

PLASTIKO GAMYBOS VALDYMO IŠŠŪKIAI ŽIEDINĖS EKONOMIKOS KONTEKSTE

Robertas KODIS*, Manuela TVARONAVIČIENĖ

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Verslo vadybos fakultetas,
Vadybos katedra, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva*

**El. paštas robertas.kodis@stud.vilniustech.lt*

Gauta 2022 m. sausio 25 d.; priimta 2022 m. gegužės 31 d.

Santrauka. Ekologinis produkto projektavimas tampa vis svarbesniu aspektu stengiantis išlaikyti žiedinės ekonomikos produktyvumą bei pastovumą plastiko ir jų priedų gamybos sektoriuje. Straipsnio tikslas – apžvelgti bei įvertinti mokslininkų ir skirtingų institucijų požiūrį į ekologinio projektavimo ir žiedinės ekonomikos įtaką siekiant tvarios gamybos plastiko bei jo priedų sektoriuje. Remiantis atlikta literatūros analize yra išskiriami pagrindiniai gamybos valdymui įtaką darantys veiksniai siekiant kurti aplinkai nekenksmingus produktus, kurie būtų tinkami antriniam panaudojimui ar saugiam utilizavimui. Tyrimo metu kaip pagrindinis modelis buvo pasirinktas 3Rs principas. Remiantis tyrimo iškeltais uždaviniais buvo nustatyti veiksniai, kurie lemia žiedinės ekonomikos aplinkoje taikomus gamybos valdymo principus, padedančius siekti efektyvaus ekologinio produkto projektavimo.

Reikšminiai žodžiai: gamybos vadyba, žiedinė ekonomika, tvari gamyba, 3Rs, ekologinis projektavimas, ekologinis dizainas, perdirbimas, antrinis panaudojimas, plastikas, plastiko priedai.

Įvadas

Plastiko svarba šiuolaikiniam žmogui yra sunkiai paskaičiuojama, plastiko gaminių savo aplinkoje mes matome vis daugiau ir daugiau. Per pastaruosius 60 metų plastikų gamyba išaugo dėl jų mažos kainos, universalumo, patvarumo ir nedidelio gaminių svorio. Šios savybės padidino plastikinių medžiagų paklausą, kuri prognozuojama, jog ateinančiais metais ir toliau augs. Remiantis Europos plastikų gamintojų asociacijos (Plastics Europe Association of Plastics Manufacturers) duomenimis, per 2018 m. Europoje plastikų sunaudota beveik 62 milijonai tonų (Plastics Europe, n.d.). Didėjant žmonių vartotojiškumo mastui plastikas tampa nepakeičiama žaliava. Plastiką galima panaudoti visose srityse dėl jo išskirtinių savybių kaip – tvirtumas, atsparumas, pridėdam įvairių priedų lengvai pakeičiami parametrai, lengvas uždažomumas bet kokia spalva, pigi kaina ir svarbiausias šios žaliavos aspektas yra tai, jog ją galima perdirbti ir panaudoti vėl. Nors plastikas atlieka naudingą vaidmenį ekonomikoje ir yra pritaikomas svarbiems gaminiams daugelyje sektorių, tačiau jo vis daugiau naudojant trumpaamžiams gaminiams, kurie nėra pritaikyti naudoti pakartotinai ar ekonomiškai efektyviai perdirbti, susiję gamybos ir vartojimo modeliai tapo vis mažiau efektyvūs ir labiau linijiniai. Dabartinė dominuojanti linijinė sistema lemia didelį plastiko nutekėjimą į aplinką, kuris išlieka šimtus ar tūkstančius metų. Tam, kad galėtume spręsti šią problemą, reikia atsižvelgti į šiuos aspektus: kaip perdirbti skirtingus atliekų srautus, elgsenos ir psichologinius vartotojų vaidmens aspektus, skirtingų reguliavimo strategijų efektyvumo ir sąnaudų ir naudos balanso įvertinimą, objektyvų alternatyvų iškastiniam kurui žaliavos naudą aplinkai, kaip pasiekti biologinį skaidomumą, taip pat esamą ir būsimą poveikį aplinkai sausumos, gėlo vandens ir jūros aplinkoje. Šiuo laikotarpiu tobulėjant pirminės žaliavos gaminimui ir atsirandant vis daugiau būdų perdirbti ir paversti antrine žaliava, atsiranda trečia šios žaliavos rūšis – bio-plastikas. Bio-plastiko atsiradimo priežastis yra žmonių nesugebėjimas suvaldyti didelio plastiko kiekio, kurio jiems nepavyksta surūšiuoti. Bio plastikas turėtų palengvinti našą tenkančią gamtai dėl didėjančio užterštumo. Dabartiniams žmonių sukurtiems gamybos metodams tenka vis atsinaujinti atsirandant naujoms plastikų rūšims. Didėjant plastiko gaminių poreikiui, didėja ir paklausa plastiko bei jo priedams, įmonėms norint plėstis tenka naudoti vis naujesnius būdus kaip efektyvinti gamybą bei tobulinti gamybos ciklo efektyvumą.

Tyrimo tikslas – apžvelgti bei įvertinti mokslininkų ir skirtingų institucijų požiūrį į žiedinę ekonomiką siekiant tvarios gamybos plastiko sektoriuje.

Tyrimo uždaviniai:

1. Apibendrinti žiedinės ekonomikos sampratą.
2. Įvertinti gamybos procesus ir ciklus.
3. Aptarti Lietuvos ir Europos atliekų valdymą plastiko sektoriuje naudojantis 3Rs principu.

1. Gamybos procesas

Šiuolaikinė pažangioji gamyba prasideda nuo gaminio dizaino ir medžiagų pasirinkimo. Pasak Virgilijos Zinkevičiūtės ir Aido Vasilio Vasiliausko knygoje pateikto apibrėžimo, jog „gamyba – yra sudėtinga sistema, apimanti visą procesą, pradedant nuo gamybinės įmonės aprūpinimo žaliavomis, jų panaudojimo gaminant gaminį ir baigiant produkcijos paskirstymu.“ (Zinkevičiūtė ir Vasilis Vasiliauskas, 2013). Tik atrinkus tinkamas žaliavas ir žinant tikslus kokybę atitinkančius standartus prasideda jų pavertimas gatavais produktais naudojant darbo jėgą, mašinas, įrankius ir apdorojant chemiškai arba biologiniu būdu yra pasiekama tinkama prekės išvaizda, kurią galima pardavinėti vartotojui (Zinkevičiūtė ir Vasilis Vasiliauskas, 2013).

Gamybos procesui yra reikalingi įvairūs išteklių kurie užtikrintų sklandžią gamybą nuo pasiruošimo iki produkto pagaminimo. Gamtiniai išteklių gali būti naudojami ne tik kaip naudojama žaliava, bet ir kaip energijos šaltinis, pasitelkiant atsinaujinančius gamtos šaltinius kaip saulės ar oro sugeneruojama energija. Nors nemažai šiuolaikinių įmonių pereina prie robotizuotos gamybos, bet žmogiškasis išteklius yra vienas svarbiausių, nes gamybai reikalingi ir operatoriai, ir linijos darbuotojai, ir vadovai. Kalbant apie darbuotojus yra svarbus ir informacinis išteklius kurį turi užtikrinti gamybos vadovai ir technologai taip sudarant sklandų gamybos procesą, jog visi darbuotojai suprastų kas ir dėl ko yra atliekama ir galėtų lengvai planuoti visą eigą (Zinkevičiūtė ir Vasilis Vasiliauskas, 2013).

Pagal produkcijos gamybos tipą yra išskiriami pagrindiniai gamybos procesų tipai:

- Gamyba vienetais;
- Gamyba projektais;
- Gamyba serijomis;
- Pasrovinė gamyba;
- Gamyba nenutrūkstamai.

Gamybos tipą pasirenka įmonė, jis priklausomai nuo jos dydžio, užsakymų skaičiaus, kiekio, pažangumo gamybos technologijose, finansinio pajėgumo ir t. t. Gamybos tipai ir jų aprašymai pateikti 1 lentelėje. Gamybos tipo pasirinkimas yra labai svarbus ir privalo būti rimtai įvertintas įmonės, norint pasiekti didžiausio našumo (Zinkevičiūtė ir Vasilis Vasiliauskas, 2013).

Plastiko ir jų priedų gamyboje yra naudojama vienetinė arba serijinė gamyba. Įmonė pati privalo nuspręsti koks gamybos būdas jai labiau tinkamas. Tačiau praktikoje daugelis įmonių gamina vis didesnę įvairovę produktų, kurių logistikos reikalavimai (pvz., trumpi terminai, konkretūs produktai) ir gamybos charakteristikos (pvz. pajėgumų panaudojimas, nustatymas) skiriasi, todėl jie pereina prie didesnės vidutinės trukmės tikslų gamybos. Todėl įmonės dažnai veikia pagal hibridinę strategiją. Svarbūs klausimai, kylantys iš tokių situacijų, yra pavyzdžiui, kurie produktai turėtų būti gaminami atsargoms, o kurie – pagal užsakymą ir kaip paskirstyti pajėgumus tarp įvairių produktų. Pagrindinis dėmesys skiriamas paklausos numatymui (prognozavimui) ir planavimui patenkinti paklausą. Pagrindiniai operacijų klausimai yra atsargų planavimas, partijos dydis (Soman et al., 2004).

1.1. Gamybos ciklai ir jų efektyvinimas

Dėl padidėjusios vartotojų paklausos ir konkurentų skaičiaus įmonės sumažina nepridėtinės vertės veiklos išlaidas. Gamybos ciklo efektyvumas taip pat dažniausiai naudojamas kaip analizės priemonė gamybos veikloje pamatyti, kaip pridėtinės vertės neturinti veikla sumažinama ir pašalinama iš gamybos proceso. Įmonės stengiasi sumažinti ir panaikinti pridėtinės vertės neturinčią veiklą taip maksimaliai padidinant savo vertę (Tri Verdijanti & El-Maghviroh, 2013). Tradicinis našumo matas yra sąnaudų efektyvumą, t. y. kiek efektyviai naudojama veikla išteklius kuriant produkciją. Kuo mažiau veiklos sąnaudų naudoja tam tikra produkcija, tuo efektyvesnė veikla yra (Srigul et al., 2016). Sudėtingos produkcijos gamybos ciklai skirstomi į keturias dalis – operacijų trukmę, pagalbinių procesų trukmę, automatiškai vykstančius procesus ir pertraukas. Gamybos ciklą sudarančių dalių skaičius priklauso nuo gamybos tipo (Zinkevičiūtė ir Vasilis Vasiliauskas, 2013). Gamybos ciklo trumpinimo būdų yra labai daug, tačiau yra keli pagrindiniai kuriuos

pasitelkus galimas stiprus proceso sutrumpėjimas. Vienas iš būdų sumažinti trukmę yra diegiant pažangius technologijos procesus, atnaujinant įrangą. Kitas būdas yra įdiegiant lanksčius darbo grafikus, taip trumpinant pertraukas, tokiu būdu darbas tampa efektyvesnis ir našesnis. Taikant naujus gamybinės įrangos išdėstymo metodus kaip Kaizen ar LEAN, sutvarkant gamybos liniją, taip trumpinant nereikalingą judėjimą tarp operacijų.

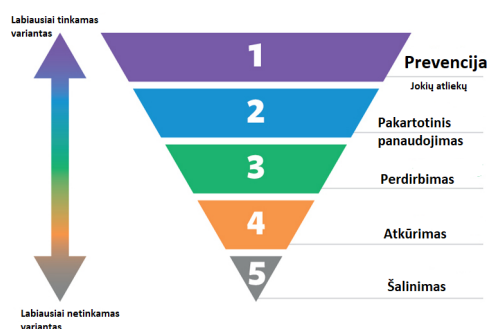
1 lentelė. Pagrindiniai gamybos procesų tipai (šaltinis: Zinkevičiūtė ir Vasilis Vasiliauskas, 2013)

Proceso tipas	Gamybos proceso tipo apibūdinimas
Gamyba projektais	Apima didelius projektus kurie yra parengti užsakovo reikalavimais arba vykdomi konkretūs projektai (kelių, tiltų, geležinkelių statyba). Tokios gamybos planavimas ir organizavimas svarbus ne tik valdymo žinioms, bet ir kokybinių bei kiekybinių metodų, dažnai ir IT žinios, kurios tinkamos darbams planuoti, gamybai analizuoti bei pritaikyti.
Gamyba vienetais	Kaip ir gamyba projektais, tai yra unikalių ir nestandartinių produktų, sukuriamų pagal užsakymą, gamyba. Kitaip nei gamybos projektais, šie gaminiai yra nedideli ir atliekami vienetinės gamybos įmonėse (pavyzdžiui, pagal užsakymą pagaminama spinta, pasiuvamas drabužis ar panašiai).
Pasrovinė gamyba	Kai gamybos procese naudojami unikalūs ar vienetiniai įrenginiai, kurios reikalauja didelių investicijų, todėl labai svarbu, kad įmonė išnaudotų visas jų panaudojimo galimybes.
Gaminimas nenutrūkstamai	Tokia, kai vieną prekę stengiamasi gaminti ištisą parą, pavyzdžiui, naftos produktai, chemikalų gamyba. Pasrovinė yra atskirų objektų gamyba, o nenutrūkstama ypač tinka suskystintoms prekėms gaminti.
Gamyba serijomis	Tai yra tos pačios prekės įvairių rūšių gamyba serijomis arba partijomis. Kitaip nei anksčiau aprašytuose tipuose, čia yra tam tikras gamybos pasikartojamumas, gaminama sandėliavimui. Tačiau gamyba yra nutrūkstama. Yra taikomas gana trumpas gamybos laikas kuris lemia didesnę nei nenutrūkstamos gamybos prekės savikainą. Įrenginių derinimas prieš naujos partijos gamybą arba tvarkymasis tarp partijų reiškia, kad išteklių kartais yra nenaudojami.

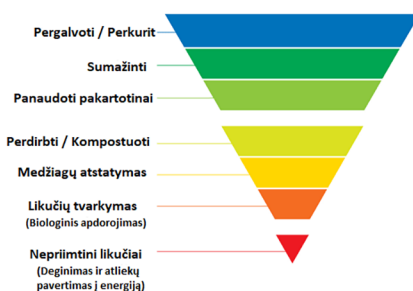
Chemijos pramonę sudaro medžiagų gamybos įmonės, kuriose esminis vykdomų technologijų procesas yra cheminė reakcija. Nemažą dalį šios pramonės sudaro ir plastikų bei jų priedų gamybos sektorius. Šio sektoriaus privalumai yra didelių investicijų pritraukimas, aukštas automatizavimo lygis, darbo našumas ir pagamintos produkcijos vertė, tenkanti vienam darbuotojui, didesnė negu pramonės vidurkis.

1.2. Žiedinė ekonomika

Pagrindiniai žiedinės ekonomikos principai yra maksimaliai išnaudoti sunaudojamus gamtos išteklius, kuo labiau sumažinti atliekų kiekį ir užtikrinti, kad kiekvienu etapu būtų išgaunama didžiausia produkte esančių medžiagų vertė. Siekiama, kad išteklių būtų naudojami kuo ilgiau, išgauti didžiausią jų vertę naudojant, o pasibaigus jų eksploatavimo laikui – atgauti ir regeneruoti produktus ir medžiagas. „Lėtinti medžiagų apykaitą“ mažinant paklausą ir neskatinant neesminės gamybos ir naudojimo yra ypač svarbu, nes pakeitimo vaidmenį gali riboti didesni išteklių ir energijos poreikiai. Tai atsispindėjo ir ES Atliekų direktyvoje kaip „atliekų hierarchija“, kurioje kiekvienas hierarchijos etapas turi būti optimizuotas prieš pereinant prie kito. Kaip parodyta 1 paveiksle, tai prasideda nuo prevencijos, t. y. būtinybės iki minimumo sumažinti medžiagų naudojimą ir pakeisti jų naudojimą cikliškesniu modeliu prieš svarstant eksploatavimo pabaigos problemas. Tada, pasibaigus gyvavimo laikui, pakartotinis naudojimas yra svarbesnis nei perdirbimas, o tai yra didesnis prioritetas nei šalinimas. 2 paveiksle parodytas atliekų nulinės atliekų rūšiavimo ir perkūrimo hierarchijos modelis, kuriame Europos Parlamentas pabrėžia, kad plastiko atliekų prevencija turėtų būti pirmasis prioritetas, pramonė ir toliau investuoja pagal nuolatinio plastiko gamybos ir naudojimo augimo scenarijų (ten Brink et al., 2016; Environment Programme, 2017).



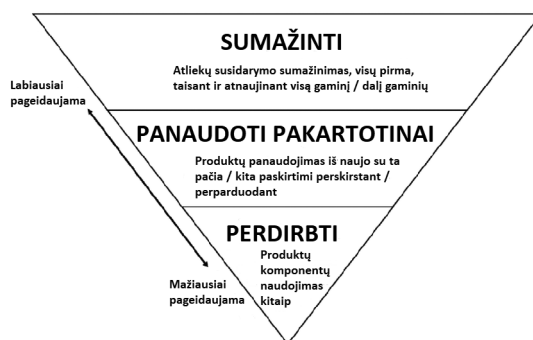
1 paveikslas. ES Atliekų direktyvos modelis (European Commission, n. d.)



2 paveikslas. Atliekų nulinės atliekų rūšiavimo ir perkūrimo hierarchijos modelis (ten Brink et al., 2016; Environment Programme, 2017)

2. 3Rs principas

Siekiant sumažinti bendrą į žemę patenkančių atliekų kiekį, svarbu pirmiausia sumažinti susidarančių atliekų kiekį, tada pakartotinai panaudoti esamas medžiagas ir galiausiai perdirbti medžiagas, būtent tuo yra pagrįstas 3R principas (Ahmadi, 2017). 3R praktika apima įvairias priemones ir metodus sumažinti susidariusių išmetamų atliekų kiekį išmesti (3 paveikslas). Šis modelis paremtas atliekų tvarkymo praktikos gairėmis, akcentuojant sumažinti atliekas ten, kur jos gali būti sumažinamos, skatinama atliekas naudoti pakartotinai, privaloma perdirbti atsirandančias atliekas jei įmanoma atliekas panaudoti pakartotinai.



3 paveikslas. 3Rs principo diagrama (šaltinis: Ahmadi, 2017)

Pirmasis atliekų valdymo hierarchijos lygmuo yra griežta atliekų prevencija. Tai yra prevencijos principas „vengti atliekų“. Atliekų prevencija yra glaudžiai susijusi su gamybos gerinimu gamybos konstrukcijų keitimo metodais, pvz., pakuotės mažinimas (Samih, 2013) ir darymas įtakos vartotojams.

Tai galima pasiekti tik imantis prevencijos atliekų susidarymo vietoje, priimant sprendimus naudoti tinkamas žaliavas, taip pat technologijas ir gamybos procesus. Vidaus lygiu, šaltinio mažinimas gali būti atliktas nebūtinai naudojant aukštas technologijas, bet tik priimant tinkamus sprendimus. Pavyzdžiui, vartotojui pakeitus įpročius ar gyvenimo būdą, vykdydami informuotumo didinimo kampanijas šviesti visuomenę ir skatinti vartotojus naudoti prekes, kurios ne iš plastiko ir skatinti efektyviau naudoti pakuotes gaminamas iš atsinaujinančius išteklių, tokių kaip mediniai vienakartinės lėkštės ar puodeliai. Tinkamas dizainas ir produktų pakavimas su mažesniu plastiko kiekiu ir ilgesniu gyvavimo laikotarpiu gali žymiai sumažinti atliekų kiekį.

3. 3Rs principo taikymas Europos sąjungos plastiko sektoriaus gamyboje

Dėl didelio plastiko funkcionalumo ir gana mažos kainos jis vis labiau plinta kasdieniame gyvenime. Nors plastikas atlieka naudingą vaidmenį Lietuvos ir viso pasaulio ekonomikoje ir yra pritaikomas svarbiems gaminiams daugelio sektorių, tačiau jo vis daugiau naudojama trumpaamžiams gaminiams, kurie nėra pritaikyti naudoti pakartotinai ar ekonomiškai efektyviai perdirbti, susiję gamybos ir vartojimo modeliai tapo vis mažiau efektyvūs ir labiau linijiniai. Jūros tarša šiukšlėmis yra tarpvalstybinio pobūdžio ir pripažįstama kaip didėjanti pasaulinė problema. Į jūrą išmestų šiukšlių kiekio mažinimas yra vienas iš svarbiausių veiksnių siekiant įgyvendinti 14-ąją JT darnaus vystymosi tikslą: išsaugoti ir tausiai naudoti vandenynus. 2019 m. Birželio 5 d. Europos parlamento ir tarybos buvo priimta direktyva (ES) 2019/904 dėl tam tikrų plastikinių gaminių poveikio aplinkai mažinimo, tai padarė įtaką ir Lietuvos plastiko

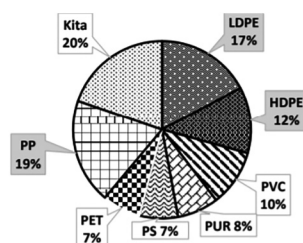
perdirbimui ir naudojimui. Direktyvoje minima, jog Europos sąjungoje 80–85 % į vandenynus išmestų šiukšlių, skaičiuojant paplūdimiuose randamus šiukšlių vienetus, sudaro plastikiniai gaminiai kurių bendro kiekio 50 procentų yra vienkartiniai plastikiniai gaminiai, o 27 proc. – su žvejyba susiję gaminiai. Vienkartiniams plastikiniams gaminiams priskiriami įvairūs paprastai trumpą laiką naudojami vartojimo gaminiai, kurie išmetami vieną kartą juos panaudojus pagal paskirtį.

Didelė dalis rinkai pateiktų žvejybos įrankių nėra panaudojama apdorojimo tikslais. Todėl vienkartiniai plastikiniai gaminiai ir žvejybos įrankiai, kurių sudėtyje yra plastiko, yra itin rimta problema jūros taršoje. Šiukšlės kelia didelę grėsmę jūrų ekosistemoms, biologinei įvairovei ir žmonių sveikatai, taip pat daro žalą tokiai veiklai kaip turizmas, žvejyba ir laivyba. Manoma, kad vienkartiniai plastikiniai gaminiai, kuriems taikomos direktyvos (EUR-Lex, 2019) priemonės, remiantis apskaičiavimais, atliktais ES paplūdimiuose, sudaro 86 % randamų vienkartinių plastikinių gaminių. Siekiant sumažinti tokių vienkartinių plastikinių gaminių neigiamą poveikį aplinkai, turėtų būti reikalaujama, kad valstybės narės uždraustų juos pateikti rinkai. Taip darant, būtų skatinama naudoti jau prieinamus ir tvaresnius alternatyvius gaminius, taip pat ieškoti naujoviškų sprendimų siekiant tvaresnių verslo modelių, renkantis daugkartinius alternatyvius gaminius ir medžiagų pakaitalus. Direktyvoje nustatyti pateikimo rinkai apribojimai taip pat turėtų būti taikomi iš aerobiškai skaidaus plastiko pagamintiems gaminiams, nes tos rūšies plastikas tinkamai biologiškai nesiskaido ir todėl prisideda prie aplinkos taršos mikroplastiko dalelėmis, nėra tinkamas kompostuoti, daro neigiamą poveikį tradicinio plastiko perdirbimui ir neduoda įrodymais pagrįstos naudos aplinkai. Be to, atsižvelgiant į tai, kad jūros aplinkoje didelę dalį šiukšlių sudaro polistireninis putplastis ir į tai, kad esama jo alternatyvų, taip pat turėtų būti apribotas maisto ir gėrimų vienkartinės taros, taip pat vienkartinių gėrimų puodelių, pagamintų iš polistireninio putplasčio, naudojimas. Europos sąjungos valstybės narės turėtų turėti galimybę pasirinkti tinkamiausias priemones pagal gaminių pobūdį ar jo paskirtį. Vienkartinių plastikinių gaminių ir žvejybos įrankių, kurių sudėtyje yra plastiko, gamintojai turėtų padengti informuotumo didinimo priemonių, kurios būtų jiems tenkančių su didesne gamintojo atsakomybe susijusių pareigų dalis, išlaidas.

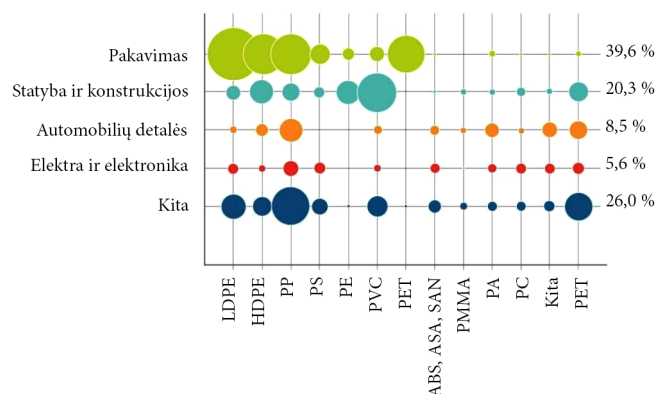
Daugeliui atliekų Europos šalyse, vis dar dažniausiai pasirenkami mišrūs, bendrų atliekų sąvartynai. Kai kuriose šalyse, įskaitant Lietuvą (4 paveikslas.), daugiau nei 60 proc. kietosios komunalinės atliekos šalinamos į sąvartyną. Plastikai sudaro didelę tokio tūrio ir diapazono atliekų dalį. Plastikai sudaro nuo 5 masės % iki 15 masės % kietųjų komunalinių atliekų. Dauguma plastikų yra neskaidomi ir ilgai suyrantys (Jankauskaitė et al., 2008).

Kai kuriose Europos šalyse, pavyzdžiui Danijoje. Jei fiziniai ar juridiniai asmenys naudoja plastikines dėžes ar padėklus, kuriuose yra didelė sunkiųjų metalų koncentracija, jie privalo tai deklaruoti ir organizuoti šios rūšies pakuočių naudojimą pagal nacionalinius teisės aktus. Taigi visa atsakomybė už nerūšiuojamą tenka tiems asmenims, o nevykdymo atveju gali būti taikomos sankcijos. Plastikines dėžes ir padėklus, kuriuose yra per didelė sunkiųjų metalų koncentracija, kurie nebenaudojami, gali būti perdirbami tik teisėtu būdu, o perdirbimo procesas yra nuolat prižiūrimas. Priešingai nei Danijoje, kur tokius daiktus galima perduoti teisėtoms perdirbimo ar deginimo sistemoms, Lietuvoje kol kas nėra sukurta perdirbimo sistema (Lebedys et al., 2015).

Norint didinti produkcijos augimą, gerinti kokybę ir mažinti atliekų kiekį, reikia numatyti ne tik gaminamo gaminių naudojimą reikiams tikslams, bet ir produkto utilizavimą, kai jis bus netinkamas, arba antrinį perdirbimą beatliekėmis technologijomis, kad produktą vėliau vėl būtų galima naudoti naujiems gaminiams gaminti. Lietuvoje plastiko pakuočių perdirbimas nėra labai išplėtotas ir negali prilygti užsienio įmonėms, tačiau jis gali būti perspektyvus, nes plastiko pakuočių kiekis kiekvienais metais didėja. Plastiko pakutes ir plastiko pakuočių atliekas, pagamintas iš vienos medžiagos, galima rūšiuoti įvairiais metodais. Plastiko pakutes ir plastiko pakuočių atliekas, pagamintas iš kelių plastiko rūšių, rūšiuoti būtina, nes perdirbimo metu viena plastiko rūšis, patekusi į kitą, blogina fizikines savybes ir mažina naudojimo galimybes. Susmulkintas kelių rūšių plastikas dažniausiai rūšiuojamas nusodintuvuose. Tokiais įrenginiais surūšiuotą plastiką galima vėl naudoti gamybai (Šutinys & Striška, 2010).



4 paveikslas. Plastiko rūšių pakuočių pasiskirstymas komunaliniame atliekų sraute Lietuvoje (Lopez-Urionabarrenechea et al., 2012)



5 paveikslas. Plastiko pasiskirstymas Europoje, priklausomai nuo jų pritaikymo (a) ir plastiko rūšies (b)

Labiausiai paplitęs plastiko taikymas yra pakuotės, kuris sudaro apie 40% nuo bendro plastiko pasiskirstymo (žr. 5 paveikslą) (Lopez-Urionabarrenechea et al., 2012).

3.1. Žiedinės ekonomikos ir 3Rs principo taikymas plastiko gamyboje

Plastikas tapo svarbia ir neatsiejama visuomenės dalimi visame pasaulyje dėl įvairių jo naudojimo būdų, kaip pakuojimas, žemės ūkis, automobilių dalys, elektroninės programos ir medicinos prietaisai. Plastiko gamybos procesas gali būti modifikuojamas, kad būtų suformuotos įvairios formos, spalvos ir specifikacijos pagal kliento poreikius. Vadinasi, plastiko atliekų kiekis didėja dėl didėjančio plastiko vartojimo ir didėjančio gyventojų skaičiaus. Be to, jūrinių plastiko šiukšlių problema didėja visame pasaulyje, o tai kyla dėl žmonijos neatsakingumo. Paprastai plastiko atliekos gali susidaryti iš pramoninių procesų ir namų ūkių. Dėl šių dviejų atliekų šaltinių padaugėjo plastiko atliekų, o tai prisidėjo prie atliekų tvarkymo problemos. Siekiant sumažinti plastiko atliekų poveikį, turi būti taikomos veiksmingos priemonės, pvz., sumažinimas, pakartotinis naudojimas ir perdirbimas (3R) arba energijos gavimas iš plastiko atliekų. Be to, pasaulyje taip pat keičiasi visuomenės požiūris į plastikinių šiukšlių tvarkymą, apimantis kelis metodus, tokius kaip ekologiškų pakuočių dizaino ir ekologiško plastiko pakeitimo skatinimas ir diegimas, plastikinių tarų medžiagų srauto ir pakuočių inventoriaus plėtra, plastiko šiukšlių tvarkymo 3R (mažinti – pakartotinai naudoti – perdirbti) strategijos įgyvendinimas ir atitinkamų suinteresuotųjų šalių švietimas plastiko ir jo alternatyvių medžiagų srityje. Be to, galimos galimybės sukurti veiksmingesnį plastiko atliekų tvarkymą – įgyvendinti teisės aktus arba peržiūrėti įstatymus, kad būtų padidintas plastiko atliekų efektyvumas ir sumažintas jų kiekis, pavyzdžiui, įvesti mokesčius už plastikinius maišelius, stiprinti 3R priemones ir skatinti žiedinės ekonomikos modelio taikymą pramonės sektoriuje.

Žiedinės ekonomikos koncepcija labai domina tiek mokslininkus, tiek praktikus nes į verslą žiūrima kaip į operacionalizaciją įgyvendinti daug diskutuotą darnaus vystymosi koncepciją. Žiedinė ekonomika gali būti apibrėžta kaip sąvoka, kurią įgyvendinant reikia sumažinti žaliavų vartojimą ir suprojektuoti produktus taip, kad juos būtų galima lengvai išardyti ir pakartotinai panaudoti (ekologinis dizainas), prailginant gaminių tarnavimo laiką atliekant techninę priežiūrą ir remontą, gaminiuose naudojant perdirbamas medžiagas ir žaliavų išgavimas iš atliekų srauto (Buren et al., 2016). Koncepcijos šalininkai tvirtina, kad žiedinė ekonomika siūlo naują tvarios plėtros kelią (Kirchherr & Piscicelli, 2019).

Dauguma įmonių vis dar linkusios veikti remdamosi principu „Imk, pagamink ir išmesk“ modeliu, kuriame jie gautų žaliavą, paverstų jį galutiniu produktu ir pateikti galutiniam vartotojui. Vartotojas, savo ruožtu, išmeta produktą ir jis pasiekia savo gyvavimo ciklo pabaigą, todėl susidaro atliekos. Šiuo linijiniu požiūriu organizacijos nesirūpina tuo, kas atsitiks su produktu, kai jis bus išmestas.

Gamtos ciklai (pvz., Vandens ciklai, maistingųjų medžiagų ciklai) vyksta kai vieno švaistymas tampa kito šaltiniu. Tvarus ekonomikos vystymasis turi imituoti gamtos išteklių efektyvumą, gamybą ir vartojimą. „Efektyvumas“ visada buvo klaidingai suprantamas kaip išlaidų mažinimas. Vis daugiau dėmesio skiriama įmonėms, ieškančioms geresnio išteklių ir procesų efektyvumo gamyboje, siekiant skatinti žiedinės ekonomikos principus. Žiedinės ekonomikos principai skatina atliekų ir taršos mažinimą, maksimalų produktų ir medžiagų naudojimą. Organizacijos ir įmonės ieško technologinių naujovių, tokių kaip 3D spausdinimas (Despeisse et al., 2017) ir kitų iniciatyvų. Didėja pakartotinio naudojimo ir perdirbimo (3R) praktikos reikšmė tiek įmonėms, tiek vartotojams. Pažanga dideliu mastu taip pat skatina žiedinę ekonomiką, padeda kontroliuoti taršą (Ellen Macarthur Foundation, n.d.).

Išvados

Buvo išsiaiškinta, jog pagal produkcijos gamybos mastą yra išskiriami penki pagrindiniai gamybos procesų tipai. Plastiko ir jų priedų gamyboje yra naudojama vienetinė arba serijinė gamyba. Įmonė pati privalo nuspręsti koks gamybos būdas jai labiau tinkamas. Tačiau praktikoje daugelis įmonių gamina vis didesnę įvairovę produktų, kurių logistikos reikalavimai (pvz., trumpi terminai, konkretūs produktai) ir gamybos charakteristikos (pvz. pajėgumų panaudojimas, nustatymas) todėl įmonės dažnai veikia pagal hibridinę strategiją.

Lietuvoje plastiko pakuočių perdirbimas nėra labai išplėtotas ir negali prilygti užsienio įmonėms, tačiau jis gali būti perspektyvus, nes plastiko pakuočių kiekis kiekvienais metais didėja.

Literatūra

- Ahmadi, M. (2017). Evaluating the performance of 3Rs waste practices: Case study-region one municipality of Tehran. *Advances in Recycling & Waste Management*, 2(2). <https://doi.org/10.4172/2475-7675.1000130>
- Buren, N. van, Demmers, M., Heijden, R. van der, & Witlox, F. (2016). Towards a circular economy: The role of Dutch logistics industries and governments. *Sustainability*, 8(7), 647. <https://doi.org/10.3390/su8070647>
- Despeisse, M., Baumers, M., Brown, P., Charnley, F., Ford, S. J., Garmulewicz, A., Knowles, S., Minshall, T. H. W., Mortara, L., Reed-Tsochas, F. P., & Rowley, J. (2017). Unlocking value for a circular economy through 3D printing: A research agenda. *Technological Forecasting and Social Change*, 115, 75–84. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.09.021>
- Ellen Macarthur Foundation. (n.d.). *Towards the circular economy Vol. 1: an economic and business rationale for an accelerated transition*. Retrieved October 3, 2021, from <https://ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-1-an-economic-and-business-rationale-for-an>
- Environment Programme. (2017). *UN Environment Annual Report*. <https://www.unep.org/resources/un-environment-annual-report-2017>
- EUR-Lex. (2019). *2019 m. birželio 5 d. Europos Parlamento ir Tarybos direktyva (ES) 2019/904 dėl tam tikrų plastikinių gaminių poveikio aplinkai mažinimo*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/?uri=celex:32019L0904>
- European Commission. (n.d.). *Waste Framework Directive*. Retrieved May 29, 2022, from https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling/waste-framework-directive_en
- Jankauskaitė, V., Macijauskas, G., & Lygaitis, R. (2008). Polyethylene terephthalate waste recycling and application possibilities: A review. *Materials Science*, 14(2).
- Kirchherr, J., & Piscicelli, L. (2019). Towards an Education for the Circular Economy (ECE): Five teaching principles and a case study. *Resources, Conservation and Recycling*, 150, 104406. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104406>
- Lebedys, A., Milčius, E., Bendoraitis, K., Varžinskas, V., & Karpušenkaitė, A. (2015). Issues related to implementation of the EU requirements on plastic crates and pallets containing heavy metals in Lithuania. *Aplinkos tyrimai, inžinerija ir vadyba*, 71(2), 31–41. <https://doi.org/10.5755/j01.irem.71.2.7167>
- Lopez-Uribebarrenechea, A., de Marco, I., Caballero, B. M., Laresgoiti, M. F., & Adrados, A. (2012). Catalytic stepwise pyrolysis of packaging plastic waste. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 96, 54–62. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2012.03.004>
- Plastics Europe. (n.d.). *Plastics – the Facts 2021*. Retrieved May 29, 2022, from <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2021/>
- Samaha, B. (2013). The importance of the 3R principle of municipal solid waste management for achieving sustainable development. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 4(3), 129–135. <https://doi.org/10.5901/mjss.2013.v4n3p129>
- Soman, C. A., van Donk, D. P., & Gaalman, G. (2004). Combined make-to-order and make-to-stock in a food production system. *International Journal of Production Economics*, 90(2), 223–235. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(02\)00376-6](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(02)00376-6)
- Srigul, W., Inrawong, P., & Kupimai, M. (2016). Plastic classification base on correlation of RGB color. In *2016 13th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology, ECTI-CON 2016* (pp. 1–5). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ECTICon.2016.7561304>
- Šutinys, E., & Striška, V. (2010). Sorting plastic waste in hydrocyclone. *Mokslas – Lietuvos Ateitis / Science – Future of Lithuania*, 2(4), 59–61. <https://doi.org/10.3846/mla.2010.071>
- ten Brink, P., Mutafoğlu, K., Schweitzer J.-P., Kettunen, M., Twigger-Ross, C., Baker, J., Kuipers, Y., Emonts, M., Tyrväinen, L., Hujala, T., & Ojala, A. (2016). *The health and social benefits of nature and biodiversity protection. A report for the European Commission (ENV.B.3/ETU/2014/0039)*. Institute for European Environmental Policy.
- Tri Verdiyanti, R., & El-Maghviroh, R. (2013). The analysis of manufacturing cycle effectiveness (MCE) in reducing non added-value activities (Empirical study at PT. Bhirawa Steel Surabaya). *The Indonesian Accounting Review*, 3(02), 149. <https://doi.org/10.14414/tiar.v3i02.201>
- Zinkevičiūtė, V. ir Vasilis Vasiliauskas, A. (2013). *Gamybos logistika. Gamybos vadyba: vadovėlis*. Socialinių mokslų kolegija. http://www.esparama.lt/es_parama_pletra/failai/ESFproduktai/2013_Gamybos_logistika_Gamybos_vadyba.pdf

CHALLENGES OF PLASTIC PRODUCTION MANAGEMENT IN THE CONTEXT OF THE CIRCULAR ECONOMY

Robertas KODIS, Manuela TVARONAVIČIENĖ

Abstract. Ecological product design is becoming an increasingly important aspect in efforts to maintain the productivity and sustainability of the circular economy in the production sector of plastics and their additives. The purpose of the article is to review and evaluate the approach of scientists and different institutions to the influence of ecological design and circular economy in achieving sustainable production in the sector of plastic and its additives. Based on the literature analysis, the main factors affecting production management are distinguished in order to create environmentally friendly products that are suitable for secondary use or safe disposal. During the research, the 3Rs principle was chosen as the main model. Based on the tasks raised by the research, the factors that determine the principles of production management applied in the environment of the circular economy, helping to achieve effective ecological product design, were determined.

Keywords: production management, circular economy, sustainable production, 3Rs, ecological design, ecological design, recycling, secondary use, plastic, plastic additives.