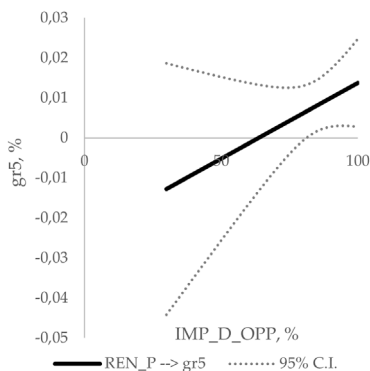
Energijos generavimo iš atsinaujinančių energijos šaltinių pajėgumų dalis bendruose pajėgumuose (%)	$REN_{P_{it}}$		-0,001239** (0,0004810)	-0,0002418 (0,0002460)	-0,0003490* (0,0001947)	-7,652e-05 (0,0001201)
Priklausomybė nuo importuojamo kietojo iškastinio kuro (%)			0,0001167 (7,710e-05)			
		(4,887e-06)	1.189e-05**			
Priklausomybė nuo importuojamos naftos ir naftos produktų (%)				-0,0002768*** (9,878e-05)		
				3,796e-06 (2,893e-06)		
Priklausomybė nuo importuojamos gamtinių dujų (%)					-0,0001523** (6,794e-05)	
					4,102e-06* (2,105e-06)	
Priklausomybė nuo importuojamos elektros energijos (%)						-8.608e-05 (6.010e-05)
						1,848e-06 (1,783e-06)
Stebėjimų skaičius	n		405	417	390	392
Koreguotas determinacijos koeficientas			0,7071	0,7063	0,7111	0.7001
Fišerio (F) testo H0: p-reikšmė			<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Breusch-Pagan (BP1) testo H0: p-reikšmė			<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Hausman testo H0: AMKM įverčiai yra suderinti p-reikšmė			<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Durbin-Wu-Hausman testo H0: modelio nepriklausomi kintamieji yra egzogeniniai p-reikšmė			0,10177	0,0978	0,08924	0,08865
Ramsey RESET testo H0: ryšiai tarp priklausomo kintamojo ir nepriklausomų kintamųjų yra tiesiniai p-reikšmė			0,07715	0,1371	0,1405	0,13448
Wooldridge testo H0: pirmos eilės autokoreliacijos nėra p-reikšmė			<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Breusch-Pagan (BP2) testo H0: paklaidų sklaida yra homokedastiška p-reikšmė			<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Pesaran CD testo H0: tarpgrupinė paklaidų sklaida nesiskiria nuo nulio p-reikšmė			<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

Pastabos: į visus modelius įtraukti laiko pseudokintamieji, nes Wald testo, kuris tikrina H0: atmesta su p-reikšme<0.0001. Į visus modelius įtraukti šalių individualūs efektai, t.y. taikytas dviejų krypčių fiksuotų efektų metodas (angl. 2-way FE) dar kitaip vadinama mažiausių kvadratų pseudokintamųjų regresija (LSDV) (angl. least squares dummy variable). Nei laiko nei šalių pseudokintamieji modelio lentelėse nėra

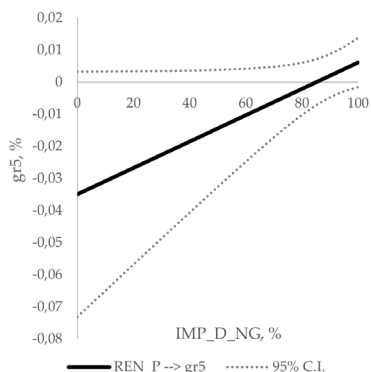
pateikiami. Skliausteliuose pateikiamos Beck-Katz stabilizuotos standartinės paklaidos. Pateikiamas LSDV determinacijos koeficientas, kuris neapima šalių individualių efektų ir rodo tik specifiskai į modelį įtrauktų veiksnių paaiškinamą priklausomo kintamojo variacijos dalį. *, **, *** reiškia statistinį reikšmingumą atitinkamai prie ne didesnio kaip 10%, 5% ir 1% lygmens.



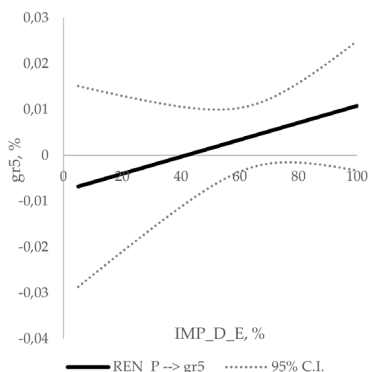
a)



b)



c)



d)

10 pav. Energijos generavimo iš atsinaujinančių energijos šaltinių pajėgumų dalies bendruose pajėguose (%) poveikis ekonomikos augimui, kai šį poveikį moderuoja **a)** priklausomybė nuo importuojamo kietojo iškastinio kuro (%), **b)** priklausomybė nuo importuojamos naftos ir naftos produktų (%), **c)** priklausomybė nuo importuojamos gamtinių dujų (%) ir **d)** priklausomybė nuo importuojamos elektros energijos (%). Grafikų pagrindas – X5b lentelės skaičiavimų rezultatai.

Toliau buvo papildomai tikrinama antroji hipotezė (H2), kurioje teigiama, kad perėjimas prie atsinaujinančių energetikos šaltinių pasižymės mažesniu neigiamu poveikiu ekonomikos augimui tuomet, kai šalis yra labiau priklausoma nuo importuojamų

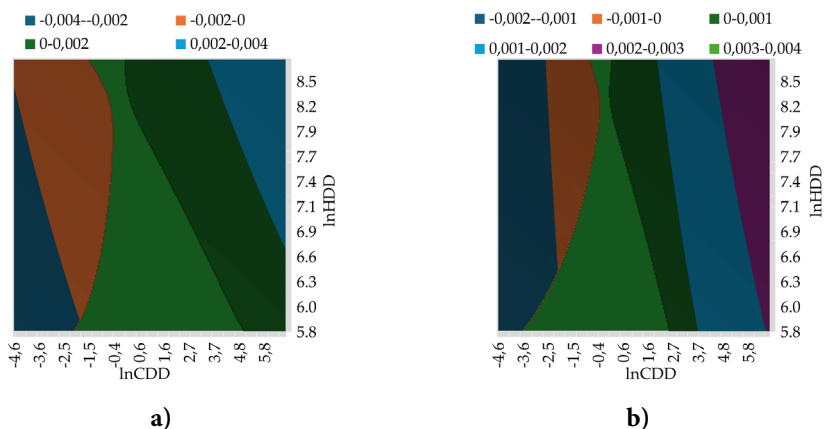
energijos šaltinių. Šiuo atveju skaičiavimai atlikti ne pagal atsinaujinančios energijos dalį, o pagal atsinaujinančios energijos generavimo pajėgumus. Įvertinus skaičiavimo rezultatus galima dar kartą patvirtinti, kad tuomet, kai šalių priklausomybė nuo importuojamų energijos šaltinių yra ženkliai didesnė, tada jų ekonomikoms perėjimas prie atsinaujinančių energijos išteklių turi mažesnę neigiamą poveikį. Taigi, toms šalims, kurios turi didesnius generuojamos atsinaujinančios energijos pajėgumus, ir juos tokiu būdu išnaudojant bus pereinama prie atsinaujinančių energijos išteklių, poveikis ekonomikos augimui iš neigiamo taps teigiamu. Reikia paminėti, kad poveikis nėra statistiškai reikšmingas, tačiau bendra tendencija yra aiški. Todėl galima laikyti H2 hipotezę patvirtinta ir daryti išvadą, kad perėjimo prie atsinaujinančių energijos išteklių kursas yra teisingas toms šalims, kurios didesnę dalį energijos importuoja.

13 lentelė. (11) lygties fiksuotų efektų įverčiai. Trečios hipotezės (H3) tikrinimo rezultatai. Priklausomas kintamasis – vidutiniai persidengiantys penkerių metų būsimi ekonomikos augimo tempai

Pilnas kintamojo pavadinimas	Trumpinys	Koef.	(18)	(19)
Konstanta			0.5178***	0,3391***
			(0,08896)	(0,07102)
Realaus (2010 metų kainomis) pradinio BVP vienam gyventojui (EUR) logaritmas			-0,02902***	-0,02709***
			(0,001583)	(0,001689)
Bendrosios investicijos į MTEP (% nuo BVP)			-0,001650	-0,001919
			(0,001272)	(0,001366)
15-64 metų amžiaus gyventojų dalis, turinti aukštąjį (ISCED 5-8) išsilavinimą (%)			-0,0002988***	-0,0001696
			(0,0001028)	(0,0001093)
Infliacija (apskaičiuota kaip vidutinio metinio harmonizuoto vartotojų kainų indekso pokytis)			-0,07149	0,07258
			(0,06145)	(0,05513)
Centrinės valdžios sektoriaus galutinio vartojimo išlaidos (% nuo BVP)			-0,0009752***	-0,0003019
			(0,0002474)	(0,0002812)
Bendrojo kapitalo formavimo išlaidos (% BVP)			-0,0005447	-0,0004644
			(0,0006426)	(0,0007132)
			-7,615e-06	-8,629e-06
			(1,247e-05)	(1,396e-05)
Prekių bei paslaugų importo ir eksporto sumos santykis su BVP (% nuo BVP)	TR_{it}		-9,703e-07	2,039e-05
			(1,197e-05)	(1,235e-05)
Korupcijos kontrolės lygis (indeksas)			0,01081***	0,007902***
			(0,001737)	(0,001852)
Užimtųjų pokytis (apskaičiuota kaip vidutinio metinio užimtųjų skaičiaus pokytis)			0,4734***	0,4480***
			(0,04836)	(0,04733)

Suvarotos energijos iš atsinaujinančių energijos šaltinių dalis energetiniame balanse (%)	$REN_{U_{it}}$		-0,004566 (0,002732)	
Vėsinimo dienolaipsnių skaičiaus logaritmas	$lnCDD_{it}$		-0,02840** (0,01176)	-0,01056 (0,009524)
Šildymo dienolaipsnių skaičiaus logaritmas	$lnHDD_{it}$		-0,02069** (0,009939)	-0,003930 (0,007818)
$REN_{U_{it}} lnCDD_{it}$			-0,0002304 (0,0004081)	
$REN_{U_{it}} lnHDD_{it}$			0,0005612 (0,0003294)	
$lnCDD_{it} lnHDD_{it}$			0,003212** (0,001428)	0,001054 (0,001147)
$REN_{U_{it}} lnCDD_{it} lnHDD_{it}$			2,875e-05 (4,787e-05)	
Energijos generavimo iš atsinaujinančių energijos šaltinių pajėgumų dalis bendruose pajėgumuose (%)	$REN_{P_{it}}$			-0,001191 (0,001663)
$REN_{P_{it}} lnCDD_{it}$				-0,0002030 (0,0002793)
$REN_{P_{it}} lnHDD_{it}$				0,0001513 (0,0002007)
$REN_{P_{it}} lnCDD_{it} lnHDD_{it}$				2,627e-05 (3,34435e-05)
Stebėjimų skaičius	n		325	385
Koreguotas determinacijos koeficientas			0,8365	0,8280
Fišerio (F) testo H0: p-reikšmė			<0,0001	<0,0001
Breusch-Pagan (BP1) testo H0: p-reikšmė			<0,0001	<0,0001
Hausman testo H0: AMKM įverčiai yra suderinti p-reikšmė			<0,0001	<0,0001
Durbin-Wu-Hausman testo H0: modelio nepriklausomi kintamieji yra egzogeniniai p-reikšmė			0,10177	0,0978
Ramsey RESET testo H0: ryšiai tarp priklausomo kintamojo ir nepriklausomų kintamųjų yra tiesiniai p-reikšmė			0,07715	0,1371
Wooldridge testo H0: pirmos eilės autokoreliacijos nėra p-reikšmė			<0,0001	<0,0001
Breusch-Pagan (BP2) testo H0: paklaidų sklaida yra homoskedastiška p-reikšmė			<0,0001	<0,0001
Pesaran CD testo H0: tarpgrupinė paklaidų sklaida nesiskiria nuo nulio p-reikšmė			<0,0001	<0,0001

Pastabos: į visus modelius įtraukti laiko pseudokintamieji, nes Wald testo, kuris tikrina H0: atmesta su p-reikšme<0.0001. Į visus modelius įtraukti šalių individualūs efektai, t.y. taikytas dviejų krypčių fiksuotų efektų metodas (angl. 2-way FE) dar kitaip vadinama mažiausių kvadratų pseudokintamųjų regresija (LSDV) (angl. least squares dummy variable). Nei laiko nei šalių pseudokintamieji modelio lentelėse nėra pateikiami. Skliausteliuose pateikiamos Beck-Katz stabilizuotos standartinės paklaidos. Pateikiamas LSDV determinacijos koeficientas, kuris neapima šalių individualių efektų ir rodo tik specifiskai į modelį įtrauktų veiksnių paaiškinamą priklausomo kintamojo variacijos dalį. *, **, *** reiškia statistinį reikšmingumą atitinkamai prie ne didesnio kaip 10%, 5% ir 1% lygmens.



11 pav. a) suvartotos energijos iš atsinaujinančių energijos šaltinių dalies energetiniame balanse (%) ir **b)** energijos generavimo iš atsinaujinančių energijos šaltinių pajėgumų dalies bendruose pajėgumuose (%) poveikis ekonomikos augimui, kai šį poveikį moderuoja vėsavimo ir šildymo dienolaipsnių skaičius kartu. Grafikų pagrindas – 13 lentelės skaičiavimų rezultatai.

Taip pat būtina patikrinti ir trečią hipotezę (H3), kurioje teigiama, kad ekstremalesnis klimatas mažina neigiamą perėjimo prie atsinaujinančių energijos išteklių poveikį ekonomikos augimui. Įvertinus analizės rezultatus galima patvirtinti, kad toms šalims, kuriose yra didesnis vėsavimo ir/ar šildymo dienolaipsnių skaičius, pereinant prie atsinaujinančių energijos išteklių, poveikis ekonomikos augimui iš neigiamo taps teigiamu. Galima teigti, kad kuo klimatas yra ekstremalesnis ir karštesnis – tuo strategijos, vedančios prie atsinaujinančių energijos išteklių pajėgumų instaliavimo pasirinkimas turi didesnę teigiamą poveikį ekonomikai. Reikia paminėti, kad klimato ekstremalumas šalčio požiūriu taip pat lemia didesnę teigiamą perėjimo prie atsinaujinančių energijos išteklių poveikį, tačiau ne tokiu mastu kaip ekstremalesnis karštis. Tai galima paaiškinti tuo, kad didesnis saulėtų ir karštesnių dienų skaičius susijęs su didesniu atsinaujinančių energijos išteklių pajėgumu.

IŠVADOS

1. Išanalizavus atsinaujinančių energijos išteklių sampratos interpretacijas ir jų naudojimo vertinimo požiūrius, darbe atsinaujinantys energijos ištekliai yra apibrėžti, kaip ištekliai, kurie gali būti pakartotinai panaudoti energijai generuoti, o pagrindinės atsinaujinančių energijos išteklių šaltinių rūšys yra: saulės šviesa, vėjas, upių tekėjimas, jūrų bangavimas, potvyniai ir atoslūgiai, biomasės augimas, geoterminė energija. Atsinaujinantys energijos ištekliai yra labai svarbūs ne tik klimato kaitos mažinimui, anglies dvideginio išmetimo sumažinimui ir aplinkos apsaugai, bet ir ekonomikos augimui, todėl atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimas turi daug reikšmingų pranašumų palyginti su tradiciniu iškastiniu kuru, nes yra ekologiškas, tvarus ir saugus. Reikšmingas pranašumas yra minimalus šiltnamio efektą sukeliančių dujų ir teršalų išmetimas iš atsinaujinančių energijos šaltinių, kurie žymiai sumažina bendrą jų neigiamą poveikį aplinkai. Skirtingai nuo baigtinių iškastinio kuro atsargų, atsinaujanti energija pasižymi tvarių nuolatinių pajėgumu, išvengiant susirūpinimo dėl išteklių išeikvojimo. Be to, atsinaujinantys energijos ištekliai yra iš prigimties saugesnis energijos gavimo būdas, kuris leidžia sumažinti priklausomybę nuo iškastinio kuro ir sukurti tvaresnį energijos šaltinį ateities kartoms.

2. Atskleidus ir ištyrus atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo reikšmę tvariam ekonomikos augimui užtikrinti buvo prieita prie išvados, kad atsinaujinančių energijos išteklių vartojimas valstybėse nuolat didėja, o Europos Sąjungoje jų plėtra yra vienas svarbiausių energetikos politikos tikslų. Atsinaujinančių energijos išteklių naudojimas sąlygoja šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekio sumažinimą, oro kokybės gerėjimą ir priklausomybės nuo baigtinių iškastinio kuro išteklių nutraukimą, o šios naudos ypatingai prisideda prie ilgalaikio tvarumo užtikrinimo. Skirtingos ekonomikos augimo teorijos pateikia įvairių įžvalgų apie ekonomikos augimo ir atsinaujinančių gamtos išteklių naudojimo sąsajas. Vertinant atsinaujinančių išteklių naudojimo poveikį ekonomikai turi būti atsižvelgiama į atsinaujinančių išteklių pagrindinius aspektus ir jų sąsajas su investicijomis, technologine pažanga bei į galimybes sprendžiant pagrindines aplinkosaugos problemas siekti tvarios plėtros užtikrinimo. Be to, atsinaujinančių energijos išteklių naudojimas teigiamai veikia naujų darbo vietų kūrimą, energijos kainų stabilizavimą, rinkos dinamiką, o ypatingai sąlygoja taršos bei klimato kaitos mažinimą.

3. Atsinaujinančios energijos augimui daro įtaką klimato kaita, energetinis saugumas, emisijų bei sąnaudų mažinimas. Siekiant tiksliai prognozuoti saulės, vėjo ir kitų šaltinių panaudojimą, taikyti duomenimis pagrįsti metodai: mažiausių kvadratų metodas, Granger priežastingumo testas, panelinė analizė, autoregresyvūs paskirstyto atsilikimo modeliai, bei ekonometriniai metodai. Šie metodai padeda įvertinti ryšį tarp atsinaujinančios energijos išteklių ir ekonomikos plėtros, nustatyti ryšio kryptį bei stiprumą. Tyrimai rodo dvikryptę įtaką tarp BVP ir energijos vartojimo, nors rezultatai priklauso nuo šalies ir metodų. Didelės investicijos į atsinaujinančią energetiką sukėlė reikšmingus pokyčius energetikos sektoriuje. Nors klimato kaita yra svarbus veiksnys, svarbiausias augimo tikslas – pozityvus ekonominis poveikis. Atsinaujanti

energija skatina verslo plėtrą, užimtumą ir mažina priklausomybę nuo importuojamos energijos, taip prisidedama prie BVP augimo ir prekybos balanso gerėjimo. Vertinant ekonominį poveikį ir žaliąją ekonomiką, būtinas nuoseklus politikos formuotojų informuotumas bei duomenimis grįstų sprendimų priėmimas. Metodiniai ir duomenų apribojimai išlieka iššūkiu, tačiau metodų įvairovė leidžia pasiekti patikimesnius rezultatus.

4. Vertinant atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo poveikį ekonomikos augimui buvo sudaryta tyrimo metodika, kuri paremta iškeltomis hipotezėmis:

H1 hipotezė, kad perėjimas prie atsinaujinančių energetinių šaltinių lėtina ekonomikos augimą.

H1a: laikui bėgant mažėjant atsinaujinančių energijos išteklių kainoms bei pingant naujiems energijos generaciniams pajėgumams iš atsinaujinančių energijos šaltinių, neigiamas perėjimo prie atsinaujinančių energijos šaltinių poveikis ekonomikos augimui mažėja.

H1b: augant generacinių pajėgumų iš atsinaujinančių energijos šaltinių apimtims ir veikiant masto ekonomijos efektui ribinis neigiamas perėjimo prie atsinaujinančių energijos šaltinių poveikis ekonomikos augimui mažėja.

H1c: skirtingos atsinaujinančios energijos šaltinių kainos bei skirtingos energijos generacinių pajėgumų plėtojimo iš skirtingų atsinaujinančių energijos šaltinių sąnaudos lemia, kad perėjimas prie atsinaujinančių energijos šaltinių, kurie yra santykinai brangesni turės didesnę neigiamą poveikį ekonomikos augimui.

H2: perėjimas prie atsinaujinančių energijos šaltinių pasižymės mažesniu neigiamu poveikiu ekonomikos augimui tuomet kai šalis yra labiau priklausoma nuo importuojamų energijos šaltinių.

H3: ekstremalesnis klimatas mažina neigiamą perėjimo prie atsinaujinančių energijos šaltinių poveikį ekonomikos augimui.

Hipotezių esmė yra įvertinti: atsinaujinančių energijos šaltinių poveikį ekonomikos augimui, priklausomybę nuo importuojamos energijos ir AEI poveikį ekonomikai, ekstremalesnius klimato pokyčius ir jų poveikį AEI naudai bei ilgalaikę AEI naudą ekonomikai ir aplinkai.

5. Įvertinus atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo poveikį ekonomikos augimui ES šalyse paaiškėjo, kad tyrimo rezultatai paneigia H1 hipotezę, kad perėjimas prie atsinaujinančių energijos išteklių lėtina ekonomikos augimą. Nors pradžioje atsinaujinantys energijos ištekliai reikalauja didelių investicijų ir gali būti brangesni nei tradiciniai energijos šaltiniai, tokie kaip iškastinis kuras ar branduolinė energija, ilgalaikėje perspektyvoje jie neturi reikšmingo neigiamo poveikio ekonomikos augimui, o jų augimas gali paskatinti ekonomikos augimą per įvairius mechanizmus: technologinę pažangą (AEI technologijos nuolat tobulėja, o tai lemia sumažėjusias įrengimo ir eksploatacijos išlaidas, o dėl masto ekonomijos, didėjanti AEI diegimo apimtis mažina vieneto kainas, taip padarydama AEI konkurencingus tradicinių šaltinių atžvilgiu), darbo vietų kūrimą (atsinaujinančių energijos išteklių plėtra skatina naujų darbo vietų kūrimą, ypač aukštos kvalifikacijos specialistų srityse, tokiuose sektoriuose kaip inžinerija, technologijos, gamyba, statyba ir aptarnavimas ir taip skatina tiek vietinę, tiek

regioninę ekonomiką), investicijų pritraukimą (AEI projektai dažnai pritraukia tiek vietines, tiek tarptautines investicijas, ypač ES kontekste, kur į AEI skatinimą yra nukreiptos didelės ES fondų lėšos, o šios investicijos prisideda prie šalių ilgalaikio tvaraus augimo ir ekonominės gerovės).

Ivertinus priklausomybę nuo importuojamos energijos ir AEI poveikį ekonomikai H2 hipotezė buvo patvirtinta – mažėjanti priklausomybė nuo importuojamos energijos turi teigiamą poveikį ekonomikai, tose šalyse, kurios labiau priklauso nuo importuojamos energijos, buvo patvirtinta. Šios šalys susiduria su rizika, kad energijos importas gali tapti nestabilus dėl geopolitinių įvykių, tiekimo grandinių sutrikimų ar kainų svyravimų. Perėjimas prie AEI tokioms šalims suteikia šias pagrindines naudas: energetinio saugumo didinimą (AEI leidžia sumažinti priklausomybę nuo užsienio tiekėjų, kas stiprina šalies energetinį saugumą ir yra ypač svarbu mažoms ir nuo importo priklausomoms ekonomikoms, kurios dažnai yra jautrios energijos kainų svyravimams), energijos kainų stabilizavimą (AEI, pvz., saulės ar vėjo energija, pasižymi mažesniu kintamumu ir ilgainiui tampa pigesni, kai pradinės investicijos atsiperka, todėl tai suteikia energijos kainų stabilumą tiek įmonėms, tiek namų ūkiams, kas teigiamai veikia ekonominę aplinką) importo mažinimą ir eksportą (AEI technologijų plėtra gali skatinti technologijų eksportą, ypač jei šalis tampa AEI technologijų gamybos lydere ir taip pat gali prisidėti prie naujų prekybos srautų ir ekonomikos diversifikavimo).

Ivertinus ekstremalesnius klimato pokyčius ir jų poveikį AEI naudai H3 hipotezė buvo patvirtinta – ekstremalesni klimato pokyčiai (pvz., didesnis šildymo ir vėsinimo poreikis) mažina neigiamą AEI poveikį ekonomikos augimui, nes AEI technologijos tampa ypač svarbios sprendžiant klimato kaitos iššūkius: klimato kaitos švelninimas (perėjimas prie AEI padeda sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas, kurios yra pagrindinė klimato kaitos priežastis, todėl šalys, kurios kenčia nuo ekstremalių klimato sąlygų, mato AEI kaip priemonę kovoti su klimato kaitos poveikiu ir prisitaikyti prie naujų aplinkos sąlygų), šalys, turinčios ekstremalų klimatą (AEI tampa ypač patraukliomis šalyse, kurios susiduria su ekstremaliu klimatu, nes šios šalys turi didelį vėsinimo ir šildymo energijos poreikį, todėl gali pasinaudoti AEI siekdamos suvaldyti energijos kainas ir išvengti didėjančio klimato kaitos poveikio), alternatyvių kaštų sumažėjimas (kylant pasaulinėms temperatūroms ir didėjant ekstremalių klimato įvykių dažnumui, tradicinių energijos šaltinių naudojimo alternatyvūs kaštai didėja, todėl AEI tampa patrauklesni, nes sumažėja alternatyviųjų kaštų ir prisitaikymo prie klimato kaitos išlaidos).

Perėjimas prie AEI teikia ilgalaikę ekonominę ir aplinkosauginę naudą. Pagrindiniai šios naudos aspektai apima: tvarų ekonomikos augimą, aplinkos kokybės gerinimą bei prisitaikymą prie rinkos dinamikos. Remiantis šiais aspektais, galima pateikti tokias praktines rekomendacijas politikai ir verslo skatinimui:

Valstybių politikos formuotojams ir sprendimų priėmėjams: Vyriausybėms reikėtų skatinti AEI plėtrą per tinkamą reguliacinę ir finansinę paramą. Tai apima mokesčių lengvatas, subsidijas ir dotacijas AEI projektams, kurie padeda sumažinti perėjimo kaštus ir skatinti ilgalaikį tvarų augimą.

Verslo sektoriui: Verslo subjektams svarbu investuoti į AEI technologijas ir efektyvumo gerinimą, siekiant sumažinti išlaidas energijai ir sumažinti priklausomybę nuo tradicinių energijos šaltinių, kurie gali tapti nepatikimi ar brangesni dėl globalių rinkų svyravimų.

Atsižvelgiant į pastarųjų 20 metų patirtį taikant aplinkosaugos politikos priemones ES šalims, galima tiksliau suformuluoti priemones, kurios nukreiptų atsinaujinančiosios energijos panaudojimą ekonomikos augimui skatinti. Toliau pateiktas detalizuotas kiekvienos siūlomos politikos galimo poveikio paaiškinimas.

1. **Investicijų į atsinaujinančiąją energetiką skatinimas.** Politikos formuotojai ir sprendimų priėmėjai turėtų ir toliau plėsti finansines paskatas (pavyzdžiui, dotacijas, mažų palūkanų paskolas ir mokesčių lengvatas), kad paskatintų investicijas į atsinaujinančiąją energiją. Atsižvelgiant į ES įsipareigojimą įgyvendinti „Žaliąjį kursą“ ir iki 2050 m. ES pasiekti anglies dioksido neutralumą, tokios paskatos gerai dera su platesnio masto klimato tikslais. ES taip pat siūlytina padidinti finansavimą pagal tokias programas kaip „Horizontas Europa“, kad būtų remiami moksliniai tyrimai ir inovacijos atsinaujinančiosios energijos technologijų srityje.
2. **Diferencijuotas požiūris pagal energijos tipą.** ES politika turėtų diferencijuoti atsinaujinančių išteklių technologijas pagal regioninį tinkamumą ir technologinę brandą. Pavyzdžiui, vėjo energija galėtų būti labiau skatinama vėjo turtingose vietovėse (pavyzdžiui, Šiaurės jūros regione), o saulės energija - Pietų Europoje dėl didesnio saulės spindulių poveikio. Hidroenergjai galėtų būti teikiama pirmenybė Alpių regionuose, kur geografinės sąlygos tam yra palankios.
3. **Dėmesys ekonomikoms, kurių priklausomybė nuo importo yra didelė.** ES šalys, kurios yra labai priklausomos nuo energijos importo (pavyzdžiui, daugelis Rytų Europos šalių), turėtų ypač daug dėmesio skirti vietinių atsinaujinančių energijos išteklių plėtrai. Taip būtų sumažinta išorinė priklausomybė ir galbūt stabilizuota vietos ekonomika, nes išlaidos energijai liktų šalies viduje. ES gali tai remti vykdydama bendrus projektus ir teikdama finansavimą, taip skatindama energetinį saugumą kaip bendrą tikslą.
4. **Pritaikymas prie vietos klimato sąlygų.** ES turėtų skatinti valstybes nares kurti atsinaujinančiosios energijos strategijas, kuriose būtų atsižvelgiama į vietos klimato sąlygas. Pavyzdžiui, Viduržemio jūros regiono šalys gali išnaudoti didelį saulėtų dienų skaičių saulės energijos projektams, o Šiaurės Europos šalys - vėjo ir hidroenergjios projektams. Toks požiūris ne tik didina energijos gamybos efektyvumą, bet ir atitinka ES prisitaikymo prie klimato kaitos strategijas.
5. **Mažėjančios didelių investicijų gražos problemos sprendimas.** Vystantis atsinaujinančiosios energijos rinkoms, ES turi stebėti ir valdyti investicijų masą, kad būtų išvengta persisotinimo. Šį klausimą galima spręsti rengiant rodiklius, skirtus įvairaus masto investicijų į atsinaujinančiąją energiją ekonominiam poveikiui vertinti, ir atitinkamai koreguojant subsidijas bei paskatas, kad būtų užtikrinta ekonominė nauda.

6. **Ilgalaikis strateginis planavimas.** ES turėtų įtvirtinti savo ilgalaikius atsinaujinančiosios energijos tikslus ir įtraukti juos į nacionalines planavimo sistemas. Tai galėtų apimti laipsnišką atsinaujinančiosios energijos gamybos ir vartojimo tikslų nustatymą, kurie būtų integruoti į platesnę ES aplinkos ir ekonomikos politiką. Ilgalaikiai tikslai užtikrintų nuspėjamumą ir stabilumą, o tai skatintų tvarias privačias investicijas.
7. **Poveikis atskiriems sektoriams.** ES gali įgyvendinti konkretiems sektoriams skirtas iniciatyvas, pavyzdžiui, skatinti elektromobilių naudojimą transporto sektoriuje arba didinti atsinaujinančiosios energijos naudojimą viešųjų pastatų šildymo ir vėsinimo sistemose. Kiekvienam sektoriui reikalingi individualūs sprendimai, kuriais atsižvelgiama į skirtingą energijos naudojimą ir atsinaujinančiųjų išteklių integravimo galimybes.

Šiose rekomendacijose ES politikos formuotojams siūlomas planas, kaip išnaudoti atsinaujinančiosios energijos potencialą skatinant ekonomikos augimą ir kartu įgyvendinant aplinkosaugos tikslus. Jei atsinaujinančių energijos išteklių vartojimas didės, taip bus užtikrintas ir stabilus ekonomikos augimas bei tvari plėtra.

LITERATŪRA

1. Aali-Bujari, A., Venegas-Martínez, F., & Palafox-Roca, A. O. (2017). Impact of energy consumption on economic growth in major Organization for Economic Cooperation and Development economies (1977-2014): A panel data approach. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 7, 18-25.
2. Abban, A. R., & Hasan, M. Z.. (2021). Revisiting the determinants of renewable energy investment-New evidence from political and government ideology. *Energy Policy*, 151(112184), 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112184>.
3. Adamou, A., Berman, Y., & Peters, O. (2020). The two growth rates of the economy. *General Economics*, arXiv: 2009.10451, 1-22. <https://doi.org/10.31235/osf.io/vw2ed>.
4. Adanma, U. M., & Ogunbiyi, E. O. (2024). Assessing the economic and environmental impacts of renewable energy adoption across different global regions. *Engineering Science & Technology Journal*, 5(5), 1767-1793. <https://doi.org/10.51594/estj/v5i5.1154>.
5. Adedoyin, F. F., Erum, N., Taskin, D., & Chebab, D. (2023). Energy policy simulation in times of crisis: Revisiting the impact of renewable and non-renewable energy production on environmental quality in Germany. *Energy Reports*, 9, 4749-4762. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.03.120>.
6. Adeyeye, K., Ijumba, N., & Colton, J. (2020). Exploring the environmental and economic impacts of wind energy: A cost-benefit perspective. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 27, 718-731. <https://doi.org/10.1080/13504509.2020.1768171>.
7. Adeyemi-Kayode, T. M., Misra, S., & Damaševičius, R. (2021). Impact analysis of renewable energy based generation in West Africa - A case study of Nigeria. *Problemy Ekorozwoju*, 16(1), 67-78. <https://doi.org/10.35784/PE.2021.1.08>.
8. AlDarraji, H. H. M., & Bakir, A. (2020). The impact of renewable energy investment on economic growth. *Journal of Social Sciences (COES&RJ-JSS)*, 9(2), 234-248. <https://doi.org/10.25255/jss.2020.9.2.234.248>.
9. Agbo, E. A., Izam, Y. D., & Ayegba, C. (2022). Quantifying the Impact of Work Environment Factors on the Variability of Labour Productivity in Wall Plastering. *Journal of Construction in Developing Countries*, 27(2), 109-125. <https://doi.org/10.21315/jcdc-01-21-0009>.
10. Ahmadizadeh, M., Heidari, M., Thangavel, S., Al Naamani, E., Khashehchi, M., Verma, V., & Kumar, A. (2024). Technological advancements in sustainable and renewable solar energy systems. In *Highly Efficient Thermal Renewable Energy Systems* (pp. 23-39). CRC Press.
11. Algarni, S., Tirth, V., Alqahtani, T., Alshehry, S., & Kshirsagar, P. (2023). Contribution of renewable energy sources to the environmental impacts and economic benefits for sustainable development. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 56(103098), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2023.103098>.
12. Al Mubarak, F., Rezaee, R., & Wood, D. A. (2024). Economic, societal, and environmental impacts of available energy sources: a review. *Energy*, 5(3), 1232-1265. <https://doi.org/10.3390/eng5030067>.
13. AlNemer, H. A., Hkiri, B., & Tissaoui, K. (2023). Dynamic impact of renewable and non-renewable energy consumption on CO2 emission and economic growth in Saudi Arabia: Fresh evidence from wavelet coherence analysis. *Renewable Energy*, 209, 340-356. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.03.084>.
14. 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. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.123>.
15. Alrikabi, N. K. M. A. (2014). Renewable energy types. *Journal of Clean Energy Technologies*, 2(1), 61-64. <https://doi.org/10.7763/JOCET.2014.V2.92>.
 16. Alsagr, N. (2023). Financial efficiency and its impact on renewable energy investment: Empirical evidence from advanced and emerging economies. *Journal of Cleaner Production*, 401 (136738), 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136738>.
 17. Amri, F. (2017). Intercourse across economic growth, trade and renewable energy consumption in developing and developed countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 69, 527-534. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.230>.
 18. Annoni, P., & Rubianes, Á. C. (2016). Tree-based approaches for understanding growth patterns in the European regions. *Region*, 3(2), 23-45. <https://doi.org/10.18335/REGION.V3I2.115>.
 19. Apergis, N., & Payne, J. (2010). Renewable energy consumption and economic growth: Evidence from a panel of OECD countries. *Energy Policy*, 38, 656-660. <https://doi.org/10.1016/J.ENPOL.2009.09.002>.
 20. Apergis, N., & Payne, J. E. (2011). The Renewable Energy Consumption-growth Nexus in Central America. *Applied Energy*, 88(1), 343-347. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.07.013>.
 21. Apergis, N., & Danuletiu, D. C. (2014). Renewable energy and economic growth: Evidence from the sign of panel long-run causality. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 4(4), 578-587.
 22. Arbolino, R., De Simone, L., & Romano, O. (2017). The role of fiscal incentives for renewable energy on economic growth. *International Journal of Business and Society*, 18(2), 387-396.
 23. Arellano, M. (1987). Computing robust standard errors for within-groups estimators. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 49(4), 431-434. <https://doi.org/10.2307/1913610>.
 24. Arellano, M., & Bond, S. (1991). Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. *The Review of Economic Studies*, 58(2), 277-297. <https://doi.org/10.1093/ojec.16.2.97>.
 25. Armeanu, D., Vintilă, G., & Gherghina, Ș. C. (2017). Does renewable energy drive sustainable economic growth? Multivariate panel data evidence for EU-28 countries. *Energies*, 10(3), 381. <https://doi.org/10.3390/EN10030381>.
 26. Asif, M., Bashir, S., & Khan, S. (2021). Impact of non-renewable and renewable energy consumption on economic growth: Evidence from income and regional groups of countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 38764-38773. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13448-x>.
 27. Aslanturk, O., & Kiprızlı, G. (2020). The Role of Renewable Energy in Ensuring Energy Security of Supply and Reducing Energy-Related Import. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 10(2), 354-359. <https://doi.org/10.32479/ijeep.8414>.
 28. Attiaoui, I., Toumi, H., Ammouri, B., & Gargouri, I. (2017). Causality links among renewable energy consumption, CO2 emissions, and economic growth in Africa: Evidence from a panel ARDL-PMG approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 13036-13048. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-8850-7>.
 29. Augutis, J., Krikštolaitis, R., Pečiulytė, S., & Konstantinavičiūtė, I. (2011). Sustainable Development and Energy Security Level after Ignalina NPP Shutdown. *Technological and*

Economic Development of Economy, 17(1), 5–21. <https://doi.org/10.3846/13928619.2011.553930>.

30. Bacon, R., & Kojima, M. (2016). Energy, economic growth, and poverty reduction. *World Bank Working Paper*, 104866, 1–111.
31. Bakis, R. (2007). The current status and future opportunities of hydroelectricity. *Energy Sour Part, B* 2, 259–266. <https://doi.org/10.1080/15567-24050-04029-58>.
32. Balitskiy, S., Bilan, Y., & Strielkowski, W. (2014). Energy security and economic growth in the European Union. *Journal of Security and Sustainability Issues*, 4(2), 123–130. [https://doi.org/10.9770/JSSI.2014.4.2\(2\)](https://doi.org/10.9770/JSSI.2014.4.2(2)).
33. Baltagi, B., & Liu, L. (2007). Alternative ways of obtaining Hausman's test using artificial regressions. *Statistics & Probability Letters*, 77, 1413–1417. <https://doi.org/10.1016/J.SPL.2007.02.003>.
34. Bauer, D. J., & Curran, P. J. (2005). Probing interactions in fixed and multilevel regression: Inferential and graphical techniques. *Multivariate Behavioral Research*, 40(3), 373–400. https://doi.org/10.1207/s15327906mbr4003_5.
35. Beck, N., & Katz, J. N. (1995). What to do (and not to do) with time-series cross-section data. *American Political Science Review*, 89(3), 634–647. <https://doi.org/10.2307/2290705>.
36. Bhattacharya, M., Paramati, S. R., Ozturk, I., & Bhattacharya, S. (2016). The effect of renewable energy consumption on economic growth: evidence from top 38 countries. *Applied Energy*, 162, 733–741. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.10.104>.
37. Bilgen, S., Keleş, S., & Kaygusuz, K. (2012). Calculation of higher and lower heating values and chemical exergy values of liquid products obtained from pyrolysis of hazelnut cupulae. *Energy*, 41(1), 380–385. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.03.001>.
38. Blundell, R., & Bond, S. (1998). Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models. *Journal of Econometrics*, 87(1), 115–143. <https://doi.org/10.1093/ojec.16.2.97>.
39. Bor, Y., Chuang, Y. C., Lai, W. W., & Yang, C. M. (2010). A dynamic general equilibrium model for public R&D investment in Taiwan. *Economic Modelling*, 27, 171–183. <https://doi.org/10.1016/J.ECONMOD.2009.08.007>.
40. Borojo, D. G., & Yushi, J. (2015). The Impact of Human Capital on Economic Growth in Ethiopia. *Journal of Economics and Sustainable Development*, 6(13), 109–118.
41. Bortoluzzi, M., de Souza, C. C., & Furlan, M.. (2021). Bibliometric analysis of renewable energy types using key performance indicators and multicriteria decision models. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 143(10958), 1–19. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110958>.
42. Bozkurt, C., & Destek, M. A. (2015). Renewable energy and sustainable development nexus in selected OECD countries. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 5(2), 507–514.
43. Bretschger, L., & Smulders, S. (2007). Sustainable resource use and economic dynamics. *Environmental and Resource Economics*, 36, 1–13. <https://doi.org/10.1007/s10640-006-9043-x>.
44. Breusch, T. S., & Pagan, A. R. (1979). A simple test for heteroscedasticity and random coefficient variation. *Econometrica*, 47(5), 1287–1294. <https://doi.org/10.2307/1911963>.
45. Buffie, E. F., Zanna, L. F., Adam, C., Balma, L., Tessema, D., & Kpodar, K. (2020). Debt, Investment, and Growth in Developing Countries with Segmented Labor Markets. *International Monetary Fund (IMF) Research Paper Series*. <https://doi.org/10.5089/9781513545639.001>.

46. Burnett, J., & Madariaga, J. F. (2017). The convergence of U.S. state-level energy intensity. *Energy Economics*, 62, 357-370. <https://doi.org/10.1016/J.ENERCO.2016.03.029>.
47. Candra, O., Chammam, A., Alvarez, J.R.N., Muda, I., & Aybar, H. S. (2023). The Impact of Renewable Energy Sources on the Sustainable Development of the Economy and Greenhouse Gas Emissions. *Sustainability*, 15 (2104), 1-11. <https://doi.org/10.3390/su15032104>.
48. Chambers, D., & Guo, J. T. (2009). Natural resources and economic growth: some theory and evidence. *Annals of Economics and Finance*, 10(2), 367-389.
49. Chen, Z. Y. (2023). Analysis of economic growth forecast based on regression model. *Highlights in Science, Engineering and Technology*, 42, 91-98. <https://doi.org/10.54097/hset.v42i.7068>.
50. Chen, X. H., Tee, K., Elnahass, M., & Ahmed, R. (2023). Assessing the environmental impacts of renewable energy sources: A case study on air pollution and carbon emissions in China. *Journal of Environmental Management*, 345 (118525), 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118525>.
51. Chen, J., Su, F., Jain, V., Salman, A., Tabash, M. I., Haddad, A. M., Zabalawi, E., Abdalla, A., & Shabbir, M. S. (2022). Does renewable energy matter to achieve sustainable development goals? The impact of renewable energy strategies on sustainable economic growth. *Frontiers in Energy Research*, 10(829252), 1-7. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2022.829252>.
52. Chen, L., Hu, Y., Wang, R., Li, X., Chen, Z., Hua, J., ... & Yap, P. S. (2024). Green building practices to integrate renewable energy in the construction sector: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 22(2), 751-784.
53. Chien, T., & Hu, J. L. (2008). Renewable energy: An efficient mechanism to improve GDP. *Energy policy*, 36(8), 3045-3052. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.04.012>.
54. Christensen, P., Gillingham, K., & Nordhaus, W. (2018). Uncertainty in forecasts of long-run economic growth. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(23), 5409-5414. <https://doi.org/10.1073/pnas.1713628115>.
55. Chu, A., Cozzi, G., Lai, C. C., & Liao, C. H. (2015). Inflation, R&D and growth in an open economy. *Journal of International Economics*, 96, 360-374. <https://doi.org/10.1016/J.JINTECO.2015.03.007>.
56. Coskuner, G., Jassim, M. S., Nazeer, N., & Damindra, G. H. (2020). Quantification of land-fill gas generation and renewable energy potential in arid countries: case study of Bahrain. *Waste Manag Res*, 38, 1110-1118. <https://doi.org/10.1177/0734242X20933338>.
57. de Castro, F., & González Minguez, J. M. (2008). The composition of public finances and long-term growth: A macroeconomic approach. *ERN: Taxation*, 1-49. <https://doi.org/10.2139/SSRN.1287971>.
58. Dellink, R., Château, J., Lanzi, E., & Magné, B. (2017). Long-term economic growth projections in the Shared Socioeconomic Pathways. *Global Environmental Change-human and Policy Dimensions*, 42, 200-214. <https://doi.org/10.1016/J.GLOENVCHA.2015.06.004>.
59. Dilanchiev, A., Umair, M., & Haroon, M. (2024). How causality impacts the renewable energy, carbon emissions, and economic growth nexus in the South Caucasus Countries?. *Environmental Science and Pollution Research*, 31, 33069-33085. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-33430-7>.
60. Domac, J., Richards, K., & Risovic, S. (2005). Socio-economic drivers in implementing bioenergy projects. *Biomass and bioenergy*, 28(2), 97-106. <https://doi.org/10.1016/j.biom-bioe.2004.08.002>.
61. 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. <https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2016.07.078>.
62. Durbin, J. (1954). Errors in variables. *Review of the International Statistical Institute*, 22(1), 23-32. <https://doi.org/10.2307/2984051>.
63. Dyomina, O. V. (2023). Natural Resources in Economic Development: Evolution of Theoretical Approaches. *Spatial Economics= Prostranstvennaya Ekonomika*, (3), 136-159. <https://dx.doi.org/10.14530/se.2023.3.136-159>.
64. Dzwigol, H., Kwilinski, A., Lyulyov, & Pimonenko, T. (2023). The Role of Environmental Regulations, Renewable Energy, and Energy Efficiency in Finding the Path to Green Economic Growth. *Energies*, 16(3090), 1-18. <https://doi.org/10.3390/en16073090>.
65. English, B.C., Menard, R.J., & Wilson, B. (2022). The economic impact of a renewable bio-fuels/energy industry supply chain using the renewable energy economic analysis layers modeling system. *Frontiers in Energy Research*, 10(780795), 1-15. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2022.780795>.
66. Esposti, R., & Pierani, P. (2003). Building the Knowledge Stock: Lags, Depreciation, and Uncertainty in R&D Investment and Link with Productivity Growth. *Journal of Productivity Analysis*, 19, 33-58. <https://doi.org/10.1023/A:1021818019626>.
67. Esteban, M. D., Diez, J. J., López, J. S, & Negro, V. (2011). Why offshore wind energy? *Renewable Energy*, 36, 444-450. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2010.07.009>.
68. Europos aplinkos agentūra. (2004). Duomenys apie atsinaujinančių šaltinių naudojimą. Prieiga per internetą: <https://www.eea.europa.eu/lt>.
69. Faff, R., Ho, Y., Lin, W., & Yap, C. (2013). Diminishing marginal returns from R&D investment: Evidence from manufacturing firms. *Applied Economics*, 45, 611-622. <https://doi.org/10.1080/00036846.2011.608644>.
70. Fang, Z. (2023). Assessing the impact of renewable energy investment, green technology innovation, and industrialization on sustainable development: A case study of China. *Renewable Energy*, 205, 772-782. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.01.014>.
71. Farghali, M., Osman, A. I., Chen, Z., Abdelhaleem, A., Ihara, I., Mohamed, I. M. A., Yap, P. S. & Rooney, D. W. (2023). Social, environmental, and economic consequences of integrating renewable energies in the electricity sector: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 21(3), 1381-1418. <https://doi.org/10.1007/s10311-023-01587-1>.
72. Farmer, K., & Bednar-Friedl, B. (2010). *Intertemporal resource economics: An introduction to the overlapping generations approach*. Springer Science & Business Media. 171 p.
73. Fernández, F. D. C., & Mínguez, J. G. (2008). The Composition of Public Finances and Long-Term Growth: A Macroeconomic Approach. *Research Papers in Economics*, 1-49. <https://doi.org/10.2139/SSRN.1287971>.
74. Ferreira, D., Freixo, C., Cabral, J. A., & Santos, M. (2019). Is wind energy increasing the impact of socio-ecological change on Mediterranean mountain ecosystems? Insights from a modelling study relating wind power boost options with a declining species. *Journal of Environmental Management*, 238, 283-295. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.02.127>.
75. Gautam, N. (2022). Impact of Government's Human Capital Expenditure on Economic Growth of Nepal: An ARDL Approach. *Quest Journal of Management and Social Sciences*, 4(1), 30-40. <https://doi.org/10.3126/qjmss.v4i1.45865>.
76. Gayen, D., Chatterjee, R., & Roy, S. (2024). A review on environmental impacts of renewable energy for sustainable development. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 21, 5285-5310. <https://doi.org/10.1007/s13762-023-05380-z>.

77. Gaspar, R. E. (2017). Large firm dominance on country's entrepreneurship potentials. *Journal of global entrepreneurship research*, 7, 1-16.
78. Gernaat, D., de Boer, H. D., Daioglou, V., Yalew, S., Müller, C., & van Vuuren, D. V. (2021). Climate change impacts on renewable energy supply. *Nature Climate Change*, 11, 119-125. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-00949-9>.
79. Ghezlbash, A., Seyedzadeh, M., Khaligh, V., & Liu, J. J. (2023). Impacts of Green Energy Expansion and Gas Import Reduction on South Korea's Economic Growth: A System Dynamics Approach. *Sustainability*, 15, 1-18. <https://doi.org/10.3390/su15129281>.
80. Gökgöz, F., & Güvercin, M. T. (2018). Energy security and renewable energy efficiency in EU. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 96, 226-239. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.07.046>.
81. Gordon, S. A. (1954). Occurrence, formation, and inactivation of auxins. *Annual Review of Plant Physiology*, 5, 341-378.
82. Gordon, M. J. (1991). A review of the validity and accuracy of self-assessments in health professions training. *Academic medicine*, 66(12), 762-769.
83. Greiner, A., Grüne, L., & Semmler, W. (2013). Economic growth and the transition from non-renewable to renewable energy. *Environment and Development Economics*, 19, 417-439. <https://doi.org/10.1017/S1355770X13000491>.
84. Guastadisegni, L., Cagnone, S., Moustaki, I., & Vasdekis, V. (2024). The generalized Hausman test for detecting non-normality in the latent variable distribution of the two-parameter IRT model. *arXiv:2402.08376*. 1-28. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.08376>.
85. Güney, T. (2019). Renewable energy, non-renewable energy and sustainable development. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 26(5), 389-397. <https://doi.org/10.1080/13504509.2019.1595214>.
86. Güney, T., & Kantar, K. (2020). Biomass energy consumption and sustainable development. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 27(8), 762-767. <https://doi.org/10.1080/13504509.2020.1753124>.
87. Gylfason, T. (2001). Natural resources and economic growth: what is the connection?. SSRN 279679, 1-28. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.279679>.
88. Halkos, G. E., & Tzeremes, N. G. (2013). Carbon dioxide emissions and governance: a non-parametric analysis for the G-20. *Energy Economics*, 40, 110-118. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2013.06.010>.
89. Hamid, M. H. S., Slatford, P. A., & Williams, J. M. (2007). Borrowing hydrogen in the activation of alcohols. *Advanced Synthesis & Catalysis*, 349(10), 1555-1575. <https://doi.org/10.1002/adsc.200600638>.
90. Hao, Y., Baker, D., & Ten Dijke, P. (2019). TGF- β -mediated epithelial-mesenchymal transition and cancer metastasis. *International journal of molecular sciences*, 20(11), 2767. <https://doi.org/10.3390/ijms20112767>.
91. Timmons, D., Harris, J. M., & Roach, B. (2014). The economics of renewable energy. *Global Development And Environment Institute, Tufts University*, 52, 1-52.
92. Hashmi, M. F. F. (2023). Sustainable solutions: the role of renewable energy in creating an eco-friendly environment. *Energy Technologies and Environment*, 1(1), 81-88. <https://doi.org/10.58567/ete01010005>.
93. Hausman, J. A. (1978). Specification tests in econometrics. *Econometrica*, 46(6), 1251-1271. <https://doi.org/10.2307/1913827>.
94. Havranek, T., Horvath, R., & Zeynalov, A. (2016). Natural resources and economic growth:

- A meta-analysis. *World Development*, 88, 134-151. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2016.07.016>.
95. He, W., & Shen, R.. (2019). ISO 14001 certification and corporate technological innovation: evidence from Chinese firms. *Journal of Business Ethics*, 158, 97–117. <https://doi.org/10.1007/s10551-017-3712-2>.
 96. He, F., Zarfl, C., Tockner, K., Olden, J. D., Campos, Z., Muniz, F., ... & Jähnig, S. C. (2024). Hydropower impacts on riverine biodiversity. *Nature Reviews Earth & Environment*, 5(11), 755-772.
 97. Heptonstall, P., & Gross, R. (2020). A systematic review of the costs and impacts of integrating variable renewables into power grids. *Nature Energy*, 6(1), 72-83. <https://doi.org/10.1038/s41560-020-00695-4>.
 98. Huber, P. J. (1967). The behavior of maximum likelihood estimates under nonstandard conditions. *Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*, 1, 221-233. <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1967.tb01417.x>.
 99. Idroes, G. M., Afjal, M., Khan, M., Haseeb, M., Hardi, I., Noviany, T. R., & Idroes, R. (2024). Exploring the role of geothermal energy consumption in achieving carbon neutrality and environmental sustainability. *Heliyon*, 10(23), 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40709>
 100. Igwe, C. I. (2021). Geothermal energy: a review. *International Journal of Energy Resources Technology (IJERT)*, 10, 655-661
 101. Ike, G. N., Usman, O., Alola, A., & Sarkodie, S. A. (2020). Environmental quality effects of income, energy prices, and trade: The role of renewable energy consumption in G-7 countries. *The Science of the Total Environment*, 721, 137813. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137813>.
 102. Inglesi-Lotz, R. (2016). The impact of renewable energy consumption to economic growth: A panel data application. *Energy economics*, 53, 58-63. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2015.01.003>.
 103. International Renewable Energy Agency. (2016). Information about renewable energy. Prieiga per internetą: www.irena.org.
 104. Ivanovski, K., Hailemariam, A., & Smyth, R.. (2021). The Effect of Renewable and Non-renewable Energy Consumption on Economic Growth: Non-Parametric Evidence. *Journal of Cleaner Production*, 286(124956), 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124956>.
 105. Jacobson, M. Z., Delucchi, M. A., Cameron, M. A., & Mathiesen, B. V. (2018). Matching demand with supply at low cost in 139 countries among 20 world regions with 100 % intermittent wind , water , and sunlight (WWS) for all purposes. *Renewable Energy*, 123, 236–248. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.02.009>.
 106. Jain, T., & Verma, K. (2024). Reliability based computational model for stochastic unit commitment of a bulk power system integrated with volatile wind power. *Reliability Engineering & System Safety*, 244, 109949, 1-29. <https://doi.org/10.1016/j.res.2024.109949>
 107. Juhl, T., & Lugovskyy, O. (2014). A test for slope heterogeneity in fixed effects models. *Econometric Reviews*, 33(9-10), 906-935. <https://doi.org/10.1080/07474938.2013.806708>.
 108. Kandpal, V., Jaswal, A., Santibanez Gonzalez, E. D., & Agarwal, N. (2024). Policy framework for sustainable energy transition and the circular economy. In *Sustainable Energy Transition: Circular Economy and Sustainable Financing for Environmental, Social and Governance (ESG) Practices* (pp. 217-238). Cham: Springer Nature Switzerland.
 109. Kangas, J. (2019). Picturing two modernities. *Nordicom Review*, 40(1), 61–74. <https://doi.org/10.2478/nor-2019-0003>.

110. Kaseeram, I., & Mahadea, D. (2017). Marginal employment growth effects in the South African economy. *International Business & Economics Research Journal*, 16(2), 143-156. <https://doi.org/10.19030/IBER.V16I2.9930>.
111. Kayachev, G., Chaplina, A., Gerasimova, E., Rybár, R., & Usova, E. (2021). Expanding of green and renewable energy as a condition for economy transition to sustainable development. In *E3S Web of Conferences*, Vol. 278, EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3s-conf/202127803015>.
112. Khan, I., & Gunwant, D. F. (2024). An impact analysis of macroeconomic factors on South Asia's renewable energy output. *International Journal of Energy Sector Management*, 18 (3), 539-558. <https://doi.org/10.1108/IJESM-01-2023-0013>.
113. Khan, D., Nouman, M., Popp, J., Khan, M. A., Ur Rehman, F., & Oláh, J. (2021). Link between technically derived energy efficiency and ecological footprint: Empirical evidence from the ASEAN region. *Energies*, 14(13), 1-16. <https://doi.org/10.3390/en14133923>.
114. Khurshid, H., Mohammed, B. S., Al-Yacoubi, A. M., Liew, M. S., & Wan Abdullah Zawawi, N. A. (2024). Analysis of hybrid offshore renewable energy sources for power generation: A literature review of hybrid solar, wind, and waves energy systems. *Developments in the Built Environment*, 19 (100497), 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2024.100497>
115. Kishtainy, N. (2024). March of the models. *Rethinking Economics*, 40-43.
116. Kitov, I., Kitov, O., & Dolinskaya, S. (2007). Modeling real GDP per capita in the USA: Cointegration test. *Econometrics eJournal*, 1-18. <https://doi.org/10.2139/ssrn.969975>.
117. Kocsis, I., & Kiss, J. T. (2014). Renewable energy consumption, R&D and GDP in European Union countries. *Environmental Engineering and Management Journal*, 13(11), 2825-2830.
118. Kumler, A., Kravitz, B., Draxl, C., Vimmerstedt, L., Benton, B., Lundquist, J. K., ... & Tao, L. (2025). Potential effects of climate change and solar radiation modification on renewable energy resources. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 207, 114934, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114934>
119. Lagarde, C., & Lantz, F. (2018). How renewable production depresses electricity prices: Evidence from the German market. *Energy Policy*, 117, 263-277. <https://doi.org/10.1016/j.ENPOL.2018.02.048>.
120. Lera, S., & Sornette, D. (2015). Secular bipolar growth rate of the real US GDP per capita: Implications for understanding past and future economic growth. *Swiss Finance Institute Research Paper Series*, arXiv:1607.04136, 1-12. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2703882>.
121. Levenda, A. M., Behrsin, I., & Disano, F. (2021). Energy Research & Social Science Renewable energy for whom ? A global systematic review of the environmental justice implications of renewable energy technologies. *Energy Research & Social Science*, 71(101837), 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101837>.
122. Li, L., Lin, J., Wu, N., Xie, S., Meng, C., Zheng, Y., Wang, X., & Zhao, Y. (2022). Review and Outlook on the International Renewable Energy Development. *Energy and Built Environment*, 3(2), 139-157. <https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2020.12.002>.
123. Li, Y., Wang, W., Wang, Y., Xin, Y., He, T., & Zhao, G. (2020). A review of studies involving the effects of climate change on the energy consumption for building heating and cooling. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(1), 40. <https://doi.org/10.3390/ijerph18010040>.
124. Liang, X. (2023). Research on the influence of the law of diminishing marginal returns in agriculture. *Advances in Economics, Management and Political Sciences*. <https://doi.org/10.54254/2754-1169/8/20230323>.
125. Liang, H., & Pirouzi, S. (2024). Energy management system based on economic

- Flexi-reliable operation for the smart distribution network including integrated energy system of hydrogen storage and renewable sources. *Energy*, 293 (130745), 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.130745>.
126. Lin, T., Zhang, L., Wan, J., Chen, C. M., & Li, J. (2025). Energy price uncertainty and renewable energy technological innovation: Evidence from listed Chinese firms. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 213, 115447, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2025.115447>
 127. Liu, X., & Zheng, P. (2024). Boundedness in a fully parabolic chemotaxis-type Solow-Swan model. *Discrete and Continuous Dynamical Systems-Series B*, 1-16. <https://doi.org/10.3934/dcdsb.2024093>.
 128. Liu, L., Zhang, M., & Zhao, Z. (2019). The application of real option to renewable energy investment: A review. *Energy Procedia*, 158, 3494–3499. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.01.921>.
 129. Lloyd, P., & Maclaren, D. (2000). Openness and growth in East Asia after the Asian crisis. *Journal of Asian Economics*, 11(1), 89-105. [https://doi.org/10.1016/S1049-0078\(00\)00042-7](https://doi.org/10.1016/S1049-0078(00)00042-7).
 130. Lucas, J.N.V., Frances, G.E., & Gonzalez, E.S.. (2016). Energy security and renewable energy deployment in the EU: liaisons dangereuses or virtuous circle? *Renewable Sustainable Energy Review*, 62, 1032–1046. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.04.069>.
 131. Lee, C. H., Chang, K. H., & Park, J. U. (2013). Three-dimensional finite element analysis of residual stresses in dissimilar steel pipe welds. *Nuclear Engineering and Design*, 256, 160-168. <https://doi.org/10.1016/j.nucengdes.2012.12.016>.
 132. Lund, J. W., & Toth, A. N. (2021). Direct utilization of geothermal energy 2020 worldwide review. *Geothermics*, 90(101915), 1-31. <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2020.101915>.
 133. Magazzino, C., Mutascu, M., Sarkodie, S. A., Adedoyin, F., & Owusu, P. A. (2021). Heterogeneous effects of temperature and emissions on economic productivity across climate regimes. *Politics & Energy eJournal*, 775(145893), 1-10. <https://doi.org/10.1016/J.SCITO-TENV.2021.145893>.
 134. Makieła, K., & Mazur, B. (2022). The Impact of Renewable Energy Supply on Economic Growth and Productivity. *Energies*, 15(13), 1-13. <https://doi.org/10.3390/en15134808>.
 135. Malik, P., Awasthi, M., & Sinha, S. (2021). Techno-economic and environmental analysis of biomass-based hybrid energy systems: a case study of a Western Himalayan state in India. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 45(101189), 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101189>.
 136. Mansfield, E. R., & Helms, B. P. (1982). Detecting multicollinearity. *The American Statistician*, 36(3a), 158-160. <https://doi.org/10.1080/00031305.1982.10482818>.
 137. Manzano, J. J. (2012). Circles of Consensus: The Preservation of Cultural Diversity through Political Processes. *Utrecht Law Review*, 92-105. <https://doi.org/10.18352/ulr.182>.
 138. Maradin, D. (2021). Advantages and disadvantages of renewable energy sources utilization. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 11(3), 176-183. <https://doi.org/10.32479/ijeep.11027>
 139. Marques, A., & Fuinhas, J. (2012). Is renewable energy effective in promoting growth? *Energy Policy*, 46, 434-442. <https://doi.org/10.1016/J.ENPOL.2012.04.006>.
 140. Matuszewska-Janica, A., Żebrowska-Suchodolska, D., Ala-Karvia, U., & Hozer-Koćmiel, M. (2021). Changes in electricity production from renewable energy sources in the European Union countries in 2005–2019. *Energies*, 14(6276), 1-27. <https://doi.org/10.3390/en14196276>.
 141. Migliari, L., Micheletto, D., & Cocco, D. (2024). A hydrogen-fuelled compressed air energy

- storage system for flexibility reinforcement and variable renewable energy integration in grids with high generation curtailment. *Energy Conversion and Management*, 306, 118308, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2024.118308>
142. Mignogna, D., Szabó, M., Ceci, P., & Avino, P. (2024). Biomass energy and biofuels: Perspective, potentials, and challenges in the energy transition. *Sustainability*, 16(16), 7036. <https://doi.org/10.3390/su16167036>
 143. Miremadi, I., Saboohi, Y., & Arasti, M.. (2019). The influence of public R&D and knowledge spillovers on the development of renewable energy sources: the case of the Nordic countries. *Technological Forecasting and Social Change*, 146, 450–463. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.04.020>.
 144. Modis, T. (2013). Long-Term GDP Forecasts and the Prospects for Growth. *Technological Forecasting and Social Change*, 80, 1557-1562. <https://doi.org/10.1016/J.TECHFORE.2013.02.01>.
 145. Mori-Clement, Y., & Bednar-Friedl, B. (2019). Do Clean Development Mechanism Projects Generate Local Employment? Testing for Sectoral Effects across Brazilian Municipalities. *Ecological Economics*, 157, 47–60. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.10.011>.
 146. Monbiot, G. (2007). *Heat: How we can stop the planet burning*. Penguin UK.
 147. Moslehpour, M., Shalehah, A., Wong, W.K., Ismail, T., Altantsetseg, P., & Tsevegjav, M.. (2022). Economic and tourism growth impact on the renewable energy production in Vietnam. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(53), 81006–81020. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21334-3>.
 148. Nardo, M. D.. (2020). Developing a conceptual framework model of industry 4.0 for industrial management. *Industrial Engineering & Management Systems*, 19(3), 551–560. <https://doi.org/10.7232/iems.2020.19.3.551>.
 149. Nazir, M. S., Mahdi, A. J., Bilal, M., Sohail, H. M., Ali, N., & Iqbal, H. M. N. (2019). Environmental impact and pollution-related challenges of renewable wind energy paradigm review. *Science of the Total Environment*, 683, 436–444. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.274>.
 150. Noor, M., Khan, D., Khan, A., & Rasheed, N. (2024). The impact of renewable and non-renewable energy on sustainable development in South Asia. *Environment, Development and Sustainability*, 26, 14621-14638. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03210-3>.
 151. Ogun, O. (2014). Corruption and long-run growth: A framework. *International Advances in Economic Research*, 20(2), 245-246. <https://doi.org/10.1007/S11294-014-9464-1>.
 152. Ohler, A. M., & Feters, I. (2014). The causal relationship between renewable electricity generation and GDP growth: A study of energy sources. *Energy Economics*, 43, 125-139. <https://doi.org/10.1016/J.ENERCO.2014.02.009>.
 153. Okada, K., & Samreth, S. (2014). How does corruption influence the effect of foreign direct investment on economic growth? *Global Economic Review*, 43(3), 207-220. <https://doi.org/10.1080/1226508X.2014.930671>.
 154. Orlando, M., Bottaccioli, L., Quer, S., Poncino, M., Vinco, S., & Patti, E. (2023). A framework for economic and environmental benefit through renewable energy community. *IEEE Systems Journal*, 17, 5626-5635. <https://doi.org/10.1109/JSYST.2023.3290941>.
 155. Osman, A. I., Mehta, N., Elgarahy, A. M., Hefny, M., Al-Hinai, A., Al-Muhtaseb, A. H., & Rooney, D. W. (2022). Hydrogen production, storage, utilisation and environmental impacts: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 20, 153-188. <https://doi.org/10.1007/s10311-021-01322-8>.
 156. Ozturk, I. (2015). Sustainability in the food-energy-water nexus: Evidence from BRICS

- (Brazil, the Russian Federation, India, China, and South Africa) countries. *Energy*, 93, 999-1010. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.09.104>.
157. Pablo-Romero, M., Sánchez-Braza, A., & Galyan, A. (2020). Renewable energy use for electricity generation in transition economies: Evolution, targets and promotion policies. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 138(110481), 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110481>.
 158. Pahle, M., Pachauri, S., & Steinbacher, K. (2016). Can the Green Economy deliver it all? Experiences of renewable energy policies with socio-economic objectives. *Applied Energy*, 179, 1331-1341. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.06.073>.
 159. Pan, L., Biru, A., & Lettu, S. (2021). Energy poverty and public health: Global evidence. *Energy Economics*, 101(105423), 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105423>.
 160. Paulauskaitė, A. (2023). Atsinaujinančių energijos išteklių įtakos elektros kainoms vertinimas. (Kauno technologijos universitetas).
 161. Payne, C. (2010). *The consumer, credit and debt: Governing the British economy*. London School of Economics and Political Science (United Kingdom).
 162. Pažėraitė, A., Bobinaite, V., Galinis, A., & Lekavičius, V. (2020). Combined effects of energy sector development: Assessing the impact on research and innovation. *Journal of Cleaner Production*, 281(124682), 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124682>.
 163. Permana, A. S., & Potipituk, C. (2024, June). Harmonizing Power Generation and Environmental Conservation Through Micro-Hydro Systems. In *Turbulence & Energy Laboratory Annual Conference* (pp. 1-34). Cham: Springer Nature Switzerland.
 164. Pesaran, M. H. (2004). General diagnostic tests for cross section dependence in panels. *CESifo Working Paper Series* No. 1229, 1-42. <https://doi.org/10.1093/biomet/91.4.709>.
 165. Pham, T. (2019). Do German renewable energy resources affect prices and mitigate market power in the French electricity market?. *Applied Economics*, 51(54), 5829-5842. <https://doi.org/10.1080/00036846.2019.1624919>.
 166. Piven, V., & Kubatko, O. (2023). Sustainable economic growth factors in the EU: Applying a modified Cobb-Douglas production function with renewable energy and digitalization. *E3S Web of Conferences*, 456(01006), 1-11. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202345601006>.
 167. Plümper, T., & Troeger, V. E. (2018). Not so Harmless After All: The Fixed-Effects Model. *Political Analysis*, 27, 21-45. <https://doi.org/10.1017/pan.2018.17>.
 168. Próchniak, M., & Witkowski, B. (2012). Real economic convergence and the impact of monetary policy on economic growth of the EU countries: The analysis of time stability and the identification of major turning points based on the Bayesian methods. *Macroeconomics: Monetary & Fiscal Policies eJournal*, 1-77. <https://doi.org/10.2139/SSRN.2213712>.
 169. Pursiheimo, E., Holttinen, H., & Koljonen, T. (2019). Inter-sectoral effects of high renewable energy share in global energy system. *Renewable Energy*, 136, 1119-1129. <https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2018.09.082>.
 170. Rahman, M., & Alam, K. (2021). Exploring the driving factors of economic growth in the world's largest economies. *Heliyon*, 7(8), e07109. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07109>.
 171. Raihan, A., Pavel, M. I., Muhtasim, D. A., Farhana, S., Faruk, O., & Paul, A. (2023). The role of renewable energy use, technological innovation, and forest cover toward green development: Evidence from Indonesia. *Innovation and Green Development*, 2 (100035), 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.igd.2023.100035>.
 172. Raihan, A., & Tuspekova, A. (2022). Role of economic growth, renewable energy, and technological innovation to achieve environmental sustainability in Kazakhstan. *Current*

- Research in Environmental Sustainability*, 4(100165), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.cr-sust.2022.100165>.
173. Ram, M., Child, M., Aghahosseini, A., Bogdanov, D., Lohrmann, A., & Breyer, C. (2018). A comparative analysis of electricity generation costs from renewable, fossil fuel and nuclear sources in G20 countries for the period 2015-2030. *Journal of Cleaner Production*, 199, 687-704. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.159>.
 174. Ram, M., Osorio-Aravena, J. C., Aghahosseini, A., Bogdanov, D., & Breyer, C. (2022). Job creation during a climate compliant global energy transition across the power, heat, transport, and desalination sectors by 2050. *Energy*, 238, 121690. <https://doi.org/10.1016/J.EN-ERGY.2021.121690>.
 175. Ramsey, J. B. (1969). Tests for specification errors in classical linear least-squares regression analysis. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 31(2), 350-371. <https://doi.org/10.2307/2296459>.
 176. Režný, L., & Bureš, V. (2019). Energy transition scenarios and their economic impacts in the extended neoclassical model of economic growth. *Sustainability*, 11(13), 1-25. <https://doi.org/10.3390/SU11133644>.
 177. Rocha, L. C. S., Junior, P. R., & Maheri, A. (2023). Economic analysis of the wind energy generation: overview and current perspectives. *Renewable Energy Production and Distribution*, 2, 183-214. https://doi.org/10.14488/ijcieom2023_abst_0032_37719.
 178. Sahlian, D., Popa, A., & Crețu, R. (2021). Does the increase in renewable energy influence GDP growth? An EU-28 analysis. *Energies*, 14(16), 1-16. <https://doi.org/10.3390/en14164762>.
 179. Salman, M., Long, X., Dauda, L., & Mensah, C. N. (2019). The impact of institutional quality on economic growth and carbon emissions: Evidence from Indonesia, South Korea and Thailand. *Journal of Cleaner Production*, 241, 118331. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118331>.
 180. Santos, L., Taleghani, A. D., & Elsworth, D. (2022). Repurposing abandoned wells for geothermal energy: Current status and future prospects. *Renewable Energy*, 194, 1288-1302. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.05.138>.
 181. Scholten, D., & Bosman, R. (2016). The geopolitics of renewables: Exploring the political implications of renewable energy systems. *Technological Forecasting and Social Change*, 103, 273-283. <https://doi.org/10.1016/J.TECHFORE.2015.10.014>.
 182. Schwartz, E. K., & Krarti, M. (2022). Review of adoption status of sustainable energy technologies in the US residential building sector. *Energies*, 15(6), 1-18. <https://doi.org/10.3390/en15062027>.
 183. Şenyapar, H. N. D. (2023). A bibliometric analysis on renewable energy's public health benefits. *Journal of Energy Systems*, 7(1), 132-157. <https://doi.org/10.30521/jes.1252122>.
 184. Shahbaz, M., & Rahman, M. (2010). Foreign capital inflows-growth nexus and role of domestic financial sector: an ARDL cointegration approach for Pakistan. *Journal of Economic Research*, 15, 207-231.
 185. Shahbaz, M., Topcu, B. A., Sarıgül, S. S., & Doğan, M. (2024) Energy imports as inhibitor of economic growth: The role of impact of renewable and non-renewable energy consumption, *The Journal of International Trade & Economic Development*, 33 (4), 497-522. <https://doi.org/10.1080/09638199.2023.2237131>.
 186. Shahbaz, M., Topcu, B., Sarıgül, S. S., & Vo, X. (2021). The effect of financial development on renewable energy demand: The case of developing countries. *Renewable Energy*, 178, 1370-1380. <https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2021.06.121>.

187. Shamoon, A., Haleem, A., Bahl, S., Javaid, M., Garg, S. B., Sharma, R. C., & Garg, J. (2022). Environmental impact of energy production and extraction of materials-a review. *Materials Today: Proceedings*, 57, 936-941. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.03.159>
188. Sharifi, M., Khazaei Pool, J., Jalilvand, M. R., Tabaeian, R. A., & Ghanbarpour Jooybari, M. (2019). Forecasting of advertising effectiveness for renewable energy technologies: A neural network analysis. *Technological Forecasting and Social Change*, 143, 154–161. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.04.009>.
189. Sheng, C. (1978). On the dynamic behaviour of the consumer and the optimal provision of social security. *Revision of economic studies*, 45(141), 437-445.
190. Stratton, B., Hsieh, Ch. Y., & Skrzypczyk, P. (2024). Dynamical Resource Theory of Informational Nonequilibrium Preservability. *Physical Review Letters*, 132(110202), 1-7. <https://doi.org/10.1103/PhysrevLett.132.110202>.
191. Sulich, A., & Sołoducho-Pelc, L. (2022). Changes in Energy Sector Strategies: A Literature Review. *Energies*, 15(19), 7068. <https://doi.org/10.3390/en15197068>
192. Suproń, B., & Myszczyszyn, J. (2024). Impact of Renewable and Non-Renewable Energy Consumption on the Production of the Agricultural Sector in the European Union. *Energies*, 17 (3743), 1-22. <https://doi.org/10.3390/en17153743>.
193. Surajudeen, S. O., Alabi, T. A., Maradesa, A. T., & Hassan, O. A. (2024). Regression Modeling of GrossDomestic Productss. *Mathematical Theory and Modeling*, 14(1), 15-21.
194. Tarptautinė energetikos agentūra. (2010). Alternatyvūs ištekliai. Prieiga per internetą: <https://www.iea.org/>.
195. Taghizad-Tavana, K., Alizadeh, A., Ghanbari-Ghalehjoughi, M., Nojavan, S. A. (2023). Comprehensive Review of Electric Vehicles in Energy Systems: Integration with Renewable Energy Sources, Charging Levels, Different Types, and Standards. *Energies*, 16 (630), 1-23. <https://doi.org/10.3390/en16020630>.
196. Toman, M. A., & Jemelkova, B. (2003). Energy and economic development: an assessment of the state of knowledge. *The Energy Journal*, 24(4), 93-112. <https://doi.org/10.5547/ISSN0195-6574-EJ-Vol24-No4-5>.
197. Tugcu, C. T., & Menegaki, A. N. (2024). The impact of renewable energy generation on energy security: Evidence from the G7 countries. *Gondwana Research*, 125, 253-265.
198. Ürkmez, İ., & Okyar, M. (2022). The Effect of Renewable Energy Sources on Energy Import Dependency in Turkey. *Siyasal: Journal of Political Sciences*, 31(2), 443-462. <https://doi.org/10.26650/siyasal.2022.31.1071416>.
199. Valentine, S. V. (2011). Emerging symbiosis: renewable energy and energy security, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(9), 4572–4578. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.095>.
200. Valodka, I., & Valodkienė, G. (2015). The impact of renewable energy on the economy of lithuania. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 213, 123-128. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.11.414>.
201. Verstiak, A., Hryhorkiv, V., Buiak, L., Hryhorkiv, M., & Verstiak, O. (2021). Ecological Footprint Impact Factors Forecasts using VAR Model: Decision Making Case Study From Ukraine. In *2021 11th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT)*, 19-22.
202. Vidal-Amaro, J. J., & Sheinbaum-Pardo, C. (2017). A transition strategy from fossil fuels to renewable energy sources in the Mexican electricity system. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 6(1), 47-66. <https://doi.org/10.13044/J.SDEWES.D5.0170>.

203. Vogelsang, T., & Wagner, M. (2014). Integrated modified OLS estimation and fixed-b inference for cointegrating regressions. *Journal of Econometrics*, 178, 741-760. <https://doi.org/10.1016/J.JECONOM.2013.10.015>.
204. Voser, N. (2015). Recent Developments on the Doctrine of Res Judicata in International Arbitration from a Swiss Perspective: A Call for a Harmonized Solution. *ASA Bulletin*, 33(4), 742-779. <https://doi.org/10.54648/asab2015059>.
205. Wasti, A., Ray, P., Wi, S., Folch, C., Ubierna, M., & Karki, P. (2022). Climate change and the hydropower sector: A global review. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 13(2), e757, 1-29. <https://doi.org/10.1002/wcc.757>
206. Wei, Z., & Huang, L. (2022). Does renewable energy matter to achieve sustainable development? Fresh evidence from ten Asian economies. *Renewable Energy*, 199, 759-767. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.07.101>.
207. Wilson, C., & Dowlatabadi, H. (2007). Models of decision making and residential energy use. *Annual Review of Environment and Resources*, 32(1), 169-203. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.32.053006.141137>.
208. Windmeijer, F. (2005). A finite sample correction for the variance of linear efficient two-step GMM estimators. *Journal of Econometrics*, 126(1), 25-51. <https://doi.org/10.1093/biomet/92.2.389>.
209. Wooldridge, J. M. (2010). *Econometric analysis of cross section and panel data*. MIT Press, 1-741. <https://doi.org/10.2307/2297314>.
210. Yang, S., Jahanger, A., & Balsalobre-Lorente, D. (2024). Sustainable resource management in China's energy mining sector: A synthesis of development and conservation in the FinTech era. *Resources Policy*, 89(104665), 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.104665>
211. Yang, Z., & Zhan, J. (2024). Examining the multiple impacts of renewable energy development on redefined energy security in China: A panel quantile regression approach. *Renewable Energy*, 221 (119778), 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.119778>.
212. Yu, Ch., Moslehpour, M., Tran, T. K., Trung, L. M., Ou, J. P., & Tien, N. H. (2023). Impact of non-renewable energy and natural resources on economic recovery: Empirical evidence from selected developing economies. *Resources Policy*, 80(103221), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.103221>.
213. Zafar, M. W., Sinha, A., Ahmed, Z., Qin, Q., & Zaidi, S. A. H. (2021). Effects of biomass energy consumption on environmental quality: the role of education and technology in Asia-Pacific economic cooperation countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 142(110868), 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110868>.
214. Zahraoui, Y., Basir Khan, M. R., Alhamrouni, I., Mekhilef, S., & Ahmed, M. (2021). Current Status, Scenario, and Prospective of Renewable Energy in Algeria: A Review. *Energies*, 14(2354), 1-28. <https://doi.org/10.3390/en14092354>.
215. Zhang, S., Liu, Y., & Huang, D. H. (2020). Understanding the mystery of continued rapid economic growth. *Journal of Business Research*, 124, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.11.023>.
216. Zhao, J., Dong, K., Dong, X., & Shahbaz, M. (2022). How renewable energy alleviate energy poverty? A global analysis. *Renewable Energy*, 186, 299-311. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.01.005>.
217. Zhao, Y., & Song, X. (2018). How Should the Chinese Government Invest R&D Funds: Enterprises or Institutions? *Computational Economics*, 52, 1089-1112. <https://doi.org/10.1007/S10614-017-9787-0>.

218. Zheng, M., & Wong, C. Y. (2024). The impact of digital economy on renewable energy development in China. *Innovation and Green Development*, 3 (100094), 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.igd.2023.100094>
219. Zhu, H., Duan, L., Guo, Y., & Yu, K. (2016). The effects of FDI, economic growth and energy consumption on carbon emissions in ASEAN-5: Evidence from panel quantile regression. *Economic Modelling*, 58, 237-248. <https://doi.org/10.1016/J.ECONMOD.2016.05.003>.
220. Zou, C., Xiong, B., Xue, H., Zheng, D., Ge, Z., Wang, Y., Jiang, L., Pan, S., & Wu, S. (2021). The Role of New Energy in Carbon Neutral. *Petroleum Exploration and Development*, 48(2), 480–491. [https://doi.org/10.1016/SI876-3804\(21\)60039-3](https://doi.org/10.1016/SI876-3804(21)60039-3).

MYKOLO ROMERIO UNIVERSITETAS

Virgilijus Dirma

**ATSINAUJINANČIŲ ENERGIJOS IŠTEKLIŲ
NAUDOJIMO POVEIKIO EKONOMIKOS
AUGIMUI VERTINIMAS**

Mokslo daktaro disertacijos santrauka
Socialiniai mokslai, ekonomika (S 004)

Vilnius, 2025

Mokslo daktaro disertacija rengta 2016–2024 metais Mykolo Romerio universitete pagal Vytauto Didžiojo universitetui su ISM Vadybos ir ekonomikos universitetu, Mykolo Romerio universitetu ir Vilniaus universitetu Lietuvos Respublikos švietimo, mokslo ir sporto ministro 2019 m. vasario 22 d. įsakymu Nr. V-160 suteiktą doktorantūros teisę.

Mokslinė vadovė:

prof. habil. dr. Žaneta Simanavičienė (Mykolo Romerio universitetas, socialiniai mokslai, ekonomika, S 004).

Mokslo daktaro disertacija ginama Vytauto Didžiojo universiteto, ISM Vadybos ir ekonomikos universiteto, Mykolo Romerio universiteto ir Vilniaus universiteto Šiaulių akademijos Ekonomikos mokslo krypties taryboje:

Pirmininkė:

prof. dr. Asta Vasiliauskaitė (Mykolo Romerio universitetas, socialiniai mokslai, ekonomika, S 004).

Nariai:

prof. dr. Valdonė Daršukvienė (ISM Vadybos ir ekonomikos universitetas, socialiniai mokslai, ekonomika, S 004);

doc. dr. Žaneta Karazijienė (Mykolo Romerio universitetas, socialiniai mokslai, ekonomika, S 004);

prof. habil. dr. Marek Szarucki (Krokvos ekonomikos universitetas, Lenkijos Respublika, socialiniai mokslai, ekonomika, S 004);

prof. dr. Vlada Vitunskienė (Vytauto Didžiojo universitetas, socialiniai mokslai, ekonomika, S 004).

Mokslo daktaro disertacija bus ginama viešame Ekonomikos mokslo krypties tarybos posėdyje 2025 m. rugsėjo 25 d. 11 val. Mykolo Romerio universitete, I-414 auditorijoje.

Adresas: Ateities g. 20, LT-08303 Vilnius, Lietuva.

SANTRAUKA

Temos aktualumas. Šiuolaikiniame, nuolat besikeičiančiame ir globalizacijos paveiktame pasaulyje atsinaujinančių energetikos išteklių plėtros poveikio vertinimas yra vienas svarbiausių procesų, siekiant įvertinti galimą aplinkos, ekonominį ir socialinį poveikį, kuris kyla diegiant ir plėtojant šiuos išteklius. Šiame vertinime turi būti analizuojami įvairūs aspektai, tokie, kaip CO₂ emisijos mažinimo galimybės, energijoe tiekimo saugumo gerinimas, žmonių gerovės u-tikrinimas bei neigiamas poveikis ekosistemai ir biologinei įvairovei (Kumler et al., 2025). Per pastarąjį dešimtmetį pagrindine aplinkosaugos problema tapo klimato kaita ir padidėjusi oro tarša, todėl klimato kaitos švelninimo ir taršos mažinimo politika yra du esminiai pasaulinės aplinkosaugos politikos prioritetai. Dauguma mokslininkų (Pahle, 2016; Bortoluzzi et al., 2021; Algarni et al., 2023; Farghali et al., 2023; Orlando et al., 2023; Osman et al., 2023; Rocha et al., 2023; Adanma & Ogunbiyi, 2024; Gayen et al., 2024) teigia, kad sprendžiant klimato kaitos problemą, būtina informuoti visuomenę apie alternatyvių energetikos išteklių naudojimo galimybes. Teigiama, kad perėjimas prie atsinaujinančių energetikos išteklių bus visokeriopai naudingas, nes bus skatinamos technologinės inovacijos, didinama ekonominė nauda ir gerinamos globalios energijos sistemos (Lin et al., 2025). Naudojant tokius alternatyvius išteklius, kaip saulės, vėjo ar vandens, stengiamasi gauti švaresnę ir pigesnę energiją, todėl alternatyvių išteklių naudojimas energetikos srityje iš dalies padeda atsakyti taršių energijos iteklių naudojimo, įgyti energetinę nepriklausomybę nuo iškastinio kuro naudojimo bei gauti ekonominę naudą (Sulich & Soloduch-Pelc, 2022). Energetikos sektoriaus plėtra ir inovacijų diegimas energetikos srityje yra vieni iš pagrindinių veiksnių, skatinančių tvarią plėtrą, todėl disertacijoje daugiausia dėmesio yra skiriama atsinaujinančių išteklių naudojimo poveikiui ekonomikai, analizuojant šį poveikį per energetikos sektoriaus plėtros prizmę.

Šiuo metu labai opi tapo pasaulinio atšilimo ir klimato kaitos problema, kurios pasekmės matomos visose srityse, tarp jų labiausiai ekonomikos, aplinkosaugos ir socialinėje. Neišvengiamas gyventojų skaičiaus augimas ir ekonominė plėtra daugelyje šalių turi neigiamą poveikį aplinkai, nes energijos gamybos procesai yra kenksmingi ir teršia ekosistemą. Šiuo metu žinoma, kad iškastinis kuras, branduolinė energija ir atsinaujinantys ištekliai yra pagrindiniai šiandien prieinami energijos tipai (Algarni et al., 2023).

Energija yra pagrindinis žmogaus gerovės kūrimo elementas, kuris yra reikšmingas didinant ekonominę naudą, užtikrinant tvarią plėtrą bei siekiant skurdo mažinimo (Augutis et al., 2011; Adedoyin et al., 2023). Energija yra unikalūs gamybos veiksnys, svarbus tiek vystant ekonomiką, tiek ir puoselėjant visuomenės gerovę. Siekiant išvengti neigiamo poveikio aplinkai, išryškėja poreikis keisti iškastinį kurą alternatyviu. Energijos naudojimo efektyvumo ir atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimo didinimas yra pagrindiniai šiltnamio dujų emisijų mažinimo būdas bei pagrindinis Europos Sąjungos (toliau - ES) energetikos ir klimato kaitos švelninimo politikos tikslas (Monbiot, 2007; Hamid et al., 2007; Wilson & Dowlatabani, 2007; Levenda et

al., 2021; Alsagr, 2023). Inovatyvių technologijų taikymas ir atsinaujinančių energijos išteklių naudojimas padeda apsaugoti aplinką nuo neigiamo poveikio ir sumažinti išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį. Energija laikoma pagrindiniu veiksniu kuriant žmogaus gerovę, taigi ekonomikos ir tvarumo vystymosi bei skurdo mažinimo komponentas yra reikšmingas bet kurioje pasaulio valstybėje. Energija laikoma viena iš pagrindinių ekonomikos augimo varomųjų jėgų (Augutis et al., 2011). Galima teigti, jog pastaruoju metu Europos Sąjungos energetikos sektorius susiduria su trimis pagrindiniais aspektais: energijos tiekimo saugumu, konkurencingumu ir energetikos sektoriaus tvarumu. Energija yra bet kokio gamybos proceso esmė ir ji yra būtina ekonominiam valstybės augimui. Energija yra nepakeičiamas gamybos veiksnys, kuris prisideda prie tautų ekonominio vystymosi ir gerovės (Adedoyin et al., 2023). Žmogaus civilizacijos pažanga remiasi didele dalimi energijos ir toliau augant žmonių visuomenei, energijos poreikiai vis didėja.

Energija, gaunama iš iškastinio kuro, labai prisideda prie pasaulinės klimato kaitos – jos generavimas sąlygoja daugiau nei 75 proc. šiltnamio efektą sukeliančių dujų ir maždaug 90 proc. viso anglies dioksido išmetimą, todėl alternatyvi energija iš atsinaujinančių šaltinių turi būti naudojama energetikos sektoriui dekarbonizuoti. Pasaulinės aplinkos taršos kontekste ypatingai išryškėja atsinaujinantys energijos ištekliai, kurie laikomi pagrindiniu veiksniu, galinčiu padėti ekonomikai kovoti su pasaulinio masto grėsme. Svarbu tik paminėti, kad neigiamas klimato kaitos poveikis, pvz. temperatūros padidėjimas, ekstremalūs vėjai, kylantis jūros lygis ir sumažėjęs kritulių kiekis gali turėti neigiamos įtakos atsinaujinančių energijos išteklių naudojimui (Osman et al., 2023), bet iš pradžių svarbu suprasti, kas yra tie atsinaujinantys ištekliai ir kuo jie yra ypatingi.

Moksliniuose darbuose apie atsinaujinančius energijos išteklius (šaltinius) ir jų poveikį ekonomikai buvo pradėta kalbėti po 1973 m. naftos krizės. Atsinaujinantys energijos ištekliai yra gyvybiškai svarbus veiksnys siekiant tvaraus ekonominio augimo. Svarbu pastebėti, kad ekonominei gerovei grėsmę kelia tokios aplinkybės, kaip padidėjęs energijos poreikis, dėl kurio greitai išaugo tradicinių energijos šaltinių naudojimas (Sebri, 2015). Dėl riboto iškastinio kuro atsargų ir padidėjusio energijos sunaudojimo, dabartiniame pasaulyje nebeįmanoma pasikliauti vien iškastinės energijos ištekliais ir Europos Sąjungos šalys tapo vienos iš labiausiai pažeidžiamų dėl didelės priklausomybės nuo energijos importo ir energijos išteklių trūkumo (Liu et al., 2019). Žinoma, kad pakeitus iškastinį kurą atsinaujinančia energija būtų sumažintas energijos importas, padidintas energijos tiekimo saugumas, išspręsti aplinkosaugos klausimai ir padidintas energijos efektyvumas (Gökgöz & Güvercin, 2018).

Mokslininkai taip pat nuolat analizuoja atsinaujinančios energetikos ilgalaikę naudą šalies ekonomikai ir pradinių investicijų poreikį. Orlando et al. (2023) ir Adanma & Ogunbiyi (2024) pateiktos išvalgos pabrėžia strateginių investicijų į atsinaujinančią energiją svarbą, pabrėžiant ekonomikos taupymo, didesnio pelningumo ir aplinkos tvarumo potencialą. Siekiant užtikrinti patikimą, nebrangų, ekologišką elektros energijos šaltinį šaliai ir izoliuotoms bendruomenėms, viena iš alternatyvų yra surinkti tvarią energiją. Būtina pastebėti, kad ekonominės plėtros procesai ir ekonominis

augimas didina ir energijos sunaudojimą pasaulyje, todėl siekiant užtikrinti tvarią plėtrą ir ekonomikos augimą, skatinama mažinti tradicinių energijos šaltinių naudojimą. Atsinaujinantys energijos šaltiniai visame pasaulyje tapo gyvybiškai svarbiu komponentu tvaraus vystymosi kontekste ir būtent nuo jų priklausys tvarumas ateityje. Tvariam vystymuisi reikia pereiti nuo iškastinio kuro prie priklausomybės nuo švaresnių energijos šaltinių. Šios transformacijos pagrindinis komponentas yra atsinaujinanti energija, kuri žada mažiau neigiamo poveikio aplinkai (Osman et al., 2022). Perėjimas prie atsinaujinančios energijos yra būtinas norint sumažinti pasaulio ekonomines problemas, anglies dioksido išmetimą ir sušvelninti pasaulinę klimato kaitą (Levenda et al., 2021), nes priešingai nei iškastinis kuras, atsinaujinantys energijos šaltiniai sukelia mažesnę šiltnamio efektą ir dujų emisiją (Alsagr, 2023). Aplinkai nekenksmingos energijos paslaugos gali padėti kurti tvarią ir saugią energiją, sušvelninti klimato kaitos poveikį ir sumažinti neigiamą poveikį aplinkai. Atsinaujinančios energijos gamyba ir technologinės naujovės yra sugretinamos vertinant atsinaujinančių energijos išteklių plėtrą (Yang & Zhan, 2024). Priešingai nei iškastinis kuras, atsinaujinantys energijos šaltiniai mažiau teršia aplinką, todėl atsinaujinantys energijos šaltiniai turi didelį potencialą prisidėti prie ekonominio, socialinio ir aplinkosaugos energijos tvarumo, nes energijos ištekliai yra labiau prieinami, mažiau teršalų patenka į aplinką, o kartu atsiranda socialinės ir ekonominės plėtros galimybės.

Empiriniai rezultatai taip pat rodo, kad atsinaujinančios energijos gamyba paprastai skatina energetinį saugumą. Atsinaujinančių energijos išteklių taikymas labai padeda sumažinti riziką, susijusią su proceso gamyba ir energijos kainų svyravimais (Lucas et al., 2016). Atsižvelgiant į kainą, prieinamumą ir technologiją atsinaujinančių energijos šaltinių plėtra komerciniam naudojimui yra ekonomiškai pranašesnė už iškastinio kuro technologijas (Valentine, 2011; He & Shen, 2019; Miremadi et al., 2019). Be to, yra glaudus ryšys tarp energijos naudojimo ir aplinkosaugos problemų, kurias taip pat pabrėžė Europos Komisija. Atsinaujinantys ištekliai gali automatiškai atsinaujinti, o neatsinaujinančios medžiagos negali, todėl iškastinis kuras turėtų būti naudojamas saikingai. Atsinaujinantys energijos šaltiniai ir yra apibrėžiami kaip energijos šaltinis, kurio atsiradimą lemia gamtos veiksniai ir todėl yra „atnaujinamieji“. Atsinaujinantys energijos šaltiniai yra neriboti, jų tiekimas yra nuolatinis, tačiau apimantis technologinius, ekonominius, politinius ir socialinius procesus (Harris & Roach, 2014). Tyrimai (Keles & Bilgen, 2012) atskleidžia, jog atsinaujinantys energijos šaltiniai taip pat turi būti tvarūs, nesibaigiantys ir nekenkiantys aplinkai, atsinaujinanti energija ilgojo laikotarpio perspektyvoje turi būti nebrangi ir patenkinanti visuomenės poreikius. Svarbu įvertinti jų naudą ir iššūkius mažinant šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimą, mažinant žalą aplinkai ir skatinant ilgalaikį tvarumą (Osman et al., 2022).

Pastebėtina, kad atsinaujinantieji energijos ištekliai (vėjo, saulės energija, aeroterminiai, geoterminiai, hidroterminiai ištekliai ir vandenynų energija, hidroenergiija, biomasė, sąvartynų dujos, nuotekų perdirbimo įrenginių dujos ir biologinės dujos) yra alternatyva iškastiniam kurui ir padeda mažinti išmetamą šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį ir įvairinti energijos tiekimą. Pastaraisiais metais priimta daug ES teisės aktų (pvz. 2014-2020 m. Valstybės pagalbos gairės aplinkos apsaugos ir energetikos srityse;

Atsinaujinančių išteklių energijos vartojimo pažangos ataskaita. Komisijos ataskaita Europos Parlamentui, Tarybai, Europos ekonomikos ir socialinių reikalų komitetui ir regionų komitetui; Atsinaujinančios energijos pramonės planas Lietuvai; Atsinaujinančios energijos technologijų planas), kuriuose skatinama naudoti atsinaujinančiuosius energijos išteklius. ES vadovai nustatė tikslą ne vėliau kaip iki 2030 m. užtikrinti, kad 50 proc. ES suvartojamos energijos būtų gaunama iš atsinaujinančiųjų energijos išteklių, taip pat įsipareigota siekti ambicingo tikslo iki 2050 m. tapti pirmuoju pasaulyje klimatui neutraliu žemynu. Ekspertai teigia, kad atsinaujinantys energijos ištekliai iki 2030 m. galėtų užtikrinti 65% viso pasaulio elektros tiekimo, o iki 2050 m galėtų apimti 90 % elektros pramonės, žymiai sumažinti anglies dvideginio išmetimą bei prisidėti prie klimato kaitos švelninimo (Osman et al., 2023; Rocha et al., 2023).

Tyrimo mokslinė problema: kaip augantis atsinaujinančiųjų energijos išteklių naudojimas paveiks ekonomikos augimą. Taigi, siekiama rasti sprendimą – kaip įvertinti atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo poveikį ekonomikai socialiniame, politiniame, aplinkosaugos ir ekonominiame kontekste.

Mokslinio tyrimo objektas – atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo poveikis ekonomikos augimui.

Tyrimo tikslas – teoriškai pagrindus atsinaujinančių energijos išteklių naudojimą, parengti metodiką atsinaujinančių energijos išteklių poveikio ekonomikos augimui vertinti ir ją empiriškai patikrinti ES šalių kontekste.

Siekiant užsibrėžto tikslo buvo iškelti tokie **tyrimo uždaviniai**:

Uždaviniai:

1. Išanalizuoti atsinaujinančių energijos išteklių sampratos interpretacijas ir jų naudojimo vertinimo požiūrius.
2. Atskleisti atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo reikšmę tvariam ekonomikos augimui užtikrinti.
3. Nustatyti metodus, tinkamus atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo poveikiui vertinti.
4. Sukurti metodiką atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo poveikiui ekonomikos augimui vertinti.
5. Įvertinti atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo poveikį ekonomikos augimui ES šalyse.

Tyrimo metodai

Tyrimui atlikti buvo pritaikyti moksliniai tyrimo metodai. Analizuojant atsinaujinančių energijos išteklių sampratos genezę ir struktūros sampratą, kūrybinės ekonomikos teorinius aspektus, naudojami tokie metodai kaip mokslinės literatūros analizė, mokslinių teiginių ir empirinių tyrimų rezultatų sisteminimas, indukcijos ir dedukcijos metodai, loginė abstrakcija, palyginamumo metodas. Empirinio tyrimo atlikimui naudojama *lyginamoji duomenų analizė ir 6matematinės statistikos metodai, ekonometrinis modeliavimas, remiantis panelinių duomenų modeliais tokiais kaip mažiausių kvadratų, fiksuotų ir atsitiktinių efektų. Visi reikalingi statistiniai duomenys rinkti iš Eurostat duomenų bazės.*

Darbo mokslinis naujumas ir praktinė reikšmė

Rengiant disertaciją buvo gauti šie ekonomikos mokslui nauji rezultatai:

1. Atlikta atsinaujinančių energijos išteklių sampratos koncepcijų ir požiūrių analizė, kuri atskleidė šios sąvokos daugialypiškumą ir platų jos pritaikomumą įvairioms problemoms nagrinėti, tarp jų ekonomikos augimui vertinti;
2. Atsinaujinančių energijos išteklių taikymas padeda sumažinti riziką, susijusią su gamyba ir energijos kainų svyravimais, todėl atskleistas glaudus ryšys tarp energijos vartojimo ir aplinkosaugos problemų;
3. Sukurta atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo poveikio ekonomikos augimui vertinimo metodika, pritaikyta statistiniams duomenims, dėl to yra išvengiama subjektyvaus požiūrio, bet remiamasi objektyviais vertinimais;
4. Sukurta atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo poveikio vertinimo metodika ir atliktas empirinis tyrimas gali būti pritaikytas ekonomikos augimui vertinti, kartu modeliuojant ateities situacijas ir jų galimą poveikį.

Ginamieji teiginiai

1. Atsinaujinančių energijos išteklių naudojimas daro teigiamą įtaką ekonomikos augimui.
2. Parengta atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo vertinimo metodika leidžia vertinti poveikį ekonomikos augimui eliminuojant subjektyvaus pobūdžio problemas.

Darbe iškeltos hipotezės

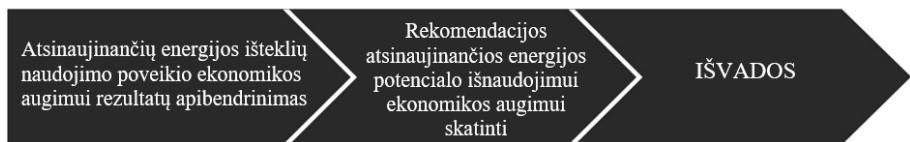
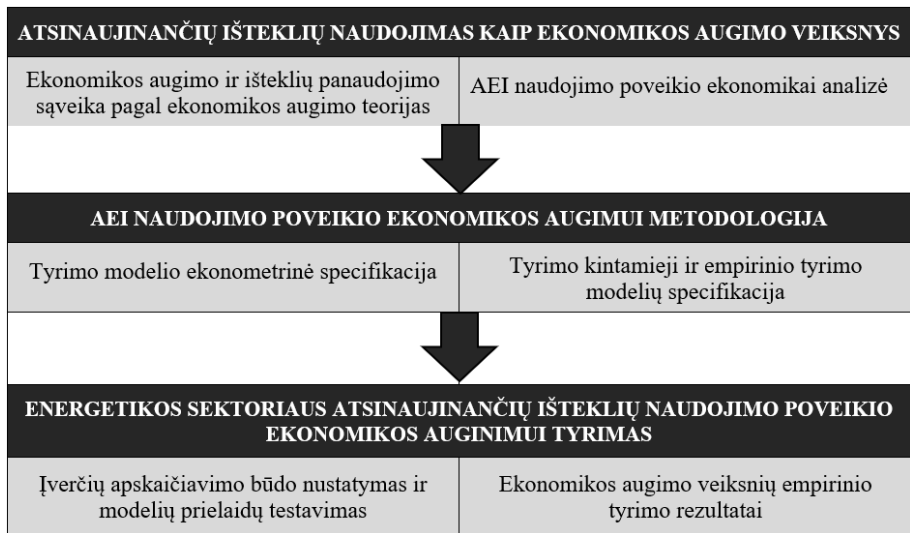
Siekiant įvertinti atsinaujinančių energijos išteklių poveikį ekonomikos augimui svarbu patikrinti ir pagrindines hipotezes. Jų darbe yra iškeltos 3 (trys):

H1: Perėjimas prie atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo lėtina ekonomikos augimą.

H2: Perėjimas prie atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo daro mažesnę neigiamą poveikį ekonomikos augimui kai šalis yra labiau priklausoma nuo importuojamų energijos šaltinių.

H3: Ekstremalesnis klimatas mažina neigiamą perėjimo prie atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo poveikį ekonomikos augimui.

Disertacijos loginė struktūra. Disertaciją sudaro įvadas, trys skyriai, išvados, literatūros sąrašas, ir priedai. Disertacijos loginė struktūra pateikta 1 pav.



1 pav. Loginė disertacinio tyrimo struktūra

Pirmoje disertacijos dalyje nagrinėjamos atsinaujinančių energijos išteklių (AEI) sampratos, rūšys, ir kiti ypatumai, apžvelgiamas šių išteklių ekonominis bei aplinkosauginis vaidmuo. Pateikiamos įvairios AEI interpretacijos, akcentuojant jų ryšį su tvarios plėtros principais. Taip pat apžvelgiamos AEI klasifikacijos, jų technologiniai skirtumai ir įtaka šiltnamio efektą sukeliančių dujų mažinimui. Nagrinėjama AEI svarba ne tik ekologiniu, bet ir socialiniu bei makroekonominiu požiūriu, formuluojami teoriniai pagrindai, kuriais remiasi tolesnė analizė. Taip pat yra vertinamas ekonomikos augimo ir atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimo ryšys atskleidžiant ekonomikos augimo teorijų ypatumus bei kitus teorinius atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo poveikio ekonomikos augimui aspektus.

Antrojoje dalyje suformuluota atsinaujinančių energijos išteklių poveikio ekonomikai tyrimo metodika bei apibrėžiami pagrindiniai poveikio ekonomikai aspektai. Detaliai aptariama empirinio tyrimo eiga, tyrimo metodai ir jų charakteristika.

Apibrėžiami pagrindiniai ekonominiai rodikliai, indikatoriai ir analitiniai metodai, taikytini siekiant kiekybiškai įvertinti AEI naudojimo įtaką BVP augimui, darbo vietų kūrimui, investicijoms bei energetiniam saugumui. Taip pat aptariamas duomenų rinkimo pagrindumas, daugiakriterinio vertinimo ir regresinės analizės taikymas. Dalis grindžiama ir ES politinių strategijų kontekstu, akcentuojant tarpvalstybinius skirtumus bei pritaikymo ribotumus.

Trečiojoje dalyje pateikiami empiriniai tyrimo rezultatai, paremti Europos Sąjungos šalių duomenų analize. Statistiniais metodais įvertintas AEI poveikis ekonomikos augimui, identifikuoti esminiai skirtumai tarp šalių, priklausomai nuo jų AEI vartojimo intensyvumo, priklausomybės nuo importuojamos energijos bei klimato pokyčių veiksnių. Patvirtinta, kad AEI nelemia ekonomikos augimo lėtėjimo, o kai kuriais atvejais jį skatina – ypač dėl inovacijų, investicijų pritraukimo bei darbo vietų kūrimo. Šioje dalyje taip pat suformuluotos pagrindinės išvados ir rekomendacijos politikos formuotojams.

Pagrindiniai disertacijos teiginiai ir išvados. Atlikti tyrimai parodė, kad atsinaujinančių energijos išteklių vartojimas valstybėse nuolat didėja, o Europos Sąjungoje jų plėtra yra vienas svarbiausių energetikos politikos tikslų. Atsinaujinančių energijos išteklių naudojimas sąlygoja šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekio sumažinimą, oro kokybės gerėjimą ir priklausomybės nuo baigtinių iškastinio kuro išteklių nutraukimą, o šios naudos ypatingai prisideda prie ilgalaikio tvarumo užtikrinimo. Skirtingos ekonomikos augimo teorijos pateikia įvairių įžvalgų apie ekonomikos augimo ir atsinaujinančių gamtos išteklių naudojimo sąsajas. Vertinant atsinaujinančių išteklių naudojimo poveikį ekonomikai turi būti atsižvelgiama į atsinaujinančių išteklių pagrindinius aspektus ir jų sąsajas su investicijomis, technologine pažanga bei į galimybes sprendžiant pagrindines aplinkosaugos problemas siekti tvarios plėtros užtikrinimo. Be to, atsinaujinančių energijos išteklių naudojimas teigiamai veikia naujų darbo vietų kūrimą, energijos kainų stabilizavimą, rinkos dinamiką, o ypatingai sąlygoja taršos bei klimato kaitos mažinimą.

Atsižvelgiant į pastarųjų 20 metų patirtį taikant aplinkosaugos politikos priemones ES šalims, galima tiksliau suformuluoti priemones, kurios nukreiptų atsinaujinančiosios energijos panaudojimą ekonomikos augimui skatinti.

Disertacijoje buvo tikrintos trys suformuluotos hipotezės.

- Atsinaujinančių energetikos šaltinių poveikis ekonomikos augimui (H1 hipotezė – atmesta).

Tyrimo rezultatai paneigia H1 hipotezę, teigusią, kad perėjimas prie atsinaujinančių energijos šaltinių (AEI) lėtina ekonomikos augimą. Nors pradžioje AEI reikalauja didelių investicijų ir gali būti brangesni nei tradiciniai energijos šaltiniai, tokie kaip iškastinis kuras ar branduolinė energija, ilgalaikėje perspektyvoje AEI neturi reikšmingo neigiamo poveikio ekonomikos augimui. Priešingai, AEI plėtra gali paskatinti ekonomikos augimą per įvairius mechanizmus:

- Priklausomybė nuo importuojamos energijos ir AEI poveikis ekonomikai (H2 hipotezė – priimta).

H2 hipotezė, teigianti, kad perėjimas prie AEI turės mažesnį neigiamą poveikį ekonomikos augimui tose šalyse, kurios labiau priklauso nuo importuojamos energijos, buvo patvirtinta. Šios šalys susiduria su rizika, kad energijos importas gali tapti nestabilus dėl geopolitinių įvykių, tiekimo grandinių sutrikimų ar kainų svyravimų. Todėl perėjimas prie AEI tokioms šalims suteikia šias pagrindines naudas: energetinio saugumo didinimą, energijos kainų stabilizavimą.

- Ekstremalesni klimato pokyčiai ir jų poveikis AEI naudai (H3 hipotezė – priimta).

H3 hipotezė teigia, kad ekstremalesni klimato pokyčiai (padidėjęs vėsinimo ir šildymo poreikis) mažina neigiamą perėjimo prie AEI poveikį ekonomikos augimui. Ši hipotezė buvo patvirtinta tyrime, nes AEI technologijos tampa ypatingai aktualios esant klimato kaitos iššūkiams:

Klimato kaitos švelninimas. Perėjimas prie AEI padeda sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas, kurios yra pagrindinė klimato kaitos priežastis. Šalys, kurios kenčia nuo ekstremalių klimato sąlygų, mato AEI kaip priemonę kovoti su klimato kaitos poveikiu ir prisitaikyti prie naujų aplinkos sąlygų.

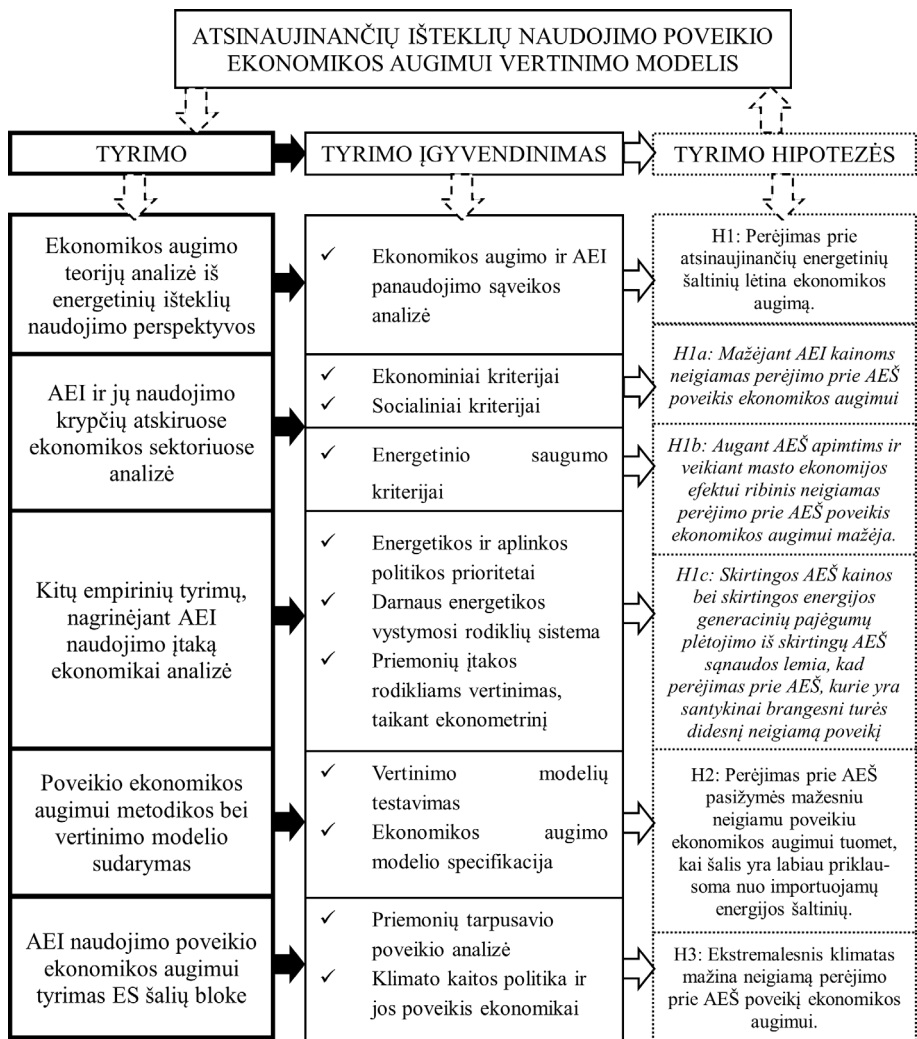
Šalys, turinčios ekstremalų klimatą. AEI tampa ypač patraukliomis šalyse, kurios susiduria su ekstremaliu klimatu, nes šios šalys turi didelį vėsinimo ir šildymo energijos poreikį. Tokios šalys gali pasinaudoti AEI siekdamos suvaldyti energijos kainas ir išvengti didėjančio klimato kaitos poveikio.

Alternatyvių kaštų sumažėjimas. Kylant pasaulinėms temperatūroms ir didėjant ekstremalių klimato įvykių dažnumui, tradicinių energijos šaltinių naudojimo alternatyvūs kaštai didėja. AEI tampa patrauklesni, nes sumažėja alternatyviųjų kaštų ir prisitaikymo prie klimato kaitos išlaidos.

Ilgalaikė AEI nauda ekonomikai ir aplinkai. Perėjimas prie AEI teikia ilgalaikę ekonominę ir aplinkosauginę naudą. Pagrindiniai šios naudos apimami aspektai:

- Tvarus ekonomikos augimas. AEI naudojimas mažina priklausomybę nuo baigtinių išteklių, skatina energetinį savarankiškumą ir leidžia valstybei užtikrinti tvarų ir ilgalaikį augimą.
- Aplinkos kokybės gerinimas. AEI plėtra reikšmingai prisideda prie oro kokybės gerinimo, mažinant kenksmingų teršalų išmetimus, o tai tiesiogiai veikia visuomenės sveikatą ir gerovę.

Prisitaikymas prie rinkos dinamikos. AEI skatina inovacijas, kuria naujas verslo galimybes ir prisideda prie energetikos sektoriaus struktūrinių pokyčių, kurie padeda valstybėms prisitaikyti prie pasaulinių energetikos rinkos dinamikų.



2 pav. Atsinaujinančių išteklių naudojimo poveikio ekonomikos augimui vertinimo modelis (sudaryta autoriaus).

Išanalizavus atsinaujinančių energijos išteklių sampratos interpretacijas ir jų naudojimo vertinimo požiūrius, darbe atsinaujinantys energijos ištekliai yra apibrėžti, kaip ištekliai, kurie gali būti pakartotinai panaudoti energijai generuoti, o pagrindinės atsinaujinančių energijos išteklių šaltinių rūšys yra: saulės šviesa, vėjas, upių tekėjimas, jūrų bangavimas, potvyniai ir atoslūgiai, biomasės augimas, geoterminė energija. Atsinaujinantys energijos ištekliai yra labai svarbūs ne tik klimato kaitos mažinimui, anglies dvideginio išmetimo sumažinimui ir aplinkos apsaugai, bet ir ekonomikos augimui, todėl atsinaujinančių energijos išteklių naudojimas turi daug reikšmingų

pranašumų palyginti su tradiciniu iškastiniu kuru, nes yra ekologiškas, tvarus ir saugus. Reikšmingas pranašumas yra minimalus šiltnamio efektą sukeliančių dujų ir teršalų išmetimas iš atsinaujinančių energijos šaltinių, kurie žymiai sumažina bendrą jų neigiamą poveikį aplinkai. Skirtingai nuo baigtinių iškastinio kuro atsargų, atsinaujinanti energija pasižymi tvarių nuolatinių pajėgumu, išvengiant susirūpinimo dėl išteklių išekvojimo. Be to, atsinaujinantys energijos ištekliai yra iš prigimties saugesnis energijos gavimo būdas, kuris leidžia sumažinti priklausomybę nuo iškastinio kuro ir sukurti tvaresnę energijos šaltinį ateities kartoms.

Atskleidus ir ištyrus atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo reikšmę tvariam ekonomikos augimui užtikrinti buvo prieita prie išvados, kad atsinaujinančių energijos išteklių vartojimas valstybėse nuolat didėja, o Europos Sąjungoje jų plėtra yra vienas svarbiausių energetikos politikos tikslų. Atsinaujinančių energijos išteklių naudojimas sąlygoja šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekio sumažinimą, oro kokybės gerėjimą ir priklausomybės nuo baigtinių iškastinio kuro išteklių nutraukimą, o šios naudos ypatingai prisideda prie ilgalaikio tvarumo užtikrinimo. Skirtingos ekonomikos augimo teorijos pateikia įvairių įžvalgų apie ekonomikos augimo ir atsinaujinančių gamtos išteklių naudojimo sąsajas. Vertinant atsinaujinančių išteklių naudojimo poveikį ekonomikai turi būti atsižvelgiama į atsinaujinančių išteklių pagrindinius aspektus ir jų sąsajas su investicijomis, technologine pažanga bei į galimybes sprendžiant pagrindines aplinkosaugos problemas siekti tvarios plėtos užtikrinimo. Be to, atsinaujinančių energijos išteklių naudojimas teigiamai veikia naujų darbo vietų kūrimą, energijos kainų stabilizavimą, rinkos dinamiką, o ypatingai sąlygoja taršos bei klimato kaitos mažinimą.

Atsinaujinančios energijos augimui daro įtaką klimato kaita, energetinis saugumas, emisijų bei sąnaudų mažinimas. Siekiant tiksliai prognozuoti saulės, vėjo ir kitų šaltinių panaudojimą, taikyti duomenimis pagrįsti metodai: mažiausių kvadratų metodas, Granger priežastingumo testas, panelinė analizė, autoregresyvūs paskirstyto atsilikimo modeliai, bei ekonometriniai metodai. Šie metodai padeda įvertinti ryšį tarp atsinaujinančios energijos išteklių ir ekonomikos plėtos, nustatyti ryšio kryptį bei stiprumą. Tyrimai rodo dvikryptę įtaką tarp BVP ir energijos vartojimo, nors rezultatai priklauso nuo šalies ir metodų. Didelės investicijos į atsinaujinančią energetiką sukėlė reikšmingus pokyčius energetikos sektoriuje. Nors klimato kaita yra svarbus veiksnys, svarbiausias augimo tikslas – pozityvus ekonominis poveikis. Atsinaujinanti energija skatina verslo plėtrą, užimtumą ir mažina priklausomybę nuo importuojamos energijos, taip prisidedama prie BVP augimo ir prekybos balanso gerėjimo. Vertinant ekonominį poveikį ir žaliąją ekonomiką, būtinas nuoseklus politikos formuotojų informuotumas bei duomenimis grįstų sprendimų priėmimas. Metodiniai ir duomenų apribojimai išlieka iššūkiu, tačiau metodų įvairovė leidžia pasiekti patikimesnius rezultatus.

Vertinant atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo poveikį ekonomikos augimui buvo sudaryta tyrimo metodika, vertinant: atsinaujinančių energijos šaltinių poveikį ekonomikos augimui, priklausomybę nuo importuojamos energijos ir AEI poveikį ekonomikai, ekstremalesnius klimato pokyčius ir jų poveikį AEI naudai bei ilgalaikę AEI naudą ekonomikai ir aplinkai.

Įvertinus atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo poveikį ekonomikos augimui ES šalyse paaiškėjo, kad perėjimas prie atsinaujinančių energijos išteklių teigiamai veikia ekonomikos augimą. Nors pradžioje atsinaujinantys energijos ištekliai reikalauja didelių investicijų ir gali būti brangesni nei tradiciniai energijos šaltiniai, tokie kaip iškastinis kuras ar branduolinė energija, ilgalaikėje perspektyvoje jie neturi reikšmingo neigiamo poveikio ekonomikos augimui, o jų augimas gali paskatinti ekonomikos augimą per įvairius mechanizmus: technologinę pažangą (AEI technologijos nuolat tobulėja, o tai lemia sumažėjusias įrengimo ir eksploatacijos išlaidas, o dėl masto ekonomijos, didėjanti AEI diegimo apimtis mažina vieneto kainas, taip padarydama AEI konkurencingus tradicinių šaltinių atžvilgiu), darbo vietų kūrimą (atsinaujinančių energijos išteklių plėtra skatina naujų darbo vietų kūrimą, ypač aukštos kvalifikacijos specialistų srityse, tokiuose sektoriuose kaip inžinerija, technologijos, gamyba, statyba ir aptarnavimas ir taip skatina tiek vietinę, tiek regioninę ekonomiką), investicijų pritraukimą (AEI projektai dažnai pritraukia tiek vietines, tiek tarptautines investicijas, ypač ES kontekste, kur į AEI skatinimą yra nukreiptos didelės ES fondų lėšos, o šios investicijos prisideda prie šalių ilgalaikio tvaraus augimo ir ekonominės gerovės).

Įvertinus priklausomybę nuo importuojamos energijos ir AEI poveikį ekonomikai buvo patvirtinta, kad mažėjanti priklausomybė nuo importuojamos energijos turi teigiamą poveikį ekonomikai, tose šalyse, kurios labiau priklauso nuo importuojamos energijos, buvo patvirtinta. Šios šalys susiduria su rizika, kad energijos importas gali tapti nestabilus dėl geopolitinių įvykių, tiekimo grandinių sutrikimų ar kainų svyravimų. Perėjimas prie AEI tokioms šalims suteikia šias pagrindines naudas: energetinio saugumo didinimą (AEI leidžia sumažinti priklausomybę nuo užsienio tiekėjų, kas stiprina šalies energetinį saugumą ir yra ypač svarbu mažoms ir nuo importo priklausomoms ekonomikoms, kurios dažnai yra jautrios energijos kainų svyravimams), energijos kainų stabilizavimą (AEI, pvz., saulės ar vėjo energija, pasižymi mažesniu kintamumu ir ilgainiui tampa pigesni, kai pradinės investicijos atsiperka, todėl tai suteikia energijos kainų stabilumą tiek įmonėms, tiek namų ūkiams, kas teigiamai veikia ekonominę aplinką) importo mažinimą ir eksportą (AEI technologijų plėtra gali skatinti technologijų eksportą, ypač jei šalis tampa AEI technologijų gamybos lydere ir taip pat gali prisidėti prie naujų prekybos srautų ir ekonomikos diversifikavimo).

Įvertinus ekstremalesnius klimato pokyčius ir jų poveikį AEI naudojimui buvo patvirtinta, jog ekstremalesni klimato pokyčiai (pvz., didesnis šildymo ir vėsinimo poreikis) mažina neigiamą AEI poveikį ekonomikos augimui, nes AEI technologijos tampa ypač svarbios sprendžiant klimato kaitos iššūkius: klimato kaitos švelninimas (perėjimas prie AEI padeda sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas, kurios yra pagrindinė klimato kaitos priežastis, todėl šalys, kurios kenčia nuo ekstremalių klimato sąlygų, mato AEI kaip priemonę kovoti su klimato kaitos poveikiu ir prisitaikyti prie naujų aplinkos sąlygų), šalys, turinčios ekstremalų klimatą (AEI tampa ypač patraukliomis šalyse, kurios susiduria su ekstremaliu klimatu, nes šios šalys turi didelį vėsinimo ir šildymo energijos poreikį, todėl gali pasinaudoti AEI siekdamos suvaldyti energijos kainas ir išvengti didėjančio klimato kaitos poveikio), alternatyvių kaštų sumažėjimas (kylant pasaulinėms temperatūroms ir didėjant ekstremalių klimato įvykių

dažnumui, tradicinių energijos šaltinių naudojimo alternatyvūs kaštai didėja, todėl AEI tampa patrauklesni naudojimui, nes sumažėja alternatyviųjų kaštų ir prisitaikymo prie klimato kaitos išlaidos).

Praktinės rekomendacijos politikai ir verslo sektoriaus skatinimui.

Valstybių politikos formuotojams ir sprendimų priėmėjams: Vyriausybėms reikėtų skatinti AEI plėtrą per tinkamą reguliacinę ir finansinę paramą. Tai apima mokesčių lengvatas, subsidijas ir dotacijas AEI projektams, kurie padeda sumažinti perėjimo kaštus ir skatina ilgalaikį tvarų augimą.

Verslo sektoriui: Verslo subjektams svarbu investuoti į AEI technologijas ir efektyvumo gerinimą, siekiant sumažinti išlaidas energijai ir sumažinti priklausomybę nuo tradicinių energijos šaltinių, kurie gali tapti nepatikimi ar brangesni dėl globalių rinkų svyravimų.

Tolesnių tyrimų kryptys.

Tyrimą būtų tikslinga plėtoti ieškant būdų nagrinėjant tarpdisciplininius ryšius tarp atsinaujinančios energetikos ir ekonomikos augimo teorijų, taip pat plečiant empirinių duomenų ir ekonometrinių vertinimų bazę. Atsižvelgiant į tai, rekomenduotina analizuoti AEI poveikį platesniam ekonominės gerovės rodiklių spektrui: pajamų nelygybei, struktūriniam nedarbui, vartotojų perkamajai galiai, regioninei konvergencijai. Tikslinga būtų tirti, ar AEI plėtra prisideda prie tvaraus ir įtraukaus augimo (*inclusive growth*), ypač skirtingų pajamų grupių kontekste.

Tyrimą galima praplėsti siekiant nustatyti investicijų grąžos analizę – tiek mikroekonominiu (įmonių), tiek makroekonominiu (šalių) lygmeniu. Galėtų būti taikomi produktyvumo analizės metodai (pvz., DEA – duomenų apgaubties analizė), siekiant nustatyti, kurios šalys ar sektoriai efektyviausiai transformuoja AEI investicijas į ekonominę naudą.

Tolesniuose tyrimuose vertėtų nagrinėti, kaip AEI diegimas keičia nacionalinių ekonomikų struktūrą – pavyzdžiui, kokį poveikį jis turi pramonės ir paslaugų sektorių santykiui, žemės ūkio transformacijai, darbo jėgos kvalifikacijos paklausai. Tai reikštų tyrimo plėtrą į struktūrinių pokyčių (*structural transformation*) analizę.

Taip pat būtų tikslinga analizuoti, kokios finansinės paskatos (subsidijos, mokesčių lengvatos, žalieji obligacijų instrumentai) yra efektyviausios AEI plėtrai skatinti. Tai leistų sukurti rekomendacijas viešosios politikos formuotojams dėl efektyviausio viešųjų išlaidų paskirstymo tvarioms investicijoms.

Kadangi AEI sektorius glaudžiai susijęs su technologinėmis inovacijomis, būtina gilinti analizę apie tai, kaip valstybės ar privataus sektoriaus investicijos į mokslinius tyrimus ir eksperimentinę plėtrą AEI srityje koreliuoja su ekonomikos produktyvumu bei konkurencingumu.

Svarbi tyrimų kryptis – AEI įtaka ekonomikos atsparumui ekonominiams sukrėtimams: pandemijoms, energetinėms krizėms, geopolitiniams konfliktams. Tai ypač aktualu analizuojant šalių pasirengimą žaliosios transformacijos scenarijams pagal ES Žaliojo kurso tikslus.

Atsižvelgiant į Lietuvos energetikos sektoriaus struktūrą, tikslinga tolesniuose

tyrimuose gilintis į biomasės, kaip AEI rūšies, makroekonominį potencialą. Rekomenduojama atlikti biomasės energetikos poveikio ekonomikai analizę trimis aspektais.

- Regioninis ekonominis poveikis: tirti, kokią įtaką biomasės sektorius turi regionų užimtumui, žemės ūkio ir miškininkystės pajamoms, smulkiojo ir vidutinio verslo vystymuisi. Biomasės projektai dažnai lokalizuoti regionuose, todėl turi reikšmingą poveikį regionų ekonominei plėtrai bei socialiniam atsparumui.
- Energetinis saugumas ir biomasės vaidmuo pereinant prie decentralizuotos energetikos: svarbu analizuoti, kaip biomasės energetika padeda mažinti priklausomybę nuo importuoto kuro, ypač žiemos metu, kai padidėja šildymo poreikis. Biomasė – viena iš AEI rūšių, kurią galima kaupti ir naudoti lanksčiai.
- Biomasės rinkos struktūra ir reguliavimo politika: rekomenduojama atlikti tyrimus apie biomasės rinkų reguliavimą, prekybos žaliava (mediena, šiaudai, atliekos) skaidrumą, subsidijų efektyvumą, žaliosios sertifikacijos įtaką rinkos dalyviams. Taip pat verta analizuoti LCOE (*levelized cost of energy*) metodika grįstą biomasės projektų konkurencingumą kitų AEI atžvilgiu.

Ši kryptis itin aktuali Lietuvai, kur biomasė sudaro reikšmingą atsinaujinančios energijos balanso dalį, ir būtų naudinga viešosios politikos formuotojams, bei vietos savivaldai planuojant investicijas į tvarią šilumos ir elektros gamybą.

Mokslinių publikacijų disertacijos tema sąrašas

1. Dirma, Virgilijus; Okunevičiūtė Neverauskienė, Laima; Tvaronavičienė, Manu-
ela; Danilevičienė, Irena; Tamošiūnienė, Rima. The Impact of Renewable Ener-
gy Development on Economic Growth // *Energies: Sustainable Resource Ma-
nagement for a Circular Economy*. Basel: MDPI AG. eISSN 1996-1073. 2024,
vol. 17, iss. 24, art. no. 6328, p. 1-23. DOI: 10.3390/en17246328.
<https://www.mdpi.com/1996-1073/17/24/6328#>.
2. Okunevičiūtė Neverauskienė, Laima; Dirma, Virgilijus; Tvaronavičienė, Manu-
ela; Danilevičienė, Irena. Assessing the Role of Renewable Energy in the Sustai-
nable Economic Growth of the European Union // *Energies*. Basel: MDPI AG.
eISSN 1996-1073. 2025, vol. 18, iss. 4, 760, p. 1-23. DOI: 10.3390/en18040760.
<https://www.mdpi.com/1996-1073/18/4/760>.
3. Simanavičienė, Žaneta; Dirma, Virgilijus. Peculiarities of Formation of Natio-
nal Regulatory Objectives // *Visuomenės saugumas ir viešojo tvarka/Public*
security and public order Nr.21, 2018//ISSN: 2019-1701, eISSN: 2335-2035
EBSCO Publishing [International Security & Counter Terrorism Reference
Center], Index Copernicus.
<https://cris.mruni.eu/server/api/core/bitstreams/76e22cb0-cf29-4dde-93eb-4df24c87cb39/content>.
4. Radislav Jovovic, Zaneta Simanaviciene, Virgilijus Dirma. Assessment of Heat
Production Savings Resulting from Replacement of Gas with Biofuels// *Trans-
formations in Business & Economics*: Vilniaus universitetas, Brno technologi-
jos universitetas, Latvijos universitetas. Brno, Kaunas, Riga, Vilnius: Vilniaus
universitetas. ISSN 1648-4460. 2017, Vol. 16 No 1(40), p.p. 34-52 [Social Sci-
ences Citation Index (Web of Science); Central & Eastern European Acade-
mic Source (EBSCO); IBSS; EconLit with Full Text (EBSCO); e-JEL; Scopus;
Cabell's Directory]. [cit. rod.: 0,462, kat. cit. rod.: 1,634 (2015 Journal Citation
Reports® Social Sciences Edition (Thomson Reuters, 2017))].
<https://www.transformations.knf.vu.lt/40/se40.pdf>.
5. Simanavičienė, Žaneta; Dirma, Virgilijus; Kapranova, Larisa; Beniušytė, Do-
minyka; Simanavičius, Artūras. Comparison of Lithuanian, Italian and British
social business models // *Montenegrin Journal of Economics*. Podgorica: Eco-
nomics Laboratory on Transition Research. ISSN 1800-5845. 2017, vol. 13, no.
1, p. 97-110. [Emerging Sources Citation Index (Web of Science); IndexCoper-
nicus; EconLit].
https://repec.mnje.com/mje/2017/v13-n01/mje_2017_v13-n01-a17.pdf.
6. Simanavičienė, Žaneta; Dirma, Virgilijus; Simanavičius, Artūras. Psychologi-
cal factors influence on energy efficiency in households // *Economics: procee-
dings of the 9th International Conference on Applied economics contempo-
rary issues in Economy*, Toruń, Poland, 22-23 June 2017 / edited by Adam P.
Balcerzak, Ilona Pietryka. Toruń: Institut of economic research, 2017. eISBN
9788365605061. p. 532-541. DOI: 10.24136/eep.proc.2017.3.
<https://economic-research.pl/Books/index.php/eep/catalog/view/9/9/33-1>.

Pranešimai mokslinėse konferencijose disertacijos tema

1. 22-23 June, 2017. 9th International Conference on Applied economics contemporary issues in Economy „Contemporary Issues In Economy” (Toruń, Poland). Z. Simanaviciene, V. Dirma, A. Simanavicius „Psychological Factors Influence on Energy Efficiency in Households”.
2. 10-11 October, 2018. International Conference of Innovations and Entrepreneurship in Asian Universities, organized by Danang University, Vietnam. Z. Simanaviciene, V. Dirma, B. Praneviciene, V. Zuzeviciute „Cooperation Between University and Stakeholders in Lithuania: a Case of Future of Educating Law-Enforcement Officers”.
3. 18-20 September, 2019. SICA training module of Quality assurance in higher education institutions, Svay Rieng University, Kingdom of Cambodia. Strengthening Quality Assurance In Cambodian Higher Education (SICA)“, projekto numeris 586436-EPP-1-2017-1-KH-EPPKA2-CBHE-JP“. „Quality Assurance policy and regulation: the case of Lithuania“.
4. 23 of September, 2021. International scientific conference WHITHER OUR ECONOMIES Plenary panel. Vilnius, Mykolas Romeris University. V. Dirma “On the way to real-time economy”.

GYVENIMO APRAŠYMAS

Vardas, pavardė	Virgilijus Dirma
Išsilavinimas	
2016 – 2024	Mykolo Romerio universitetas, Ekonomikos krypties doktorantūra.
2004 – 2006	Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Mechanikos fakultetas, Pramonės inžinerijos ir vadybos magistro studijų programa.
1993 – 1998	Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Aplinkos inžinerijos fakultetas, Kelių ir geležinkelių inžinieriaus studijų programa.
Darbo patirtis	
Nuo 2023	Lietuvos biomasės energetikos asociacija LITBIOMA. Pareigos – Direktorius.
Nuo 2021	Lietuvos skaitmeninių technologijų sektoriaus asociacija INFOBALT. Pareigos – Direktoriaus pavaduotojas.
2019 – 2021	Lietuvos pramonininkų konfederacija. Pareigos – Ekspertas, Verslo aplinkos ir ekonomikos departamentas.
2017 – 2018	Viešbutis Best Baltic. Pareigos – Direktorius.
2011 – 2016	UAB VILPRA. Pareigos – Alytaus atstovybės vadovas.
Kalbų mokėjimas	Lietuvių– gimtoji, anglų, rusų – puikiai, lenkų – pagrindai.

MYKOLAS ROMERIS UNIVERSITY

Virgilijus Dirma

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF RENEWABLE ENERGY USE ON ECONOMIC GROWTH

Summary of the Doctoral Dissertation
Social Sciences, Economics (S 004)

Vilnius, 2025

This doctoral dissertation was prepared at Mykolas Romeris University during 2016-2024 under the right to organise doctoral studies granted to Vytautas Magnus University together with ISM University of Management and Economics, Mykolas Romeris University and Vilnius University by the order of the Minister of Education, Science and Sports of the Republic of Lithuania No. V-160 dated on February 22, 2019.

Scientific Supervisor:

Prof. Habil. Dr. Žaneta Simanavičienė (Mykolas Romeris University, Social Sciences, Economics, S 004).

The doctoral dissertation defended in the Council of Economic Science of Vytautas Magnus University, ISM University of Management and Economics, Mykolas Romeris University and Vilnius University Šiauliai Academy:

Chairperson:

Prof. Dr. Asta Vasiliauskaitė (Mykolas Romeris University, Social Sciences, Economics, S 004).

Members:

Prof. Dr. Valdonė Daršukvienė (ISM University of Management and Economics, Social Sciences, Economics, S 004);

Assoc. Prof. Dr. Žaneta Karazijienė (Mykolas Romeris University, Social Sciences, Economics, S 004);

Prof. Habil. Dr. Marek Szarucki (Krakow University of Economics, Republic of Poland, Social Sciences, Economics, S 004);

Prof. Dr. Vlada Vitunskienė (Vytautas Magnus University, Social Sciences, Economics, S 004).

The doctoral dissertation will be defended in the public session of the Council of Economic Science, held at 11:00 on September 25th, 2025 at Mykolas Romeris University, Room I-414.

Address: Ateities str. 20, LT-08303 Vilnius, Lithuania.

SUMMARY

Relevance of the topic. In today's constantly changing and globalized world, assessing the impact of the development of renewable energy resources (RES) is one of the most important processes in order to evaluate the potential environmental, economic, and social impact of introducing and developing these resources. This assessment must analyze various aspects, such as the potential for reducing CO₂ emissions, improving energy supply security, ensuring human well-being, and the negative impact on ecosystems and biodiversity (Kumler et al., 2025). Over the past decade, climate change and increased air pollution have become major environmental issues, making climate change mitigation and pollution reduction policies two key priorities of global environmental policy. Most scientists (Pahle, 2016; Bortoluzzi et al., 2021; Algarni et al., 2023; Farghali et al., 2023; Orlando et al., 2023; Osman et al., 2023; Rocha et al., 2023; Adanma & Ogunbiyi, 2024; Gayen et al., 2024) argue that in order to tackle climate change, it is necessary to inform the public about the possibilities of using alternative energy sources. It is argued that the transition to renewable energy sources will be beneficial in many ways, as it will promote technological innovation, increase economic benefits, and improve global energy systems (Lin et al., 2025). By using alternative resources such as solar, wind, or water, efforts are being made to obtain cleaner and cheaper energy. Therefore, the use of alternative resources in the energy sector contributes to the abandonment of polluting energy sources, energy independence from fossil fuels, and economic benefits (Sulich & Soloducho-Pelc, 2022). The development of the energy sector and the introduction of innovations in the field of energy are among the main factors promoting sustainable development, therefore, the dissertation focuses on the impact of the use of renewable resources on the economy, analysing this impact through the prism of the development of the energy sector.

Global warming and climate change have become very sensitive issues, with consequences visible in all areas, particularly in the economy, environmental protection, and society. Inevitable population growth and economic development in many countries have a negative impact on the environment, as energy production processes are harmful and pollute the ecosystem. It is currently known that fossil fuels, nuclear energy, and renewable resources are the main types of energy available today (Algarni et al., 2023).

Energy is a key element in creating human well-being, which is important for increasing economic benefits, ensuring sustainable development, and reducing poverty (Augutis et al., 2011; Adedoyin et al., 2023). Energy is a unique factor of production that is important both for economic development and for promoting social welfare. In order to avoid negative impacts on the environment, there is a clear need to replace fossil fuels with alternatives. Increasing energy efficiency and the use of renewable energy sources are key ways to reduce greenhouse gas emissions and are the main objectives of the European Union's (EU) energy and climate change mitigation policy (Monbiot, 2007; Hamid et al., 2007; Wilson & Dowlatbani, 2007; Levenda et al., 2021; Alsagr, 2023). The application of innovative technologies and the use of renewable

energy sources help to protect the environment from negative impacts and reduce greenhouse gas emissions. Energy is considered a key factor in creating human well-being, so it is an important component of economic and sustainable development and poverty reduction in any country in the world. Energy is considered one of the main drivers of economic growth (Augutis et al., 2011). It can be said that the European Union's energy sector is currently facing three main challenges: energy supply security, competitiveness, and sustainability of the energy sector. Energy is the essence of any production process and is essential for the economic growth of a country. Energy is an irreplaceable factor of production that contributes to the economic development and prosperity of nations (Adedoyin et al., 2023). The progress of human civilization is largely based on energy, and as human society continues to grow, energy needs continue to increase.

Energy derived from fossil fuels contributes significantly to global climate change, accounting for more than 75% of greenhouse gas emissions and approximately 90% of total carbon dioxide emissions. Therefore, alternative energy from renewable sources must be used to decarbonize the energy sector. In the context of global environmental pollution, renewable energy resources are particularly important, as they are considered a key factor in helping the economy combat this global threat. It is important to note that the negative effects of climate change, such as rising temperatures, extreme winds, rising sea levels, and reduced precipitation, can have a negative impact on the use of renewable energy sources (Osman et al., 2023), but first it is important to understand what these renewable resources are and what makes them special.

Scientific works on renewable energy resources (sources) and their impact on the economy began to appear after the 1973 oil crisis. Renewable energy resources are a vital factor in achieving sustainable economic growth. It is important to note that economic prosperity is threatened by circumstances such as increased energy demand, which has led to a rapid increase in the use of traditional energy sources (Sebri, 2015). Due to limited fossil fuel reserves and increased energy consumption, it is no longer possible to rely solely on fossil energy resources in today's world, and European Union countries have become some of the most vulnerable due to their high dependence on energy imports and lack of energy resources (Liu et al., 2019). It is well known that replacing fossil fuels with renewable energy would reduce energy imports, increase energy supply security, solve environmental issues, and increase energy efficiency (Gökgöz & Güvercin, 2018).

Scientists are also constantly analyzing the long-term benefits of renewable energy for the country's economy and the need for initial investment. The insights provided by Orlando et al. (2023) and Adanma & Ogunbiyi (2024) highlight the importance of strategic investments in renewable energy, emphasizing the potential for economic savings, greater profitability, and environmental sustainability. One alternative for ensuring a reliable, inexpensive, and environmentally friendly source of electricity for the country and isolated communities is to harvest sustainable energy. It should be noted that economic development processes and economic growth increase global energy consumption, so in order to ensure sustainable development and economic growth,

the use of traditional energy sources is being discouraged. Renewable energy sources have become a vital component of sustainable development worldwide, and it is on them that future sustainability will depend. Sustainable development requires a transition from fossil fuels to cleaner energy sources. The main component of this transformation is renewable energy, which promises less negative impact on the environment (Osman et al., 2022). The transition to renewable energy is necessary to reduce global economic problems, carbon dioxide emissions, and mitigate global climate change (Levenda et al., 2021), because unlike fossil fuels, renewable energy sources cause less greenhouse effect and gas emissions (Alsagr, 2023). Environmentally friendly energy services can help create sustainable and secure energy, mitigate the effects of climate change, and reduce negative impacts on the environment. Renewable energy production and technological innovations are juxtaposed when assessing the development of renewable energy resources (Yang & Zhan, 2024). Unlike fossil fuels, renewable energy sources pollute the environment less, therefore, renewable energy sources have great potential to contribute to economic, social, and environmental energy sustainability, as energy resources are more accessible, fewer pollutants are released into the environment, and opportunities for social and economic development arise.

Empirical results also show that renewable energy production generally promotes energy security. The use of renewable energy sources greatly helps to reduce the risks associated with process production and energy price fluctuations (Lucas et al., 2016). In terms of price, availability, and technology, the development of renewable energy sources for commercial use is economically superior to fossil fuel technologies (Valentine, 2011; He & Shen, 2019; Miremadi et al., 2019). In addition, there is a close link between energy use and environmental issues, which has also been highlighted by the European Commission. Renewable resources can be automatically replenished, whereas non-renewable materials cannot, so fossil fuels should be used sparingly. Renewable energy sources are defined as energy sources whose occurrence is determined by natural factors and are therefore “renewable.” Renewable energy sources are unlimited and their supply is constant, but involves technological, economic, political, and social processes (Harris & Roach, 2014). Research (Keles & Bilgen, 2012) reveals that renewable energy sources must also be sustainable, inexhaustible, and environmentally friendly, and that renewable energy must be inexpensive and meet the needs of society in the long term. It is important to assess their benefits and challenges in reducing greenhouse gas emissions, reducing environmental damage, and promoting long-term sustainability (Osman et al., 2022).

It should be noted that renewable energy sources (wind, solar, aerothermal, geothermal, hydrothermal, and ocean energy, hydropower, biomass, landfill gas, sewage treatment plant gas, and biogas) are alternatives to fossil fuels and help reduce greenhouse gas emissions and diversify energy supply. In recent years, a number of EU legislative acts have been adopted (e.g. Guidelines on State aid for environmental protection and energy 2014-2020; Report on the progress of renewable energy consumption. Commission Report to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions; Renewable Energy Industry

Plan for Lithuania; Renewable Energy Technology Plan), which promote the use of renewable energy sources. EU leaders have set a target of ensuring that 50% of the EU's energy consumption comes from renewable energy sources by 2030 at the latest. They have also committed to the ambitious goal of becoming the world's first climate-neutral continent by 2050. Experts say that renewable energy sources could provide 65% of the world's electricity supply by 2030 and by 2050 could account for 90% of the electricity industry, significantly reducing carbon dioxide emissions and contributing to climate change mitigation (Osman et al., 2023; Rocha et al., 2023).

The scientific problem of the research: how will the growing use of renewable energy sources affect economic growth? Thus, the aim is to find a solution – how to assess the impact of renewable energy use on the economy in a social, political, environmental, and economic context.

The subject of scientific research - the impact of renewable energy use on economic growth.

The aim of the research - to theoretically substantiate the use of renewable energy sources, develop a methodology for assessing the impact of renewable energy sources on economic growth, and empirically test it in the context of EU countries.

In order to achieve the set goal, the **following research tasks** were set:

5. 1. Analyze interpretations of the concept of renewable energy sources and approaches to assessing their use.
6. 2. Reveal the importance of using renewable energy sources to ensure sustainable economic growth.
7. 3. Identify methods suitable for assessing the impact of renewable energy use.
8. 4. Develop a methodology for assessing the impact of renewable energy use on economic growth.
9. 5. Assess the impact of renewable energy use on economic growth in EU countries.

Research methods

The theoretical part is based on the analysis and synthesis of scientific literature, deduction and induction, and other general scientific research methods. The empirical research is based on *comparative data analysis and mathematical statistical methods, econometric modeling based on panel data models such as least squares, fixed and random effects*. All necessary statistical data were collected from the Eurostat database.

Scientific novelty and practical significance of the work

The following new results in economic science were obtained during the preparation of the dissertation:

1. An analysis of the concepts and approaches to renewable energy sources was carried out, which revealed the multifaceted nature of this concept and its wide applicability to various problems, including the assessment of economic growth;

2. The use of renewable energy sources helps to reduce the risks associated with production and energy price fluctuations, thus revealing a close link between energy consumption and environmental problems;
3. A methodology for assessing the impact of renewable energy use on economic growth has been developed and adapted to statistical data, thus avoiding subjective approaches and relying on objective assessments;
4. The methodology for assessing the impact of renewable energy use and the empirical study conducted can be applied to assess economic growth while modeling future situations and their possible impact.

Defensive arguments

1. The use of renewable energy sources has a positive impact on economic growth.
2. The methodology developed for assessing the use of renewable energy sources makes it possible to assess the impact on economic growth while eliminating subjective issues.

Hypotheses raised in the research

In order to assess the impact of renewable energy sources on economic growth, it is important to test the main hypotheses. Three hypotheses are raised in the research:

H1: The transition to renewable energy sources slows down economic growth.

H2: The transition to renewable energy sources has a smaller negative impact on economic growth when a country is more dependent on imported energy sources.

H3: A more extreme climate reduces the negative impact of the transition to renewable energy sources on economic growth.

Logical structure of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, three chapters, conclusions, a bibliography, and appendices. The logical structure of the dissertation is presented in Figure 1.

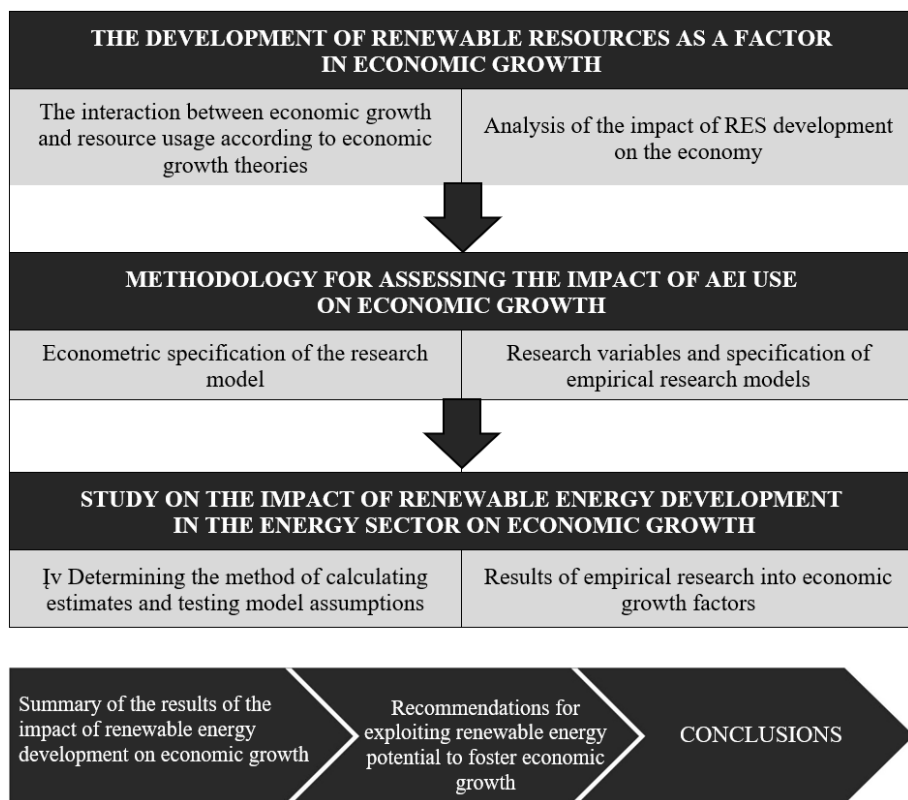


Fig. 1. Logical structure of the dissertation research

The first part of the dissertation analyses the concepts, types and other characteristics of renewable energy sources (RES) and reviews the economic and environmental role of these sources. Various interpretations of RES are presented, emphasising their connection with the principles of sustainable development. It also reviews RES classifications, their technological differences, and their impact on reducing greenhouse gases. The importance of RES is examined not only from an ecological but also from a social and macroeconomic perspective, and the theoretical foundations on which the further analysis is based are formulated. The relationship between economic growth and the use of renewable energy sources is also assessed, revealing the peculiarities of economic growth theories and other theoretical aspects of the impact of renewable energy use on economic growth.

The second part forms a methodology for researching the impact of renewable energy sources on the economy and defines the main aspects of this impact. The course of the empirical research, research methods, and their characteristics are discussed in detail.

The main economic indicators, indicators, and analytical methods to be used to

quantitatively assess the impact of RES use on GDP growth, job creation, investment, and energy security are defined. The validity of data collection, the application of multi-criteria assessment and regression analysis are also discussed. The part is also based on the context of EU political strategies, emphasizing cross-border differences and limitations of application.

The third part presents empirical research results based on an analysis of data from European Union countries. Statistical methods were used to assess the impact of RES on economic growth and identify significant differences between countries depending on their RES consumption intensity, dependence on imported energy, and climate change factors. It was confirmed that RES does not cause economic slowdown, but in some cases stimulates it, especially through innovation, attracting investment, and job creation. This part also formulates key conclusions and recommendations for policy-makers.

Main theses and conclusions of the dissertation. Research has shown that the use of renewable energy sources in countries is constantly increasing, and their development is one of the most important energy policy objectives in the European Union. The use of renewable energy sources leads to a reduction in greenhouse gas emissions, improved air quality, and an end to dependence on finite fossil fuel resources, and these benefits contribute significantly to ensuring long-term sustainability. Different theories of economic growth offer various insights into the links between economic growth and the use of renewable natural resources. When assessing the impact of renewable resource use on the economy, the main aspects of renewable resources and their links to investment, technological progress, and opportunities for achieving sustainable development by addressing key environmental issues must be taken into account. In addition, the use of renewable energy resources has a positive impact on job creation, energy price stabilization, market dynamics, and, in particular, contributes to the reduction of pollution and climate change.

Based on the experience gained over the last 20 years in applying environmental policy measures in EU countries, it is possible to formulate more precise measures that would promote the use of renewable energy to stimulate economic growth.

Three hypotheses were tested in the dissertation.

- The impact of renewable energy sources on economic growth (H1 hypothesis – rejected).

The results of the study refute the H1 hypothesis, which claimed that the transition to renewable energy sources (RES) slows down economic growth. Although RES require significant investment at the outset and may be more expensive than traditional energy sources such as fossil fuels or nuclear energy, in the long term RES do not have a significant negative impact on economic growth. On the contrary, the expansion of RES can stimulate economic growth through various mechanisms:

- Dependence on imported energy and the impact of RES on the economy (H2 hypothesis – accepted).

Hypothesis H2, which states that the transition to RES will have a lesser negative impact on economic growth in countries that are more dependent on imported

energy, was confirmed. These countries face the risk that energy imports may become unstable due to geopolitical events, supply chain disruptions, or price fluctuations. Therefore, the transition to RES provides the following key benefits to such countries: increased energy security and stabilization of energy prices.

- More extreme climate changes and their impact on the benefit of RES (H3 hypothesis – accepted).

Hypothesis H3 states that more extreme climate change (increased cooling and heating demand) reduces the negative impact of the transition to RES on economic growth. This hypothesis was confirmed in the study, as RES technologies are becoming particularly relevant in the face of climate change challenges:

Climate change mitigation. The transition to RES helps reduce greenhouse gas emissions, which are the main cause of climate change. Countries suffering from extreme weather conditions see RES as a means of combating the effects of climate change and adapting to new environmental conditions.

Countries with extreme climates. RES are particularly attractive in countries with extreme climates, as these countries have high cooling and heating energy needs. Such countries can use RES to control energy prices and avoid the increasing impact of climate change.

Reduction in alternative costs. As global temperatures rise and extreme weather events become more frequent, the alternative costs of using traditional energy sources are increasing. RES is becoming more attractive as the alternative costs and costs of adapting to climate change decrease.

Long-term benefits of RES for the economy and the environment. The transition to RES provides long-term economic and environmental benefits. The main aspects of these benefits include:

- Sustainable economic growth. The use of RES reduces dependence on finite resources, promotes energy independence, and enables the state to ensure sustainable and long-term growth.
- Improvement of environmental quality. The development of RES contributes significantly to improving air quality by reducing harmful emissions, which has a direct impact on public health and well-being.
- Adapting to market dynamics. RES promotes innovation, creates new business opportunities, and contributes to structural changes in the energy sector, which help countries adapt to global energy market dynamics.

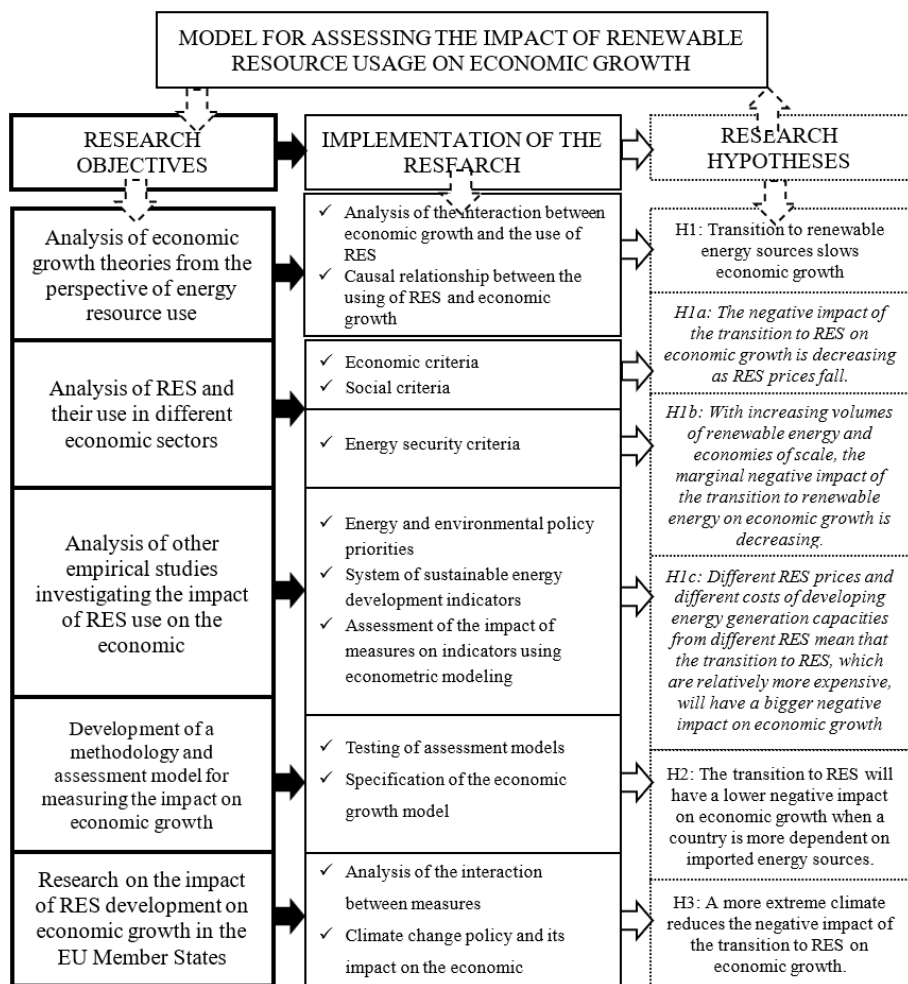


Fig. 2. Model for assessing the impact of renewable resource usage on economic growth (compiled by the author).

After analyzing interpretations of the concept of renewable energy sources and approaches to assessing their use, renewable energy sources are defined in this paper as resources that can be repeatedly used to generate energy, and the main types of renewable energy sources are: sunlight, wind, river flow, ocean waves, tides, biomass growth, and geothermal energy. Renewable energy resources are very important not only for mitigating climate change, reducing carbon dioxide emissions, and protecting the environment, but also for economic growth. Therefore, the use of renewable energy sources has many significant advantages over traditional fossil fuels, as it is environmentally friendly, sustainable, and safe. A significant advantage is the minimal

greenhouse gas and pollutant emissions from renewable energy sources, which significantly reduce their overall negative impact on the environment. Unlike finite fossil fuel reserves, renewable energy has a sustainable, constant capacity, avoiding concerns about resource depletion. In addition, renewable energy sources are inherently a safer way to obtain energy, reducing dependence on fossil fuels and creating a more sustainable energy source for future generations.

After revealing and investigating the importance of renewable energy sources for ensuring sustainable economic growth, it was concluded that the use of renewable energy sources in countries is constantly increasing, and their development is one of the most important energy policy objectives in the European Union. The use of renewable energy sources leads to a reduction in greenhouse gas emissions, improved air quality, and an end to dependence on finite fossil fuel resources, and these benefits contribute significantly to ensuring long-term sustainability. Different theories of economic growth offer various insights into the links between economic growth and the use of renewable natural resources. When assessing the impact of renewable resource use on the economy, the main aspects of renewable resources and their links to investment, technological progress, and opportunities for achieving sustainable development by addressing key environmental issues must be taken into account. In addition, the use of renewable energy resources has a positive impact on job creation, energy price stabilization, market dynamics, and, in particular, contributes to the reduction of pollution and climate change.

The growth of renewable energy is influenced by climate change, energy security, and the reduction of emissions and costs. In order to accurately predict the use of solar, wind, and other sources, data-based methods are applied: the least squares method, Granger causality test, panel analysis, autoregressive distributed lag models, and econometric methods. These methods help to assess the relationship between renewable energy resources and economic development, and to determine the direction and strength of the relationship. Studies show a two-way influence between GDP and energy consumption, although the results depend on the country and the methods used. Large investments in renewable energy have led to significant changes in the energy sector. Although climate change is an important factor, the most important goal of growth is a positive economic impact. Renewable energy promotes business development and employment and reduces dependence on imported energy, thus contributing to GDP growth and an improved trade balance. When assessing the economic impact and the green economy, it is essential that policymakers are well informed and make data-driven decisions. Methodological and data limitations remain a challenge, but the variety of methods available allows for more reliable results.

In assessing the impact of renewable energy use on economic growth, a research methodology was developed to evaluate: the impact of renewable energy sources on economic growth, dependence on imported energy and the impact of RES on the economy, more extreme climate change and its impact on the benefits of RES, and the long-term benefits of RES for the economic and the environment.

An assessment of the impact of renewable energy use on economic growth in EU

countries has shown that the transition to renewable energy sources has a positive effect on economic growth. Although renewable energy sources require significant investment at the outset and may be more expensive than traditional energy sources such as fossil fuels or nuclear energy, in the long term they do not have a significant negative impact on economic growth, and their growth can stimulate economic growth through various mechanisms: technological progress (RES technologies are constantly improving, which leads to reduced installation and operating costs, and economies of scale mean that increasing RES deployment reduces unit prices, making RES competitive with traditional sources); job creation (the development of renewable energy sources encourages the creation of new jobs, especially in areas requiring highly qualified specialists, in sectors such as engineering, technology, manufacturing, construction, and services, thereby stimulating both the local and regional economies), attracting investment (RES projects often attract both local and international investment, especially in the EU context, where significant EU funds are directed towards promoting RES, and these investments contribute to the long-term sustainable growth and economic prosperity of countries).

After assessing the dependence on imported energy and the impact of RES on economic growth, it was confirmed that decreasing dependence on imported energy has a positive impact on the economy, which was confirmed in countries that are more dependent on imported energy. These countries face the risk that energy imports may become unstable due to geopolitical events, supply chain disruptions, or price fluctuations. The transition to RES provides the following key benefits for such countries: increased energy security (RES reduces dependence on foreign suppliers, which strengthens a country's energy security and is particularly important for small, import-dependent economies that are often sensitive to energy price fluctuations) and stabilisation of energy prices (RES, such as solar or wind energy, are less volatile and become cheaper over time as the initial investment pays off, thus providing energy price stability for both businesses and households, which has a positive impact on the economic environment) reduction of imports and exports (The development of RES technologies can promote technology exports, especially if a country becomes a leader in the production of RES technologies, and can also contribute to new trade flows and economic diversification).

After assessing more extreme climate changes and their impact on the use of RES, it was confirmed that more extreme climate changes (e.g., greater heating and cooling needs) reduce the negative impact of RES on economic growth, as RES technologies become particularly important in addressing climate change challenges: climate change mitigation (the transition to RES helps to reduce greenhouse gas emissions, which are the main cause of climate change, therefore, countries suffering from extreme climatic conditions see RES as a means of combating the effects of climate change and adapting to new environmental conditions), countries with extreme climates (RES are particularly attractive in countries facing extreme climates, as these countries have high cooling and heating energy needs and can therefore use RES to control energy prices and avoid the increasing impact of climate change), reduction

in alternative costs (as global temperatures rise and the frequency of extreme weather events increases, the alternative costs of using traditional energy sources are rising, therefore making RES more attractive to use as the costs of alternatives and adaptation to climate change decrease).

Practical recommendations for policy and business sector development.

For policymakers and decision-makers: Governments should promote the development of RES through appropriate regulatory and financial support. This includes tax incentives, subsidies, and grants for RES projects that help reduce transition costs and promote long-term sustainable growth.

For the business sector: It is important for businesses to invest in RES technologies and efficiency improvements in order to reduce energy costs and decrease dependence on traditional energy sources, which may become unreliable or more expensive due to global market fluctuations.

Directions for future research.

It would be useful to develop the research by seeking ways to analyze the interdisciplinary links between renewable energy and economic growth theories, as well as by expanding the base of empirical data and econometric assessments. In view of this, it is recommended to analyze the impact of REI on a broader range of economic well-being indicators: income inequality, structural unemployment, consumer purchasing power, and regional convergence. It would be useful to investigate whether the expansion of RES contributes to sustainable and inclusive growth, especially in the context of different income groups.

The scope of the study could be expanded to include an analysis of return on investment at both the microeconomic (company) and macroeconomic (country) levels. Productivity analysis methods (e.g., DEA – data envelopment analysis) could be applied to determine which countries or sectors are most effective in transforming RES investments into economic benefits.

Future research should analyze how the introduction of RES changes the structure of national economies—for example, what impact it has on the relationship between the industrial and service sectors, the transformation of agriculture, and the demand for skilled labor. This would mean expanding the research to include an analysis of structural transformation.

It would also be useful to analyze which financial incentives (subsidies, tax breaks, green bond instruments) are most effective in promoting the development of RES. This would enable the development of recommendations for public policy makers on the most effective allocation of public expenditure for sustainable investments.

Since the RES sector is closely linked to technological innovation, it is necessary to deepen the analysis of how public or private sector investment in research and experimental development in the field of RES correlates with economic productivity and competitiveness.

An important area of research is the impact of RES on the resilience of the economy to economic shocks: pandemics, energy crises, and geopolitical conflicts. This is particularly relevant when analyzing countries' preparedness for green transformation

scenarios in line with the EU's Green Deal objectives.

Given the structure of Lithuania's energy sector, it would be useful to conduct further research into the macroeconomic potential of biomass as a type of renewable energy source. It is recommended that the impact of biomass energy on the economic be analyzed in three aspects.

- Regional economic impact: investigate the impact of the biomass sector on regional employment, agricultural and forestry income, and the development of small and medium-sized enterprises. Biomass projects are often located in regions and therefore have a significant impact on regional economic development and social resilience.
- Energy security and the role of biomass in the transition to decentralized energy: it is important to analyze how biomass energy helps reduce dependence on imported fuel, especially in winter when heating demand increases. Biomass is one of the types of renewable energy sources that can be stored and used flexibly.
- Biomass market structure and regulatory policy: it is recommended to conduct research on biomass market regulation, transparency of trade in raw materials (wood, straw, waste), the effectiveness of subsidies, and the impact of green certification on market participants. It is also worth analyzing the competitiveness of biomass projects in relation to other RES based on the LCOE (levelized cost of energy) methodology.

This direction is really important for Lithuania, where biomass is a big part of the renewable energy balance, and it would be helpful for public policy makers and local governments when planning investments in sustainable heat and electricity production.

Scientific publications on the subject matter of the dissertation:

1. Dirma, Virgilijus; Okunevičiūtė Neverauskienė, Laima; Tvaronavičienė, Manuela; Danilevičienė, Irena; Tamošiūnienė, Rima. The Impact of Renewable Energy Development on Economic Growth // *Energies: Sustainable Resource Management for a Circular Economy*. Basel: MDPI AG. eISSN 1996-1073. 2024, vol. 17, iss. 24, art. no. 6328, p. 1-23. <https://www.mdpi.com/1996-1073/17/24/6328#>.
2. Okunevičiūtė Neverauskienė, Laima; Dirma, Virgilijus; Tvaronavičienė, Manuela; Danilevičienė, Irena. Assessing the Role of Renewable Energy in the Sustainable Economic Growth of the European Union // *Energies*. Basel: MDPI AG. eISSN 1996-1073. 2025, vol. 18, iss. 4, 760, p. 1-23. <https://www.mdpi.com/1996-1073/18/4/760>.
3. Simanavičienė, Žaneta; Dirma, Virgilijus. Peculiarities of Formation of National Regulatory Objectives // *Visuomenės saugumas ir viešojo tvarka*//Public security and public order Nr.21, 2018//ISSN: 2019-1701, eISSN: 2335-2035 EBSCO Publishing [International Security & Counter Terrorism Reference Center], Index Copernicus. <https://cris.mruni.eu/server/api/core/bitstreams/76e22cb0-cf29-4dde-93eb-4df24c87cb39/content>.
4. Radislav Jovovic, Zaneta Simanaviciene, Virgilijus Dirma. Assessment of Heat Production Savings Resulting from Replacement of Gas with Biofuels// *Transformations in Business & Economics: Vilniaus universitetas, Brno technologijos universitetas, Latvijos universitetas. Brno, Kaunas, Riga, Vilnius: Vilniaus universitetas*. ISSN 1648-4460. 2017, Vol. 16 No 1(40), p.p. 34-52 [Social Sciences Citation Index (Web of Science); Central & Eastern European Academic Source (EBSCO); IBSS; EconLit with Full Text (EBSCO); e-JEL; Scopus; Cabell's Directory]. [cit. rod.: 0,462, kat. cit. rod.: 1,634 (2015 Journal Citation Reports® Social Sciences Edition (Thomson Reuters, 2017))]. <https://www.transformations.knf.vu.lt/40/se40.pdf>.
5. Simanavičienė, Žaneta; Dirma, Virgilijus; Kapranova, Larisa; Beniušytė, Dominyka; Simanavičius, Artūras. Comparison of Lithuanian, Italian and British social business models // *Montenegrin Journal of Economics*. Podgorica: Economics Laboratory on Transition Research. ISSN 1800-5845. 2017, vol. 13, no. 1, p. 97-110. [Emerging Sources Citation Index (Web of Science); IndexCopernicus; EconLit]. https://repec.mnje.com/mje/2017/v13-n01/mje_2017_v13-n01-a17.pdf.
6. Simanavičienė, Žaneta; Dirma, Virgilijus; Simanavičius, Artūras. Psychological factors influence on energy efficiency in households // *Economics: proceedings of the 9th International Conference on Applied economics contemporary issues in Economy*, Toruń, Poland, 22-23 June 2017 / edited by Adam P. Balcerzak, Ilona Pietryka. Toruń: Institut of economic research, 2017. eISBN 9788365605061. p. 532-541. DOI: 10.24136/eep.proc.2017.3. <https://economic-research.pl/Books/index.php/eep/catalog/view/9/9/33-1>.

Presentations at scientific conferences on the subject matter of the dissertation

1. 22-23 June, 2017. 9th International Conference on Applied economics contemporary issues in Economy “Contemporary Issues In Economy” (Toruń, Poland). Z. Simanaviciene, V. Dirma, A. Simanavicius “Psychological Factors Influence on Energy Efficiency in Households”.
2. 10-11 October, 2018. International Conference of Innovations and Entrepreneurship in Asian Universities, organized by Danang University, Vietnam. Z. Simanaviciene, V. Dirma, B. Praneviciene, V. Zuzeviciute “Cooperation Between University and Stakeholders in Lithuania: a Case of Future of Educating Law-Enforcement Officers”.
3. 18-20 September, 2019. SICA training module of Quality assurance in higher education institutions, Svay Rieng University, Kingdom of Cambodia. Strengthening Quality Assurance In Cambodian Higher Education (SICA)“, project number 586436-EPP-1-2017-1-KH-EPPKA2-CBHE-JP“. „Quality Assurance policy and regulation: the case of Lithuania“.
4. 23 of September, 2021. International scientific conference WHITHER OUR ECONOMIES Plenary panel. Vilnius, Mykolas Romeris University. V. Dirma “On the way to real-time economy”.

CURRICULUM VITAE

Name, Surname Virgilijus Dirma

Education

2016 – 2024 Mykolas Romeris University, Economics doctoral program.

2004 – 2006 Vilnius Gediminas Technical University, Faculty of Mechanics, Industrial Engineering and Management master program.

1993 – 1998 Vilnius Gediminas Technical University, Faculty of Environmental Engineering, Road and Railway engineer program.

Professional experience

Since 2023 Lithuanian Biomass Energy Association LITBIOMA.
Position – Director.

Since 2021 Lithuanian DigiTech Sector Association INFOBALT.
Position – Deputy director.

2019 – 2021 Lithuanian Confederation of Industrialists. Position – Expert,
Department of Business Environment and Economics.

2017 – 2018 Best Baltic Hotel. Position – Director.

2011 – 2016 VILPRA UAB. Position – Head of the Alytus Representative
Office.

Languages Lithuanian – native, English, Russian – fluent, Polish – basics.

Dirma, Virgilijus
ATSINAUJINANČIŲ ENERGIJOS IŠTEKLIŲ NAUDOJIMO POVEIKIO EKONOMIKOS AUGIMUI VERTINIMAS: daktaro disertacija. – Vilnius: Mykolo Romerio universitetas, 2025. P. 145.

Bibliogr. 92–106 p.

Daktaro disertacijoje sprendžiama mokslinė problema, kaip reikėtų vertinti atsinaujinančių energijos išteklių (AEI) naudojimą, ir kokią poveikį jis daro ekonomikos augimui. Disertacijos tikslas – išanalizavus AEI sampratą, jų reikšmę ir vertinimo metodus, parengti metodiką AEI naudojimo poveikiui ekonomikos augimui vertinti ir empiriškai įvertinti šį poveikį Europos Sąjungos (ES) šalyse.

Atliekant poveikio vertinimą išskirtos skirtingo ekonominio išsivystymo lygio ES šalių grupės, analizuotas AEI poveikis tiek trumpuoju, tiek ilguoju laikotarpiu, vertinta tiek bendra AEI įtaka ekonomikos augimui, tiek atskirų energijos šaltinių (saulės, vėjo, hidroenergijos, biomasės) dedamosios. Tyrimas atskleidė reikšmingą AEI panaudojimo indėlį į BVP augimą, ypač šalyse, kurios kryptingai vysto AEI sektorius.

Parengta vertinimo metodika gali būti taikoma ES ir kitų regionų šalyse politikos formavimui, regioninių energetikos strategijų planavimui, taip pat ekonominių prognozių kūrime. Tyrimas praplečia AEI ir ekonomikos sąveikos analizę, o jo rezultatai aktualūs ne tik mokslininkams, bet ir politikos formuotojams bei energetikos sektoriaus dalyviams, kuriems svarbu pagrįstai įvertinti ilgalaikį AEI naudojimo poveikį šalies ekonomikai.

The doctoral dissertation addresses the scientific problem of how to evaluate the use of renewable energy sources (RES) and what impact it has on economic growth. The aim of the dissertation is to analyze the concepts of RES, their significance, and assessment methods, to develop a methodology for assessing the impact of RES use on economic growth, and to empirically evaluate this impact in European Union (EU) countries.

The impact assessment identified groups of EU countries with different levels of economic development, analyzed the impact of RES in both the short and long term, and assessed both the overall impact of RES on economic growth and the contribution of individual energy sources (solar, wind, hydro, biomass) were assessed. The study revealed a significant contribution of RES use to GDP growth, especially in countries that are purposefully developing the RES sector.

The assessment methodology developed can be applied in the EU and other regions for policy-making, regional energy strategy planning, and economic forecasting. The study expands the analysis of the interaction between RES and the economic sector, and its results are relevant not only to scientists, but also to policymakers and energy sector participants who need to reasonably assess the long-term impact of RES use on the country's economic development.

Virgilijus Dirma

ATSINAUJINANČIŲ ENERGIJOS IŠTEKLIŲ NAUDOJIMO POVEIKIO
EKONOMIKOS AUGIMUI VERTINIMAS

Daktaro disertacija
Socialiniai mokslai, ekonomika (S 004)

Mykolo Romerio universitetas
Ateities g. 20, Vilnius
Puslapis internete www.mruni.eu
El. paštas roffice@mruni.eu
Tiržas 20 egz.

Parengė spaudai Martynas Švarcas

Spausdino UAB „Šiaulių spaustuvė“
P. Lukšio g. 9G, 76200 Šiauliai
El. p. info@dailu.lt
<https://siauliuspaustuve.lt>

