

VILNIAUS UNIVERSITETAS
EKONOMIKOS IR VERSLO ADMINISTRAVIMO FAKULTETAS

EKONOMINĖ ANALITIKA

Inga Inčiūtė-Dulkienė

MAGISTRO BAIGIAMASIS DARBAS

STRATEGIJOS REPOWEREU ĮGYVENDINIMO DAUGIAKRITERINIS VERTINIMAS	MULTI-CRITERIA ANALYSIS OF THE IMPLEMENTATION OF THE REPOWEREU STRATEGY
--	---

Darbo vadovas prof. Dr. Tomas Baležentis

TURINYS

IVADAS.....	3
1. STRATEIJOS REPOWEREU ĮGYVENDINIMAS	4
1.1. Strategijos REPowerEU apžvalga ir svarba.....	4
1.2. REPowerEU strategijos nustatytų tikslų ir planų analizė.....	6
1.2.1. Energijos vartojimo efektyvumas.....	7
1.2.2. Atsinaujinančių energijos šaltinių integracija	9
1.2.3. Investicijos į infrastruktūrą	10
2. ENERGETINIO EFEKTYVUMO VERTINIMO METODAI.....	12
3. EKONOMINIO TYRIMO METODOLOGIJA IR TYRIMO REZULTATAI.....	15
3.1. Modelio gautų rezultatų apžvalga	16
3.2. ES šalių energijos vartojimo struktūra ir jos poveikis energijos efektyvumui.....	19
3.3. Energetinė priklausomybė ir energijos vartojimo dinamika	20
IŠVADOS	25

IVADAS

Tvarios energetikos plėtros klausimai šiandien yra svarbiausios temos daugelyje pasaulio šalių. Vis didėjantis susirūpinimas dėl energetinio saugumo, iškastinių energijos išteklių naudojimo mažinimo ir atsinaujinančios energijos plėtros įgauna vis didesnę dėmesį tiek politiniuose, tiek ekonominiuose diskursuose. Ši problema tampa dar aktualesnė, atsižvelgiant į geopolitinius iššūkius, tokius kaip Rusijos invazija į Ukrainą, kuri sukėlė energetinę krizę ir paskatino Europos Sąjungą (ES) imtis greitesnių veiksmų perėjimui prie švaresnės ir tvaresnės energetikos.

REPowerEU strategija, pristatyta 2022 m., yra ES atsakas į šiuos iššūkius, siekiant sumažinti priklausomybę nuo Rusijos energetinių išteklių ir skatinti švarios energijos plėtrą. Ši strategija apima investicijas į atsinaujinančius energijos šaltinius, energijos taupymą, tiekimo diversifikavimą ir energijos vartojimo efektyvumo didinimą. Jos tikslas – sukurti atsparesnę energetikos sistemą, kuri būtų pajėgi atsilaikyti prieš galimus iššūkius ir užtikrinti ilgą laiką energetinį saugumą.

Efektyvumo vertinimas yra esminis šios strategijos įgyvendinimo komponentas, nes jis leidžia objektyviai įvertinti pasiektus rezultatus ir nustatyti tolesnį veiksmų planą. Vertinimo metodai, kaip Data Envelopment Analysis (DEA), gali suteikti vertingų įžvalgų apie tai, kaip efektyviai naudojami ištekliai ir kokį poveikį energetikos politika turi šalies ekonomikai, aplinkai ir energetiniam saugumui. Tai ypač svarbu, kadangi daugelis ES šalių susiduria su skirtingais iššūkiais energetikos sektoriuje, ir tik per nuoseklius bei teisingus vertinimus galima nustatyti, kokios strategijos ir priemonės duoda geriausius rezultatus.

Šio darbo tikslas – atlikti daugiakriterinį REPowerEU strategijos įgyvendinimo vertinimą, naudojant efektyvumo vertinimo metodus, siekiant nustatyti strategijos poveikį ekonomikai, aplinkai ir energetiniam saugumui Europos Sąjungoje. Tai leis ne tik įvertinti pasiektą pažangą, bet ir pasiūlyti rekomendacijas dėl tolesnių veiksmų ir strategijų, kurių reikia siekiant pasiekti ilgalaikius tvarios energetikos tikslus.

1. STRATEIJOS REPOWEREU ĮGYVENDINIMAS

Europos Sąjunga (ES) jau seniai buvo pasiryžusi imtis veiksmų, kad sumažintų priklausomybę nuo iškastinių energijos šaltinių ir pasiektų klimato neutralumą iki 2050 metų. Tačiau 2022 metų Rusijos invazija į Ukrainą sukėlė energetinę krizę, kuri suaktyvino ES iniciatyvas, susijusias su energijos tiekimo diversifikavimu ir žaliajai energijai skirtų investicijų didinimu. Tai buvo pagrindinė priežastis, kodėl buvo pristatyta REPowerEU strategija, kurios tikslas – padidinti atsinaujinančios energijos dalį ir sumažinti priklausomybę nuo Rusijos energetinių išteklių (Mathisen ir kt., 2024).

REPowerEU strategija buvo paskelbta 2022 m. gegužės 18 d., siekiant spręsti Europos energetinio saugumo klausimus, kilusius dėl Rusijos invazijos į Ukrainą. Ši strategija yra tiesiogiai susijusi su „Fit-for-55“ priemonių paketu, kuris akcentuoja energijos vartojimo efektyvumo didinimą, atsinaujinančios energetikos plėtrą ir alternatyvių dujų tiekimo šaltinių paiešką. Pagrindinės REPowerEU priemonės apima SGD ir biometano importą, vandenilio gamybos iš atsinaujinančių išteklių didinimą bei investicijas į naujas infrastruktūras, kurios užtikrintų ilgalaikį energijos tiekimo saugumą (Dinu, 2023).

1.1. Strategijos REPowerEU apžvalga ir svarba

REPowerEU strategija buvo sukurta remiantis Europos Žaliojo Susitarimo (EGS) principais, siekiant ne tik sumažinti iškastinio kuro naudojimą, bet ir paspartinti pereinamąją per atsinaujinančius energijos šaltinius. Ši strategija apima tris pagrindinius komponentus: energijos tiekimo diversifikavimą, žaliosios energijos investicijas ir energijos taupymo skatinimą (Taydas, 2024). Pirmasis tikslas – mažinti priklausomybę nuo Rusijos, pereinant prie alternatyvių energijos tiekimo šaltinių, tokių kaip suskystintos gamtinės dujos (LNG) ir atsinaujinanti energija. Antrasis tikslas – investuoti į atsinaujinančios energijos technologijas, įskaitant saulės ir vėjo energiją, kad būtų pasiektas didesnis energijos efektyvumas ir sumažinta šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisija. Trečias tikslas – skatinti energijos taupymą ir didinti energijos vartojimo efektyvumą (Dinu, 2023). Plane numatytos investicijos į infrastruktūros modernizavimą, atsinaujinančios energijos gamybos pajėgumų didinimą ir energijos taupymo priemonių diegimą. Šios investicijos turėtų ne tik padidinti energetinį saugumą, bet ir skatinti tvarų perėjimą prie švaresnės energijos šaltinių.

REPowerEU strategija ne tik padeda ES mažinti priklausomybę nuo Rusijos energijos tiekimo, bet ir prisideda prie klimato kaitos problemų sprendimo, nes orientuojasi į atsinaujinančią energiją ir energijos efektyvumą. Tačiau strategija susiduria su keliais iššūkiais. Pirmiausia, dideli

infrastruktūros poreikiai ir investicijų trūkumas gali lėtinti atsinaujinančių energijos šaltinių plėtrą. Pavyzdžiui, vėjo ir saulės energijos plėtra reikalauja didelių investicijų į naują infrastruktūrą ir technologijas, kas gali kelti sunkumų dėl politinių ir ekonominių suvaržymų (Vezzoni ir Dinu, 2023). Antra, didėjanti mineralų ir žaliavų paklausa, reikalinga tokioms technologijoms kaip saulės energija, gali padidinti priklausomybę nuo trečiųjų šalių, tokių kaip Kinija, ir sustiprinti pasaulinę prekybą ištekliais, kas kelia papildomus geopolitinius iššūkius (Vezzoni, 2023).

Be to, REPowerEU strategija turėtų būti derinama su ilguoju laikotarpiu siekiais, kad būtų išvengta šių greito perėjimo pasekmių. Greitas perėjimas prie atsinaujinančių šaltinių gali sukelti ekonominių ir socialinių iššūkių, susijusių su darbo rinkos pokyčiais ir tradicinių energetikos sektorių (pvz., anglių kasyklų) atsisakymu. Šie pokyčiai gali sukelti ne tik ekonominius sukrėtimus, bet ir socialinę įtampą, ypač regionuose, kuriuose priklausomybė nuo iškastinio kuro yra aukšta. Dėl šių priežasčių REPowerEU planas turi apimti ir socialinę politiką, kuri užtikrintų sąžiningą perėjimą, kad mažinant iškastinio kuro naudojimą būtų laikomasi socialinės atsakomybės ir užtikrinta, kad niekas nebūtų paliktas nuošalyje.

REPowerEU strategijos svarba ypač išryškėja atsižvelgiant į geopolitinius iššūkius ir klimato kaitos kontekstą. Energetinės sistemos diversifikavimas, atsinaujinančios energijos plėtra ir energijos taupymo skatinimas yra esminiai elementai, padedantys sumažinti Europos pažeidžiamumą tarptautinėse energijos rinkose ir sušvelninti klimato kaitos poveikį. Strategija ne tik mažina priklausomybę nuo iškastinio kuro, bet ir kuria tvarią energetikos sistemą, kuri galės prisidėti prie ilgalaikio klimato tikslų pasiekimo. Tai reiškia, kad REPowerEU gali tapti pagrindiniu įrankiu, siekiant užtikrinti, kad ES ne tik įgyvendintų savo klimato tikslus, bet ir prisidėtų prie pasaulinės energijos sistemos tvarumo.

Be to, REPowerEU planas akcentuoja investicijų svarbą, siekiant sumažinti biurokratinius barjerus, plėsti infrastruktūrą ir spręsti darbo jėgos trūkumus energetikos sektoriuje. Šios investicijos ne tik padės pasiekti energetinį saugumą, bet ir prisidės prie ekonominio saugumo stiprinimo, užtikrindamos tvarų ES ekonomikos augimą ilgalaikėje perspektyvoje. Todėl strategijos įgyvendinimas reikalauja nuolatinės ir koordinuotos pastangos tiek nacionaliniu, tiek ES lygiu, kad būtų pasiekta teigiama socialinė, ekonominė ir ekologinė grąža (Dinu, Vasile, 2023).

1.2. REPowerEU strategijos nustatytų tikslų ir planų analizė

REPowerEU yra Europos Sąjungos atsakas į geopolitiškai sudėtingą situaciją po Rusijos invazijos į Ukrainą. Strategija siekia užtikrinti ilgalaikį ES energetinį saugumą, mažinant priklausomybę nuo rusiškų iškastinio kuro importų. REPowerEU planas yra tiesiogiai susijęs su „Fit-for-55“ iniciatyva ir Europos žaliuoju kursu, kurie siekia klimato tikslų ir tvaresnės ekonomikos. REPowerEU, kaip ir „Fit-for-55“, apima plačią priemonių ir tikslų visumą, kuri yra būtina ES energetikos sistemos pertvarkymui. Lentelėje pateikiame šių dviejų planų pagrindiniai tikslai ir palyginimai.

1 lentelė

„Fit-for-55“ ir „RePowerEU“ tikslų palyginimas

Tikslas	"Fit-for-55" planas	"RePowerEU" planas
Sumažinti ES dujų suvartojimą	30% sumažinimas iki 2030 m.	Dujų tiekėjų diversifikavimas, daugiau atsinaujinančiųjų dujų, energijos taupymas ir elektrifikacija kartu galėtų sudaryti 155 milijardus kubinių metrų Rusijos dujų importo.
Energijos vartojimo efektyvumas	9 % iki 2030 m.	13 % iki 2030 m.
Energijos galutinio suvartojimo tikslas	966 Mtoe pagal 2020 m. scenarijų	776 Mtoe pagal 2030 m. tikslus, siekiama optimizuoti galutinį suvartojimą per energijos taupymą
Atsinaujinančios energijos tikslas	1067 GW (40% atsinaujinančių energijos šaltinių dalis iki 2030 m.)	1236 GW (45 % 45% atsinaujinančių energijos šaltinių dalis iki 2030 m.)
Saulės energijos pajėgumai	320 GW iki 2025 m., 600 GW iki 2030 m.	Siekiama iki 2030 m. pasiekti daugiau nei 600 GW saulės energijos pajėgumų
Vandenilio gavyba	5 Mt vandenilio gamyba iki 2030 m.	10 Mt iš atsinaujinančių šaltinių, 10 Mt importo
Biometano gamyba	35 bcm biometano gamyba iki 2030 m.	Palaiko biometano gamybą, tačiau akcentuojama didesnę atsinaujinančios energijos plėtrą
Šilumos siurblių diegimas	30 milijonų šilumos siurblių iki 2030 m.	45 milijonų šilumos siurblių įdiegimas iki 2030 m. užtikrinant spartesnę perėjimą prie švarios energijos
Atsinaujinančios energijos dalis pastatuose	40% atsinaujinančių energijos šaltinių dalis pastatuose iki 2030 m.	60% atsinaujinančios energijos dalis pastatuose, skatinti centralizuotą šildymą ir šilumos siurblius

Šaltinis: sudaryta autorės

REPowerEU planas nustato keletą esminių tikslų, susijusių su energijos vartojimo efektyvumo didinimu, tiekimo diversifikavimu ir atsinaujinančių energijos šaltinių plėtra. Pagrindiniai tikslai apima:

- Energijos taupymas: didinti energijos vartojimo efektyvumą pramonėje, transporto sektoriuje ir gyvenamuosiuose pastatuose. Iki 2030 m. numatoma padidinti energijos vartojimo efektyvumą 13 % lyginant su 2020 m. rodikliais.
- Tiekimo diversifikavimas: Sumažinti priklausomybę nuo Rusijos dujų, plėtojant suskystintų gamtinių dujų (SGD) importą ir biometano gamybą. Numatyta iki 2030 m. pasiekti 35 bcm biometano gamybos apimtis (EU, 2022).
- Atsinaujinančių išteklių plėtra: Siekiama paspartinti perėjimą prie atsinaujinančios energijos. Iki 2030 m. planuojama padidinti saulės energijos ir vėjo energijos pajėgumus iki atitinkamai 592 GW ir 510 GW (EU, 2022).

1.2.1. Energijos vartojimo efektyvumas

Vienas iš pagrindinių REPowerEU strategijos tikslų yra pasiekti aukštesnį energijos vartojimo efektyvumą. Strategijoje numatyta padvigubinti šilumos siurblių diegimą, siekiant optimizuoti energijos sąnaudas gyvenamuosiuose ir komerciniuose pastatuose. Iki 2027 metų planuojama įdiegti 10 milijonų šilumos siurblių, kas leistų reikšmingai sumažinti energijos vartojimą.

Energetinis vartojimo efektyvumas apibrėžiamas kaip energijos išteklių naudojimo optimizavimas siekiant pasiekti didesnę ekonominę ir aplinkosaugos efektą. Pagal Lietuvos energetikos agentūros metodiką, energijos vartojimo efektyvumas vertinamas per pirminės ir galutinės energijos intensyvumą, kuris atspindi energijos sąnaudų ir šalyje pagamintų prekių bei paslaugų vertės santykį (BVP ir energetinių išteklių santykis).

REPowerEU strategijoje energijos vartojimo efektyvumas įtvirtintas kaip vienas svarbiausių tikslų. Siekiant šio tikslo, numatyta daugybė priemonių, įskaitant daugiabučių ir viešųjų pastatų renovaciją, naujų technologijų diegimą, transporto sektoriaus efektyvumo didinimą bei perėjimą prie tvaraus viešojo transporto. Be to, ypatingas dėmesys skiriamas energetinio vartojimo švietimui ir mokymams.

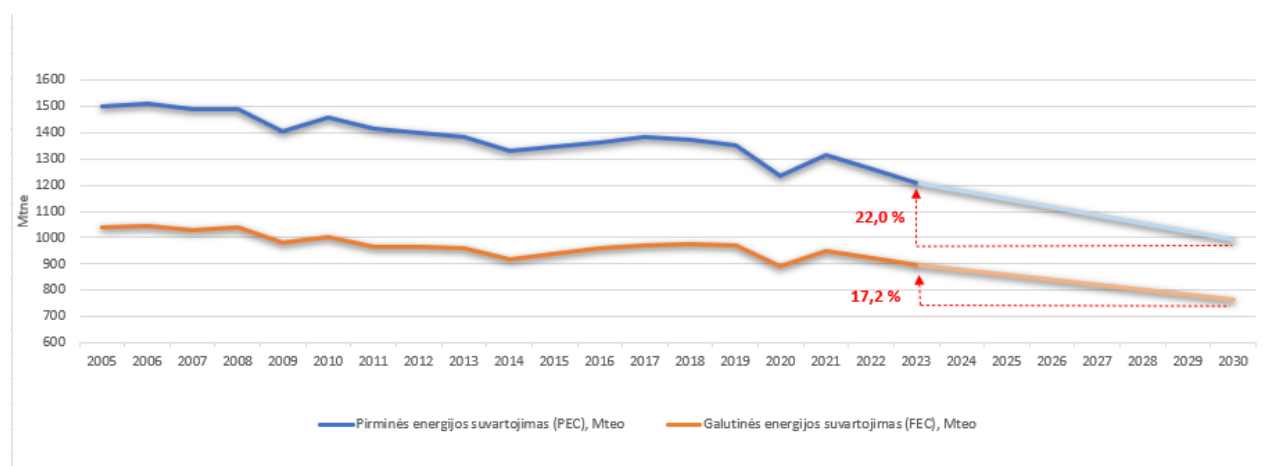
Pastaraisiais metais Europos Sąjunga vis griežtina reikalavimus energijos vartojimo efektyvumui. REPowerEU strategijoje buvo numatyta pasiekti 13 proc. energijos vartojimo efektyvumo pagerėjimą, tačiau 2023 m. spalio mėnesį įsigaliojusioje naujoje Energijos vartojimo efektyvumo direktyvoje ((ES) 2023/1791) šie tikslai buvo dar labiau sugriežtinti. Pagal šiuos

naujus tikslus, iki 2030 metų numatoma sumažinti pirminės ir galutinės energijos suvartojimą ES lygmeniu 11,7 proc., palyginti su 2020 m. prognozėmis. Vertinant absoliučiais skaičiais, iki 2030 metų ES suvartojamas pirminės energijos kiekis negalės viršyti 992,5 milijonų tonų naftos ekvivalento (Mtne), o galutinės energijos – 763 Mtne.

Naujausi energetikos taupymo duomenys rodo, kad 2022 m. pirminis energijos suvartojimas ES buvo 16,8 % mažesnis nei 2006 m. pasiektas pikas. Nors per pandemijos metus 2020 m. energijos suvartojimas sumažėjo iki rekordinio žemo lygio (1236 Mtne), 2022 m. pirminis energijos suvartojimas vėl išaugo iki 1257 Mtne.

1 paveikslas

Pirminės ir galutinės energijos suvartojimas (EU-27)



Šaltinis: Eurostato duomenų bazė, 2024.

2023 m. pirminės energijos suvartojimas ES pasiekė rekordiškai žemą lygį – 1 211 Mtne, arba 22,0 proc. nuo 2030 m. tikslo. 2023 m. galutinis energijos suvartojimas ES buvo 17,2 proc. mažesnis nei 2030 m. tikslas. Pirminės ir galutinės energijos suvartojimo pokyčiai Europos Sąjungoje yra svarbus indikatorius, leidžiantis analizuoti ekonominius, socialinius ir aplinkosaugos veiksnius, lemiančius energijos vartojimą. Bėgant metams pirminės energijos suvartojimas keitėsi priklausomai nuo ekonominių transformacijų, struktūrinių pokyčių pramonėje, energijos vartojimo efektyvumo iniciatyvų bei oro sąlygų svyravimų, tokių kaip itin šaltos ar šiltos žiemos. 2020 m. energijos vartojimą reikšmingai paveikė COVID-19 pandemijos metu įvesti apribojimai, įskaitant judėjimo ribojimus, komendanto valandas bei izoliacijos politiką. Šie apribojimai lėmė mažiausią energijos suvartojimo lygį ES nuo 1990 m., kai pradėti kaupti atitinkami duomenys.

2020 m. pirminės energijos suvartojimas sumažėjo iki 1 236 Mtne, tačiau jis vis dar buvo 5,8 proc. didesnis už 2020 m. efektyvumo tikslą ir 24,5 proc. didesnis už 2030 m. tikslą. Po pandemijos ribojimų sušvelninimo 2021 m. suvartojimas padidėjo 6,3 proc. ir pasiekė 1 313 Mtne,

tačiau 2022 m. jis sumažėjo iki 1 260 Mtne, o 2023 m. – iki 1 211 Mtne. Palyginti su 2006 m., kai buvo užfiksuotas didžiausias pirminės energijos suvartojimas, 2023 m. rodiklis buvo 19,9 proc. mažesnis. Šių pokyčių kontekste skirtumas tarp pirminės energijos suvartojimo ir 2030 m. tikslo sumažėjo nuo 52,3 proc. 2006 m. iki 22,0 proc. 2023 m., pabrėžiant efektyvumo iniciatyvų svarbą.

Galutinės energijos suvartojimas taip pat parodė reikšmingus pokyčius per pastaruosius dešimtmečius. Didžiausias galutinės energijos suvartojimas buvo užfiksuotas 2006 m., kai jis buvo 6,6 proc. didesnis už 2020 m. tikslą ir 33,9 proc. viršijo 2030 m. tikslą. 2020 m., pandemijos įkarštyje, galutinės energijos suvartojimas sumažėjo 7,1 proc. žemiau 2020 m. tikslinio lygio. 2021 m. jis siekė 948 Mtne, tai yra 1,2 proc. mažiau nei 2020 m. tikslas ir 24,2 proc. mažiau nei 2030 m. tikslas. 2022 m. galutinė energija sumažėjo iki 922 Mtne, o 2023 m. ji pasiekė 894 Mtne, kuris buvo tik 3 Mtne didesnis nei 2020 m., tačiau 17,2 proc. mažesnis už 2030 m. tikslą.

Šie pokyčiai rodo ilgalaikę tendenciją mažinti tiek pirminės, tiek galutinės energijos suvartojimą, tačiau taip pat išryškina likusius iššūkius siekiant ES nustatytų tikslų. Energetinio efektyvumo priemonės išlieka kritiniu veiksniu šioje srityje, o jų nuoseklus taikymas bus būtinas siekiant dar labiau sumažinti energijos vartojimą ir pasiekti užsibrėžtus tikslus iki 2030 m.

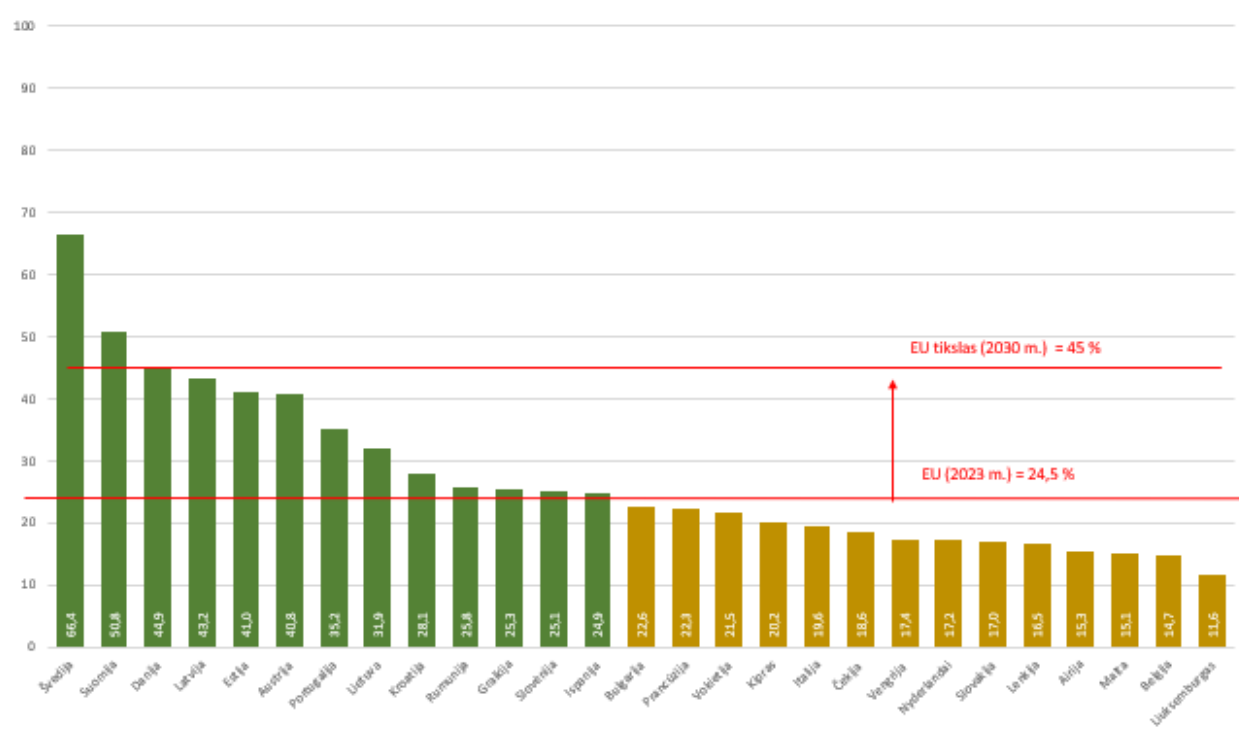
1.2.2. Atsinaujinančių energijos šaltinių integracija

REPowerEU ypatingą dėmesį skiria atsinaujinančios energijos šaltinių plėtrai. Strategijoje siekiama iki 2030 m. pasiekti 45 % atsinaujinančių energijos šaltinių dalį bendrame ES energetikoje. Šis tikslas bus įgyvendinamas skatinant didesnę saulės ir vėjo energijos gamybą, plėtojant atsinaujinančios energijos infrastruktūrą ir tobulinant reguliavimo mechanizmus, kurie užtikrins greitesnį projektų įgyvendinimą (Dinu, 2023).

Atsinaujinančio energetikos gamyba padeda užtikrinti energetinį nepriklausomumą. Atsinaujinantys energijos šaltiniai apima vėjo energiją, saulės energiją (šiluminę, fotovoltinę ir koncentruotą), hidroenergią, potvynių ir atoslūgių energiją, geotermine energiją, šilumos siurblių surenkamą aplinkos šilumą, biokurą ir atsinaujinančiąją atliekų dalį. ES šalys atsinaujinančios energetikos efektyvumą grindžia šiuolaikiniais šaltiniais tokiais kaip saulės ir vėjo jėgainės.

2 paveikslas

Atsinaujinančiųjų energetikos išteklių dalis bendrame galutiniame energijos suvartojime ES šalyse 2023 m., proc.



Šaltinis : Eurostato duomenų bazė, 2024 ([nrg_ind_ren](#))

2023 m. ES pasiekė 24,5 % bendro galutinio energijos suvartojimo iš atsinaujinančiųjų išteklių, t.y. 1,1 proc. daugiau nei 2021 m. ES tikslas 2030 m. šį rodiklį padidinti iki 45 proc., todėl šalys narės turi dėti daugiau pastangų kad kartu laikytųsi RePoerEU strategijoje numatytą tikslą, pagal kurį reikalaujama 22 proc. padidinti atsinaujinančiųjų išteklių energijos dalį bendrame galutiniame ES energijos suvartojime.

1.2.3. Investicijos į infrastruktūrą

Infrastruktūros investicijos yra viena iš pagrindinių sričių, kuri padeda pasiekti tvarias ir efektyvias energetikos sistemos transformacijas. Europos Sąjunga (ES) į infrastruktūros plėtrą žiūri kaip į esminį veiksnį, siekiant užtikrinti energetinį saugumą, didinti atsinaujinančių energijos šaltinių dalį ir mažinti priklausomybę nuo iškastinio kuro importo. Investicijos į infrastruktūrą apima ne tik fizinę infrastruktūrą, tokią kaip elektros tinklai, dujų ir vandenilio tiekimo sistemos, bet ir pažangias technologijas, kurios leidžia efektyviai integruoti atsinaujinančius energijos šaltinius į esamas sistemas.

Vienas iš pagrindinių ES energetikos pertvarkos tikslų yra sukurti tvirtą ir lankstų energetikos tinklą, kuris užtikrintų tiekimo saugumą ir leis greitai reaguoti į rinkos pokyčius. Kaip nurodoma Europos Komisijos komunikate, „REPowerEU“ strategija grindžiama didelėmis investicijomis į energetikos infrastruktūrą, siekiant diversifikuoti energijos tiekimą ir paspartinti perėjimą prie švarios energijos. Tai apima ne tik atsinaujinančios energijos pajėgumų didinimą, bet ir investicijas į energijos saugojimo technologijas, pvz., baterijas ir vandenilio infrastruktūrą, kurios padės užtikrinti stabilų energijos tiekimą laikotarpiu, kai atsinaujinančių energijos šaltinių gamyba gali būti nepakankama (EU, 2022)

Investicijos į elektros tinklų modernizavimą ir plėtrą taip pat yra būtinos, kad būtų galima integruoti didesnius atsinaujinančių energijos šaltinių kiekius, pavyzdžiui, vėjo ir saulės energiją, į nacionalines ir regionines sistemas. „REPowerEU“ plane nurodoma, kad didelis dėmesys bus skiriamas elektros tinklų plėtrai ir stiprinimui, kad jie taptų atsparūs esamiems ir būsimiems iššūkiams, tokiems kaip klimato pokyčiai ar geopolitinės įtampos, kurios gali sutrikdyti energijos tiekimą (Mathiesen ir kt., 2022).

Be to, svarbu pažymėti, kad investicijos į infrastruktūrą turėtų būti koordinuojamos ir apimti visą ES teritoriją, kad būtų užtikrintas tinkamas resursų paskirstymas ir maksimalus efektyvumas. Tai apima ne tik infrastruktūros plėtrą, bet ir naujų technologijų diegimą, kurios padėtų sumažinti energijos nuostolius ir padidinti bendrą sistemos efektyvumą. Tuo pačiu, investicijos į „žaliąją“ infrastruktūrą, įskaitant vandenilio gamybą ir paskirstymą, biometano gamybą, taip pat yra esminės, siekiant ilgalaikės energijos sistemos dekarbonizacijos ir užtikrinant tvarų augimą (Mathiesen ir kt., 2022).

Europos Komisija teigia, kad norint iki 2027 m. palaipsniui nutraukti Rusijos iškastinio kuro tiekimą, reikia papildomų 210 mlrd. Eur viešojo ir privačiojo sektorių investicijų. Šios investicijos apima tiek infrastruktūros plėtrą, tiek atsinaujinančių energijos šaltinių diegimą ir energijos vartojimo efektyvumo didinimą. „REPowerEU“ planas taip pat numato papildomus 20 mlrd. Eur dotacijų, skirtų valstybėms narėms per Inovacijų fondą ir apyvartinių taršos leidimų prekybos sistemos (ATLPS) pardavimus. Šios lėšos bus naudojamos finansuoti svarbias investicijas ir reformas, kurios padės pasiekti „REPowerEU“ tikslus, įskaitant energetikos infrastruktūros plėtrą.

Taigi, nors tikslus infrastruktūrai skirtų investicijų dydis nėra nurodytas, bendra „REPowerEU“ plano investicijų suma siekia 210 mlrd. Eur, o papildomos 20 mlrd. Eur dotacijos bus skirtos svarbioms investicijoms, įskaitant infrastruktūrą, finansuoti.

2. ENERGETINIO EFEKTYVUMO VERTINIMO METODAI

Energetinio efektyvumo vertinimas yra svarbi priemonė, siekiant tvariai naudoti energijos išteklius ir mažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas. Šiam tikslui pasiekti naudojami įvairūs metodai ir modeliai, kurie leidžia analizuoti energijos vartojimą, nustatyti neefektyvias praktikas bei identifikuoti galimybes efektyvumui gerinti. Literatūroje plačiai taikomas metodas yra duomenų apgaubties analizė (DEA), išsiskiriantis savo lankstumu ir gebėjimu dirbti su daugybe įvesties ir išvesties parametrų.

DEA yra nparametrinis metodas, pagrįstas linijinio programavimo technikomis. Jis leidžia įvertinti santykinį sprendimų priėmimo vienetų (angl. *Decision Making Units*, DMUs) efektyvumą, palyginant juos su geriausiai veikiančiais vienetais. DEA analizė yra naudinga ne tik vertinant šalių, regionų ar įmonių energijos vartojimą, bet ir identifikuojant tobulintinas sritis. Klasikiniai DEA modeliai, tokie kaip CCR (fiksuoto grąžos masto) ir BCC (kintamo grąžos masto) modeliai, leidžia atskirti techninį efektyvumą nuo masto efektyvumo (Banker ir kt., 2004).

Tyrimai parodė, kad DEA metodas yra ypač veiksmingas vertinant regioninius energijos ir anglies dioksido emisijų efektyvumo skirtumus. Pavyzdžiui, Meng ir kt. (2016) analizavo 30 Kinijos regionų energijos vartojimo efektyvumą ir nustatė, kad rytų regionai pasiekia geresnius rezultatus nei vakariniai, kuriuose vyrauja energijos švaistymas. Šie rezultatai paskatino diskusijas apie politikos priemones, skatinančias racionalesnį energijos naudojimą mažiau efektyviuose regionuose.

Taip pat DEA buvo taikomas vertinant 27 Europos Sąjungos šalių energijos efektyvumą, apimant tokius įvesties kintamuosius kaip energijos suvartojimas, darbo jėga, kapitalas ir CO₂ emisijos, o išvesties kintamuosius – BVP ir energijos gamybą. Tyrimai parodė, kad šalys, investuojančios į atsinaujinančią energiją, pasižymi didesniu efektyvumu ir mažesnėmis emisijomis. Panašūs rezultatai buvo gauti Guo ir kt. (2017) dinaminėje DEA analizėje, kurioje buvo įvertinti laikini efektyvumo pokyčiai 27 OECD šalyse ir Kinijoje 2000–2010 m. laikotarpiu. Tyrimas pabrėžė, kad energijos atsargų valdymas turi lemiamą reikšmę energijos vartojimo efektyvumui.

Nors DEA modeliai yra plačiai naudojami dėl savo privalumų, jų tikslumas gali sumažėti, jei vienetų skaičius yra mažas, palyginti su analizuojamų kintamųjų skaičiumi. Šią problemą galima spręsti taikant svorių apribojimus arba mažinant duomenų dimensijas. Nepaisant to, DEA išlieka esminiu energetinio efektyvumo vertinimo įrankiu, leidžiančiu teikti rekomendacijas dėl optimalaus išteklių paskirstymo ir emisijų mažinimo strategijų.

Kitas naudingas metodas yra Sezoninė ARIMA prognozė, kuri plačiai naudojama vertinant energijos krizės ir šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijų prognozes. Šis metodas yra ypač

naudingas, kai norima įvertinti ilgalaikes tendencijas ir sezoninius svyravimus energijos sektoriuje, kaip aprašyta Kuzior ir kt. (2023) darbe. ARIMA modeliai leidžia prognozuoti energijos vartojimo ir emisijų pokyčius, atsižvelgiant į tokius veiksnius kaip geopolitinė situacija ar energijos politikos pokyčiai. Toks metodas taip pat buvo taikytas optimizuojant atsinaujinančių energijos šaltinių sistemas vandens gėlinimo įrenginiuose. SARIMA ir Gradient Boosting modeliai, kaip pabrėžia Sanan ir kt. (2024), pasižymi aukštu tikslumu prognozuojant energijos suvartojimą ir oro sąlygas, o jų taikymas leidžia užtikrinti patikimą energijos tiekimą ir sumažinti anglies dioksido emisijas.

Kuzior ir kt. (2023) tyrime buvo nagrinėjamos ES27 šalių ketvirtinės šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijų laiko eilutės, apimančios laikotarpį nuo 2010 iki 2022 metų. Tyrime analizuoti kintamieji apėmė šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas, išreikštas tonomis vienam gyventojui, įskaitant CO₂, CH₄, N₂O bei kitas dujas. Papildomai, emisijos buvo tiriamos pagal ekonominę veiklą, tokias kaip energijos gamyba, pramonė ir transportas.

Remiantis atlikta analize, Kuzior ir kt. (2023) išskyrė du galimus ES šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijų raidos scenarijus iki 2030 metų:

1. **Neigiamas scenarijus:** Emisijos gali padidėti iki 0,752911 tonos vienam gyventojui, jei energetikos krizė nebus valdomai sprendžiama.
2. **Teigiamas scenarijus:** Emisijos sumažėtų iki 0,235225 tonos vienam gyventojui, jei būtų aktyviai skatinama atsinaujinančių energijos šaltinių plėtra ir diversifikacija.

Tyrimas pabrėžia būtinybę imtis veiksmingų priemonių, siekiant sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas ir užtikrinti tvarų ekonomikos vystymąsi.

Multi-criteria Decision Analysis (MCDA) yra metodas, naudojamas daugialypiems vertinimo kriterijams apdoroti ir palyginti. Šis metodas dažnai taikomas vertinant šildymo sektoriaus efektyvumą, kaip pavyzdys pateikiamas Siksnelytės-Butkienės ir Streimikienės (2021) tyrimas. MCDA, taikant tokius metodus kaip TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), leidžia pasirinkti geriausią energetinio efektyvumo variantą, remiantis keliais kriterijais, įskaitant ekonominius, aplinkosauginius ir socialinius veiksnius. Šis metodas padeda įvertinti įvairių technologijų ir strategijų tvarumą ir efektyvumą.

Taip pat MCDA buvo taikomas kompleksiniam vandens gėlinimo technologijų vertinimui, siekiant nustatyti, kurie atsinaujinantys energijos šaltiniai – vėjo, saulės ar geoterminė energija – yra efektyviausi skirtinguose geografiniuose regionuose. Sanan ir kt. (2024) tyrime MCDA leido suderinti kelis kriterijus, tokius kaip energijos gamybos sąnaudos, emisijų mažinimas ir energijos prieinamumas, ir optimizuoti atsinaujinančių energijos šaltinių derinius keturiuose JAV vandens gėlinimo įrenginiuose. MCDA analizė atskleidė, kad Šiaurės Europos šalių šildymo sektoriuje aukšti efektyvumo rodikliai buvo pasiekti dėl integruotų technologijų ir gerai koordinuotos

politikos. Tuo tarpu ES27 šalyse šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijų pokyčius stipriai veikė geopolitiniai įvykiai, tokie kaip Rusijos invazija į Ukrainą.

Šie metodai leidžia identifikuoti pagrindines sritis, kuriose galima pagerinti energijos vartojimą, sumažinti išlaidas ir pasiekti klimato tikslus. DEA, ARIMA, MCDA ir kiti metodai suteikia tikslus ir objektyvius duomenis, kurie padeda politikos formuotojams ir energetikos sektoriaus specialistams priimti pagrįstus sprendimus. Be to, jų taikymas įvairiuose sektoriuose skatina tvarius pokyčius ir padeda efektyviau naudoti energijos išteklius.

3. EKONOMINIO TYRIMO METODOLOGIJA IR TYRIMO REZULTATAI

Duomenų apgaubties metodas (Data Envelopment Analysis (DEA)) yra matematinis metodas, kurio tikslas – įvertinti sprendimų priėmimo vienetų efektyvumą, naudojant kelis įvesties ir išvesties rodiklius. Pirmą kartą šis metodas buvo pristatytas Charnes, Cooper ir Rhodes (1978) ir vėliau išplėstas kitais modeliais, tokiais kaip BCC modelis (Banker, Charnes, Cooper) ir įvairios radijo orientacijos versijos. DEA suteikia galimybę įvertinti efektyvumą be poreikio naudoti kainų ar kitus išorinius duomenis, tokiu būdu tinkamas analizėje, kur nėra aiškiai nustatytos ryšio funkcijos tarp įvesties ir išvesties rodiklių (Meng ir kt., 2016).

DEA modeliai buvo plačiai taikomi įvairiose srityse, įskaitant energijos vartojimo efektyvumą, ekologinį efektyvumą ir netgi regioninių ekonominių rodiklių vertinimą. Pavyzdžiui, daugelis tyrimų analizavo energijos efektyvumą ir anglies dioksido emisijos mažinimą, naudojant DEA metodus, tiek išsivysčiusiose, tiek besivystančiose šalyse Meng ir kt., (2016). Šie modeliai ypač vertingi, kai reikia įvertinti efektyvumą ir palyginti įvairius regionus ar sektorius, turint įvairius rodiklius, tačiau neturint tiesioginės informacijos apie gamybos funkcijas.

Šiame tyrime naudojame Data Envelopment Analysis (DEA) metodą, kad įvertintume 27 Europos šalių energetinį efektyvumą per dešimt metų (nuo 2013 iki 2022 metų). DEA metodas leidžia įvertinti šalių efektyvumą pagal jų gebėjimą optimizuoti energijos išteklių naudojimą, siekiant maksimizuoti ekonomines arba aplinkosaugos išvestis, tokias kaip energijos vartojimo sumažinimas arba CO2 emisijų mažinimas.

DEA modelio formulė yra pagrįsta linijine programavimu ir apima du pagrindinius komponentus – įvesties ir išvesties kintamuosius. Formulė gali būti pateikta kaip:

$$\text{Max } \theta = \frac{\sum_{j=1}^m \lambda_j y_j}{\sum_{i=1}^n \lambda_i x_i}$$

kur:

θ – efektyvumo rodiklis (efektyvumo koeficientas), kurio tikslas yra pasiekti kuo didesnę išvesties ir įvesties santykį.

x_i – įvesties kintamieji, kur i apibrėžia įvestis (energijos suvartojimas, gyventojų skaičius, CO2 emisijos).

y_j – išvesties kintamieji, kur j apibrėžia išvestis (BVP).

λ_i ir λ_j – svoriai, kurie priskiriami kiekvienam šaltinio kintamajam (jų vertės yra nustatomos sprendžiant optimizavimo uždavinį).

Vertinant 27 Europos šalis, pagrindiniai įvesties kintamieji apima:

- gyventojų skaičius (populiacija) – tai veiksnys, atspindintis šalies socialinę struktūrą ir vartojimo poreikius, kurie gali turėti įtakos energijos suvartojimo lygiui.
- energijos suvartojimas – apibrėžia bendrą energijos kiekį, kurį šalis naudoja įvairiems sektoriams, pavyzdžiui, pramonei, transportui ir buitiniams vartotojams.
- CO₂ emisijos – šis kintamasis matuoja šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas, kurios yra tiesiogiai susijusios su energetikos sektoriaus efektyvumu ir naudojamų energijos šaltinių ekologine prasme.

Išvesties kintamieji apima:

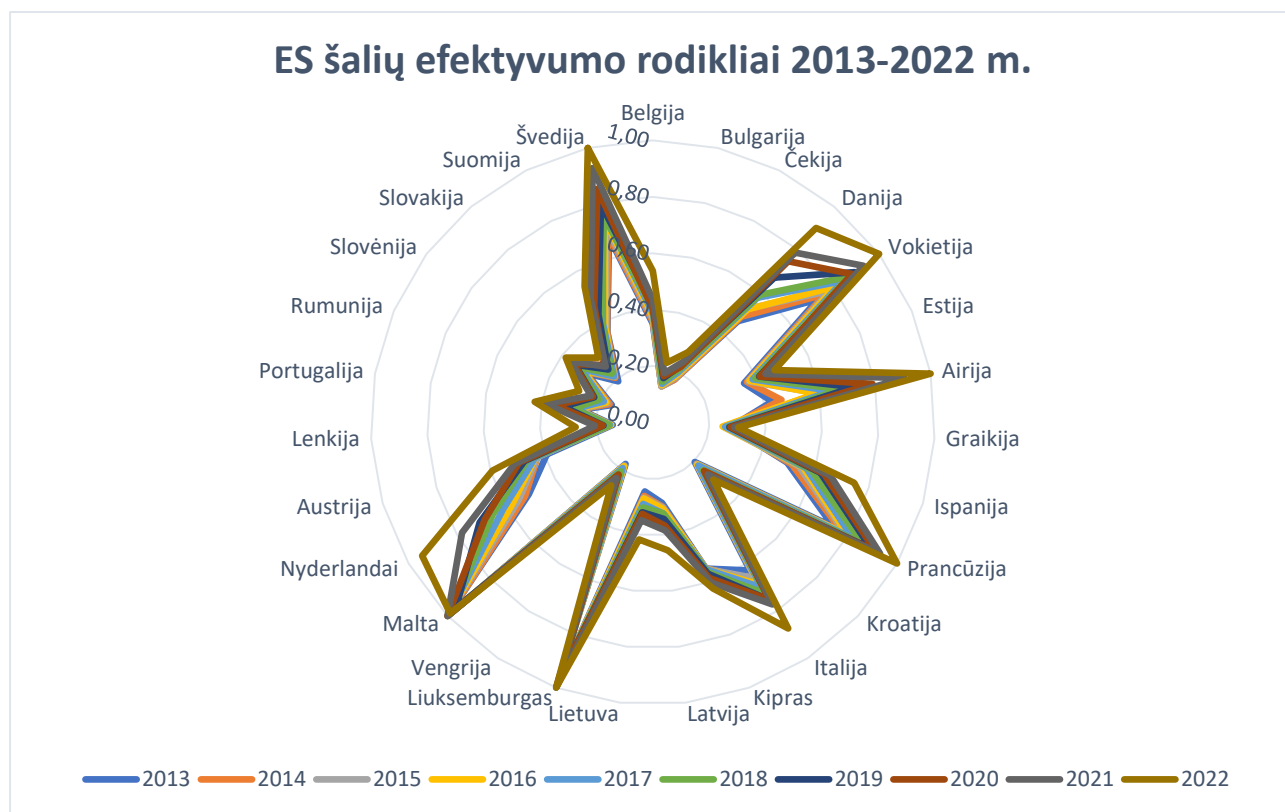
- Bendrasis vidaus produktas (BVP) – tai pagrindinis ekonominės veiklos rodiklis, matuojantis šalies ekonominį našumą ir susijęs su energijos naudojimo efektyvumu. BVP atspindi šalies pajamų lygį, kuris gali būti generuojamas naudojant tam tikrą energijos kiekį.

3.1. Modelio gautų rezultatų apžvalga

Atlikus efektyvumo vertinimą naudojant DEA modelį, pastebime skirtingus efektyvumo lygius tarp šalių ir laikotarpių. Aukščiausią efektyvumo lygį pasiekė kai kurios šalys (efektyvumo koeficientas 1), kas rodo, kad jos maksimaliai efektyviai panaudojo savo turimus išteklius BVP kūrimui. Mažiausias efektyvumo rodiklis parodė didelį disbalansą tarp įvesties (populiacijos, energijos suvartojimo, CO₂ emisijų) ir išvesties (BVP).

Iš pateikto grafiko matome, kad tokios šalys kaip Airija, Nyderlandai, Danija, Švedija, Vokietija rodė nuolatinį efektyvumo augimą, tačiau kai kurios šalys (Lenkija, Bulgarija, Rumunija ir kt.) susiduria su nuolatinėmis problemomis optimizuojant energetinius išteklius.

3 paveikslas



Šaltinis: sudaryta autorės.

Rezultatai atspindi, kad šalys, kurios labiau pasitelkė atsinaujinančius energijos šaltinius ir efektyviai valdė energijos suvartojimą, pasiekė aukštesnius efektyvumo rezultatus. REPowerEU tikslai, tokie kaip energijos taupymo priemonių diegimas, atsinaujinančių energijos išteklių plėtra ir CO₂ emisijų mažinimas, yra ypač svarbūs šalims, kurios susiduria su mažesniu efektyvumo lygiu. Šalims, kurios turi žemą efektyvumo lygį, reikia: investuoti į atsinaujinančią energiją; mažinti CO₂ emisijas, taikant griežtesnes aplinkosaugos priemones; didinti energijos vartojimo efektyvumą per technologines inovacijas.

Atsižvelgiant į DEA modelio gautus efektyvumo rodiklius ir atsižvelgiant į tai, kad per paskutinius analizuojamus metus Europoje įvyko reikšmingi pokyčiai, turintys įtakos energetikos sektoriui, šalių reitingavimas pagal 10 metų vidurkį nebūtų tinkamas. Pirmiausia, COVID-19 pandemija, prasidėjusi 2019 metais, ir vėlesnis Rusijos ir Ukrainos karas, pradėjęs 2022 metais, žymiai paveikė energetikos sektorių, todėl šalių efektyvumo rodikliai gali būti iškreipti dėl šių išorinių veiksnių. Atsižvelgiant į 2022 metų efektyvumo rodiklius, šalis sugrupuojame į kelias kategorijas, pradedant nuo aukščiausio efektyvumo rodiklio, kuris lygus 1. Pirmoji grupė apima šalis su efektyvumo rodikliu 1, o toliau, pašalinus šalis, kurių efektyvumo rodiklis yra 1, atliekame

naują vertinimą pagal modelį ir sugrupuojame šalis pagal jų pasiektus aukščiausius balus. Tokiu būdu sudarome tolesnes grupes, atsižvelgdami į šalių efektyvumo rodiklių pasiskirstymą.

2 lentelė

ES šalių sugrupavimas, remiantis efektyvumu 2022 m.

<i>I grupė</i>	<i>II grupė</i>	<i>III grupė</i>	<i>IV grupė</i>	<i>V grupė</i>	<i>VI grupė</i>
Vokietija	Danija	Belgija	Estija	Čekija	Bulgarija
Airija	Prancūzija	Italija	Ispanija	Graikija	Vengrija
Liuksemburgas	Malta	Kipras	Lietuva	Kroatija	
Švedija	Nyderlandai	Latvija	Portugalija	Lenkija	
		Austrija	Slovėnija	Rumunija	
			Suomija	Slovakija	

Šaltinis: sudaryta autorės.

Pirmoji grupė (Vokietija, Airija, Liuksemburgas, Švedija): šios šalys pasiekia maksimalią energijos vartojimo efektyvumą, turėdamos naudingumo koeficientą, lygų 1. Tai rodo, kad šios šalys optimizavo savo energijos vartojimą, sumažino CO₂ emisijas, pasiekė aukštą ekonominę išsivystymą, ir naudoja pažangias technologijas bei inovacijas. Šios valstybės gali būti laikomos pavyzdžiu kitoms, nes jos pasiekė aukštą efektyvumo lygį.

Antroji ir trečioji grupės (Danija, Prancūzija, Malta, Nyderlandai, Belgija, Italija, Kipras, Latvija, Austrija): šios šalys turi gana aukštą naudingumo koeficientą, tačiau jų efektyvumas nėra optimalus. Šiose šalyse gali būti vertinamos politikos priemonės, kurios prisidėtų prie efektyvumo gerinimo – pavyzdžiui, daugiau investicijų į atsinaujinančius energijos šaltinius, efektyvesnę infrastruktūrą ir pažangesnes technologijas.

Ketvirtoji ir penktoji grupės (Estija, Ispanija, Lietuva, Portugalija, Slovėnija, Suomija, Čekija, Graikija, Kroatija, Lenkija, Rumunija, Slovakija): šalys, esančios šiose grupėse, rodo žemesnį naudingumo koeficientą. Tai gali reikšti, kad šiose šalyse vis dar egzistuoja didesnės energijos vartojimo sąnaudos ir CO₂ emisijos, palyginti su pirmosiomis grupėmis. Šių šalių atžvilgiu gali būti svarbu atlikti papildomą analizę, siekiant nustatyti, kurios politinės ir ekonominės priemonės būtų veiksmingos gerinant energetinį efektyvumą.

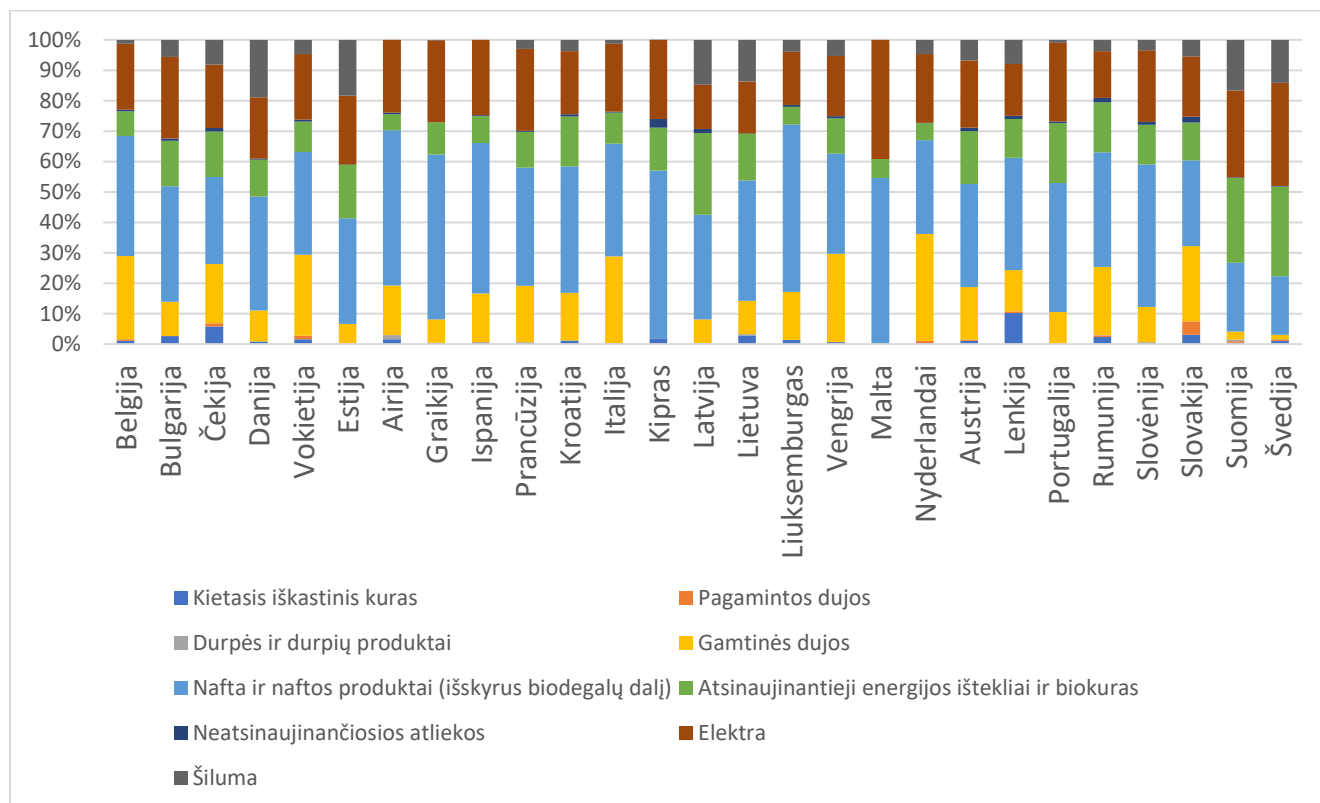
Šeštoji grupė (Bulgarija, Vengrija): šios šalys atsiduria žemiausiuose naudingumo koeficientuose, kas gali rodyti dideles problemas energetinio efektyvumo srityje, galbūt dėl nepakankamų investicijų į atsinaujinančius energijos šaltinius, senos energetinės infrastruktūros ar didelio priklausomybės nuo importuojamos energijos. Reikia išanalizuoti šių šalių specifinius iššūkius, kad būtų galima paskatinti efektyvesnę energijos vartojimą.

3.2. ES šalių energijos vartojimo struktūra ir jos poveikis energijos efektyvumui

Siekdami detaliau suprasti gautus rezultatus, analizuosime energijos vartojimo struktūrą t.y. kokios energijos rūšys dominuoja ir kaip tai veikia bendrą energijos efektyvumą. Didesnis anglies ir naftos vartojimas gali lemti didesnes CO₂ emisijas ir mažinti efektyvumą.

4 paveikslas

ES (27) galutinės energetikos suvartojimas pagal energetikos rūšis, 2023 m.



Šaltinis : Eurostato duomenų bazė, 2024

Duomenys rodo, kad 2023 m. Europos Sąjungoje (27 šalys) dominavo nafta ir naftos produktai (331,79 mln. tonų), gamtinės dujos (184,68 mln. tonų) ir atsinaujinantys energijos šaltiniai bei biokuras (110,37 mln. tonų). Tai rodo, kad pereinant prie žalesnės ekonomikos, atsinaujinantys ištekliai jau užima reikšmingą vietą energetikos sektoriuje.

ES šalyse yra didelių skirtumų energijos vartojime. Didžiausią bendrą energijos suvartojimą demonstruoja Vokietija (190,44 mln. tonų), Italija (110,78 mln. tonų) ir Prancūzija (132,68 mln. tonų). Tuo tarpu mažesnės šalys, tokios kaip Malta (0,59 mln. tonų) ir Kipras (1,61 mln. tonų), sunaudoja žymiai mažiau energijos. Šie skirtumai susiję su ekonomikos dydžiu, gyventojų skaičiumi ir pramonės struktūra.

Švedija (9,17 mln. tonų), Suomija (6,45 mln. tonų) ir Vokietija (19,11 mln. tonų) išsiskiria aukštais atsinaujinančių energijos šaltinių vartojimo rodikliais. Tai rodo pažangias šių šalių

strategijas pereinant prie tvarių energijos šaltinių. Tuo tarpu mažiau atsinaujinančių energijos išteklių naudoja šalys, tokios kaip Malta ir Kipras.

Naftos produktai yra pagrindinis energijos šaltinis daugelyje šalių, o jų didžiausi vartotojai yra Vokietija (64,19 mln. tonų), Italija (40,99 mln. tonų) ir Prancūzija (51,57 mln. tonų). Tai rodo, kad šios šalys vis dar stipriai priklauso nuo iškastinio kuro.

Neatsinaujinančios atliekos sudaro nedidelę energijos šaltinių dalį, tačiau jos ypač svarbios tokiose šalyse kaip Vokietija (1,24 mln. tonų) ir Prancūzija (0,52 mln. tonų). Tai gali būti rodiklis efektyvaus atliekų tvarkymo ir perdirbimo.

Rytų Europos šalys, tokios kaip Lenkija (71,23 mln. tonų) ir Rumunija (23,92 mln. tonų), vis dar stipriai remiasi iškastiniu kuru (ypač kietuoju iškastiniu kuru), tuo tarpu vakarų ir šiaurės Europos šalys labiau koncentruojasi į atsinaujinančius energijos šaltinius ir elektros gamybą.

Energetikos sektoriaus skirtumai ES šalyse pabrėžia būtinybę tęsti investicijas į atsinaujinančius energijos šaltinius, siekiant sumažinti priklausomybę nuo iškastinio kuro. Be to, energetinės strategijos turi būti pritaikytos prie kiekvienos šalies specifinių poreikių ir galimybių.

3.3. Energetinė priklausomybė ir energijos vartojimo dinamika

Šalių energetinio efektyvumo skirtumus galėtų paaiškinti išsamesnė analizė apie šalių priklausomybę nuo energijos importo. Atsinaujinančios energijos šaltinių dalis ir energijos importo priklausomybės lygis galimai paaiškintų ES šalių efektyvumo skirtumus.

Priklausomybė nuo energijos importo yra rodiklis, nurodantis, kokią dalį šalies energijos poreikių patenkina importas iš kitų valstybių. Šis rodiklis atspindi, kokią energijos dalį šalis turi importuoti, kad užtikrintų savo ekonomikos funkcionavimą. Energetinė priklausomybė apibrėžiama kaip grynojo energijos importo dalis bendroje turimoje energijoje, išreikšta procentais. Šį rodiklį galima taikyti bendrai visiems energijos produktams arba atskirai analizuoti pagal konkrečias kuro rūšis, tokias kaip žalia nafta ar gamtinės dujos. Visi pateikti duomenys grindžiami energijos balansais.

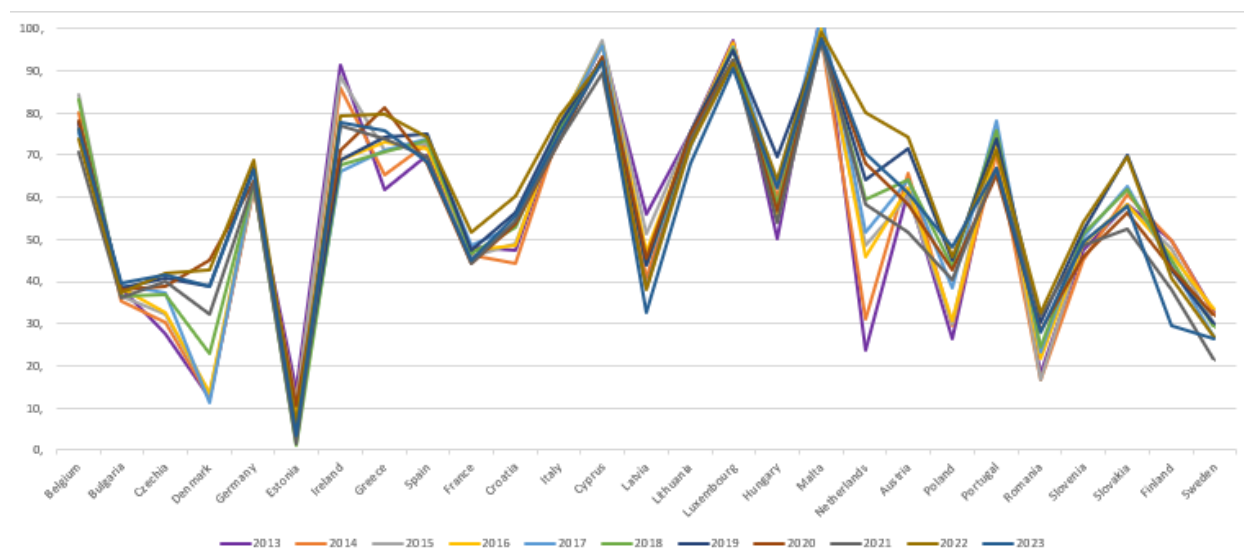
Matematinė priklausomybės nuo energijos importo formulė yra tokia:

$$\text{Energetinė priklausomybė} = (\text{importas} - \text{eksportas}) / \text{bendra turima energija}$$

Neigiamas priklausomybės rodiklis rodo, kad šalis yra grynoji energijos eksportuotoja, tuo tarpu rodiklis, viršijantis 100 %, reiškia, kad tam tikras energijos kiekis buvo kaupiamas atsargoms.

5 paveikslas

ES šalių priklausomybė nuo energijos importo, proc. (2018 - 2023 m.)



Šaltinis : Eurostato duomenų bazė, 2024

Energetinės priklausomybės analizė remiantis pateiktais duomenimis leidžia identifikuoti svarbiausias tendencijas Europos Sąjungoje bei atskirų šalių kontekste. ES (27 šalių) bendra energetinė priklausomybė iki 2020 metų svyravo palyginti nedaug. Vis dėlto, 2022 metais užfiksuotas reikšmingas padidėjimas, kurį galimai lėmė geopolitiniai veiksniai, pavyzdžiui, karas Ukrainoje, turėjęs tiesioginę įtaką energijos tiekimui ir jo patikimumui. Krizės metais užfiksuoti didesni priklausomybės svyravimai pabrėžia būtinybę investuoti į energetinį savarankiškumą.

Tarp Europos šalių Malta ir Kipras išsiskiria kaip valstybės, nuolat turinčios aukštą energetinės priklausomybės lygį. Tai galima sieti su jų geografinė padėtimi, ribotomis vidaus energijos gamybos galimybėmis ir didele priklausomybe nuo importo. Liuksemburgas taip pat pasižymi dideliu priklausomybės lygiu, nors pastaraisiais metais pastebimas laipsniškas mažėjimas.

Danijoje energetinės priklausomybės lygis reikšmingai išaugo 2020 ir 2021 metais, o vėliau stabilizavosi. Tai gali rodyti atsinaujinančios energijos naudojimo intensyvėjimą arba svyravimus importo apimtyse. Tuo tarpu Estija po 2015 metų užfiksavo didelį energetinės priklausomybės sumažėjimą. Šį pokytį tikėtina lėmė sėkmingos investicijos į energijos savarankiškumą ar atsinaujinančių energijos šaltinių plėtrą.

Rytų Europos šalyse energetinės priklausomybės situacija taip pat pastebimai keičiasi. Pavyzdžiui, Lenkijoje ir Rumunijoje pastaraisiais metais užfiksuotas priklausomybės augimas. Tai galima sieti su didėjančiu energijos vartojimu ir nepakankamomis vietinės gamybos pajėgomis. Tuo tarpu Bulgarijoje priklausomybė yra gana stabili, nors 2023 metais užfiksuotas padidėjimas gali rodyti didesnę importo poreikį.

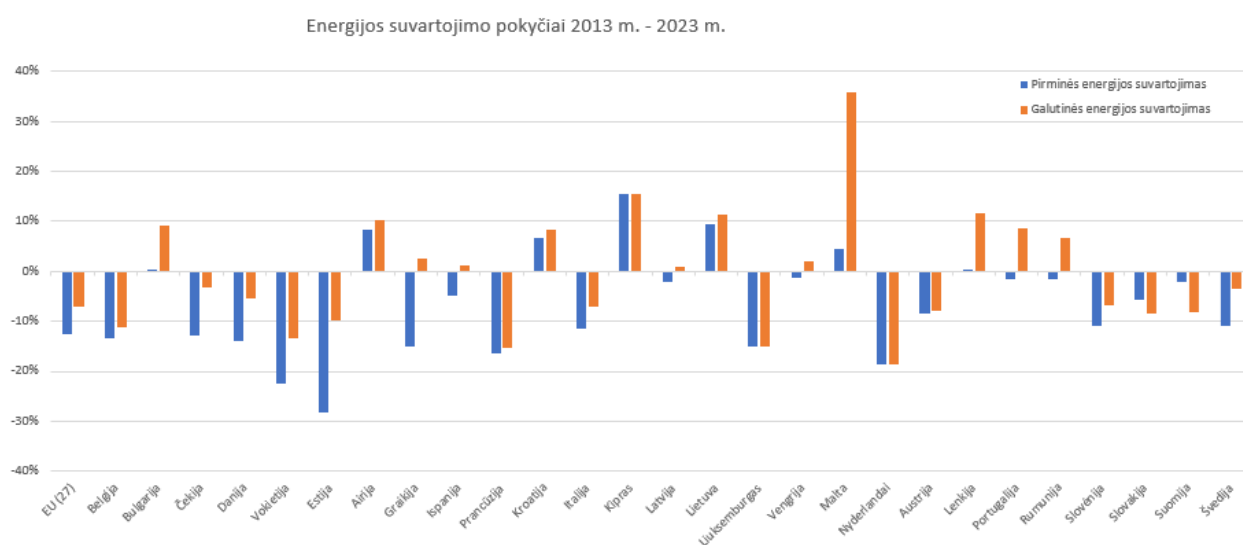
Kai kurios šalys aktyviai mažina savo energetinę priklausomybę. Švedijoje ir Suomijoje nuosekliai mažėjantis priklausomybės lygis rodo sėkmingą perėjimą prie atsinaujinančios energijos naudojimo bei efektyvesnį energijos vartojimą. Lietuva po 2018 metų taip pat demonstruoja mažėjančią priklausomybę, tikėtina, dėl SGD terminalo plėtros Klaipėdoje bei kitų diversifikacijos priemonių.

Geopolitiniai ir ekonominiai iššūkiai ryškiausiai atsispindi 2022 metų duomenyse, kurie rodo staigius pokyčius daugelyje šalių. Tai akcentuoja būtinybę mažinti priklausomybę nuo importuojamų iškastinių energijos šaltinių ir stiprinti vietinių atsinaujinančių išteklių naudojimą. Europos Sąjunga siekia šiuos tikslus įgyvendinti per tokias strategijas kaip REPowerEU.

Apibendrinant galima teigti, kad šalių energetinė priklausomybė atspindi ne tik jų energijos politiką, bet ir bendrą ekonominę situaciją bei geopolitinius veiksniai. Tolesnis dėmesys turėtų būti skiriamas investicijoms į atsinaujinančių energijos šaltinių plėtrą, energijos vartojimo efektyvumą ir regioninį energetinį bendradarbiavimą, kuris galėtų prisidėti prie stabilaus ir tvaraus energijos tiekimo užtikrinimo.

6 paveikslas

Energetikos suvartojimo pokyčiai 2013 m. – 2023 m.



Šaltinis: sudaryta autorės

Pateikti duomenys apie pirminės ir galutinės energijos suvartojimą Europos Sąjungoje 2013–2023 m. laikotarpiu leidžia analizuoti reikšmingus pokyčius, susijusius su ekonominiais, technologiniais ir politiniais veiksniais. Pirminės energijos suvartojimas ES per šį laikotarpį sumažėjo 12,6 proc., o reikšmingiausi mažėjimai užfiksuoti Estijoje (-28,1 proc.), Vokietijoje (-22,5 proc.) ir Nyderlanduose (-18,7 proc.). Tuo tarpu septyniose valstybėse pirminės energijos suvartojimas padidėjo, tarp jų didžiausi pokyčiai buvo užfiksuoti Kipre (+15,8 proc.), Lietuvoje

(+9,3 proc.), Airijoje (+8,3 proc.) ir Kroatijoje (+6,8 proc.). Tai rodo, kad atskirų šalių energetikos politikos ir ekonominių sąlygų skirtumai turėjo reikšmingos įtakos šiems pokyčiams.

Galutinis energijos suvartojimas tuo pačiu laikotarpiu sumažėjo 7,0 proc., o didžiausi mažėjimai buvo stebimi Nyderlanduose (-18,5 proc.), Prancūzijoje (-15,2 proc.) ir Liuksemburge (-14,9 proc.). Tačiau kai kuriose šalyse užfiksuotas galutinės energijos suvartojimo augimas, ypač Maltoje (+37,1 proc.), Kipre (+15,8 proc.) ir Lenkijoje (+11,7 proc.). Šie pokyčiai rodo skirtingą energijos vartojimo dinamiką, kurią lemia ne tik energijos gamybos ir vartojimo struktūros pokyčiai, bet ir kiekvienos šalies pramonės struktūra, demografinės tendencijos bei energetikos transformacija.

Pirminės ir galutinės energijos suvartojimo skirtumai dažnai atsiranda dėl energetikos sistemos technologinių pokyčių. Perėjimas nuo elektros gamybos, naudojant iškastinį kūrą ar branduolinę energiją (turinčią mažesnę efektyvumą), prie atsinaujinančių šaltinių, tokių kaip vėjo ar saulės fotovoltinė energija (kurios efektyvumas metodologiškai laikomas 100 proc.), sumažina pirminės energijos suvartojimą, tačiau mažiau veikia galutinį suvartojimą. Šis pokytis taip pat paveikia transformacijos nuostolius, kurie yra tiesiogiai susiję su šalies energetinės sistemos specifika. Pavyzdžiui, grynosios energijos eksportuotojai patiria didesnius pirminės energijos suvartojimo nuostolius dėl eksporto, o grynosios importuotojos šį poveikį jaučia ir galutinio suvartojimo lygmeniu.

Galutinio energijos suvartojimo pokyčiai atspindi faktinį galutinių vartotojų energijos poreikį, neįtraukiant nuostolių, atsirandančių energiją transformuojant. Elektros gamybos būdas daro įtaką tik pirminės energijos suvartojimui, tačiau suvartota elektros energija paveikia ir pirminį, ir galutinį energijos vartojimą. Šie duomenys leidžia suprasti, kad pirminės energijos vartojimas yra ne tik rodiklis, atspindintis šalies energetikos sistemą, bet ir svarbus veiksnys, lemiantis strateginius sprendimus siekiant didesnio efektyvumo ir tvarumo.

Atlikus energetinio efektyvumo vertinimą, remiantis DEA modeliu, nustatyti reikšmingi skirtumai tarp Europos Sąjungos šalių efektyvumo rodiklių. Tyrimo rezultatai parodė, kad aukščiausi efektyvumo rodikliai buvo pasiekti šalyse, kurios sėkmingai optimizavo energijos vartojimą ir integravo atsinaujinančius energijos šaltinius į savo energetikos sistemas. Tokių šalių, kaip Airija, Nyderlandai, Danija, Švedija ir Vokietija, efektyvumo koeficientas siekė 1, rodantis, kad jos maksimaliai efektyviai naudojo turimus energetinius išteklius BVP kūrimui. Priešingai, kai kuriose šalyse, kaip Lenkija, Bulgarija ar Rumunija, buvo pastebėti reikšmingi energijos vartojimo ir ekonominių rezultatų disbalansai.

Analizė atskleidė, kad šalių, kurios aktyviai investavo į atsinaujinančius energijos šaltinius, pavyzdžiui, Švedijos, Suomijos ir Vokietijos, energijos vartojimo efektyvumas buvo aukštesnis. Taip pat matyti, kad didesnis priklausomumas nuo iškastinio kuro ir nepakankamos investicijos į

technologines inovacijas lėmė žemesnius efektyvumo rodiklius Rytų Europos šalyse. Energetinio efektyvumo skirtumai tarp šalių taip pat gali būti paaiškinami priklausomybės nuo energijos importo rodikliais. Šalys, kurios mažiau priklauso nuo importuojamos energijos, dažniausiai demonstruoja aukštesnį efektyvumą.

Tyrimas taip pat pabrėžė geopolitinių ir ekonominių veiksnių, tokių kaip COVID-19 pandemija ir karas Ukrainoje, įtaką energetikos sektoriui. Šie įvykiai sukėlė didelių energetikos iššūkių, įskaitant energijos tiekimo sutrikimus ir kainų svyravimus, kas iš dalies galėjo paveikti šalių efektyvumo rodiklius. Šios aplinkybės akcentuoja būtinybę stiprinti energetinį savarankiškumą ir mažinti priklausomybę nuo importuojamų iškastinių energijos šaltinių.

Apibendrinant, šalių energetinio efektyvumo skirtumai yra stipriai susiję su jų investicijomis į atsinaujinančius energijos šaltinius, energijos vartojimo valdymą ir technologines inovacijas. Siekiant pagerinti žemesnio efektyvumo šalių rodiklius, būtina plėtoti politikos priemones, kurios skatintų energijos vartojimo efektyvumą, mažintų CO₂ emisijas ir užtikrintų stabilų bei tvarų energijos tiekimą. REPowerEU strategijos tikslai tampa esminiai šiame kontekste, nes jie padeda orientuoti šalis į ilgalaikį tvarumą ir energetinį atsparumą.

IŠVADOS

REPowerEU strategija, kaip Europos Sąjungos atsakas į geopolitinius ir energetinius iššūkius, yra ambicingas planas, siekiant užtikrinti ilgalaikį energetinį saugumą ir sumažinti priklausomybę nuo Rusijos iškastinio kuro. Strategija apima ne tik energijos tiekimo diversifikavimą, bet ir spartų perėjimą prie atsinaujinančių energijos šaltinių, energijos taupymą ir efektyvumo didinimą. Šio darbo atlikta analizė leidžia padaryti kelias svarbias išvadas apie REPowerEU strategijos įgyvendinimo pažangą ir energetinio efektyvumo vertinimą ES valstybėse.

1. Efektyvumo skirtumai tarp šalių: naudojant Data Envelopment Analysis (DEA) metodą, buvo nustatyti dideli energetinio efektyvumo skirtumai tarp ES šalių. Šalys, tokios kaip Vokietija, Airija, Liuksemburgas ir Švedija, pasiekė aukščiausius efektyvumo rodiklius, naudodamos pažangias technologijas ir investuodamos į atsinaujinančius energijos šaltinius. Tuo tarpu šalių, kaip Bulgarija, Rumunija, Lenkija, efektyvumo rodikliai liko žemesni, kas rodo iššūkius, susijusius su energijos išteklių optimizavimu ir infrastruktūros plėtra.
2. Investicijos į atsinaujinančius šaltinius: REPowerEU strategija akcentuoja dideles investicijas į atsinaujinančius energijos šaltinius, tokius kaip saulės ir vėjo energija, tačiau siekiant pasiekti nustatytus tikslus, šios investicijos turėtų būti dar labiau sustiprintos. Šalims, kurios susiduria su žemesniu efektyvumo lygiu, ypač svarbu investuoti į švarios energijos technologijas ir didinti energijos vartojimo efektyvumą.
3. Norint pasiekti REPowerEU tikslus, būtina toliau investuoti į energetikos infrastruktūrą, įskaitant energijos saugojimo technologijas ir pažangias tinklų sistemas. Taip pat svarbu užtikrinti, kad šalyse, kuriose energetinio efektyvumo lygiai yra žemesni, būtų priimamos papildomos politinės priemonės, skatinančios energijos taupymą, švarios energijos naudojimą ir CO₂ emisijų mažinimą.

LITERATŪROS IR ŠALTINIŲ SĄRAŠAS

1. Banker, R. D., Cooper, W. W., Seiford, L. M., Thrall, R. M., & Zhu, J. (2004). Returns to scale in different DEA models. *European Journal of Operational Research*, 154(2), 345–362.
2. Cerniglia, F., & Saraceno, F. (Eds.). (2022). *Greening Europe: 2022 European public investment outlook*. Cambridge, UK: Open Book Publishers. <https://doi.org/10.11647/OBP.0328>
3. Cumo, F., Pennacchia, E., & Zylka, C. (2023). Energy-efficient solutions: A multi-criteria decision aid tool to achieve the targets of the European EPDB Directive. *Energies*, 16(6245), 1–18. <https://doi.org/10.3390/en16176245>
4. Demertzis, M., Pinkus, D., & Ruer, N. (2024). *Bruegel report: Accelerating strategic investment in the European Union beyond 2026*.
5. Dinu, V. (2023). Clean, diversified, and affordable energy for the European Union in the context of the REPowerEU plan. *Amfiteatru Economic Journal*, 25(64), 654–658. <https://doi.org/10.24818/EA/2023/64/654>
6. Dolge, K., & Blumberga, D. (2023). From targets to action: Analyzing the viability of REPowerEU in achieving energy sustainability. *REEE*.
7. Europos Komisija. (2021). *A European Green Deal*. Žiūrėta 2023-11-25. Prieiga internetu: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en#highlights
8. Europos Komisija. (2022). *Planas „REPowerEU“*. Žiūrėta 2023-11-25. Prieiga internetu: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:fc930f14-d7ae-11ec-a95f-01aa75ed71a1.0008.02/DOC_1&format=PDF
9. Europos Komisija. (2022, gegužės 18). *Planas „REPowerEU“: Komisijos komunikatas Europos Parlamentui, Europos Vadovų Tarybai, Tarybai, Europos ekonomikos ir socialinių reikalų komitetui ir Regionų komitetui*. Briuselis. Žiūrėta 2023-11-25. Prieiga internetu: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:fc930f14-d7ae-11ec-a95f-01aa75ed71a1.0008.02/DOC_1&format=PDF
10. Europos Komisija. (2024, vasario 15). *Daugiausia dėmesio skiriama: ES energetinis saugumas ir dujų tiekimas*. Žiūrėta 2023-11-25. Prieiga internetu: https://energy.ec.europa.eu/news/focus-eu-energy-security-and-gas-supplies-2024-02-15_en?prefLang=lt&etrans=lt

11. Guo, X., Lu, C.-C., Lee, J.-H., & Chiu, Y.-H. (2017). Applying the dynamic DEA model to evaluate the energy efficiency of OECD countries and China. *Energy*, 134, 392–399. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.06.040>
12. Kuzior, A., Vakulenko, I., Kolosok, S., Saher, L., & Lyeonov, S. (2023). Managing the EU energy crisis and greenhouse gas emissions: Seasonal ARIMA forecast. *Problems and Perspectives in Management*, 21(2), 383–399. [https://doi.org/10.21511/ppm.21\(2\).2023.37](https://doi.org/10.21511/ppm.21(2).2023.37)
13. Mathisen, S., Zeyringer, M., Haaskjold, K., Löffler, K., Mata, É., Sandvall, A., Andersen, K. S., Vågerö, O., & Wolfgang, O. (2024). The REPowerEU policy's impact on the Nordic power system. *Energy Strategy Reviews*, 54, 101454. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2024.101454>
14. Mathiesen, B. V., Ilieva, L. S., Skov, I. R., Maya-Drysdale, D. W., & Korberg, A. D. (2022). REPowerEU and Fitfor55 science-based policy recommendations for achieving the Energy Efficiency First Principle.
15. Meng, F., Su, B., Thomson, E., Zhou, D., & Zhou, P. (2016). Measuring China's regional energy and carbon emission efficiency with DEA models: A survey. *Applied Energy*, 183, 1–2. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.08.150>
16. REPowerEU: Natural gas & LNG in the European Union. (2023). ResearchGate. Prieiga internetu: <https://www.researchgate.net>
17. Resch, G., Liebmann, L., Geipel, J., Wien, F. H. T., Hendricks, D., Vollmer, J., & Fouquet, D. (2023). Study on 2030 renewable energy and energy efficiency targets in the European Union.
18. San Cristóbal, J. R. (2011). A multi-criteria data envelopment analysis model to evaluate the efficiency of renewable energy technologies. *Renewable Energy*, 36(10), 2742–2746. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.03.008>
19. Shah, W. U. H., Zhu, N., Hao, G., Yan, H., & Yasmeen, R. (2024). Energy efficiency evaluation, technology gap ratio, and determinants of energy productivity change in developed and developing G20 economies: DEA super-SBM and MLI approaches. *Gondwana Research*, 125, 70–81. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2023.07.017>
20. Siksnylyte-Butkiene, I., Streimikiene, D., & Balezentis, T. (2021). Multi-criteria analysis of heating sector sustainability in selected North European countries. *Sustainable Cities and Society*, 69, 102826. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102826>

21. Siksnelyte-Butkiene, I., Streimikiene, D., Balezentis, T., & Karpavicius, T. (2024). Energy policy and climate change mitigation at national level in the European Union: A case study of Lithuania. *Energy & Environment*. <https://doi.org/10.1177/0958305X241248375>
22. Taydaş, A. Ö. (2024). REPowerEU as a crisis response: Immediate diversification and green transition. *Ekonomi İşletme ve Maliye Araştırmaları Dergisi*, 6(Özel Sayı 1), 79–86.
23. Vezzoni, R. (2023). Green growth for whom, how and why? The REPowerEU Plan and the inconsistencies of European Union energy policy. *Energy Research & Social Science*, 101, 103134. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2023.103134>

PRIEDAS

Modelis	Autoriai	Pagrindiniai rezultatai	Naudojami kintamieji	Išvados
MCDA		Pateiktas sprendimų priėmimo įrankis energijos efektyvumo intervencijoms statybų sektoriuje, atsižvelgiant į skirtingas klimato zonas	Kainų ir naudos analizė, energijos klasės, efektyvumo sprendimai	Tyrimas remia standartizuotas intervencijas, kad būtų pagerinta energijos efektyvumas esamuose pastatuose.
ARIMA		Neigiamos scenarijaus prognozės rodo, kad CO ₂ emisijos 2030 m. bus 0.752911 tonų per žmogų, o teigiamos scenarijaus prognozės - 0.235225 tonų.	CO ₂ emisijos, energijos valdymas, energijos politika	Energetikos krizės valdymas stipriai veikia ES klimato politiką, o pasiekimų potencialas priklauso nuo energijos politikos sprendimų.
TOPSIS		Skandinavijos šalis buvo įvertintos kaip geriausios pagal tvarumo vertinimo scenarijus.	Tvarumo rodikliai, šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijos, atsinaujinančių energijos šaltinių naudojimas.	Sukurtas metodas, skirtas vertinti šildymo sektoriaus tvarumą, taikomas ES šalims.
DEA		DEA modeliai sėkmingai taikyti energijos efektyvumo vertinimui įvairiose šalyse ir sektoriuose.	Energijos suvartojimas, kapitalo atsargos, darbo jėga, BVP, CO ₂ emisijos.	DEA yra efektyvus metodas energijos efektyvumui vertinti, leidžiantis identifikuoti disbalansus ir siūlyti politikos priemones.

PRIEDAS

DEA modelio efektyvumo rodikliai

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Belgija	0,351	0,359	0,366	0,376	0,388	0,401	0,417	0,401	0,437	0,538
Bulgarija	0,132	0,132	0,131	0,136	0,141	0,149	0,162	0,169	0,179	0,217
Čekija	0,170	0,170	0,179	0,184	0,198	0,213	0,226	0,220	0,240	0,278
Danija	0,470	0,489	0,527	0,524	0,578	0,590	0,671	0,746	0,785	0,900
Vokietija	0,731	0,761	0,783	0,807	0,841	0,866	0,893	0,881	0,931	1,000
Estija	0,352	0,363	0,368	0,374	0,386	0,395	0,410	0,413	0,435	0,469
Airija	0,430	0,463	0,596	0,590	0,645	0,678	0,725	0,790	0,906	1,000
Graikija	0,276	0,269	0,252	0,248	0,257	0,269	0,271	0,276	0,288	0,304
Ispanija	0,497	0,515	0,540	0,556	0,569	0,587	0,621	0,633	0,657	0,745
Prancūzija	0,740	0,776	0,788	0,797	0,819	0,857	0,893	0,911	0,930	1,000
Kroatija	0,204	0,213	0,215	0,218	0,222	0,245	0,255	0,250	0,269	0,296
Italija	0,628	0,672	0,661	0,688	0,700	0,727	0,753	0,751	0,772	0,874
Kipras	0,551	0,549	0,552	0,552	0,553	0,563	0,571	0,586	0,605	0,625
Latvija	0,287	0,301	0,303	0,308	0,324	0,325	0,344	0,369	0,386	0,456
Lietuva	0,246	0,262	0,269	0,271	0,291	0,303	0,320	0,326	0,349	0,418
Liuksemburga s	1,000	0,997	0,991	0,985	0,972	0,964	0,959	0,961	0,989	1,000
Vengrija	0,176	0,184	0,183	0,185	0,193	0,207	0,223	0,220	0,235	0,267
Malta	1,000	0,996	1,000	1,000	0,998	0,987	0,960	1,000	1,000	0,987
Nyderlandai	0,507	0,523	0,549	0,574	0,612	0,656	0,708	0,687	0,781	0,944
Austrija	0,392	0,426	0,427	0,434	0,436	0,464	0,475	0,495	0,511	0,594
Lenkija	0,142	0,153	0,160	0,148	0,152	0,155	0,175	0,177	0,205	0,274
Portugalija	0,261	0,268	0,266	0,273	0,279	0,287	0,323	0,350	0,386	0,425
Rumunija	0,158	0,166	0,175	0,179	0,189	0,206	0,226	0,231	0,239	0,284
Slovėnija	0,292	0,303	0,306	0,309	0,319	0,331	0,344	0,348	0,363	0,385
Slovakija	0,191	0,206	0,211	0,212	0,213	0,225	0,246	0,266	0,259	0,300
Suomija	0,358	0,361	0,371	0,377	0,393	0,406	0,429	0,464	0,489	0,539
Švedija	0,676	0,690	0,714	0,739	0,766	0,753	0,796	0,851	0,926	1,000

PRIEDAS

Metai	Pirminės energijos suvaizojimas (PEC), Mteo	Galutinės energijos suvaizojimas (FEC), Mteo
2005-01-01	1497,8	1041,3
2006-01-01	1511,4	1045,8
2007-01-01	1490,2	1028,5
2008-01-01	1488,8	1036,7
2009-01-01	1403,3	980,8
2010-01-01	1458,3	1003,6
2011-01-01	1412,8	965,1
2012-01-01	1397	963,5
2013-01-01	1384,8	961,5
2014-01-01	1330,8	919
2015-01-01	1348,4	939,9
2016-01-01	1362,5	959,3
2017-01-01	1381	970,9
2018-01-01	1371,9	973,9
2019-01-01	1354,4	968,8
2020-01-01	1235,8	891,4
2021-01-01	1313,2	947,7
2022-01-01	1259,9	921,8
2023-01-01	1210,8	894,4
2030-01-01	992,5	763