

Environmental engineering Aplinkos inžinerija

PLASTIKO MECHANINIO APDOROJIMO ATLIEKŲ TYRIMAI IR PANAUDOJIMO GALIMYBIŲ ANALIZĖ

Emilija GALECKAITĖ, Eglė MARČIULAITIENĖ  

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Vilnius, Lietuva

- gauta 2024 m. balandžio 12 d.
- priimta 2024 m. balandžio 18 d.

Santrauka. Plastiką visame pasaulyje naudojamas vis dažniau ir tampa kasdienio gyvenimo dalimi. Yra nemažai mokslinių straipsnių apie plastiko perdirbimą ar perdirbimo būdus, tačiau iki šiol yra nedaug sprendimų, kaip panaudoti plastiko atliekų apdorojimo procesuose susidarančias atliekas. Tinkamai tvarkant plastiko atliekas, galima sumažinti neigiamą poveikį aplinkai ir žmogui. Šiame darbe tiriamos plastiko mechaninio apdorojimo metu susidarančių atliekų savybės ir jų tinkamumas panaudoti kaip oro valymo biofiltro įkrova. Naudojant šias atliekas kaip biofiltro įkrovą, būtų galima mažinti susidarančių plastiko atliekų kiekį ir atsiras galimybė valyti nemalonius kvapus ir kitus teršalus iš oro, susidarančių plastiko atliekų apdorojimo ar kituose pramonės procesuose.

Reikšminiai žodžiai: plastikas, plastiko atliekos, mechaninis apdorojimas, oro valymo biofiltro įkrova.

✉ Autorius susirašinėti. El. paštas egle.marciulaitiene@vilniustech.lt

1. Įvadas

Plastikas yra trečias pagal dydį atliekų šaltinis pasaulyje, o didėjant pasaulio gyventojų skaičiui bendras plastiko atliekų kiekis auga (Chen et al., 2021).

Kiekvienais metais visame pasaulyje pagaminama milijonai tonų plastiko. Nors pusė šių plastiko atliekų yra perdirbama, sudeginama arba išmetama į sąvartynus, didelė dalis šių atliekų patenka į vandenynus. Plastiko atliekos susijungę Ramiajame vandenyne tarp Kalifornijos ir Havajų ir sukūrė plastiko atliekų sūkurį, dar vadinamą „atliekų sala“ (Lebreton et al., 2018), kurios plotas yra 25 kartus didesnis už Lietuvą. Daugiausia plastiko vandenynus pasiekia iš sausumos šaltinių – 70–80 % masės sudaro plastikas, kuris iš sausumos į jūrą gabenamas upėmis ar pakrantėmis, likę 20–30 % – iš jūros šaltinių, pvz.: žvejybos tinklai, valai, lynai ir laivai.

Remiantis Europos Parlamento (2023) infografiku, Europoje dažniausias plastiko naudojimo būdas – energijos atgavimas, paskui – perdirbimas, bet apie 25 % visų susidarančių plastiko atliekų vis dar šalinama sąvartynuose. 2019 m. dėl plastiko gamybos ir deginimo į aplinkos orą išleista daugiau nei 850 mln. tonų šiltnamio efektą sukeliančių dujų, iki 2050 m. šios emisijos gali padidėti iki 2,8 mlrd. tonų, o dalies jų būtų galima išvengti daugiau plastiko perdirbant (Europos Parlamentas, 2023).

Kiekvienais metais ES susidaro apie 2,2 mlrd. tonų atliekų. 2020 m. kovo mėnesį Europos Komisija pateikė naują žiedinės ekonomikos veiksmų planą, į kurį įtraukiami pasiūlymai dėl tvaresnio produktų dizaino, atliekų kiekio mažinimo ir piliečių įgalinimo. Ypatingas dėmesys skiriamas daug išteklių reikalaujantiems sektoriams, susijusiems su elektronika, plastikumu, tekstile ir statyba (Europos Parlamentas, 2023).

2. Tyrimo objektas

Tinkamai tvarkant plastiko atliekas, galima sumažinti neigiamą poveikį aplinkai ir žmogui. Yra nemažai būdų perdirbti plastiką: mechaninis perdirbimas, cheminis perdirbimas, energijos atgavimas, perdirbimas į žaliavas, pirolizė ir kt.

Tipinis plastiko atliekų mechaninio apdorojimo technologinis procesas susideda iš rankinio rūšiavimo, smulkinimo, pirminio plovimo, smulkinimo, antrinio plovimo, džiovinimo, skalavimo, granuliuavimo, po šių procesų gali eiti plėvelės ar maišų gamybos procesai.

Tokiame plastiko atliekų apdorojimo procese, atliekant technologines operacijas, susidaro skirtingų tipų atliekos, kurių panaudojimo galimybės nagrinėjamos šiame darbe. Plastiko atliekų skalavimo procese, atskyrus granuliuoti tinkamas žaliavas, lieka tolesniam perdirbimui netinkama

smulki frakcija, toliau šiame darbe vadinama – NN. Plastiko atliekų pirminio plovimo metu susidaranti atliekos (smulkus plastikas, gruntas, smėlis, žemė ir kt.) – ŽN. Taip pat tyrimai atliekami su susmulkintomis ŽN, kurios toliau vadinamos – ŽS.

Darbo tikslas – ištirti plastiko mechaninio apdorojimo metu susidariusių atliekų savybes ir panaudojimo kaip oro valymo biofiltro įkrovą galimybes.

3. Tyrimo eiga ir metodika

Sausosios medžiagos tyrimas

Sausosios medžiagos kiekio tyrimas atliekamas remiantis LST EN 13040 standartu. Pasveriamas tuščias porcelianinis indas (prieš tai indas išplaunamas ir išdžiovinamas 103 °C temperatūroje ir atvėsinaamas iki kambario temperatūros). Pasveriamas 50 g atliekų mėginio ir įdedama į paruoštą indą. Indas su mėginiu įdedamas į krosnį (103 °C) ir džiovinama tol, kol tarp dviejų iš eilės sveriamų mėginių svoris neviršija 0,1 g skirtumo, sausosios medžiagos kiekis apskaičiuojamas pagal (1) formulę:

$$D_M = \frac{(m_D - m_T)}{(m_W - m_T)} \times 100, \quad (1)$$

čia D_M – yra sausosios medžiagos kiekis, išreikštas masės procentais; m_W – yra šlapio mėginio ir indo masė, g; m_D – yra išdžiovinto mėginio ir indo masė, g; m_T – yra tuščio išdžiovinto indo masė, g.

Drėgmės kiekio tyrimas atliekamas remiantis LST EN 13040 standartu. Tyrimo eiga tokia, kaip ir sausosios medžiagos kiekio tyrimo. Drėgmės kiekis apskaičiuojamas pagal (2) formulę:

$$W_M = \frac{(m_W - m_D)}{(m_W - m_T)} \times 100, \quad (2)$$

čia W_M – yra drėgmės kiekis, išreikštas masės procentais; m_W – yra šlapio mėginio ir indo masė, g; m_D – yra išdžiovinto mėginio ir indo masė, g; m_T – yra tuščio išdžiovinto indo masė, g.

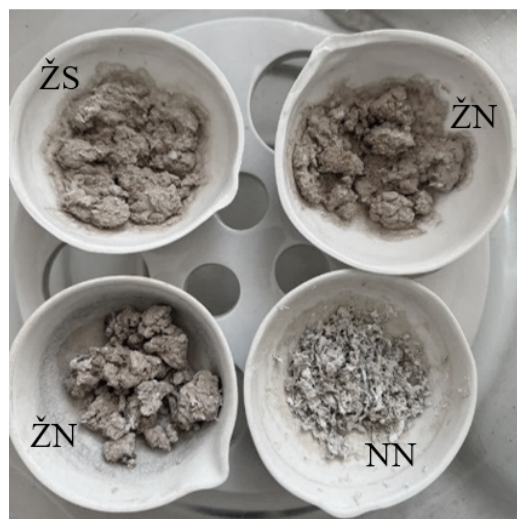
Mineralinės medžiagos nustatymas

Kiekvieno ėminio atsveriamas po 10 g ir etapais po 2 val. iki pastoviosios masės išdžiovinama krosnyje 103 °C temperatūroje. Po džiovinimo mėginiai pasveriami ir 5 val. deginami 550 °C temperatūroje. Po deginimo bandiniai atvėsinaami iki kambario temperatūros (apie 1 val.) ir pasveriami (1 pav.).

Mineralinės medžiagos kiekis (%) apskaičiuojamas pagal (3) formulę:

$$MM (\%) = \frac{\Delta ml}{ms} \times 100, \quad (3)$$

čia $MM (\%)$ – mineralinės medžiagos kiekis procentais; Δml – mėginio masė po kaitinimo 550 °C temperatūroje, g; ms – mėginio, išdžiovinto 103 °C temperatūroje, masė, g.



1 paveikslas. Mėginiai po deginimo 550 °C temperatūroje

Išplovimas

Siekiant ištirti bendrąjį anglies ir azoto kiekį ir kt. plastiko mechaninio apdorojimo metu susidaranti atliekoje atliekamas išplovimas pagal LST EN 1457-1 standartą. Atliekos išdžiovinamos remiantis LST EN 13040 standartu.

Eliuato paruošimas iš plastiko mechaninio apdorojimo metu susidariusių atliekų (tyrimas atliktas kambario temperatūroje, t. y. 20 °C):

- Pasveriamas 10 g susmulkintų atliekų ir sumaišoma su 190 ml distiliuoto vandens. Paruošiami skirtingi mėginiai su ŽS, ŽN bei NN atliekomis.



2 paveikslas. Tirtų mėginių bei maišyklės fotografacijos

- Mėginiai supilami į sandarius 300 ml butelius ir įdedami į maišymo įrenginį. Mėginiai maišomi 24 val. (sūkių skaičius – 3,5 per 1 min.).
- Išimti mėginiai buvo laikomi 12 val., kol nusistovėjo. Paskui mėginiai filtruojami per 1,2 μm stiklo pluošto filtrą naudojant vakuuminę filtravimo įrangą.
- Statistiniam patikimumui užtikrinti ruošiami 3 kiekvieno ėminio pakartojimai. Tirtų mėginių ir maišyklės fotofiksacijos pateiktos 2 paveikslė.

Eliuato pH nustatymas

Mėginio pH matuojamas remiantis LST EN 13037 standartu. Mėginių pH tiriama S47 SevenMulti™ dual meter pH / conductivity pH metru (3 pav.).



3 paveikslas. Eliuato pH nustatyti naudotas konduktometras

Chloridų tyrimas eliuate

Chloridų tyrimas atliekamas vadovaujantis LST ISO 9297. Tyrimo eiga:

- Pipete paimamas 100 ml mėginio tūris (tūris V_a) ir supilamas į kūginę kolbą, pastatytą ant balto pagrindo.
- Įpilama 1,0 ml kalio chromato tirpalo. Mėginys titruojamas lašinant sidabro nitrato tirpalą, kol tirpalo spalva pradeda keistis į raudonai rudą (tūris V_s).
- Pridėjus vieną lašą natrio chlorido tirpalo, spalva išnyksta.
- Lygiagrečiai atliekamas tuščiojo mėginio tyrimas:
- Tuščiasis mėginys nutitruojamas, vietoj tiriamojo mėginio naudojama 100 ml distiliuoto vandens. Sidabro nitrato kiekis, sunaudotas tuščiajam mėginiui nutitruoti, turi neviršyti 0,2 ml.

Chloridų kiekis, r_{Cl} , miligramais litre apskaičiuojamas pagal (4) formulę:

$$r_{Cl} = \frac{(V_s - V_b) \times c \times f}{V_a}, \quad (4)$$

čia r_{Cl} – chloridų koncentracija miligramais litre; V_a – tiriamo mėginio tūris mililitrais (maksimalus tūris 100 ml; turi būti atsižvelgta į praskiedimus); V_b – sidabro nitrato tirpalo tūris, sunaudotas tuščiam mėginiui titruoti mililitrais; V_s – sidabro nitrato tirpalo tūris, sunaudotas tiriamam mėginiui titruoti mililitrais; c – tikroji sidabro nitrato koncentracija, išreikšta AgNO₃ moliais litre; f – perskaičiavimo faktorius,

$f = 35\,453$ mg/mol. Statistiniam patikimumui užtikrinti buvo ruošiami 3 kiekvieno ėminio pakartojimai.

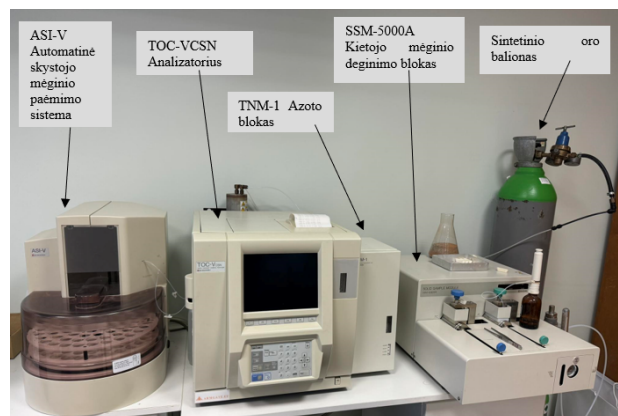
Bendrosios anglies ir bendrojo azoto tyrimai eliuate ir bendrosios anglies tyrimai kietojoje medžiagoje

Kietojo mėginio bendrosios anglies tyrimo eiga:

- Kietieji mėginiai džiovunami iki pastoviosios masės ir homogenizuojami, t. y. sumalami iki pudros (miltų) pavidalo.
- Mėginiai sudedami į specialius indelius ir pasveriami.
- Indeliai su mėginiais dedami į kietojo mėginio deginimo bloką ir analizuojami. Bendrajai angliai nustatyti kietuosiuose mėginiuose taikomas degimo katalizinis oksidavimo metodas. Oksidacijos proceso metu susidariusio anglies dioksido koncentracija aptinkama naudojant infraraudonųjų spindulių dujų analizatorių. Detektoriaus signalas sukuria smailę, proporcingą anglies koncentracijai mėginyje.

Skystojo mėginio bendrosios anglies ir bendrojo azoto tyrimo eiga:

- Mėginių paruošimas. Skystieji mėginiai perfiltruojami. Suspensijos kietosios medžiagos pašalintos naudojant 1,2 μm stiklo pluošto filtrą. Mėginiai pilami į 40 ml talpos specialius mėgintuvėlius.
- Mėgintuvėliai su mėginiais sudedami į automatinės skystojo mėginio paėmimo sistemos būgną ir analizuojami. Mėginiai, kuriuose yra azoto junginių, degdami 720 °C temperatūroje suyra iki azoto monoksido (NO). NO dujos reaguoja su ozonu ir sudaro azoto dioksido (NO₂) ir sužadinto azoto dioksido (NO₂^{*}) derinį. Kai NO₂^{*} grįžta į pagrindinę būseną, jis skleidžia spinduliuotę, kuri matuojama fotoelektriniu būdu. Detektoriaus signalas sukuria smailę, proporcingą azoto koncentracijai mėginyje. Mėginiai, kuriuose yra anglies junginių, kaitinami iki 680 °C deguonies aplinkoje anglies degimo vamzdeliuose, užpildytuose platinos katalizatoriumi. Oksidacijos metu susidaręs anglies dioksidas aptinkamas naudojant infraraudonųjų spindulių dujų analizatorių. Detektoriaus signalas sukuria smailę, proporcingą anglies koncentracijai mėginyje (Shimadzu, n. d.). Tyrimams naudota Shimadzu analizatorių sistema pateikta 4 paveikslė.



4 paveikslas. Shimadzu analizatorių sistema

Bendro fosforo tyrimas eliuate

Tyrimo eiga:

- Į 100 ml kūginę kolbą pipete įpilama 40 ml tiriamojo mėginio (eliuato) ir į jį įpilama 4 ml kalio peroksodisulfato tirpalo.
- Kolba su mėginiu apie 30 min. virinama, kol išgaruoja apie pusė tūrio ir lieka apie 20 ml mėginio, paskui paliekama atvėsti iki kambario temperatūros.
- Mėginiui atvėsus jis perpilamas į 50 ml kolbą ir skiedžiamas distiliuotu vandeniu iki maždaug 40 ml.
- Į atskiestą mėginį maišant pilama 1 ml askorbo rūgšties tirpalo ir po 30 sek. 2 ml rūgštinio II molibdato tirpalo.
- Supylus reagentus į mėginį įpilama distiliuoto vandens, kad bendras tūris būtų 50 ml, ir mėginys gerai išmaišomas.
- Po 20 min. mėginys matuojamas spektrofotometru.
- Lygiagrečiai daromas tuščiojo mėginio tyrimas, kur vietoje tiriamojo mėginio naudojamas distiliuotas vanduo.
- Bendrojo fosforo koncentracija ρ_p miligramais litruvi skaičiuojama pagal (5) formulę:

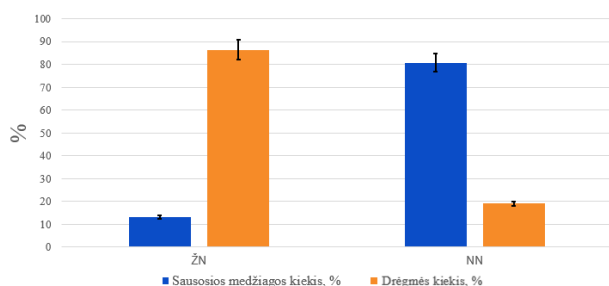
$$\rho_p = \frac{(A - A_0) \times V_{max}}{f \times V_s} \quad (5)$$

čia A – tiriamosios dalos absorbcijos vertė; A_0 – tuščiojo mėginio absorbcijos vertė; f – kalibracinės kreivės polinkis litrais miligramui; V_{max} – tūris, iki kurio skiedžiama tiriamoji dalis, mililitrais; V_s – paimtas analizei tiriamosios dalos tūris mililitrais.

4. Rezultatai

Filtro užpildo drėgmė yra kritinis oro valymo biofilto efektyvumo veiksnys, nes mikroorganizmams reikalingas vanduo normaliai metabolinei veiklai vykdyti. Per mažas drėgmės kiekis sukelia įkrovos džiovimą ir įtrūkių atsiradimą. Tai taip pat paima vandenį iš mikroorganizmų, todėl labai sumažėja biologinio skaidymo greitis. Per daug vandens biofilto užpilde stabdo deguonies ir hidrofobinių teršalų pernešimą į bioplėvelę, o tai gali sukelti nemalonų kvapą dėl deguonies trūkumo (Shareefdeen & Singh, 2004).

Biofilto įkrovos optimalus drėgmės kiekis skiriasi priklausomai nuo skirtingų filtravimo terpių, medžiagų pavir-



5 paveikslas. Sausosios medžiagos ir drėgmės kiekis plastiko perdirbimo atliekose procentais

šiaus ploto, poringumo ir kitų veiksnių. Siekiant optimalaus biofilto veikimo, jo drėgmės kiekis turi sudaryti 30–60 % masės, priklausomai nuo naudojamos terpės (Shareefdeen & Singh, 2005).

Įkrovos drėgmės kiekis yra pagrindinis parametras tinkamam (efektyviam) biofilto veikimui (Morales et al., 2003). Xue ir bendraautorai 2018 m. atliko biofilto tyrimą ir nustatė, kad, įkrovos drėgnumą padidinus nuo 40 iki 85 %, padidėjo amoniako ir lakiųjų organinių junginių pašalinimo efektyvumas. Kai įkrova buvo drėgnesnė, amoniako šalinimo efektyvumas išaugo iki 89 %, lakiųjų organinių junginių (LOJ) iki 81 %, sieros dioksido iki 90 %. 5 paveiksle pateikti drėgmės kiekio plastiko perdirbimo atliekose tyrimo rezultatai, kurie parodė, kad ŽN atliekose drėgmės kiekis yra $86,43 \pm 0,17$ %, NN atliekose – $19,13 \pm 0,02$ %. Todėl galima daryti prielaidą, kad, vertinant pagal drėgmės kiekį, ŽN atliekos gali būti tinkamos naudoti kaip biofilto įkrova.

Mineralinės medžiagos nustatymas

Atlikus tyrimus nustatyta, kad mineralinės medžiagos kiekis ŽN atliekose yra $32,35 \pm 0,12$ %, NN atliekose nustatytas mineralinės medžiagos kiekis – $13,20 \pm 0,03$ %. 1 lentelėje pateikti mineralinės medžiagos tyrimo rezultatai.

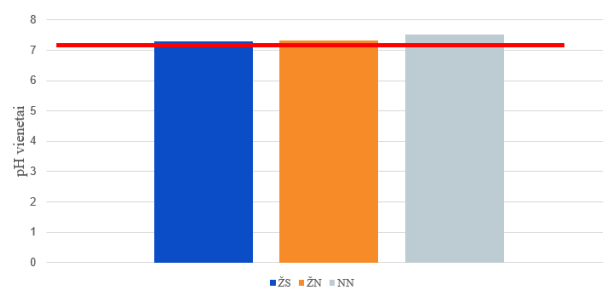
1 lentelė. Mineralinės medžiagos kiekis procentais

Medžiaga	Mineralinės medžiagos kiekis, %	Vidurkis, %	Paklaida, %
NN1	13,26	13,20	0,03
NN2	13,21		
NN3	13,14		
ŽN1	32,12	32,35	0,12
ŽN2	32,45		
ŽN3	32,48		

pH tyrimo rezultatai

Biofilto įkrovų pH paprastai yra nuo 7 iki 8, šis diapazonas tinkamas daugumai mikroorganizmų (Shareefdeen & Singh, 2004). Atliktų pH tyrimų rezultatai pateikti 6 paveiksle.

Visos gautos reikšmės rodo, kad eliuato pH yra artimas neutraliam. Mokslininkai Liu et al. (2008) atliko dviejų biofiltrų su neutraliu ir žemu pH tyrimus. Tyrimo metu



6 paveikslas. pH rezultatai tirtuose eliuatuose

palyginti du skirtingi biofiltrai, skirti įvairiems kvapams ir lakiesiems organiniams junginiams valyti iš išmetamųjų dujų. Eksperimentiniai rezultatai parodė, kad neutralaus pH biofiltre hidrofilinių junginių, tokių kaip amoniakas, pašalinimo efektyvumas buvo didesnis nei žemo pH biofilto. Tyrimuose biofilto įkrova buvo sudaryta iš porėtų poliuretano putų, kurios yra pagamintos iš plastiko. Mikroorganizmų aktyvumas mišrioje populiacijoje paprastai sulėtėja, kai pH yra žemiau 4 arba virš 8. pH svyravimai daugiau nei 2–3 pH vienetais paprastai kenkia mikroorganizmų veiklai (Shareefdeen & Singh, 2005).

Chloridų tyrimų rezultatai eliuatė

Nustatyta chloridų koncentracija ŽN atliekose – 417,6 mg/kg arba eliuatė 22,00 mg/l. NN atliekose nustatytas chloridų kiekis – 53,8 mg/kg, arba 2,83 mg/l. Mokslininkai, ištyrę chloridų poveikį mikroorganizmų biologiniam aktyvumui biologinio valymo sistemose, nustatė, kad didelis druskingumo lygis neigiamai veikia mikroorganizmų augimo efektyvumą ar net juos sunaikina (Oh & Bartha, 1994).

Bendrosios anglies ir bendrojo azoto kiekių tyrimai eliuatė ir bendrosios anglies kiekio tyrimai kietojoje medžiagoje

Bendrosios anglies ir bendrojo azoto kiekių tyrimų rezultatai eliuatė ir bendrosios anglies kiekio tyrimai kietojoje medžiagoje pateikiami 2 ir 3 lentelėse.

Didžiausias bendrosios anglies kiekis eliuatė (661,0±13,9 mg/l) ir bendrojo azoto kiekis (32,2±0,06 mg/l) nustatytas NN atliekose. Atitinkamai: ŽS – Nb 253,6±1,86 mg/l ir Cb 11,7±0,01 mg/l bei ŽN – Nb 198,8±0,03 mg/l ir Cb 8,41±0,04 mg/l.

Bendrosios anglies kiekis ŽS atliekose yra 56,21±0,60 %.

Bendrojo fosforo tyrimas eliuatė

Oro valymo biofilto mikroorganizmams reikalinga anglis ir kitos maistinės medžiagos (azotas, fosforas ir mikroelementai) gali būti gaunamos iš teršalų dujų, iš biofilto įkrovos arba turi būti papildomai tiekiamos mikroorganizmams į biofiltrą. Natūraliose įkrovos medžiagose (pvz., durpėse, komposte) yra daug maistinių medžiagų, skatinančių mikroorganizmų biomasės augimą, tačiau dirbtinės įkrovos medžiagos turi būti aprūpintos maistinėmis medžiagomis (Shareefdeen & Singh, 2005). 4 lentelėje pateikiami bendrojo fosforo eliuatė tyrimų rezultatai.

Gauti fosforo koncentracijos rezultatai rodo, kad daugiausia tirpaus fosforo buvo išplauta į eliuatą iš NN atliekų, t. y. 0,307 mg/l, arba 5,83 mg, iš vieno kg NN atliekų.

Aprūpinimas maistinėmis medžiagomis mikroorganizmų gyvybinėms funkcijoms biofiltre palaikyti ypač svarbus bioplėvelei kontaktuojant su teršalais. Trūkstant maistingų medžiagų, gali būti naudojamos azoto ir fosforo mineralinės druskos, reikalingos mikroorganizmams augti (Govind, 2009).

2 lentelė. Bendrosios anglies ir bendrojo azoto kiekiai tiriamuose eliuatuose

Mėginys	Bendrosios anglies kiekis (C _b), mg/l	Vidurkis, mg/l	Paklaida	Bendrojo azoto (Nb) kiekis, mg/l	Vidurkis, mg/l	Paklaida
ŽS	254,0	253,6	1,86	11,73	11,7	0,01
ŽS	251,3			11,42		
ŽS	255,5			11,86		
ŽN	198,6	198,8	0,03	8,06	8,4	0,04
ŽN	198,5			9,15		
ŽN	199,3			8,02		
NN	635,2	661,0	13,9	30,89	32,2	0,06
NN	682,9			32,98		
NN	665,0			32,57		

3 lentelė. Bendrosios anglies kiekis atliekose

Mėginys	Bendrosios anglies kiekis kietojoje medžiagoje, %	Vidurkis, %	Paklaida, %
ŽS1	56,85	56,21	0,60
ŽS2	56,76		
ŽS3	55,02		

4 lentelė. Bendrojo fosforo rezultatai

Mėginys	Vidurkis, mg/l	Paklaida +/-
NN	0,307	0,007
ŽN	0,141	0,002
ŽS	0,237	0,003

5. Išvados

1. Atlikus plastiko mechaninio apdorojimo metu susidarantių atliekų tyrimus, nustatyta, kad plastiko atliekų pirminio plovimo metu susidaranti (ŽN) atliekose drėgmės yra $86,43 \pm 0,17$ %, NN atliekose – $19,13 \pm 0,02$ %. Pagal šį parametą galima daryti prielaidą, kad ŽN atliekos gali būti tinkamos naudoti kaip biofiltro įkrova.
2. Atlikus mineralinės medžiagos kiekio tyrimus nustatyta, kad plastiko atliekų pirminio plovimo metu susidaranti (ŽN) atliekose mineralinės medžiagos kiekis yra – $32,35 \pm 0,12$ %, plastiko atliekų skalavimo procese susidariusių atliekų (NN) – $13,20 \pm 0,03$ %.
3. Tirtų atliekų eliuatų pH atitiko biofiltro mikroorganizmams optimalų pH diapazoną: nuo 7,29 iki 7,53 pH vienetų.
4. Per didelis chloridų kiekis neigiamai veikia mikroorganizmus. Nustatyta chloridų koncentracija plastiko atliekų pirminio plovimo metu susidaranti (ŽN) atliekose – 417,6 mg/kg. Plastiko atliekų skalavimo procese susidaranti (NN) atliekose nustatytas chloridų kiekis – 53,8 mg/kg.
5. Didžiausias bendrosios anglies kiekis eliuate 661,0 mg/l ir bendrojo azoto kiekis 32,2 mg/l buvo nustatytas smulkintų plastiko atliekų skalavimo metu susidarantių atliekų (NN) eliuate.
6. Didžiausias bendrojo fosforo kiekis buvo rastas plastiko atliekų skalavimo procese susidariusiose (NN) atliekose – 0,307 mg/l, arba 5,83 mg, fosforo iš vieno kg NN atliekų.
7. Ištyrus plastiko atliekų skalavimo procese susidaranti atliekas (NN) bei plastiko atliekų pirminio plovimo metu susidaranti atliekas (ŽN) bei susmulkintas (ŽS) atliekas, galima teigti, kad šias atliekas galima naudoti kaip biofiltro įkrovą, tokiu būdu didinant neperdirbamų plastiko atliekų panaudojimo galimybes.

Literatūra

- Chen, H. L., Nath, T. K., Chong, S., Foo, V., Gibbins C., & Lechner, A. M. (2021). The plastic waste problem in Malaysia: Management, recycling and disposal of local and global plastic waste. *SN Applied Sciences*, 3, Article 437. <https://doi.org/10.1007/s42452-021-04234-y>
- Europos Parlamentas. (2023). *Plastic waste and recycling in the EU: Facts and figures*. <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20181212STO21610/plastic-waste-and-recycling-in-the-eu-facts-and-figures>
- Govind, R. (2009). Biofiltration odors and VOC treatment technology of the future. *Pollution Equipment News*, 42(1), 10–11.
- Lebreton, L., Slat, B., Ferrari, F., Sainte-Rose, B., Aitken, J., Marthouse, R., Hajbane, S., Cunsolo, S., Schwarz, A., Levivier, A., Noble, K., Debeljak, P., Maral, H., Schoeneich-Argent, R., Brambini, R., & Reisser J., (2018). Evidence that the Great Pacific Garbage Patch is rapidly accumulating plastic. *Cientific Reports*, 8(1), Article 4666. <https://www.nature.com/articles/s41598-018-22939-w>

- Lietuvos standartizacijos departamentas. (2012). *Dirvožemio gerinimo medžiagos ir auginimo terpės. pH nustatymas* (LST EN 13037). Vilnius.
- Lietuvos standartizacijos departamentas. (2003). *Atliekų apibūdinimas. Išplovimas. Iš grūdėtų atliekų išplautų medžiagų ir dumblo sudėties atitikties tyrimas. 1 dalis. Vienpakopis partijos (tyrinio) tyrimas, kai skysčio ir kietosios medžiagos, kurios sudėtyje yra labai kietų medžiagų, santykis 2 l/kg ir dalelių dydis mažesnis kaip 4 mm (dydį mažinant arba nemažinant)* (LST EN 12457-1). Vilnius.
- Lietuvos standartizacijos departamentas. (1998). *Vandens kokybė. Chloridų kiekio nustatymas. Titravimas sidabro nitratu, vartojant chromato indikatorius (Moro metodas)* (LST ISO 9297). https://view.elaba.lt/standartai/view?search_from=primo&id=303673
- Lietuvos standartizacijos departamentas. (2008). *Dirvožemio gerinimo medžiagos ir auginimo terpės. Mėginių paruošimas cheminiais ir fizikiniais tyrimams, sausųjų medžiagų kiekio, drėgnio ir laboratorijoje tankinto piltinio tankio nustatymas* (LST EN 13040). Vilnius. https://view.elaba.lt/standartai/view?search_from=primo&id=497970
- Liu, J., Liu, J., & Li, L. (2008). Performance of two biofilters with neutral and low pH treating off-gases. *Journal of Environmental Sciences*, 20(12), 1409–1414. [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(08\)62541-3](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(08)62541-3)
- Morales, M., Hernández, S., Cornabé, T., Revah, S., & Auria, R. (2003). Effect of drying on biofilter performance: Modeling and experimental approach. *Environmental Science & Technology*, 37(5), 985–992. <https://doi.org/10.1021/es025970w>
- Oh, Y. S., & Bartha, R. (1994). Design and performance of a trickling air biofilter for chlorobenzene and o-dichlorobenzene vapors. *Applied and Environmental Microbiology*, 60(8), 2717–2722. <https://doi.org/10.1128/aem.60.8.2717-2722.1994>
- Shareefdeen, Z., & Singh, A. (2005). *Biotechnology for odor and air pollution control*. Springer. <https://doi.org/10.1007/b138434>
- Shimadzu. (n.d.). <https://www.shimadzu.com/an/products/total-organic-carbon-analysis/toc-analysis/on-line-toc-vcsh/index.html>
- Xue, S., Chen, W., Deng, M., Luo, H., Huang, W., Han, Y., & Li, L. (2018). Effects of moisture content on the performance of a two-stage thermophilic biofilter and choice of irrigation rate. *Process Safety and Environmental Protection*, 113, 164–173. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2017.10.003>

RESEARCH AND ANALYSIS OF THE POTENTIAL USE OF PLASTIC WASTE FROM THE MECHANICAL PROCESSING OF PLASTICS

E. Galeckaitė, E. Marčiulaitienė

Abstract

Plastic is increasingly used worldwide and is becoming an essential part of everyday life. There are many scientific articles on recycling or recycling methods for plastics, but so far there are few solutions for the use of the waste generated by plastic de-waste treatment processes. Proper management of plastic waste can reduce the negative impact on the environment and human beings. In this paper, the waste generated during the mechanical processing of plastic is investigated its suitability for biofilter loading. In this way, the amount of plastic waste generated could be reduced and the air could be cleaned from unpleasant odours and other pollutants generated during the treatment of plastic waste.

Keywords: plastic, plastic waste, mechanical processing, biofilter bed.