

ŽIEDINĖS EKONOMIKOS PLĖTRA LIETUVOJE IR KAIMYBINĖSE VALSTYBĖSE

Jolita VILEITAITĖ*, Eglė KAZLAUSKIENĖ

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Verslo vadybos fakultetas, Ekonomikos inžinerijos katedra,
Saulėtekio al. 11, LT-10223, Vilnius, Lietuva
El. paštas jolita.vileitaite@stud.vilniustech.lt

Santrauka. Kasmet išmetamų atliekų kiekis auga, o žemės resursai riboti, dėl šių priežasčių reikia ieškoti sprendimų, kaip tinkamai išnaudoti atliekas kaip žaliavą, ir keisti kitus, žemei kenksmingus įpročius. Vis daugiau šalių, tarptautinių organizacijų ir įmonių atkreipia dėmesį į globalią šių dienų problemą, jog didelis kiekis atliekų teršia mūsų gamtą, vandenį, o tai yra viena iš klimato kaitos priežasčių. Siekiant sumažinti taršą aplinkai, tarptautinių organizacijų ir šalių mastu reglamentuojami įvairūs teisės aktai žiedinės ekonomikos principams įgyvendinti. Vis dėlto trūksta vienos bendros žiedinės ekonomikos plėtros vertinimo metodikos. Šio straipsnio tikslas – ištirti žiedinės ekonomikos plėtrą Lietuvoje ir kaimyninėse valstybėse, įvertinant darančių įtaką veiksnių ryšius. Straipsnyje aprašoma atlikta mokslinės literatūros analizė, kiekybinių skaičiavimo metodų taikymas vertinant žiedinės ekonomikos plėtrai Lietuvoje ir kaimyninėse valstybėse įtaką darančių veiksnių ryšius. Tyrimo rezultatai – žiedinės ekonomikos plėtros bruožų atskleidimas bei Lietuvos ir kaimyninių valstybių žiedinei ekonomikai įtaką darančių veiksnių ryšių įvertinimas. Išryškinti plėtros bruožai ir veiksniai padėtų šalies mastu gerinti žiedinės ekonomikos priemonių įveiklinimą ir taip įgyvendinti tarptautinius tikslus. Kadangi ES Komisija yra iškėlus perėjimo prie žiedinės ekonomikos tikslus, šio tyrimo rezultatai leistų toliau nagrinėti šio ekonominio modelio plėtros procesą.

Reikšminiai žodžiai: žiedinė ekonomika, linijinė ekonomika, antrinės žaliavos, tvarumas, klimato kaita, atliekų tvarkymas, atliekų prevencija.

Įvadas

Temos aktualumas. Vis daugiau šalių, tarptautinių organizacijų ir įmonių atkreipia dėmesį į globalią šių dienų problemą, jog didelis kiekis atliekų teršia mūsų gamtą, vandenį, o tai yra viena iš klimato kaitos priežasčių. Pagal Europos Parlamento (2019) pateikiamą informaciją kiekvienas ES gyventojas per metus sunaudoja apie 16 tonų medžiagų, iš kurių 10 tonų yra medžiagų atsargos (infrastruktūra, būsto ir ilgalaikio naudojimo prekės), o 6 tonos pašalinamos iš ekonomikos procesų kaip atliekos. Tokie dideli atliekų susikaupimo skaičiai rodo, kad linijinis vartojimo modelis nebėra tinkamas ir šiuolaikinė visuomenė turi keisti požiūrį į vartojimą, gamybą ir atliekų utilizavimą. Siekiant sumažinti milžinišką taršą aplinkai, tarptautinių organizacijų ir šalių mastu reglamentuojami įvairūs teisės aktai žiedinės ekonomikos principams įgyvendinti. Puikus to pavyzdys – 2019 metais įsigaliojusi direktyva dėl vienkartinės plastiko gaminių draudimo ir ribojimo.

Remiantis ES prognozėmis (2015), atliekų prevencija, ekologinis projektavimas, pakartotinis atliekų naudojimas ir panašios priemonės galėtų padėti įmonėms sutaupyti 600 mlrd. eurų grynąjų lėšų, arba 8 proc. metinės apyvartos. Tokios prognozės ne vienai įmonei ir šaliai kelia klausimą, kaip sėkmingai įgyvendinti žiedinės ekonomikos principus.

Užsienio šalių mokslinėje literatūroje žiedinės ekonomikos problematika analizuojama vis dažniau ir apima įvairių sričių, kuriose galima taikyti žiedinės ekonomikos principus, tyrimus. Vis dėlto didžioji jų dalis apima mikroekonomikos sritį. Atliekų, maisto, energijos, vandens ir sveikatos sąsajas aplinkos tvarumui tyrė tokie užsienio mokslininkai kaip Slorach et al. (2020), Lu ir Halog (2020), Okafor et al. (2020). Tai, kad žiedinės ekonomikos problematika nėra pakankamai išnagrinėta, nurodė ir Europos Parlamentas (2021), anot kurio, pereinant prie žiedinės ekonomikos, t. y. efektyvaus išteklių naudojimo, dar tik siekiama sudaryti šios ekonomikos sistemą. Ji turi sujungti reglamentavimą,

rinkos priemonės, mokslinius tyrimus, inovacijas ir kitus elementus, leidžiančius pakeisti linijinį vartojimą. Skirtingi autoriai tiria ir aptaria žiedinės ekonomikos efektyvaus atliekų pakartotinio panaudojimo hierarchiją. Šios hierarchijos tikslas – kuo labiau prailginti daikto naudojimo trukmę, pirmines atliekas panaudoti kaip žaliavą ir tik tuomet gauti galutines atliekas. Užsienio autoriai diskutuoja, ar hierarchiškai išsidėstę atliekų panaikinimo sprendimai yra dar ir tvarūs (Joshi et al., 2019; Schaubroeck, 2020). Kadangi žiedinės ekonomikos procesas interpretuojamas skirtingai ir nėra iki galo išgrynintas, skirtingose šalyse galima rasti įvairių sprendimų šiai ekonomikai įgyvendinti.

Tyrimo problema – kaip įvertinti žiedinės ekonomikos plėtrai darančių įtaką veiksnių ryšius?

Tyrimo objektas – žiedinės ekonomikos plėtra.

Tyrimo tikslas – išryškinti žiedinės ekonomikos sampratą, įvertinti žiedinės ekonomikos plėtrai Lietuvoje ir kaimyninėse valstybėse darančių įtaką veiksnių ryšius.

1. Žiedinės ekonomikos samprata: darančios įtaką veiksniai ir charakteristikos

Žiedinės ekonomikos sąvoka įvairių valstybinių ir nevalstybinių organizacijų, praktikų ir mokslininkų minima vis dažniau. Nagrinėjant žiedinės ekonomikos sampratą daugelyje literatūros šaltinių minimas MacArthur fondas (Gallaud & Laperche, 2016; Kiørboe et al., 2015; Sillanpää & Ncibi, 2019), kuris vienas pirmųjų pabrėžė linijinio vartojimo modelio netinkamumą. 2010 m. įkurtas fondas didelę veiklos dalį skyrė būtent žiedinei ekonomikai, o po dvejų metų buvo išleistas pirmasis pranešimas, nagrinėjantis žiedinės ekonomikos siūlomą ekonominę naudą.

Linijinį vartojimo modelį „imk, gamink, išmesk“, kuris tebevyrauja tradicinėje ekonomikoje, dar 1966 m. pirmą kartą paminėjo ekonomistas Kenneth E. Boulding (Sillanpää & Ncibi, 2019). Jau tuomet šis modelis buvo apibūdinamas kaip neapgalvota, išnaudojanti ir smurtinė vartotojiškos visuomenės elgsena. Toks vartojimo modelis literatūroje įvardijamas kaip linijinė ekonomika, kurios procese yra pradžios ir pabaigos dedamosios bei viena ar daugiau produkto ciklo dedamųjų. Vieni autoriai šį modelį pateikia kaip tikslingą trijų dedamųjų procesą (Gallaud & Laperche, 2016; Sillanpää & Ncibi, 2019), o kiti pateikia išplėstinę proceso eigą (Akhimien et al., 2020; Grafström & Aasma, 2021; Muthu, 2018). Mokslinės literatūros analizė rodo, kad linijinį procesą sudaro keturios pagrindinės dedamosios: išteklių, gamyba, vartojimas, atliekos.

Europos aplinkos agentūros (2016) leidinyje nurodoma, kad žiedinė ekonomika siekia padidinti išteklių naudojimo efektyvumą, tačiau gamtos kapitalo išsaugojimas ir aplinkos pavojaus žmonių sveikatai bei gerovei prevencija nėra jos prioritetas. Patikslinama, kad žiedinė ekonomika gali būti laikoma žaliosios ekonomikos pagrindu, kuris neapsiriboja atliekų ir medžiagų naudojimu, rūpinasi ekosistemų atsparumu, žmonių sveikata bei gerove.

Kadangi mokslinėje literatūroje nėra vieningo sutarimo dėl žiedinės ekonomikos charakteristikų ir jos įgyvendinimo principų, įvairūs autoriai juos formuluoja skirtingai. Pavyzdžiui, Urbinati et al. (2017) pabrėžia, kad šiai ekonomikai būdingas aukštos kokybės kūrimas, pratęsiantis produkto gyvavimo laiką, pakartotinis produkto naudojimas ir dviejų tipų perdirbimas – pirmasis, kai siekiama produktą grąžinti naudojimui atlikus tam reikalingą intervenciją, ir antrasis, kai prekė perdirbama į antrinę žaliavą. Kiti autoriai (Pollard et al., 2021) išskiria atliekų projektavimą, atsparumo vystymą per įvairovę ir atsinaujinančių energijos šaltinių naudojimą. Literatūroje išskiriamus žiedinės ekonomikos principus apibendrina Europos Parlamento (2021) skelbiamas žiedinės ekonomikos procesas, kurį sudaro šešios dedamosios: projektavimas, gamyba, platinimas, vartojimas ir naudojimas po reikalingų taisyčių, rinkimas bei perdirbimas.

Šaltiniuose pabrėžiama, kad valstybės jau dabar turi imtis veiksnių žiedinės ekonomikos plėtrai vystyti. Žiedinė ekonomika neatsiejama nuo aplinkosaugos, vertinant jos plėtrą atkreipiamas dėmesys ir į nepageidaujamus poveikius (Fan & Fang, 2020; Panchal et al., 2021). Autoriai nurodo, kad vertinant žiedinės ekonomikos plėtrą svarbu atkreipti dėmesį į tai, kiek šios ekonomikos procese siekiama sumažinti anglies pėdsaką žemėje: vykdoma švaresnė gamyba, ekologinis dizainas, energijos taupymas ir kita. Mokslininkai Heshmati ir Rashidghalam (2021) vertindami žiedinės ekonomikos situaciją Švedijos apskrityse išskyrė 8 rodiklių grupes, kurios apima atliekų surinkimą, perdirbimą ir panaudojimą, oro teršalų išmetimą, infrastruktūrą, atliekų mokesčius, investicijas ir išlaidas atliekomis tvarkyti, švarų transportą bei atsinaujinančią energiją. Kadangi minėtas grupes sudaro 40 rodiklių, tyrimo autoriai susidūrė su duomenų trūkumo problema. Kiti autoriai (Panchal et al., 2021) remdamiesi esama literatūra nurodo, kad žiedinės ekonomikos srities vertinimuose tiriama atliekų tvarkymas, gamyba, vartojimas ir antrinės žaliavos, taip pat inovacijos ir

naujovės. Autoriai pažymi, kad tyrimuose mažiausiai atsižvelgiama į inovacijas ir naujoves, be to, žiedinės ekonomikos veikloje tik mažuma tyrimų apima visas minėtas sritis, tai gali lemti duomenų stygius.

Daugelyje valstybių į sudaromus biudžetų planus yra įtraukiamos išlaidos aplinkos apsaugai. Priklausomai nuo šalies ekonomikos, politikos ir kitų veiksnių skiriamos lėšos pereiti prie mažai anglies dioksido išskiriančios ir veiksmingai išteklius naudojančios ekonomikos. Vertindami poveikį aplinkai mokslininkai (Nematchoua & Reiter, 2019; Pirmana et al., 2021; Puig et al., 2020) išskiria tokius rodiklius kaip energijos suvartojimas, vandens kokybė, oro kokybė, atliekų tvarkymas ir kita. Šie literatūroje minimi rodikliai patenka ir į Europos Parlamento (2019) išskiriamas šešias aplinkos apsaugos sritis: oras, cheminės medžiagos, klimatas, gamta, atliekos ir vanduo. Remdamosi atsargos, prevencijos, padarytos žalos atitaisymo ir „teršėjas moka“ aplinkos apsaugos principais, ES narės turi prižiūrėti ir, laikydamosi įvairių su aplinkos apsauga susijusių teisės aktų, gerinti minėtas sritis. Todėl Lietuvos ir kaimyninių valstybių biudžetuose išlaidos aplinkos apsaugai turi atitikti ne tik šalies, bet ir ES keliamus tikslus.

Galima teigti, kad žiedinė ekonomika yra žaliosios ekonomikos dalis ir jos pagrindinis tikslas – siekti išteklių naudojimo efektyvumo, tačiau mokslinėje literatūroje nuomonės išsiskiria, dalis mokslininkų atkreipia dėmesį į žiedinės ekonomikos suaktualinamus aplinkosaugos tikslus.

2. Žiedinės ekonomikos plėtrą skatinančių veiksnių vertinimo metodika

Mokslinės literatūros analizė rodo, kad vienos bendros žiedinės ekonomikos plėtros vertinimo metodikos trūksta. Atliekant tyrimą remiamasi Fan ir Fang (2020) bei Heshmati ir Rashidghalam (2021) išskiriamais žiedinės ekonomikos principais, tačiau dėl duomenų trūkumo šiame tyrime naudojama tik dalis minėtų autorių išskirtų rodiklių.

Duomenų šaltiniai ir tyrimo aprėptis. Naudojantis Europos Sąjungos statistikos tarnybos (Eurostat) ir Tarptautinės ekonominio bendradarbiavimo ir plėtros organizacijos pateikiama informacija, tyrimui atlikti buvo surinkti Lietuvos ir kaimyninių Estijos, Latvijos ir Lenkijos valstybių duomenys nuo 2010 iki 2018 metų. Taip pat svarbu paminėti, kad toks laikotarpis pasirinktas ne atsitiktinai, o dėl anksčiau minėto MacArthur fondo aktyvios veiklos pradedant garsinti žiedinės ekonomikos modelį.

Vertinimo rodikliai, kuriuos kitaip galima įvardinti žiedinės ekonomikos plėtrai darančiais įtaką veiksniais, būtų šie: panaudotų žiedinių medžiagų kiekiai, oro emisijos sąskaitos, vandens tiekimo, kanalizacijos, atliekų tvarkymo ir valymo veikloje susidariusios komunalines atliekos bei registruoti aplinkos apsaugos technologijų patentai. Šie rodikliai pasirinkti kaip nepriklausomi veiksniai ir straipsnyje pateikiami jų pokyčiai pasirinktu tyrimo laikotarpiu. Valstybių išlaidų į aplinkos apsaugą rodiklis buvo pasirinktas kaip priklausomas veiksnys. Viena vertus, šis rodiklis svarbus, nes nagrinėtoje literatūroje vertinant žiedinės ekonomikos procesus akcentuojami jos padariniai aplinkai. Kita vertus, išimtinai žiedinės ekonomikos procesams skirtų valstybės išlaidų duomenų trūksta.

Taikyti lyginamosios ir koreliacinės analizės *metodai*. Koreliacinės analizės tikslas yra nustatyti, ar yra ryšys tarp kintamųjų X ir Y . Pabedinskaitė ir Činčikaitė (2016) nurodo, kad „ X žymimas nepriklausomas veiksnys, o Y – priklausomas. Ryšio tarp veiksnių egzistavimas nustatomas pagal turimus statistinius duomenis skaičiuojant koreliacijos koeficientą r ir įvertinant jo reikšmingumą. Kai koreliacijos koeficiento dydis reikšmingas, daroma išvada, kad ryšys tarp veiksnių yra. Koreliacijos koeficiento galimos reikšmės yra nuo -1 iki 1 .“ Šiame darbe atliekant koreliacijos koeficiento skaičiavimus naudojama *Microsoft Excel* statistinė funkcija CORREL, o nustatant koreliacijos koeficiento ryšį buvo remiamasi reikšmių skale (žr. 1 lentelę).

1 lentelė. Koreliacijos koeficiento reikšmių skalė (SPSS – Statistika lengvai ir paprastai, 2013)

Labai stipri	Stipri	Vidutinė	Silpna	Labai silpna	Nėra ryšio	Labai silpna	Silpna	Vidutinė	Stipri	Labai stipri
-1	nuo -1 iki -0,7	nuo -0,7 iki -0,5	nuo -0,5 iki -0,2	nuo -0,2 iki 0	0	nuo 0 iki 0,2	nuo 0,2 iki 0,5	nuo 0,5 iki 0,7	nuo 0,7 iki 1	1

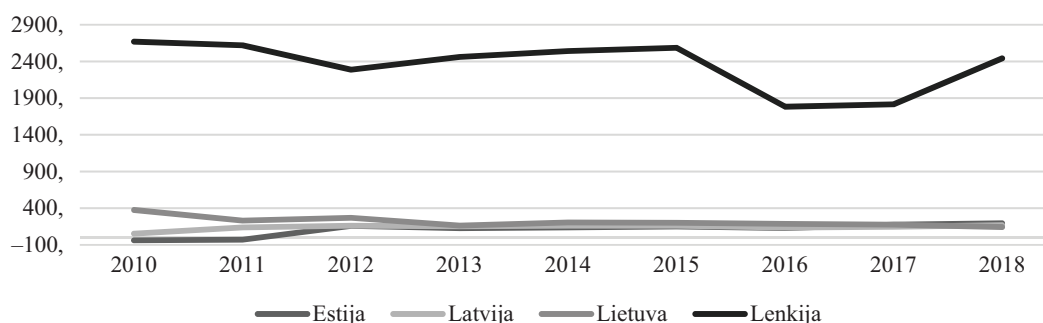
Kaip pavaizduota 1 lentelėje, kuo reikšmė arčiau vieneto, tuo ryšys stipresnis, o esant nuliui ryšio nėra. Taip pat laikoma, kad esant teigiamam koreliacijos koeficientui, didėjant veiksnio X reikšmėms, didėja ir Y reikšmės, o neigiamą koreliaciją parodo, kad nepriklausomo veiksnio reikšmėms didėjant mažėja priklausomo veiksnio reikšmės. Toliau, siekiant nustatyti ryšio tarp kintamųjų buvimą, apskaičiuojama statistika t pagal formulę:

$$t^{\text{eksp.}} = \left| r \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}} \right|, \quad (1)$$

čia $t^{\text{eksp.}}$ – Stjudento statistika t , r – koreliacijos koeficientas, n – stebėjimų skaičius. Statistika t pasiskirsčiusi pagal Stjudento dėsnį, kuris turi $k = n - 2$ laisvės laipsnių. Nustatant koreliacijos koeficiento reikšmingumą apskaičiuota statistinė reikšmė t lyginama su kritine reikšme, kuri nustatoma naudojantis *Excel* funkcija *TINV*. Apskaičiuotoji statistinė reikšmė t lyginama su t^{kr} ir, jei statistikos reikšmė t yra didesnė, galima daryti išvadą, kad koreliacijos koeficiento dydis reikšmingas. Šiame tyrime pasirinktas dažniausiai naudojamas reikšmingumo lygmuo $\alpha = 0,05$, todėl t^{kr} yra lygus 2,3646.

3. Žiedinės ekonomikos plėtrai darančių įtaką veiksnių ryšių vertinimas

Vienas pagrindinių rodiklių, nurodantis valstybių įsitraukimą į žiedinės ekonomikos plėtrą, yra *išlaidos aplinkos apsaugai*, todėl jis buvo pasirinktas kaip priklausomas veiksnys. Šį rodiklį sudaro išlaidos atliekoms ir nuotekoms tvarkyti, taršai mažinti, biologinei įvairovei ir kraštovaizdžiui apsaugoti, MTEP aplinkos apsaugai skirtos išlaidos ir niekur kitur nepriskirtos aplinkos apsaugos išlaidos. Žvelgiant į kaimyninių šalių ir Lietuvos išlaidas aplinkos apsaugai, galima matyti, kad Lenkijos Vyriausybės išlaidos tyrimo laikotarpiu buvo didžiausios, o lyginant 2018 m. duomenis Lenkijos išlaidos buvo daugiau nei 14 kartų didesnės negu vidutinės Baltijos šalių išlaidos. Tačiau taip pat matomas Lenkijos valstybės išlaidų sumažėjimas aplinkos apsaugai 2016 m., kai jos siekė 1783,30 mln. Eur (1 paveikslas).

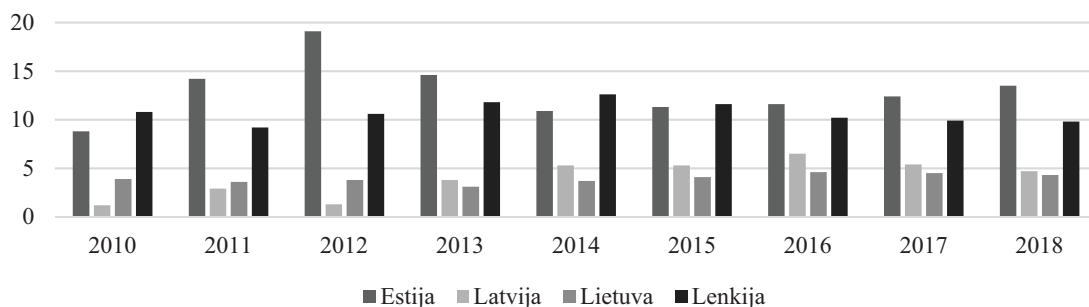


1 paveikslas. Valstybių išlaidos aplinkos apsaugai 2010–2018 metais, mln. Eur
(šaltinis: sudaryta autorių remiantis Eurostat duomenimis, 2021)

Baltijos šalių išlaidos aplinkos apsaugai vidutiniškai svyravo nuo 111,40 mln. Eur iki 216,60 mln. Eur (žr. 1 pav.). Matyti, kad Lietuvos išlaidos šiai sričiai tiriamojo laikotarpio pabaigoje, palyginti su laikotarpio pradžia, sumažėjo 232,90 mln. Eur, o tai yra daugiau nei puse išlaidų pirmais tyrimo metais. Latvijos išlaidos tyrimo laikotarpiu vidutiniškai buvo 141,70 mln. Eur, o Estijos išlaidos laikotarpio pradžioje buvo neigiamos (–32,1 mln. Eur) dėl neigiamų išlaidų oro taršos mažinimo funkcijoms, tačiau laikotarpio pabaigoje išlaidos buvo didžiausios tarp Baltijos šalių – 194 mln. Eur.

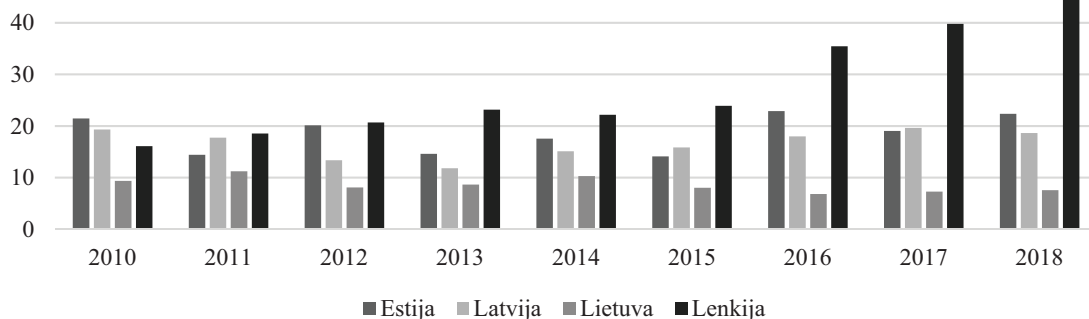
Žiedinių medžiagų panaudojimas. Vertinant žiedinės ekonomikos plėtrai darančių įtaką veiksnių ryšius, vienas iš veiksnių yra perdirbtų atliekų grąžinimo į ekonomiką norma. Siekiant išvengti pirminių medžiagų gavybos ir jos daromo poveikio aplinkai, naudojamos antrinės medžiagos, kurios išskiriamos į keturias pagrindines kategorijas: biomasė, metalų rūdos, nemetaliniai mineralai ir iškastinės energijos medžiagos. 2 paveiksle pateikiami Lietuvos ir kaimyninių valstybių žiedinių medžiagų naudojimo svyravimai, lyginant juos su bendru medžiagų naudojimu per tyrimo laikotarpį.

Iš 2 paveikslo matyti, kad žiedinės medžiagos daugiausiai panaudojamos Estijoje (13 proc.) ir Lenkijoje (11 proc.). 2012 m. Estijoje panaudotas didžiausias kiekis žiedinių medžiagų ne tik šioje, bet ir visose analizuotose šalyse, net 19,1 proc. Tačiau žvelgiant į tolesnius tyrimo laikotarpio metus šis kiekis mažėjo iki 13,5 proc. Lenkijoje didžiausia norma buvo fiksuota 2014 m. ir siekė 12,6 proc., tačiau, taip pat kaip ir Estijoje, kitais metais matoma mažėjimo tendencija. Latvijoje ir Lietuvoje žiedinių medžiagų panaudojimas visą tyrimo laikotarpį buvo mažesnis ir vidutiniškai siekė 4 proc., tačiau, palyginti su laikotarpio pradžia, Latvijoje šių medžiagų panaudojimas išaugo beveik 4 kartus, o Lietuvoje kasmet svyravo apie 4 proc.



2 paveikslas. Žiedinių medžiagų panaudojimas, proc. (sudaryta autorių remiantis Eurostat duomenimis, 2021)

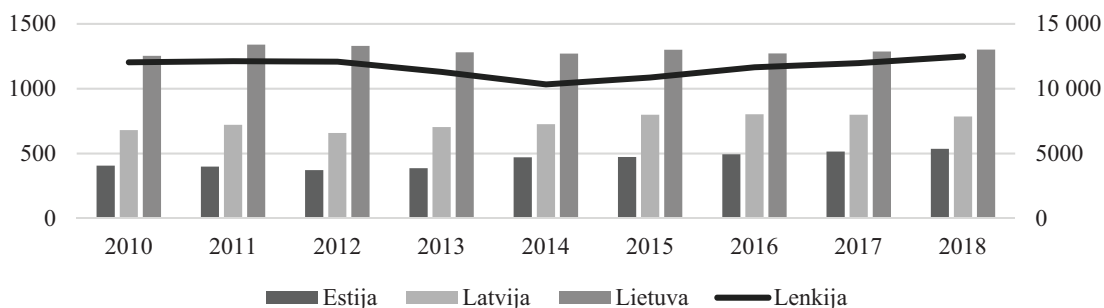
Oro emisijos sąskaitos. Mokslinėje literatūroje autorių nuomonės dėl žiedinės ekonomikos vertinimo išsiskiria, ne visi autoriai savo darbuose atsižvelgia į žiedinės ekonomikos veiklos poveikį aplinkai. Visgi šiame tyrime į vertinimą įtrauktas ir oro emisijos sąskaitų veiksnys, kuris parodo sukauptas CO₂ sąskaitas dėl vandens tiekimo, kanalizacijos ir atliekų tvarkymo bei valymo veiklų (3 paveikslas).



3 paveikslas. Oro emisijos sąskaitos, kilogramai vienam gyventojui (sudaryta autorių remiantis Eurostat duomenimis, 2021)

3 paveiksle pateikiami duomenys rodo, kad vykdant vandens tiekimo, kanalizacijos ir atliekų tvarkymo bei valymo veiklą didžiausios išmetamų CO₂ teršalų sąskaitos vienam gyventojui tenka Lenkijai (vidutiniškai 27 kg/gyventojui) ir šis rodiklis kasmet augo, o 2018 metais pasiekė beveik 45 kilogramus vienam gyventojui. Tyrimo laikotarpio pradžioje didžiausias CO₂ kiekis vienam gyventojui teko Latvijoje (19 kg/gyventojui) ir Estijoje (21 kg/gyventojui), tačiau šiose šalyse vėlesniais tyrimo laikotarpio metais gyventojui tenkantys CO₂ kiekiai svyravo, o vidurkiai pasiskirstė atitinkamai 17 kg/gyventojui ir 19 kg/gyventojui. Pažymėtina, kad Lietuvoje CO₂ emisijos vienam gyventojui yra mažiausios iš visų vertinamų šalių, t. y. vidutiniškai 9 kg/gyventojui. Šio veiksnio pokyčius gali lemti didesni atliekų susikaupimo kiekiai, šalies sprendimai tiekiant vandenį ar tvarkant kanalizaciją bei valant atliekas.

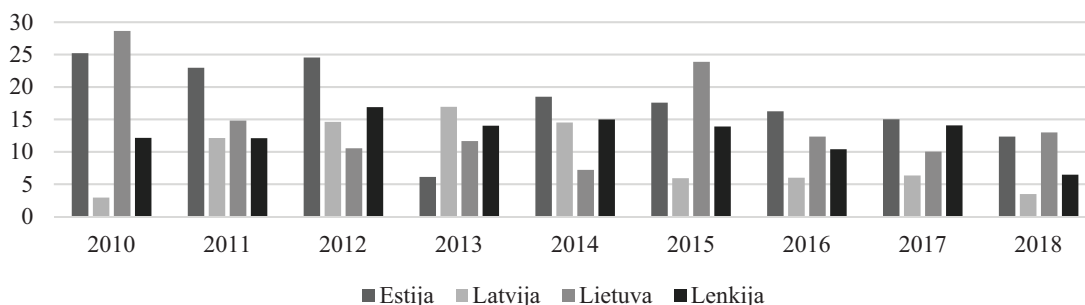
Susidariusios komunalinės atliekos. Vienas iš patikimiausių atliekų situaciją šalyse parodančių veiksnių yra susidariusios komunalinės atliekos. Didžiąją dalį šių atliekų sudaro namų ūkių atliekos, tačiau taip pat priskiriamos ir iš kitų šaltinių, pavyzdžiui, biurų ir viešųjų įstaigų gaunamos atliekos. Baltijos šalyse, palyginti su Lenkija, surenkamų komunalinių atliekų kiekiai vidutiniškai 14 kartų mažesni (4 paveikslas).



4 paveikslas. Susidariusios komunalinės atliekos, tūkst. t (sudaryta autorių remiantis Eurostat duomenimis, 2021)

Iš 4 paveikslu matyti, kad Baltijos šalyse susidariusių komunalinių atliekų kiekiai per 2010–2018 metų laikotarpį reikšmingai nekito: Estijoje surenkamas mažiausias kiekis komunalinių atliekų – vidutiniškai 450 tūkst. t, Latvijoje vidutiniškai 742 tūkst. t, o Lietuvoje šis kiekis didžiausias ir vidutiniškai surenkama 1292 tūkst. t atliekų. Tokiam šalių pasiskirstymui galbūt gali būti reikšmingas gyventojų skaičius šalyse, tačiau siekiant patikrinti šią hipotezę reikėtų papildomo tyrimo, kuris šiame darbe nebus atliekamas.

Aplinkos apsaugos technologijų patentai. Daugelis išsivysčiusių šalių skiria didelę dėmesį inovacijų kūrimui skatinamos technologijų bei mokslo pažangą. Kadangi su žiedinės ekonomikos plėtra sietini ir naujų technologijų atsiradimai, leidžiantys efektyviau bei tvariau vykdyti išsikeltus tikslus, šis kriterijus vertinimui buvo pasirinktas kaip nepriklausomas veiksnys (5 paveikslas).



5 paveikslas. Aplinkos apsaugos technologijų patentai, proc. (sudaryta autorių remiantis OECD duomenimis, 2021)

Daugiausiai patentų, susijusių su aplinkos apsauga (žr. 5 pav.), registruojama Estijoje: tyrimo laikotarpiu šioje šalyje jų užregistruota vidutiniškai 17,6 proc. per metus. Panašus metinis vidurkis – 14,7 proc. – registruojamas Lietuvoje, 12,8 proc. Lenkijoje ir mažiausias – 9,2 proc. – Latvijoje. Šie duomenys rodo ne tik tinkamą aplinką šalyse kuriant naujas technologijas, tačiau ir mokslininkų skiriamą dėmesį aplinkos apsaugai.

Palyginus pasirinktų šalių nepriklausomus kintamuosius (X) ir priklausomą kintamąjį (Y) – valstybių išlaidas aplinkos apsaugai, t. y. žiedinės ekonomikos plėtrai darančius įtaką veiksnius, tolimesnei analizei buvo atlikti koreliacijos koeficiento ir jo reikšmingumo skaičiavimai naudojant *Excel* funkcijas CORREL, ABS ir TINV. Toliau pateikiami kiekvienos šalies koreliacijos analizės rezultatai atsižvelgiant į apskaičiuotą $t^{kr} = 2,3646$.

Estija. Koreliacinės analizės rezultatai parodo, kad gautos skirtingos reikšmės, todėl stipresnio nei vidutinis ryšio nėra (2 lentelė). Vidutinio stiprumo koreliacija (0,5459) fiksuojama tarp Estijos Vyriausybės išlaidų aplinkos apsaugai ir susidariusių komunalinių atliekų: padidėjus susidariusių komunalinių atliekų kiekiams, didėtų ir Estijos Vyriausybės išlaidos aplinkos apsaugai. Tarp išlaidų aplinkos apsaugai ir registruotų aplinkos apsaugos technologijų patentų taip pat yra vidutinio stiprumo neigiamas ryšys (–0,5569), todėl galima teigti, kad didėjant registruotiems patentams mažėja išlaidos aplinkos apsaugai.

2 lentelė. Valdžios išlaidų aplinkos apsaugai ir žiedinės ekonomikos veiksnių koreliacinės analizės rezultatai

	Žiedinių medžiagų panaudojimas, proc.	Oro emisijos sąskaitos, kg/gyventojui	Susidariusios komunalinės atliekos, tūkst. t	Aplinkos apsaugos technologijų patentai, proc.
Koreliacijos koeficientas	0,3160	0,1633	0,5459	–0,5569
t_{stat}	0,8811	0,4380	1,7240	1,7738

Taip pat nustatytas silpnas teigiamas ryšys (0,3160) tarp Estijoje panaudojamų žiedinių medžiagų ir valstybės išlaidų aplinkos apsaugai. Tokiu atveju galima laikyti, kad didėjant žiedinių medžiagų panaudojimui ekonomikoje didėja ir valstybės išlaidos aplinkos apsaugai. Silpniausias ryšys (0,1633) matomas tarp oro emisijos sąskaitų ir išlaidų aplinkos apsaugai, todėl laikoma, kad ryšio nėra. Norint nustatyti, ar gauti koreliacijos koeficientai reikšmingi, buvo atlikti statistikos t skaičiavimai ir lyginami su t^{kr} , kuris šiame tyrime buvo gautas 2,3646. Visos gautos statistinės reikšmės t mažesnės nei kritinė reikšmė, todėl galima daryti išvadą, kad koreliacijos koeficientai – nereikšmingi.

Latvija. Koreliacinės analizės rezultatai (3 lentelė) rodo, kad tarp visų pasirinktų veiksmų egzistuoja silpnas teigiamas arba neigiamas ryšys. Išlaidų aplinkos apsaugai ir susidariusių komunalinių atliekų ryšys silpniausias (0,3475), tačiau teigiamas: didėjant nepriklausomam kintamajam didėja ir išlaidos aplinkos apsaugai. Gautas neigiamas silpnas ryšys tarp oro emisijos sąskaitų ir išlaidų aplinkos apsaugai leidžia daryti prielaidą, kad padidėjus oro emisijos sąskaitoms mažėtų išlaidos aplinkos apsaugai.

3 lentelė. Valdžios išlaidų aplinkos apsaugai ir žiedinės ekonomikos veiksmų koreliacinės analizės rezultatai

	Žiedinių medžiagų panaudojimas, proc.	Oro emisijos sąskaitos, kg/gyventojui	Susidariusios komunalinės atliekos, tūkst. t	Aplinkos apsaugos technologijų patentai, proc.
Koreliacijos koeficientas	0,4865	-0,4382	0,3475	0,4097
<i>t</i> stat	1,4734	1,2898	0,9804	1,1882

Taip pat silpnas, tačiau teigiamas ryšys (0,4865 ir 0,4097) gautas tarp žiedinių medžiagų šalyje panaudojimo ir šalyje registruotų aplinkos apsaugos technologijų patentų, todėl, šioms veiksmams padidėjus, didėtų ir išlaidos aplinkos apsaugai. Atlikus skaičiavimus koreliacijos koeficientų reikšmingumui nustatyti buvo gautos 3 lentelėje pateiktos statistinės reikšmės *t*. Visų veiksmų reikšmės mažesnės nei kritinė reikšmė, todėl koeficientai – nereikšmingi.

Lietuva. 4 lentelėje gauti koreliacinės analizės rezultatai konstatuoja labai silpną ryšį tarp Lietuvos Vyriausybės išlaidų aplinkos apsaugai ir žiedinių medžiagų panaudojimo, oro emisijos sąskaitų ir susidariusių komunalinių atliekų. Vidutinis ryšys (0,6342) apskaičiuotas tarp aplinkos apsaugos išlaidų ir aplinkos apsaugos technologijų patentų, todėl laikoma, kad gausėjant šalyje registruotų technologijų patentų aplinkos apsaugos srityje didėja ir išlaidos aplinkos apsaugai.

4 lentelė. Valdžios išlaidų aplinkos apsaugai ir žiedinės ekonomikos veiksmų koreliacinės analizės rezultatai

	Žiedinių medžiagų panaudojimas, proc.	Oro emisijos sąskaitos, kg/gyventojui	Susidariusios komunalinės atliekos, tūkst. t	Aplinkos apsaugos technologijų patentai, proc.
Koreliacijos koeficientas	-0,1661	0,3734	-0,1592	0,6342
<i>t</i> stat	0,4456	1,0648	0,4267	2,1705

Atlikus skaičiavimus koreliacijos koeficientų reikšmingumui nustatyti, gauti rezultatai buvo nereikšmingi, panašiai kaip ir kitų šalių, lyginant statistinę reikšmę *t* su kritine reikšme. Artimiausias kritinei reikšmei buvo aplinkos apsaugos technologijų patentų veiksnys (2,1705).

Lenkija. Gautas labai silpnas ryšys (0,0325) tarp aplinkos apsaugos išlaidų ir aplinkos apsaugos technologijų patentų rodo priešingą situaciją nei kitose tyrime nagrinėjamosiose šalyse. Lenkijos atveju tarp pasirinktų veiksmų šis ryšys silpniausias ir galima laikyti, kad ryšio nėra (5 lentelė).

5 lentelė. Valdžios išlaidų aplinkos apsaugai ir žiedinės ekonomikos veiksmų koreliacinės analizės rezultatai

	Žiedinių medžiagų panaudojimas, proc.	Oro emisijos sąskaitos, kg/gyventojui	Susidariusios komunalinės atliekos, tūkst. t	Aplinkos apsaugos technologijų patentai, proc.
Koreliacijos koeficientas	0,3269	-0,6395	-0,1882	0,0325
<i>t</i> stat	0,9152	2,2007	0,5071	0,0861

Vidutinio stiprumo neigiamas ryšys (-0,6395) apskaičiuotas tarp išlaidų aplinkos apsaugai ir oro emisijos sąskaitų, todėl didėjant oro emisijos sąskaitoms mažėja išlaidos aplinkos apsaugai. Lenkijoje atliekų kiekiai didžiausi iš visų vertinamų šalių, tačiau pagal gautus skaičiavimus koreliacijos koeficientas tarp išlaidų aplinkos apsaugai ir susidariusių komunalinių atliekų yra labai silpnas ir neigiamas (-0,1882), tad galima laikyti, kad ryšio tarp šių veiksmų nėra. Regimas silpnas ryšys tarp išlaidų aplinkos apsaugai ir žiedinių medžiagų panaudojimo (0,3269), tačiau galima tarti, kad, didėjant žiedinių medžiagų panaudojimui Lenkijoje, didėtų ir šios šalies išlaidos aplinkos apsaugai. Kaip ir prieš tai,

vertinant žiedinės ekonomikos plėtrą šalyse, svarbu nustatyti, ar gauti koreliacijos koeficientai yra reikšmingi. Lyginant statistinę reikšmę t su kritine reikšme nustatoma, kad visos koreliacijos koeficiento reikšmės – nereikšmingos. Arčiausiai kritinės reikšmės gauta oro emisijos sąskaitų statistinė t reikšmė.

Išvados

Išnagrinėjus žiedinės ekonomikos teorinius aspektus, galima teigti, kad žiedinės ekonomikos samprata, jos įveiklinimo principai ir charakteristikos išsiskiria. Europos aplinkos agentūra nurodo, kad žiedinė ekonomika yra žaliosios ekonomikos dalis ir koncentruojasi į išteklių naudojimo efektyvinimą. Kiti mokslininkai žiedinę ekonomiką sieja su aplinkosauga ir šios ekonomikos procesuose tikisi ne tik resursų efektyvinimo, tačiau ir kuo mažesnio neigiamo anglies pėdsako poveikio gamtai. Europos Sąjungai aktyviai imantis veiksmų dėl aplinkosaugos gerinimo, šalys narės skirstydamos šalies biudžetą ar finansines programas yra įpareigosotos laikytis įvairių standartų bei reglamentų šešiose aplinkos apsaugos srityse: oro, cheminių medžiagų, klimato, gamtos, atliekų ir vandens.

Ištyrus žiedinės ekonomikos plėtrai darančių įtaką veiksnių ryšius Lietuvoje ir kaimyninėse valstybėse, pastebėta, kad valstybių išlaidos aplinkos apsaugai skiriasi ir tyrimo laikotarpiu svyravo. Reikėtų atkreipti dėmesį, kad su nei vienu pasirinktų šalių kintamuoju išlaidos aplinkos apsaugai ryšys nebuvo stiprus ar labai stiprus, todėl pasirinktų veiksnių įtaka aplinkos apsaugos išlaidoms silpna. Norint nustatyti, kokių žiedinės ekonomikos veiksnių įtaka aplinkos apsaugos išlaidoms yra stipresnė, reikėtų atlikti tolesnius tyrimus. Kadangi dėl ribotų duomenų buvo pasirinktas bendras išlaidų aplinkos apsaugai rodiklis, galima daryti prielaidą, kad jis neatspindi žiedinės ekonomikos plėtros, arba šis rodiklis neturėtų apimti, pavyzdžiui, biologinės įvairovės ir kraštovaizdžio apsaugai skirtų išlaidų, tam patikrinti reikėtų atlikti daugiau tyrimų. Taip pat matyti, kad kiekvienos šalies gauti rezultatai skiriasi ir ryšių stiprumas tarp veiksnių buvo skirtingas, tai gali lemti vyriausybių numatyti tikslai ir siekiai gerinti tam tikras aplinkosaugos sritis. Taip pat atlikus koreliacijos koeficientų reikšmingumo skaičiavimus buvo nustatyta, kad statistiškai reikšmingų ryšių tarp nagrinėjamų veiksnių nebuvo.

Literatūra

- Akhimien, N. G., Latif, E., & Hou, S. S. (2020). Application of circular economy principles in buildings: A systematic review. *Journal of Building Engineering*, 38, 102041. <https://doi.org/10.1016/j.job.2020.102041>
- Aplinkos apsauga. (2019). <https://what-europe-does-for-me.eu/lt/portal/3/focus07>
- European Environment Agency. (2016). *Circular economy in Europe: Developing the knowledge*. <https://op.europa.eu/lt/publication-detail/-/publication/0cc8128f-d6d3-11e5-8fea-01aa75ed71a1/language-en>
- Europos Parlamentas. (2019). *Efekttyvus išteklių naudojimas ir žiedinė ekonomika*. <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/lt/sheet/76/efekttyvus-istekliu-naudojimas-ir-ziedine-ekonomika>
- Europos Parlamentas. (2021). *Žiedinė ekonomika: kas tai ir kodėl ji svarbi?* <https://www.europarl.europa.eu/news/lt/headlines/economy/20151201STO05603/ziedine-ekonomika-kas-tai-ir-kodel-ji-svarbi>
- Eurostat. (2021). <https://ec.europa.eu/eurostat>
- Fan, Y., & Fang, C. (2020). Circular economy development in China-current situation, evaluation and policy implications. *Environmental Impact Assessment Review*, 84, 106441. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2020.106441>
- Gallaud, D., & Laperche, B. (2016). *Circular economy, industrial ecology and short supply chain: Towards sustainable territories* (1st ed.). John Wiley & Sons, Incorporated. <https://ebookcentral.proquest.com/lib/vgtulibrary-ebooks/reader.action?docID=4558122>
- Grafström, J., & Aasma, S. (2021). Breaking circular economy barriers. *Journal of Cleaner Production*, 292, 126002. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126002>
- Heshmati, A., & Rashidghalam, M. (2021). Assessment of the urban circular economy in Sweden. *Journal of Cleaner Production*, 310, 127475. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127475>
- Joshi, C., Seay, J., & Banadda, N. (2019). A perspective on a locally managed decentralized circular economy for waste plastic in developing countries. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 38(1), 3–11. <https://doi.org/10.1002/ep.13086>
- Kjørboe, N., Sramkova, H., & Krarup, M. (2015). *Moving towards a circular economy: Successful Nordic business models*. Nordic Council of Ministers. <https://doi.org/10.6027/ANP2015-771>
- Lu, T., & Halog, A. (2020). Towards better life cycle assessment and circular economy: On recent studies on interrelationships among environmental sustainability, food systems and diet. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 27(6), 515–523. <https://doi.org/10.1080/13504509.2020.1734984>
- Muthu, S. S. (2018). *Circular economy in textiles and apparel: Processing, manufacturing, and design*. Elsevier Science & Technology. <http://ebookcentral.proquest.com/lib/vgtulibrary-ebooks/detail.action?docID=5589268>

- Nematchoua, M. K., & Reiter, S. (2019). Analysis, reduction and comparison of the life cycle environmental costs of an eco-neighborhood in Belgium. *Sustainable Cities and Society*, 48, 101558. <https://doi.org/10.1016/J.SCS.2019.101558>
- OECD Data. (2021). <https://data.oecd.org/>
- Okafor, C., Ajaero, C., Madu, C., Agomuo, K., & Abu, E. (2020). Implementation of circular economy principles in management of end-of-life tyres in a developing country (Nigeria). *AIMS Environmental Science*, 7(5), 406–433. <https://doi.org/10.3934/environsci.2020027>
- Pabedinskaitė, A. ir Činčikaitė, R. (2016). *Kiekybiniai modeliavimo metodai*. Technika. <https://doi.org/10.20334/1563-S>
- Panchal, R., Singh, A., & Diwan, H. (2021). Does circular economy performance lead to sustainable development? – A systematic literature review. *Journal of Environmental Management*, 293, 112811. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112811>
- Pirmana, V., Alisjahbana, A. S., Yusuf, A. A., Hoekstra, R., & Tukker, A. (2021). Environmental costs assessment for improved environmental-economic account for Indonesia. *Journal of Cleaner Production*, 280, 124521. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.124521>
- Pollard, J., Osmani, M., Cole, C., Grubnic, S., & Colwill, J. (2021). A circular economy business model innovation process for the electrical and electronic equipment sector. *Journal of Cleaner Production*, 305, 127211. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127211>
- Puig, M., Raptis, S., Wooldridge, C., & Darbra, R. M. (2020). Performance trends of environmental management in European ports. *Marine Pollution Bulletin*, 160, 111686. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2020.111686>
- Schaubroeck, T. (2020). Circular economy practices may not always lead to lower criticality or more sustainability; analysis and guidance is needed per case. *Resources, Conservation and Recycling*, 162, 104977. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104977>
- Sillanpää, M., & Ncibi, C. (2019). *The circular economy: Case studies about the transition from the linear economy*. Elsevier Science & Technology. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815267-6.00004-9>
- Slorach, P. C., Jeswani, H. K., Cuéllar-Franca, R., & Azapagic, A. (2020). Environmental sustainability in the food-energy-water-health nexus: A new methodology and an application to food waste in a circular economy. *Waste Management*, 113, 359–368. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.06.012>
- SPSS – Statistika lengvai ir paprastai. (2013). <http://spsspagalba.lt/>
- Urbinati, A., Chiaroni, D., & Chiesa, V. (2017). Towards a new taxonomy of circular economy business models. *Journal of Cleaner Production*, 168, 487–498. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.047>

INVOLVEMENT OF STATES IN THE DEVELOPMENT OF THE CIRCULAR ECONOMY

Jolita VILEITAITĖ, Eglė KAZLAUSKIENĖ

Abstract. Emissions are growing every year and land resources are limited, which is why solutions need to be found to make good use of waste as a raw material and to change other practices that are harmful to the earth. More and more countries, international organizations and companies are drawing attention to the global problem of today, that large amounts of waste pollute our nature, water and are one of the causes of climate change. In order to reduce environmental pollution, various legal acts are implemented at the level of international organizations and countries to implement the principles of the circular economy. The aim of this article is to examine the involvement of states in the development of the circular economy, which would help to define which decisions of the countries have a positive or negative impact on the development of the circular economy in the country. The article describes the analysis of the scientific literature, the application of quantitative calculation methods in assessing the involvement of states in the development of the circular economy. The results of the research are the disclosure of the features of the development of the circular economy. These features of development would help to improve the development of the circular economy nationwide and thus achieve international goals. As the EU Commission has set targets for the transition to a circular economy, the results of this study would allow further analysis of the development process of this economic model.

Keywords: circular economy, linear economy, secondary raw materials, sustainability, climate change, waste management, waste prevention, eco-design.