

BIOKURO GAMYBOS KIEKIŲ TENDENCIJOS APŽVALGA

Lina MICKEVIČIŪTĖ*, Manuela TVARONAVIČIENĖ

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Verslo vadybos fakultetas,
Verslo technologijų ir verslininkystės katedra, Saulėtekio al. 11, 10223 Vilnius, Lietuva*

**El. paštas lina.mickeviciute@stud.vilniustech.lt*

Gauta 2022 m. sausio 20 d.; priimta 2022 m. gegužės 31 d.

Santrauka. Biotechnologijų pramonės sektoriuje siekiama gaminti unikalius produktus ir procesus, gerinančius individų ir visos visuomenės gyvenimą, sveikatą ir gerovę. Per pastaruosius kelis dešimtmečius susidomėjimas biologija ar biomedicina smarkiai išaugo ir mokslas buvo plačiai pritaikytas įvairiose biomedicinos ir gyvosios gamtos mokslų srityse, įskaitant diagnostiką, terapiją, vaistų tiekimą, biojutiklius, audinių inžineriją ir biokuro gamybą. Anglies dvideginio išmetimas yra aktuali problema jau ne vienerius metus, tad atsinaujinančio biokuro gamyba iš biomasės yra plačiai tyrinėjama, siekiant sumažinti anglies dvideginio išmetimą ir užtikrinti tvarią pramonės plėtrą. Sprendžiant energetikos stygius ir aplinkosaugos problemas, biokuras sulaukia didelio įvairių biotechnologijos sektoriaus kategorijų mokslininkų dėmesio. Straipsnio tikslas – išanalizavus biokuro gamybos tendencijas, palyginti biokuro gamybos kiekius pasaulyje ir Lietuvoje. Tyrimo metu statistiškai analizuojami pasaulyje ir Lietuvoje pagaminamo bioetanolio ir biodyzelino gamybos kiekių duomenys. Įvertinus gautus rezultatus įvertinama biokuro tendencija.

Reikšminiai žodžiai: biokuras, biomasė, tendencija, bioetanolis, biodyzelinas, anglies dvideginis, atsinaujinantys energijos šaltiniai, tvarumas, biotechnologijos.

Įvadas

Transportavimas itin svarbus skatinant visuomeninius pasaulinius socialinius kontaktus ir verslą. Kelių transporte elektrinės transporto priemonės, varomos iš atsinaujinančių energijos šaltinių, galėtų veiksmingai pakeisti įprastą benzinu varomas transporto priemones (Wei et al., 2019). Anglies dvideginio išmetimas yra aktuali problema jau ne vienerius metus, tad atsinaujinančio biokuro gamyba iš biomasės yra plačiai tyrinėjama, siekiant sumažinti anglies dvideginio išmetimą ir užtikrinti tvarią pramonės plėtrą. Jau keletą dešimtmečių ekspertai iš biomasės išgaunamą kurą laikė pasaulio energijos krizės sprendimu. Biomasėje sukauptos energijos panaudojimas nėra nauja koncepcija. Juk žmonės ankstyvajame akmens amžiuje išmoko panaudoti biomasę ugniai kurti (Wahlen et al., 2011). Mediena buvo pirmoji biokuro forma, kurią senovės žmonės naudojo maisto ruošimui ir šildymui. O šiais laikais biokuras jau gali sukurti papildomų darbo vietų ir pagerinti naftą ir dujas importuojančių šalių energetinį saugumą (Azadi et al., 2017).

Išsivysčiusios ir labiau išsivysčiusios šalys ypač domisi švaresne energija ir daugiausia dėmesio skiria augalinės biomasės (ypač granuliu pavidalo) kaip svarbaus atsinaujinančio ištekliaus potencialui pasauliniame energetikos scenarijuje. Kelios šalys, pavyzdžiui, Didžioji Britanija, Italija, Vokietija, Japonija ir Pietų Korėja jau naudoja medžio granulės siekdama sumažinti išmetamo anglies dvideginio kiekį (Garcia et al., 2019). Problema yra dalį biomasės paversti skysta, kad ji būtų suderinama su esama energetikos infrastruktūra (Wahlen et al., 2011). Technologija, naudojanti biomasę kaip išteklius skystajam kurui transporto reikmėms gaminti, per pastarąjį laikmetį labai pažengė ir priekį ir dar turi didelį tobulėjimo potencialą ateityje.

Biokuro plėtra ypač aktuali transporto sektoriui. Technologijų galimybės tam tikrais atvejais ribotos, vartotojų poreikiai yra įvairūs ir keliama griežti kokybės reikalavimai, pavyzdžiui, pagalvojus apie reaktyvinius degalus, kuriuos gaminant didelis dėmesys sutelkiamas į korozinio aktyvumo nustatymą (Wei et al., 2019).

Nors pasaulinė transporto kuro paklausa ir toliau sparčiai auga, pakankamai lengvai išgaunamos žalios naftos atsargos senka, o didžioji dalis naujų žalios naftos gamybos pajėgumų ateinantį dešimtmetį bus gaunama iš brangesnių

gilia vandenių gręžinių ir naftos smėlio. Sprendžiant energetikos stygiaus ir aplinkosaugos problemas, biokuras suaukia didelio įvairių biotechnologijos sektoriaus kategorijų mokslininkų dėmesio. Per pastaruosius kelis dešimtmečius biokuro mokslas patyrė didelių pokyčių, atsižvelgiant į jo vystymosi tempą, dėmesį ir prisidedančias šalis, kuriose biokuro gamybos paklausa ir sunaudojimas pasiskirstę netolygiai įvairiose pasaulio šalyse (Azadi et al., 2017).

Rašto darbe pasirinktas tyrimo objektas: pagaminamo biokuro kiekio analizė.

Darbo tikslas: išanalizavus biokuro gamybos tendencijas, identifikuoti pirmaujančias šalis pagal pagaminamo biokuro kiekius.

Suformuluotam tikslui pasiekti suformuoti šie uždaviniai:

1. Išanalizuoti biotechnologijų sektoriaus specifiškumą;
2. Apibendrinti biokuro gamybos sektoriaus ypatumus;
3. Palyginti biokuro gamybos kiekius pasaulyje ir Lietuvoje.

Tikslui ir uždaviniams pasiekti remiamasi moksliniais literatūros šaltiniais, kurie siejami su biotechnologijų srities gamybos įmonių savitumu. Analizuojama ir apžvelgiama lietuvių ir užsienio autorių literatūra, statistiniai duomenys.

1. Biotechnologijų sektoriaus apžvalga ir specifiškumas

Biotechnologijos kasmet daro vis didesnę poveikį aplinkos, žemės ūkio, farmacijos, energetikos ir pramonės sektoriams, pateikiant genų inžinerijos, diagnostikos ir audinių inžinerijos inovacijas (Skare & Soriano, 2021). Kalbant apie „biotechnologijų pramonę“, turima omenyje įvairias gydymo, biologijos, diagnostikos, medicinos prietaisų, klinikinių laboratorinių tyrimų, instrumentų, žemės ūkio, pramonės ir biokuro taikymo sritis. Biotechnologijų pramonė apima daugybę skirtingų sektorių, kurie nuolat plečiasi, nes atskleidžiami nauji moksliniai ir techniniai atradimai, kasmet randama naujų pritaikymų.

Biotechnologijų pramonės sektoriuje siekiama gaminti unikalius produktus ir procesus, gerinančius individų ir visos visuomenės gyvenimą, sveikatą ir gerovę. Iš pažiūros biotechnologijų pramonė gali atrodyti sudėtinga dėl nesibaigiančio ir įvairaus produktų asortimento, kurį biotechnologijos gali pagaminti. Tačiau stebina, kaip kiekvienas sektorius naudoja daug panašių įrankių ir metodų, kad sukurtų šiuos įvairius bioproduktus bei procesus (Shimasaki, 2014). Žinoma, ir toliau atsiras naujų biotechnologijų pramonės sektorių. Pavyzdžiui, vos prieš 20 metų nebuvo tokių dalykų kaip „biolustai“, o šiandien dauguma tyrimų laboratorijų ir farmacijos įmonių savo tyrimams ir plėtrai reguliariai naudoja prietaisus, kuriuose naudojamos įvairios mikroschemos, inžineriniai substratai, padedantys diagnozuoti ligas, identifikuoti jų sukėlėjus. Per pastaruosius kelis dešimtmečius susidomėjimas biologija ar biomedicina smarkiai išaugo ir mokslas buvo plačiai pritaikytas įvairiose biomedicinos ir gyvosios gamtos mokslų srityse, įskaitant diagnostiką, terapiją, vaistų tiekimą, biojutiklius, audinių inžineriją ir biokuro gamybą (Azizipour et al., 2020).

Biotechnologijos toliau vystosi ir išliks pagrindine visuomenės naujovių ir vystymosi varomąja jėga, o didėjant suvartojimo lygiui didėja maisto ir degalų paklausa. Genetiškai modifikuoti gaminiai – viena iš biotechnologijų sąvokos kilusi sritis, kuri daro itin didelę įtaką mūsų kasdieniam gyvenimui (Yeung et al., 2019). 2002 m. atliktos apklausos duomenys parodė, kad dauguma vartotojų neigiamai vertina genetiškai modifikuotus produktus, nes jų moralinės ir etinės abejonės dėl tokių produktų vartojimo nusveria geresnių savybių ir mažesnės kainos naudą (Magnusson & Hursti, 2002). Tačiau 2015 m. genetiškai modifikuotos kultūros jau buvo auginamos 179,7 milijonų hektarų žemės 28 šalyse, tai sudaro daugiau nei 10 % visos dirbamos žemės visame pasaulyje (Taheri et al., 2017). Nepaisant apčiuopiamos naudos, genetiškai modifikuotų gaminių vartojimas gali turėti nevienareikšmę įtaką ekonomikos augimui – galimi ekonominiai nuostoliai, įtaka sveikatai ir aplinkai. Problemos taip pat susijusios su išlaidomis ir laiku, kuris sugaištamas nustatant praktines valdymo priemones, kad kiek įmanoma daugiau būtų sumažinti ekonominiai nuostoliai.

Buvo pasiūlyta, kad biotechnologijų sektorių daugiausia sudaro 4 šakos pagal spalvas: balta, raudona, žalia ir mėlyna, tačiau besivystanti mokslinių tyrimų sritis laikui bėgant įgijo dar daugiau spalvų (Yeung et al., 2019). Šiuo žinoma 10 biotechnologijų sričių pagal spalvas, kurios buvo identifikuotos pagal pramoninį sektorių.

- Raudonoji (sveikatos diagnostika, medicina, vaistiniai preparatai);
- Geltonoji (mityba, maistinių medžiagų biotechnologija);
- Mėlynoji (akvakultūra, jūros organizmų biotechnologijos);
- Žalioji (žemės ūkis ir aplinkos biotechnologijos);
- Rudoji (sausųjų zonų ir dykumų biotechnologijos);
- Juodoji (bioterrorizmas, biologinių ginklų technologijos);
- Violetinė (patentų, išradimų, publikacijų apsauga);

- Baltoji (pramoninė biotechnologija, genų ir gyvų organizmų bioindustrija);
- Auksinė (bioinformatika, genomika, proteomika, nanobiotechnologijos);
- Pilkoji (klasikinė fermentacijos ir bioproceso technologija).

Bendrai visose paminėtose biotechnologijų srityse kuriami biologiniai produktai yra brangūs ir reikalauja daug kapitalo, kad galutinis produktas būtų komercializuotas ir sėkmingai patenkintų kintančius vartotojų poreikius. Pavyzdžiui, kalbant apie raudonąją biotechnologijos sritį dažnai teigiama, kad klinikinėms naujovėms ir tyrimams įgyvendinti klinikinėje praktikoje prireikia vidutiniškai 17–20 metų (Bauer & Kirchner, 2020). Tačiau skirtingų produktų išlaidos skiriasi priklausomai nuo sektoriaus – atsižvelgiama į mokslinių tyrimų, plėtros, klinikinių tyrimų, eksploatavimo išlaidas prieš pateikiant produktą rinkai. Skirtinguose sektoriaus kategorijose bioproduktų plėtros kaštų įverčiai pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė. Biotechnologijų srityje kuriamų produktų plėtros kaštų įverčiai (sudaryta autoriaus, remiantis Shimasaki, 2014)

Sektoriaus kategorija	Kūrimo išlaidos	Laikotarpis
Terapija	250 mln.–1,5 mlrd. dolerių	12–15 metų
Biologija ir vakcinos	250 mln.–1,5 mlrd. dolerių	12–15 metų
<i>In vitro</i> diagnostika ir personalizuota medicina	5–100 milijonų dolerių	3–7 metų
Medicininiai prietaisai	15–100 milijonų dolerių	3–5 metų
Kombinuotas prietaisas/terapinis preparatas	75–250 milijonų dolerių	5–10 metų
Skaitmeninės sveikatos IT programos	0,25–15 milijonų dolerių	1–3 metų
Tyrimo instrumentai ir įrankiai	5–75 milijonų dolerių	3–7 metų
Biožemdirbystė	75–200 milijonų dolerių	7–16 metų
Biokuras	50–150 milijonų dolerių	5–10 metų
Pramoninė biotechnologija	15–75 milijonų dolerių	2–4 metų

Kai kuriuose bioproduktų sektoriuose išlaidų ir laiko sąnaudų intervalas yra labai platus vien dėl to, kad konkrečioje kategorijoje galima gaminti įvairių rūšių produktus, kuriems taikoma griežta teisinė sistema, klinikiniai tyrimai ir jų išlaidos (Skare & Soriano, 2021). Visų bioproduktų bendros kūrimo išlaidos didėja proporcingai renkant laboratorinius, gyvūnų ir žmonių klinikinius duomenis, kurie turi būti surinkti, siekiant įrodyti naujo produkto saugumą ir klinikinį veiksmingumą. Be to, kiekvienai iš šių sektoriaus plėtros išlaidų įtakos turi naudojama technologija ir jos efektyvumas bei pritaikymas, priemonės ir įrankiai, tikslinė rinka ir produkto kūrimo sudėtingumas.

Nepriklausomai nuo bioprodukto ar proceso kūrimo sektoriaus, visų pradedančių ar ankstyvos stadijos biotechnologijų įmonių tikslas yra sukurti pridėtinę vertę kuriamame produkte ir įmonėje. Viso produkto kūrimo proceso metu nepastebimai kuriama vertė. Vertė nėra kuriama iš karto, taip pat nėra proporcinga investuotam laikui ar pinigams. Vertė sukurama laipsniškai kiekvieną kartą, kai sėkmingai pasiekiamas produkto kūrimo etapas. Tam tikrų produktų kūrimo etapų įvykdymas suteikia daugiau vertės nei kiti, o pasiekus kiekvieną sėkmingą etapą, rizika tuo pačiu metu sumažėja – vertė didėja, kai rizika mažėja. Tačiau net kai produktas pagaliau pasiekia rinką, jo pardavimo sėkmė nėra visiškai garantuota. Pavyzdžiui, buvusi žemės ūkio biotechnologijos korporacija „Monsanto“, įkurta 1901 metais, daug investavo į vabzdžiams atsparius genetiškai modifikuotus pasėlius. Produktai buvo pagrindinė korporacijos technologinė sėkmė, tačiau jų pastangos pristatyti produktą rinkai buvo neigiamos dėl visuomenės nuomonės pasipriešinimo susirūpinus dėl genetiškai modifikuotų kviečių atmetimo užsienio rinkose (Skare & Soriano, 2021). Į viską, ką įmonė daro, reikia žiūrėti taip, kad tai nemažintų, o padidintų produkto ir įmonės vertę bei sumažintų riziką, taip padidindama papildomo kapitalo pritraukimo tikimybę. Tinkamai įvertinus plėtros kaštus ir terminus bei pasiekus vertę didinančius etapus, įmonei priskiriama vertė, o tai palengvina užduotį pritraukti kapitalą tolesniems finansavimo etapams.

Kiekvieno iš biotechnologijos sektoriaus darbo žinių turėjimas yra neįkainojamas biotechnologijų srities specialistams (Azizipour et al., 2020). Pradedant verslą biotechnologijų srityje labai svarbu, kad vadovas pripažintų ir vertintų visas produkto kūrimo, testavimo, reguliavimo ir patvirtinimo išlaidas bet kuriame iš biotechnologijos sektorių (Shimasaki, 2014). Kruopštus lėšų rinkimo planavimas ir laikas, susietas su pagrindinių etapų įvykdymu, planavimu, kontrole ir tinkamu valdymu, gali suteikti didžiausią galimybę gero produkto idėjai pasiekti komercializaciją.

Apibendrinant spalvotąsias biotechnologijų šakas galima teigti, kad sritys reiškia naują biologinį požiūrį į daugybę pramonės šakų. Ateityje tikimasi, kad genų ir medžiagų apykaitos inžinerija ir toliau klestės, siekiant toliau gerinti

naudingų cheminių medžiagų biosintezės ir aplinkos teršalų bioremediacijos efektyvumą (Yeung et al., 2019). Bus siekiama, kad biologinės patirties panaudojimas pasiūlys naujovių ir kitų galimybių įvairiose biotechnologijų srityse ir taps naujų rinkų ir verslo modelių pagrindu. Biotechnologijų moksliniai tyrimai kaip sistema ir toliau darys didelį poveikį aplinkai, medicinai, žemės ūkiui, maistui ir kitoms įvairioms pramonės sritims. Tikimasi, kad naudojant pažangesnes inžinerijos, biokuro ir vaistų tiekimo technologijas biotechnologijos sukurs ekologiškesnę aplinką ir bus naudingesnė žmonių sveikatai. Bet kokių atveju, šiandieninė biotechnologijų tyrimų pažanga turi didesnę ar mažesnę potencialą būti vėlesnių inovacijų pagrindu (Cornelissen et al., 2021).

1.1. Biokuro gamybos samprata ir ypatumai

Baltajai biotechnologijos šakai priskiriamas biokuras padeda išlaikyti ekonominį ir aplinkosauginį tvarumą ir yra skirstomas į dujinius ir skystus biodegalus (Barcelos et al., 2018). Biokurą galima suskirstyti į 3 dideles grupes: *bioetanolį* (dažniausiai naudojamą automobiliuose), *biodyzeliną* (dažniausiai naudojamą sunkvežimiuose) ir kitą *biomasę* (naudojamą elektros ir šilumos gamybai) (Shimasaki, 2014). Biomasė apibrėžiama kaip visos biosferoje esančios organinės medžiagos, tiek augalinės, tiek gyvūninės, taip pat medžiagos, gautos jas natūraliai arba dirbtinai perdirbus. Pagrindiniais tvaraus kuro šaltiniais laikomi gyvūniniai riebalai, augalinis ir kitas aliejus (Sharma et al., 2018). Iš biomasės gaunamam biokurui naudojamos malkos, medžio drožlės, granulės, kai kurie vaisių kauliukai, pavyzdžiui, alyvuogės ir avokadai, taip pat riešutų kevalai (Perea-Moreno et al., 2019).

Aplinkai draugiškas kuras gaminamas jau ne vienerius metus, toliau pateiktos istoriškai susiformavusios biokuro skirstymo kartos, atsižvelgiant į šaltinį, iš kurio jis gaunamas (Sharma et al., 2020).

- Pirmosios kartos biokuras – gaunamas iš augalinių šaltinių – cukranendrių, cukrinių runkelių, kukurūzų, krakmolo, augalinio aliejaus.
- Antrosios kartos biokuras – gautas iš žemės ūkio ar medienos atliekų, šiaudų, cukranendrių lapų.
- Trečiosios kartos biokuras – gaunamas iš mikrodumblių biomasės
- Ketvirtosios kartos biokuras – gaunamas iš biologiškai sukurtų mikroorganizmų, tokių kaip bioinžineriniai dumbliai, mielės, grybai, cianobakterijos, pasėliai.

Dėl pakankamai didelio biomasės prieinamumo visame pasaulyje, daugiausia dėl to, kad ją galima gauti kaip daugelio pramonės ir žemės ūkio procesų šalutinį produktą, biomasė yra sparčiai augantis atsinaujinančios energijos šaltinis, turintis didelį augimo potencialą. Pasauliniu mastu biodyzelinas ir bioetanolis tampa vis patrauklesni kaip pagrindiniai alternatyvūs, tvarūs ir ekologiški transporto degalai, palyginti atitinkamai su dyzelinu ir benzinu. Tačiau jų gamybos sąnaudos ir laikui bėgant didėjančios kainos laikomos didelėmis problemomis konkuruojant su giliai įsišaknijusia tradicine naftos rinka (Antar et al., 2021). Kadangi biokuro poreikis, gamybos ir naudojimo technologijos tobulėja, matomas teigiamas poveikis, tikimasi, kad laikui bėgant biokuro gamyba taps rentablesne ir prieinamesne (Shimasaki, 2014).

Atsižvelgiant į geografinę padėtį, galimybės padidinti biomasės biokurui gaminti augimą ir gauti didelę išėigą, iš dalies yra ribotos, o bendras išteklių naudojimo efektyvumas yra labai svarbus. Galimybės integruoti biokuro gamybos procesą į esamą pramonės rinką apima žaliavų, technologinių aparatų įtraukimą (Pettersson et al., 2015). Biokuro gamybos įrenginių, žaliavų ir kitų reikalingų medžiagų geografinė vieta turėtų būti parinkta strategiškai, kad būtų sumažintos bendros biokuro gamybos sąnaudos, atsižvelgiant į biomasės transportavimą, vartotojų poreikį. Tinkamas biodyzelino ir bioetanolio gamybos vietas galima nustatyti taikant pažangią sistemų analizę ir modeliavimą. Nustačius aiškius tikslus, susijusius su geografiniu požiūriu, galima spręsti su geografiniais veiksniais susijusias problemas.

Į biokuro gamybos kainą taip pat įeina gamyklų bei įrenginių priežiūra, sterilumo ir reikalingų aplinkos sąlygų palaikymas, naujai kuriamų naujos kartos biokuro gamyklų įrengimo ir eksploatavimo bei priežiūros išlaidos, energijos sąnaudos, išlaidos, susijusios su įvairiomis politikos priemonėmis (Pettersson et al., 2015). Minėti veiksniai apsunkina biokuro gamybą, tačiau situacija gali pasikeisti bėgant metams 2020–2025 m., kai planuojama įdiegti bei tobulinti esamas biokuro iš biomasės gamybos sistemas (Felneris & Raslavičius, 2016).

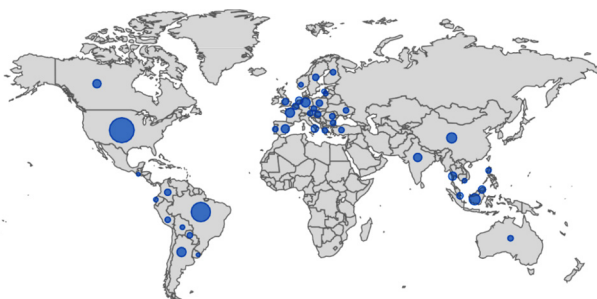
Perėjimas prie mažiau anglies dioksido į aplinką išskiriančios ekonomikos reikalauja investuoti didelius ekonominius išteklius į „žaliuosius“ biotechnologijų pramonės sektorius (United Nations Environment Programme [UNEP], 2011). Perėjimo prie tvarumo finansavimo reikalavimai gali gerokai viršyti viešojo sektoriaus pajėgumus bei galimybes, todėl prireiks daugiau privačių finansavimo šaltinių ir reikės tikslingiau panaudoti turimas lėšas. Pagal UNEP (2011) skaičiavimus, metinės investicijos, reikalingos ekologiškai ekonomikai sukurti 2010–2050 m. laikotarpiu, sudarys maždaug 2 % pasaulio BVP. Tad investicijos, susijusios su „žaliuoju“ finansavimu yra svarbios, skatinant įmonių požiūrio sutelkimą į aplinkosaugą (Falcone & Sica, 2019). Kintant pasaulio ekonomikai, dideli aplinkos apsaugos

apribojimai siaurina pasaulinį žemės ūkio sistemų derliaus pajėgumą, kadangi maistą, pašarą ir biokurą sieja stiprus ekonominis ryšys. Bendru atveju, būtų didžiausias poreikis rasti natūralius ir tvarius būdus, kaip padidinti pasėlių išeigą, kurie naudojami pirmosios kartos biokuroi gaminti. Kad būtų patenkintas pasaulinis maisto poreikis pasaulio žmonėms ir gyvuliams, iki 2050 m. vartojamo maisto gamyba ir jo pasiūla turi būti padvigubinti. Nors pasaulinė maisto gamyba didėja, tačiau didesnis pasėlių panaudojimas ne maistui gali trukdyti siekti maisto tiekimo tikslų visame pasaulyje (Antar et al., 2021).

Apžvelgus baltajai biotechnologijos šakai priskiriamo biokuro gamybos ypatumus galima teigti, kad biokuro gamyba yra brangi, tačiau toks kuras yra svarbus dėl savo tvarumo ir gebėjimo atsinaujinti. Visos technologijos, reikalingos pereiti prie 100 % atsinaujinančių energijos šaltinių, teoriškai jau yra prieinamos, o vienas didžiausių biomasės ir biokuro pranašumų, viršijančių pagaminamos energijos kiekį, yra jų atsinaujinimas. Taip pat biokuras yra vienas iš atsinaujinančių energijos šaltinių, padedančių patenkinti didėjančių energijos poreikį transporte ir žymiai sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimą (Ogunkunle & Ahmed, 2019).

2. Biokuro plėtros pasaulyje analizė

Spartus iškastinio kuro (naftos, anglies ir gamtinių dujų) išekvojimas, kylanti energijos stygiaus ir aplinkosaugos problema, drastiškai padidino alternatyvios, tvarios ir atsinaujinančios energijos plėtrą visame pasaulyje (Uzoejinwa et al., 2018). Apskaičiuota, kad iki 2050 m. biomasė sudarys 15–50 % pasaulio pirminės energijos suvartojimo (Kumar et al., 2010). Pagaminamo biokuro, kuris susideda iš bioetanolio ir dyzelino iš biomasės, kiekiai įvairiose pasaulio šalyse yra labai skirtingi, tai matoma 1 paveiksle.



1 paveikslas. Pasaulinė biokuro gamyba 2019 m. (U.S. Energy Information Administration, 2021)

Didžiosiose pasaulio šalyse toks gamybos padidėjimas yra itin reikšmingas sprendžiant pasaulio energijos krizę. Pasak autoriaus Sorda (2010), staigų gamybos padidėjimą lėmė vyriausybės įsikišimas. JAV – vienoje didžiausių pasaulyje biokuro gamintojų – biokuro gamintojams garantuojamos stiprios finansinės paskatos (Sorda et al., 2010). Biokuro gamyba ir naudojimas, kaip tvarus energijos krizių sprendimas yra svarbus, bet kokia kaina, jei tai apsunkina maisto tiekimą? Autorių manymu, turėtų būti sumažintas maistinių augalų naudojimas kaip biokuro sąnaudos arba turėtų būti įdiegti nauji būdai, kaip perdirbti biomasę ir išgauti didesnę išeigą (Antar et al., 2021). Taip pat kitos šiuolaikinės technologijos, tokios kaip genetika ir augimą skatinančios medžiagos, galėtų būti naudojamos kaip itin veiksmingos priemonės rentablesnei biomasės gamybai.

Pasak Yin (2012) ir Shen ir kt. (2009) autorių žinoma, kad biomasė yra ketvirta pagal dydį energijos sistema po anglies, naftos ir dujų, kuri šiuo metu tiekia apie 14 % pasaulio metinės energijos suvartojimo (Shen et al., 2009; Yin, 2012). Biokuro gamybos kiekiai įvairiose šalyse skiriasi dėl kelių veiksnių, įskaitant, be kita ko, geografines sąlygas ir vietą, gyventojų skaičių, ekonomikos išsivystymo lygį, žemės ūkio plėtrą, miškų vystymąsi, pramonės augimą, maisto medžiagas (Uzoejinwa et al., 2018).

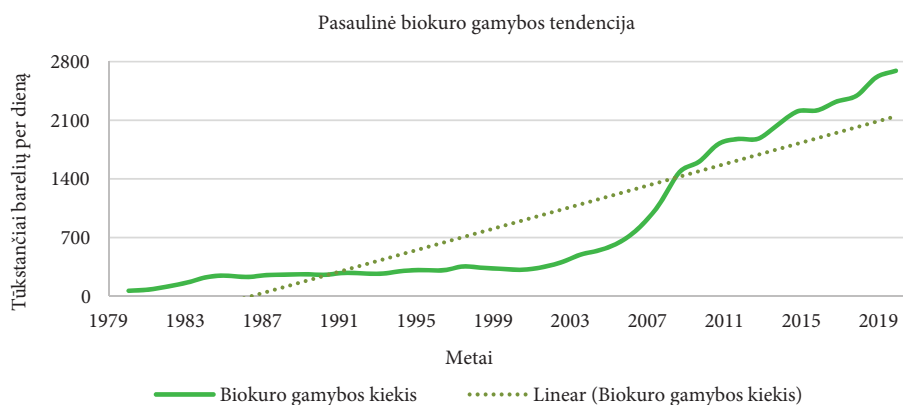
Norint pasiekti išsikeltus tikslus, susijusius su tvarumu, reikalingos išorinės valstybinės paskatos. Kadangi biokuro gamyba šiais laikais palyginus yra nuostolinga, todėl ją reikia skatinti atleidžiant vartotojus nuo mokesčių, teikiant subsidijas ar kitas finansines paskatas (Sorda et al., 2010). Daugelis šalių į savo politinę darbotvarkę įtraukė didesnę atsinaujinančių išteklių naudojimą. Biomasė ir yra vienas iš tokių išteklių, kuris yra reikšmingas kuriant įvairesnį ir tvaresnį energijos šaltinį (Kumar et al., 2010). Vyriausybės taip pat gali atsižvelgti į biokuro gamybos grandinę remdamos tarpines gamybos sąnaudas (žaliavinius augalus), subsidijuodamos pridėtinės vertės veiksnį (darbą, kapitalą ir žemę) arba suteikdamos paskatas, skirtas galutiniams produktams. Verta paminėti, kad importo tarifai taip pat yra svarbūs norint apsaugoti nacionalines pramonės šakas nuo išorės konkurencijos. Ateityje tikimasi, kad dėl aukštesnių

naftos kainų biokuro gamyba ir vartojimas santykinai atpigtų, tačiau lieka neaišku, kiek daugiau reikės paramos, kad biokuro pramonė taptų mažiau arba visai nepriklausoma nuo vyriausybės pagalbos (Sorda et al., 2010).

Mokslinės publikacijos ir duomenų analizės metu siekiama nustatyti, kaip ir kiek kartų skiriasi bioetanolio ir biodyzelino pagaminimo kiekiai pasaulyje ir Lietuvoje, taip pat įvertinamas tendencijų kitimas tam tikru laikotarpiu. Tokia analizė naudinga siekiant išvelgti pasaulio bei Lietuvos skirtumus bei panašumus, išryškinti esamus tikslus, susijusius su biokuro iš biomasės produkcija.

3. Biokuro gamybos tendencija

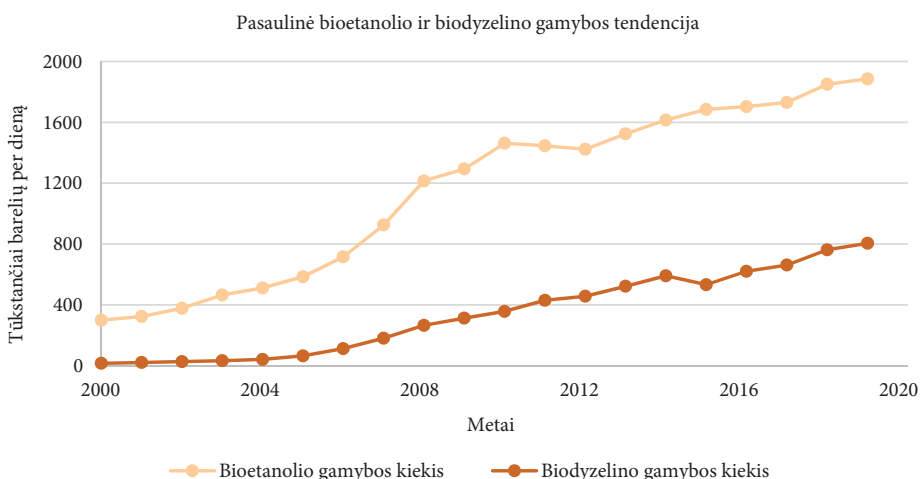
Nuolatinis žmonių skaičiaus augimas ir industrializacija padidino energijos poreikį visame pasaulyje, o tai sukėlė daugybę su energija susijusių problemų, įskaitant iškastinio kuro eikvojimą, aplinkos taršą ir elektros tiekimo trūkumą. Dėl šių sunkumų būtina plėtoti ir maksimaliai išnaudoti gausius atsinaujinančios energijos išteklius. Visame pasaulyje biokuro gamybos tendencija matoma 2 paveiksle.



2 paveikslas. Pasaulinė biokuro gamybos tendencija 1980–2019 m. laikotarpiu (sudaryta autoriaus, remiantis U.S. Energy Information Administration, 2021)

Peržiūrėjus 2 paveikslą grafiką akivaizdžiai matoma, kad beveik 40 metų laikotarpio duomenų statistikoje biokuro gamyba smarkiai auga iki šių dienų. Itin ryškus biokuro gamybos šuolis matomas 2000–2011 metų, kai biokuro gamyba padidėjo 6 kartus, nuo 315 tūkst. barelių iki 1876 tūkst. barelių per dieną. Tačiau padidėjusi biokuro gamyba gali turėti įtakos žemės ūkio prekių (žaliavų) kainoms. Pasaulyje pagrindinės žaliavos, naudojamos biokuro gamybai, yra kukurūzai, kviečiai, cukranendrės, sojos, rapsai ir saulėgrąžos, kurios tiesiogiai arba netiesiogiai naudojamos maisto pramonėje.

Analizuojant išskiriamų dviejų svarbiausių biokuro rūšių, bioetanolio ir biodyzelino pagaminimo kiekius pasaulyje, 3 paveiksle matomas nevienodas šių biokuro rūšių gamybos pasiskirstymas.



3 paveikslas. Pasaulinė bioetanolio ir biodyzelino gamybos tendencija 2000–2019 m. laikotarpiu (sudaryta autoriaus, remiantis U.S. Energy Information Administration, 2021)

Išanalizavus 19 metų bioetanolio ir biodyzelino gamybos iš biomasės statistiką visame pasaulyje, 3 paveiksle matomas tvaraus kuro, o ypač bioetanolio iš biomasės spartus gamybos didėjimas. Kintantis bioetanolio ir biodyzelino gamybos skirtumas kartais nurodytas 2 lentelėje.

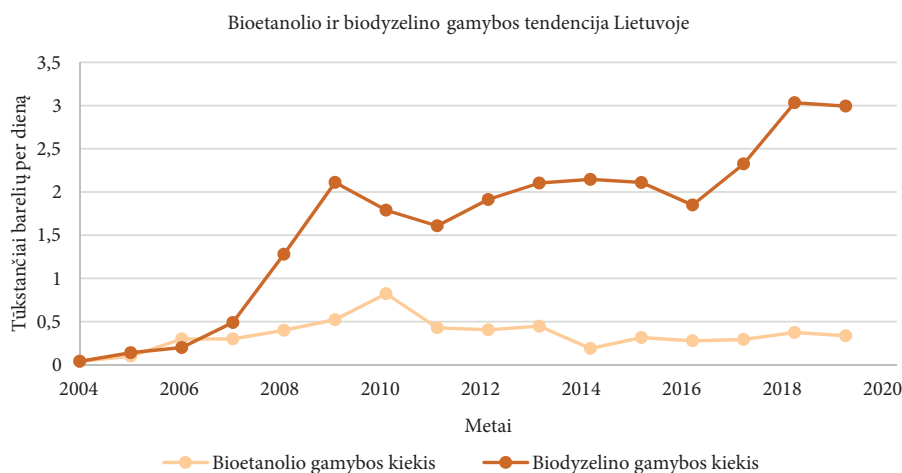
2 lentelė. Bioetanolio ir biodyzelino gamybos kiekių skirtumas kartais (sudaryta autoriaus, remiantis U.S. Energy Information Administration, 2021)

Metai	Skirtumas kartais	Metai	Skirtumas kartais
2000	18,98	2010	4,09
2001	15,41	2011	3,36
2002	13,92	2012	3,12
2003	14,20	2013	2,92
2004	12,27	2014	2,73
2005	8,99	2015	3,16
2006	6,36	2016	2,74
2007	5,12	2017	2,62
2008	4,58	2018	2,43
2009	4,13	2019	2,34

Apskaičiavus tvaraus kuro gamybos skirtumus, didžiausias skirtumas matomas 2000 metais, lygus beveik 19 kartų, kai per metus bioetanolio buvo pagaminama apie 300 tūkst. barelių, o biodyzelino tik 16 tūkst. barelių. Pasaulyje sparčiai tobulėjant technologijoms ir bėgant laikui, bioetanolio ir biodyzelino iš biomasės gamybos skirtumas tendencingai mažėja – per 19 metų iki 2019 metų sumažėjo net 8 kartus. Tuo tarpu 2000–2010 metų laikotarpiu skirtumas buvo kur kas mažesnis ir svyravo maždaug nuo 1 iki 5 kartų.

Buvo teigiama, kad biokuro gamyba visame pasaulyje sukelia didesnę bėdą, o šis padidėjimas gali mažiau paveikti išsivysčiusias bendruomenes, kurios maistui išleidžia mažiau nei 1/10 savo pajamų, nei 2 milijardai neturtingų žmonių visame pasaulyje, kurie išleidžia maždaug 50–70 % savo pajamų maistui.

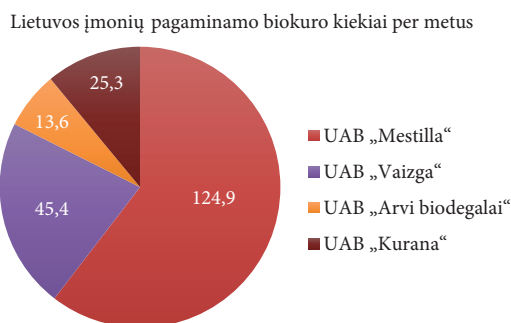
Itin skirtingi bioetanolio ir biodyzelino gamybos tendencijos rezultatai matomi žiūrint Lietuvos mastu. Palyginus su pasauline biokuro rinka, 4 paveiksle matomas atvirkščias variantas – biodyzelino pagaminama ženkliai daugiau negu bioetanolio. Ryškiausias skirtumas matomas 2014 metais, kai skirtumas tarp pagaminto biokuro siekė 11 kartų. 2015–2019 metų laikotarpiu bioetanolio ir biodyzelino gamybos tendencijų skirtumai svyravo nuo 6 iki 11 kartų.



4 paveikslas. Bioetanolio ir biodyzelino gamybos tendencija Lietuvoje 2004–2019 m. laikotarpiu (sudaryta autoriaus, remiantis U.S. Energy Information Administration, 2021)

Per pastaruosius 15 metų tvaraus kuro gamybos skirtumas Lietuvoje išaugo ir svyravo maždaug nuo 3 iki 8 kartų. Tokius pagaminamo bioetanolio ir biodyzelino kiekių šuolius lėmė netik pakilusios biomasės kainos, auginimo

prieinamumas bei galimybės, bet ir biokuro paklausa bei kaina. Šiuo metu Lietuvoje yra keletas biodyzelino ir bioetanolio gamintojų: UAB „Vaizga“, UAB „Mestilla“, UAB „Arvi biodegalai“, UAB „Kurana“, kurių gamybos pajėgumai pavaizduoti 5 paveiksle.



5 paveikslas. Konkrečių Lietuvos įmonių pagaminamo biokuro kiekiai milijonais litrų per metus (sudaryta autoriaus, remiantis Katinas et al., 2018)

Pastaraisiais metais Lietuvoje sparčiai plėtojama biotechnologinė veikla, pavyzdžiui, kurią vykdo Lietuvos biotechnologų asociacija. Tokios asociacijos skatina biotechnologijos mokslą bei jo pritaikymą įvairiose kategorijose, taip prisidedant prie aplinkosaugos bei energijos krizės sprendimo. Lietuvoje yra sukurta pakankamai pajėgumų biokuro gamybai. Be to, šalis turi pakankamai nuosavų žaliavų biodyzelinui ir bioetanolui gaminti. Tačiau nepaisant šių veiksnių, biokuro gamybos plėtra įvairiose šalyse ir besivystančiose ES valstybėse narėse, tarp jų ir Lietuvoje, yra nepakankama dėl didelių biokuro gamybos sąnaudų (Katinas et al., 2018). Nepaisant nepakankamos biokuro išeigos iš biomasės, pagrindinės kliūtys būtent Lietuvoje susijusios su žemės ūkio sistemos potencialu – auginimo plotų trūkumas ir žemas biomasės, pavyzdžiui, rapsų, produktyvumas lyginant su kitomis išsivysčiusiomis ES šalimis.

Išvados

1. Biotechnologijos toliau vystosi ir išliks pagrindine visuomenės naujovių ir vystymosi varomąja jėga, o didėjant suvartojimo lygiui didėja maisto ir degalų paklausa. Biotechnologijų pramonės sektoriuje siekiama gaminti unikalius produktus ir procesus, gerinančius individų ir visos visuomenės gyvenimą, sveikatą ir gerovę, plačiai pritaikant biomedicininę diagnostiką, terapiją, vaistų tiekimą, bijutiklius, audinių inžineriją ir biokuro gamybą. Srityje kuriami produktai yra brangūs ir reikalauja daug kapitalo, kad produktas būtų komercializuotas ir sėkmingai patenkintų kintančius vartotojų poreikius.
2. Baltajai biotechnologijos šakai priskiriamas biokuras padeda išlaikyti ekonominį ir aplinkosauginį tvarumą ir yra skirstomas į dujinius ir skystus biodegalus. Į biokuro gamybos sudėtingumą įeina gamyklų bei įrenginių priežiūra, sterilumo ir reikalingų aplinkos sąlygų palaikymas, naujai kuriamų naujos kartos biokuro gamyklų įrengimo ir eksploatavimo bei priežiūros išlaidos, energijos sąnaudos, išlaidos, susijusios su įvairiomis politikos priemonėmis. Kadangi biokuro poreikis, gamybos ir naudojimo technologijos tobulėja, matomas teigiamas poveikis, tikimasi, kad laikui bėgant biokuro gamyba taps rentablesne ir prieinamesne.
3. Visame pasaulyje itin klesti bioetanolio gamyba, palyginti su biodyzelino gamyba, didžiausias skirtumas matomas 2000 metais, kuris tarp kuro rūšių lygus beveik 19 kartų. Palyginus su pasauline rinka, Lietuvoje bioetanolio pagaminama ženkliai mažiau – ryškiausias skirtumas matomas 2014 metais, kai skirtumas tarp pagaminto biokuro siekė 11 kartų.

Literatūra

- Antar, M., Lyu, D., Nazari, M., Shah, A., Zhou, X., & Smith, D. L. (2021). Biomass for a sustainable bioeconomy: An overview of world biomass production and utilization. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 139, 110691. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2020.110691>
- Azadi, P., Malina, R., Barrett, S. R. H., & Kraft, M. (2017). The evolution of the biofuel science. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76, 1479–1484. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2016.11.181>
- Azizipour, N., Avazpour, R., Rosenzweig, D. H., Sawan, M., & Ajj, A. (2020). Evolution of biochip technology: A review from lab-on-a-chip to organ-on-a-chip. *Micromachines*, 11(6), 1–15. <https://doi.org/10.3390/mi11060599>

- Barcelos, M. C. S., Lupki, F. B., Campolina, G. A., Nelson, D. L., & Molina, G. (2018). The colors of biotechnology: General overview and developments of white, green and blue areas. *FEMS Microbiology Letters*, 365(21), 1–11. <https://doi.org/10.1093/femsle/fny239>
- Bauer, M. S., & Kirchner, J. A. (2020). Implementation science: What is it and why should I care? *Psychiatry Research*, 283, 112376. <https://doi.org/10.1016/J.PSYCHRES.2019.04.025>
- Cornelissen, M., Małyska, A., Nanda, A. K., Lankhorst, R. K., Parry, M. A. J., Saltenis, V. R., Pribil, M., Nacry, P., Inzé, D., & Baeke-landt, A. (2021). Biotechnology for tomorrow's world: Scenarios to guide directions for future innovation. *Trends in Biotechnology*, 39(5), 438–444. <https://doi.org/10.1016/J.TIBTECH.2020.09.006>
- Falcone, P. M., & Sica, E. (2019). Assessing the opportunities and challenges of green finance in Italy: An analysis of the biomass production sector. *Sustainability*, 11(2), 517. <https://doi.org/10.3390/su11020517>
- Felneris, M., & Raslavičius, L. (2016). Algal biodiesel in Lithuania: From promise to reality. *Procedia Engineering*, 134, 109–113. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.01.046>
- Garcia, D. P., Caraschi, J. C., Ventorim, G., Vieira, F. H. A., & de Paula Protásio, T. (2019). Assessment of plant biomass for pellet production using multivariate statistics (PCA and HCA). *Renewable Energy*, 139, 796–805. <https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2019.02.103>
- Katinas, V., Gaigalis, V., Savickas, J., & Marčiukaitis, M. (2018). Analysis of sustainable liquid fuel production and usage in Lithuania in compliance with the National Energy Strategy and EU policy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 271–280. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2017.09.038>
- Kumar, A., Kumar, K., Kaushik, N., Sharma, S., & Mishra, S. (2010). Renewable energy in India: Current status and future potentials. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(8), 2434–2442. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2010.04.003>
- Magnusson, M. K., & Hursti, U.-K. K. (2002). Consumer attitudes towards genetically modified foods. *Appetite*, 39(1), 9–24. <https://doi.org/10.1006/APPE.2002.0486>
- Ogunkunle, O., & Ahmed, N. A. (2019). A review of global current scenario of biodiesel adoption and combustion in vehicular diesel engines. *Energy Reports*, 5, 1560–1579. <https://doi.org/10.1016/J.EGYR.2019.10.028>
- Perea-Moreno, M. A., Samerón-Manzano, E., & Perea-Moreno, A. J. (2019). Biomass as renewable energy: Worldwide research trends. *Sustainability*, 11(3), 863. <https://doi.org/10.3390/su11030863>
- Pettersson, K., Wetterlund, E., Athanassiadis, D., Lundmark, R., Ehn, C., Lundgren, J., & Berglin, N. (2015). Integration of next-generation biofuel production in the Swedish forest industry – A geographically explicit approach. *Applied Energy*, 154, 317–332. <https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2015.04.041>
- Sharma, A., Muqem, M., Sherwani, A. F., & Ahmad, M. (2018). Optimization of diesel engine input parameters running on Polanga biodiesel to improve performance and exhaust emission using MOORA technique with standard deviation. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*, 40(22), 2753–2770. <https://doi.org/10.1080/15567036.2018.1511647>
- Sharma, S., Kundu, A., Basu, S., Shetti, N. P., & Aminabhavi, T. M. (2020). Sustainable environmental management and related biofuel technologies. *Journal of Environmental Management*, 273, 111096. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2020.111096>
- Shen, D. K., Gu, S., Luo, K. H., Bridgwater, A. V., & Fang, M. X. (2009). Kinetic study on thermal decomposition of woods in oxidative environment. *Fuel*, 88(6), 1024–1030. <https://doi.org/10.1016/J.FUEL.2008.10.034>
- Shimasaki, C. (2014). Understanding biotechnology product sectors. In *Biotechnology entrepreneurship: Starting, managing, and leading biotech companies* (pp. 113–138). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-404730-3.00009-9>
- Skare, M., & Soriano, D. R. (2021). How globalization is changing digital technology adoption: An international perspective. *Journal of Innovation & Knowledge*, 6(4), 222–233. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2021.04.001>
- Sorda, G., Banse, M., & Kemfert, C. (2010). An overview of biofuel policies across the world. *Energy Policy*, 38(11), 6977–6988. <https://doi.org/10.1016/J.ENPOL.2010.06.066>
- Taheri, F., Azadi, H., & D'Haese, M. (2017). A world without hunger: Organic or GM crops? *Sustainability*, 9(4), 1–17. <https://doi.org/10.3390/su9040580>
- U.S. Energy Information Administration. (2021). *Biofuels explained*. <https://www.eia.gov/energyexplained/biofuels/data-and-statistics.php>
- United Nations Environment Programme. (2011). Pathways to sustainable development and poverty eradication: A synthesis for policy makers. In *Towards a GREEN Economy* (pp. 1–52). https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/126GER_synthesis_en.pdf
- Uzoejinwa, B. B., He, X., Wang, S., El-Fatah Abomohra, A., Hu, Y., & Wang, Q. (2018). Co-pyrolysis of biomass and waste plastics as a thermochemical conversion technology for high-grade biofuel production: Recent progress and future directions elsewhere worldwide. *Energy Conversion and Management*, 163, 468–492. <https://doi.org/10.1016/J.ENCONMAN.2018.02.004>
- Wahlen, B. D., Willis, R. M., & Seefeldt, L. C. (2011). Biodiesel production by simultaneous extraction and conversion of total lipids from microalgae, cyanobacteria, and wild mixed-cultures. *Bioresource Technology*, 102(3), 2724–2730. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.11.026>
- Wei, H., Liu, W., Chen, X., Yang, Q., Li, J., & Chen, H. (2019). Renewable bio-jet fuel production for aviation: A review. *Fuel*, 254, 115599. <https://doi.org/10.1016/J.FUEL.2019.06.007>
- Yeung, A. W. K., Tzvetkov, N. T., Gupta, V. K., Gupta, S. C., Orive, G., Bonn, G. K., Fiebich, B., Bishayee, A., Efferth, T., Xiao, J., Silva, A. S., Russo, G. L., Daglia, M., Battino, M., Orhan, I. E., Nicoletti, F., Heinrich, M., Aggarwal, B. B., Diederich, M., ...

- Atanasov, A. G. (2019). Current research in biotechnology: Exploring the biotech forefront. *Current Research in Biotechnology*, 1, 34–40. <https://doi.org/10.1016/J.CRBIOT.2019.08.003>
- Yin, C. (2012). Microwave-assisted pyrolysis of biomass for liquid biofuels production. *Bioresource Technology*, 120, 273–284. <https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2012.06.016>

OVERVIEW OF THE TREND IN BIOFUEL PRODUCTION VOLUMES

Lina MICKEVIČIŪTĖ, Manuela TVARONAVIČIENĖ

Abstract. The biotechnology industry aims to produce unique products and processes that improve the lives, health and well-being of individuals and society as a whole. Over the last few decades, interest in biology or biomedicine has grown significantly and science has been widely applied in a wide range of biomedical and life sciences fields, including diagnostics, therapy, drug delivery, biosensors, tissue engineering, and biofuel production. Carbon emissions have been an issue for many years, and the production of renewable biofuels from biomass has been widely studied to reduce carbon emissions and ensure sustainable industrial development. Biofuels are receiving a great deal of attention from researchers in various categories of the biotechnology sector to address energy shortages and environmental issues. The aim of the article is to compare the production volumes of biofuels in the world and in Lithuania after analyzing the trends in biofuel production. During the research, the data on the production volumes of bioethanol and biodiesel produced in the world and in Lithuania are statistically analyzed. After evaluating the obtained results, the trend of biofuels is evaluated.

Keywords: biofuels, biomass, trend, bioethanol, biodiesel, carbon dioxide, renewable energy, sustainability, biotechnology.