

LIETUVOS REGIONINIUIOSE SĄVARTYNUOSE SUSIDARANČIO
BIODUJŲ KIEKIO PROGNOZĖBrigita ŠALČIŪNAITĖ¹, Ingrida PLIOPAITĖ BATAITIENĖ²

Utenos kolegija, Utena, Lietuva

El. paštas: ¹brightute@gmail.com; ²ingrida.pl@gmail.com

Santrauka. Susidarančių per metus komunalinių atliekų kiekis Lietuvoje svyruoja nuo 35 000 t iki 261 865 t, o iš visų komunalinių atliekų vidutiniškai 35 % yra biologiškai skaidžių atliekų – t. y. apie 27 830 t/metus. Lietuvoje tvarkant komunalines atliekas net 75 % atliekų yra šalinama sąvartynuose. Taip komunalines atliekas tvarkyti pavojinga dėl galimos aplinkos taršos susidarančiomis biodujomis bei filtratu, stiprėjančio globalinio šiltnamio efekto ir pan. Per metus iš 1 t sąvartyno atliekų susidaro apie 10 m³ sąvartyno dujų, iš kurių būtų galima pasigaminti 13 kWh elektros energijos ir 50 kWh šilumos energijos. Taikant programinę įrangą *LandGEM* straipsnyje įvertintas susidarantis biodujų kiekis Lietuvos regioniniuose sąvartynuose atskirai kiekviename ir bendrai visas biodujų gavybos iš sąvartynų potencialas Lietuvoje. Sąvartynuose išsiskyrusių dujų kiekis svyruoja nuo 7,8 10⁶ iki 5,8 10⁷ m³/metus, o metano ir anglies dioksido dujų kiekis svyruoja nuo 3,9 10⁶ iki 2,9 10⁷ m³/metus. Mažiausi biodujų kiekiai susidaro Tauragės regioniniame sąvartyne – 7,8 10⁶ m³/metus, o didžiausi – Kauno regioniniame sąvartyne – 5,8 10⁷ m³/metus. Iš susidariusių biodujų būtų galima išgauti 2,145 10⁸ kWh elektros energijos ir 8,25 10⁸ kWh šilumos energijos.

Reikšminiai žodžiai: biodujos, biodujų kiekio prognozė, sąvartynai, bioskaidžios atliekos, *LandGEM*.

Įvadas

Lietuvoje atliekos tvarkomos regioniniu principu. Yra 10 regioninių atliekų tvarkymo centrų. Regioniniai Alytaus, Kauno (Lapės ir Zabieliškio), Marijampolės, Panevėžio, Telšių, Utenos nepavojingų atliekų sąvartynai yra įrengti šalia jau esamų senų rekultivuotų sąvartynų. Klaipėdos ir Šiaulių regioniniai sąvartynai įrengti šalia pavojingų atliekų tvarkymo įmonės UAB *Toksika*, o Tauragės sąvartynui skirtas naujas žemės sklypas. Vilniaus regioninis sąvartynas įrengtas šalia buvusio Elektrėnų ir Vievio miestų buitinių atliekų sąvartyno – Kazokiškėse (Lietuvos Respublikos aplinkos... 2015).

Komunalinių atliekų kiekis ir sudėtis regionuose tiesiogiai priklauso nuo gyventojų skaičiaus, jų gyvenamos vietos (kaimas ar miestas, daugiabutis ar individualus namas) ir vartojimo (pajamų). Atliekų kiekis 2012–2014 metais visoje Lietuvoje per metus svyruoja nuo 35 000 t iki 261 865 t, o iš visų komunalinių atliekų vidutiniškai 35 % yra biologiškai skaidžių atliekų – t. y. apie 27 830 t/metus. Komunalinių atliekų sraute gali būti popieriaus, kartono, žaliųjų, medienos atliekų, biologiškai skaidžių maisto gamybos atliekų, natūralaus pluošto audinių, plastiko, metalo, stiklo, kombinuotų pakuočių, inertinių (keramikos, betono, akmens) atliekų. Didžiąją susidarančių komunalinių atliekų

dalį sudaro biologiškai irios atliekos. 1 lentelėje pateikiama vidutinė atliekų sudėtis kai kuriose šalyse (Lietuvoje, Anglijoje, Jungtinėse Amerikos Valstijose (JAV) (Eurostat... 2015).

1 lentelė. Vidutinė komunalinių atliekų sudėtis kai kuriose šalyse (Eurostat... 2015)

Table 1. Average of municipal waste composition in some countries (Eurostat... 2015)

Atliekų frakcija	Atliekų sudėtis, %		
	Lietuva	Anglija	JAV
Biologiškai irios medžiagos	35–45	15–20	21,3
Popierius ir kartonas	14–21	21–28	38,9
Plastikas	7–11	5–7	9,5
Degios medžiagos	10	3–8	8
Nedegios medžiagos	6–12	3–7	8,4
Stiklas	6–9	6–8	6,3
Metalai	3–4	7–9	7,6

Buitinių komunalinių atliekų sraute biologiškai skaidžias atliekas sudaro sodo atliekos, užterštas ar netinkamai perdirbtas popierius ir kartonas (7–8 % visų komunalinių atliekų srauto), skystos ir kietos maisto produktų atliekos (9–10 %). Kaip atskiras biologiškai skaidžių atliekų srautas išskiriamos žaliosios atliekos (apie 20 %) – tai biologiškai

skaidžios sodų, parkų, kapinių ir kitų apželdintų teritorijų bei žemės ūkio naudmenų priežiūros ir tvarkymo atliekos. Tai medžių ir krūmų genėjimo atliekos, nupjauta žolė, augalų liekanos, pjuvenos, drožlės, lapai ir kt. Žaliosios atliekos privalo būti atskirtos iš bendro komunalinių atliekų srauto ir tvarkomos atskirai (Zigmontienė 2012).

Lietuvos Respublikos Vyriausybės nutarimu patvirtintame valstybiniame atliekų tvarkymo plane (2014–2020 metų laikotarpiui) teigiama, kad 2000 metais susidariusių komunalinių biologiškai skaidžių atliekų kiekis yra apie 766 tūkst. tonų. Biologiškai skaidžių atliekų tvarkymas turi užtikrinti, kad sąvartynuose šalinamos komunalinės biologiškai skaidžios atliekos iki 2020 metų sudarytų ne daugiau kaip 35 % nuo 2000 metų biologiškai skaidžių komunalinių atliekų (Lietuvos... 2015).

Lietuvoje tvarkant komunalines atliekas net 75 % atliekų yra šalinama sąvartynuose. Toks komunalinių atliekų tvarkymas yra pavojingas dėl galimos aplinkos taršos susidarantiomis biodujomis bei filtratu, didinamas globalinis šiltnamio efektas, atsiranda gaisrų ir sprogimų pavojus, nemalonūs kvapai, nulemiamas neprognozuojamas sąvartyno paviršiaus sėdimas (Vrubliauskas 2001; Pundytė 2014).

Sąvartyno dujų susidarymo procesą galima suskirstyti į penkias fazes (Bagdonas *et al.* 2004):

1-oji fazė. Aerobinis organinių medžiagų skaidymas. Šio proceso metu susidaro vanduo ir anglies dvideginis, sunaudojamas žaliųjų atliekų sluoksnyje esantis oro deguonis ir formuojasi anaerobinės sąlygos, pradeda susidaryti anglies dioksidas ir ima kilti temperatūra. Pirmosios fazės trukmė labai priklauso nuo žaliųjų atliekų tankio ir apsaulinimo sluoksnio savybių. Ji trunka nuo kelių dienų iki kelių savaičių. Jei žaliosios atliekos yra gerai sutankinamos, tai pirmosios fazės trukmę labiausiai lemia deguonies kiekis, esantis atliekų sluoksnio tuščiose ertmėse.

2-oji fazė. Anaerobinėmis sąlygomis, veikiant hidrolitinėms bakterijoms ir mikroorganizmų išskirties fermentams, organiniai biologiškai skaidžių atliekų komponentai hidrolizinami į amino rūgštis, peptidus, stambiamolekules riebalines rūgštis, glicerolį ir monosacharidus.

3-ioji fazė. Veikiant acetogeninėms bakterijoms antrosios fazės metu susidarę komponentai toliau skaidomi į lakias riebiąsias rūgštis, spiritus, anglies dvideginį, vandenilį ir vandenį. Šioje fazėje jau ima atsirasti metano dujų, tačiau šis procesas dar nėra stabilus.

2-osios ir 3-osios fazių metu pH reikšmė krenta 4–6 reikšmėmis. 1-osios–3-osios fazių trukmė yra nuo 3 mėnesių iki 2 metų.

4-oji fazė. Veikiant metanogeninėms bakterijoms, daugiausia iš acto, skruzdžių rūgščių, metanolio, vandenilio ir anglies dvideginio susidaro metanas.

5-oji fazė. Galima tik senuose sąvartynuose, kai tinkamos skaidyti organinės biologiškai skaidžios atliekos baigiamos suvartoti. Metano ir anglies dvideginio susidaro mažiau – artėja prie nulio, o ertmės žaliųjų atliekų sąvartos sluoksnyje palaipsniui pripildo aplinkos oro azotas ir galiausiai deguonis.

Biodujos sąvartynuose susidaro mikroorganizmams skaidant organines atliekas anaerobinėje aplinkoje. Atliekų sąvartyną galima traktuoti kaip natūralių biodujų generatorių, kuriame skaidomos mikroorganizmų veikiamos organinės biologiškai skaidžios atliekos ir susidaro dujos. Vidutinio dydžio biodegraduojančių atliekų sąvartyne, kuriame yra iki 50 000 t pūvančių atliekų, per dieną gali susidaryti nuo 1000 iki 2500 litrų dujų. Biodujų sudėtyje yra 40–60 % metano, o kitą dalį sudaro anglies dvideginis. Kiti cheminiai junginiai sudaro labai mažą procento dalį. Metanas ir anglies dvideginis yra šiltnamio efektą sukkeliančios dujos. Taigi, biodegraduojančių atliekų sąvartynuose susidaranti dujos kelia ne tik vietinio pobūdžio rūpesčių: gali sukelti sprogius, gaisrus, kenkia augalams ir kelia pavojų žmogaus sveikatai, bet taip pat veikia aplinką ir globaliu mastu (Biodujų gamyba... 2015; Bagdonas *et al.* 2004).

Norint sumažinti neigiamą sąvartynų dujų poveikį aplinkai bei gauti ekonominės naudos, turėtų būti įrengiamos sąvartynų dujų surinkimo sistemos, o gautos dujos vartojamos energijos gamybai, deginant jas energetiniuose įrenginiuose. Dažniausiai dujos surenkamos įrengus atliekų krūvoje vertikalius vamzdžius (1 pav.) (Vrubliauskas 2001). Tokios dujų surinkimo sistemos priežiūra sąvartyną jau pradėjus eksploatuoti yra paprastesnė nei horizontalioji biodujų surinkimo sistema.

Naujuose sąvartynuose biodujų gavybos sistemos įrengiamos jų statybos metu. Horizontalioji dujų surinkimo sistema (2 pav.) gali būti įrengta tik pradendant atliekų šalinimą sąvartyne.

Taikant horizontaliąją biodujų surinkimo sistemą galima efektyviai rinkti biodujas nuo pat sąvartyno eksploatacijos pradžios. Galima visą sąvartyną padengti nepralaidžia membrana, užtikrinančia visų dujų surinkimą, tačiau tai labai brangus metodas (Bagdonas *et al.* 2004; Organinių atliekų perdirbimo ... 2015).

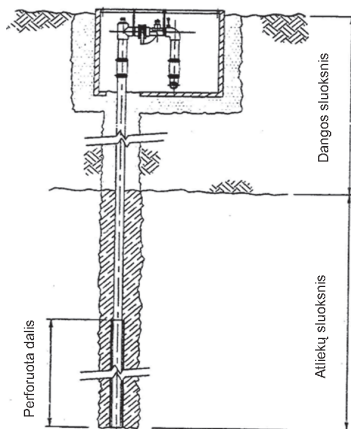
Teigiama, kad per metus iš vienos tonos sąvartyno atliekų susidaro apie 10 m³ sąvartyno dujų (Baltrėnas *et al.* 2008). Biologiškai (anaerobiškai skaidant uždaruose reaktoriuose) apdorojant vieną toną biologinių atliekų, galima išgauti 100–200 m³ biodujų. Suvartojus 10 m³ biodujų būtų galima pasigaminti 13 kWh elektros energijos ir 50 kWh šilumos energijos (kogeneracinio įrenginio instaliuota elektinė galia 2 kW, o šiluminė galia 8 kW). Biodujas galima

naudoti energijai išgauti, todėl aplinkosaugos ir ekonominiu atžvilgiais tai naudingiausias atliekų apdorojimo būdas (Europos bendrijų komisija 2008).

Šio straipsnio tikslas – taikant programinę įrangą *LandGem* įvertinti Lietuvos regioniniuose sąvartynuose susidarantių biudujų kiekius ir galimą ekonominę naudą.

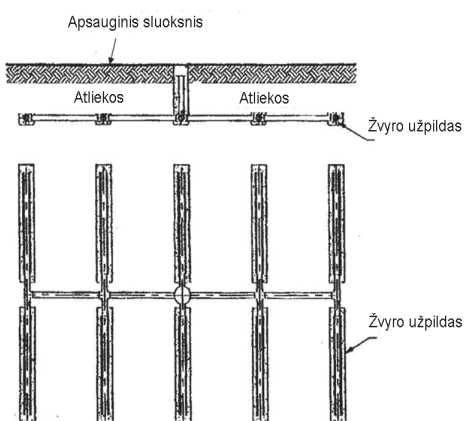
Metodika

Lietuvos regioniniuose sąvartynuose susidarantių dujų kiekiui prognozuoti pasirinkta JAV Aplinkos apsaugos agentūros 2005 metais pasiūlyta programinė įranga *LandGEM*. Šio sąvartyno dujų emisijos modelio pagrindimas – pirmojo atliekų sluoksnio irimo greičio apskaičiavimo formulė, pagal kurią įvertinamos deponuotų kietųjų buitinių atliekų (KBA) irimo emisijos sąvartyne. Šio modelio hipotezės pagrįstos empiriniais duomenimis, gautais pagal JAV sąvartynų dujų emisijas. Šis modelis leidžia apskaičiuoti metano,



1 pav. Vertikalus biudujų surinkimo gręžinys (Vrubliauskas 2001)

Fig. 1. Vertical gas collection well (Vrubliauskas 2001)



2 pav. Horizontalus biudujų surinkimo gręžinys (Vrubliauskas 2001)

Fig. 2. Horizontal gas collection well (Vrubliauskas 2001)

anglies dioksido, nemetanių organinių komponentų ir kt. iš sąvartyno išsiskiriančių dujų kiekius.

Taikoma ši modelio *LandGEM* metano dujų skaičiavimo formulė:

$$Q_{CH_4} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0,1}^1 kL_0 \left(\frac{M_i}{10} \right) \cdot e^{-kt_{ij}}, \quad (1)$$

čia Q_{CH_4} – per metus susikaupęs metanas skaičiavimo metais (m^3 /metai); i – vienu metų padidėjimas; n – skaičiavimų metai; 1 – pirmieji metai, kada atliekos priimtos; $j = 0,1$ metų dalies padidėjimas; k – metano susidarymo koeficientas (per metus -1); L_0 – galimas metano susidarymo kiekis (m^3 /t); M_i – atliekų svoris, nustatytas per i -tuosius metus (t); t_{ij} – j -osios atliekų sekcijos, kurioje sukaupta atliekų masė M_i per i -tuosius metus, amžius.

Pradiniai duomenys reikalingi biudujų kiekio prognoziniam vertinimui:

- sąvartyno tipas;
- sąvartyno atidarymo metai;
- sąvartyno uždarymo metai;
- jei sąvartynas veikia, apskaičiuoti uždarymo metus;
- atliekų masė (t);
- metano susidarymo greitis, k . Jis nurodo, kaip greitai metano dujos susiformuoja. Greitis priklauso nuo temperatūros, pH ir atliekų drėgmės. Nagrinėjamu atveju – $0,05$ metai $^{-1}$;
- galimas metano susidarymo tūris, L_0 . Nurodo dujų pasiskirstymą sąvartyne. Nagrinėjamu atveju – 170 m^3 /t;
- metano sudėtis. Daroma prielaida, kad metanas sudaro 50 % bendrųjų dujų, nes paprastai sąvartyno dujose metano būna nuo 40 % iki 60 % (United States... 2015).

Regioniniuose sąvartynuose vidutiniškai susidarantių atliekų kiekiai pateikiami 2 lentelėje (Regioninių... 2015).

Skaičiuojama 20 metų nuo anksčiausiai atidaryto sąvartyno metų, nes tikėtina, kad tiek vidutiniškai laiko tarnaus sąvartynai.

2 lentelė. Sąvartynuose susidarantių atliekų kiekiai (Regioninių... 2015)

Table 2. Amounts of waste in landfills (Regioninių... 2015)

Miestas	Eksplotacijos pradžia	Atliekų kiekis, t/m	Biologiškai skaidžių atliekų kiekis, t
Alytus	2002 m.	50 818	15 245 (30 %)
Kaunas	2005 m.	261 865	104 746 (40 %)
Marijampolė	2003 m.	93 510	20 862 (22 %)
Panevėžys	2005 m.	94 308	37 385 (40 %)
Telšiai	2003 m.	51 236	24 892,9 (49 %)
Utena	2005 m.	40 979,62	4 219,057 (10 %)
Klaipėda	2003 m.	72 863,5	21 900 (30 %)
Šiauliai	2002 m.	44 862	15 986 (35 %)
Tauragė	2002 m.	35 000	15 800 (45 %)
Vilnius	2003 m.	40 242	17 265 (40 %)

Galima ekonominė nauda įvertinama skaičiuojant biodujų išėigos dydžius iš perdirbamos biomasės, sausios medžiagos bei sausios organinės medžiagos masės b_{MP} , b_{SMP} , b_{SOMP} kuriose skaičiuojamos pagal šias išraiškas (Navickas *et al.* 2008):

$$b_M = \frac{b_{dt}}{m}; \quad (2)$$

$$b_{SM} = \frac{b_{dt}}{m_{SM}}; \quad (3)$$

$$b_{SOM} = \frac{b_{dt}}{m_{SOM}}; \quad (4)$$

čia m – perdirbamos biomasės kiekis, kg; m_{SM} – sausios medžiagos kiekis perdirbamoje biomasėje, kg; m_{SOM} – sausios organinės medžiagos kiekis perdirbamoje biomasėje, kg; b_{dt} – pagamintų biodujų kiekis per laikotarpį dt .

Biomasės energetinį potencialą galima įvertinti energetinės konversijos faktoriais e_{MP} , e_{SMP} , e_{SOMP} kurie nustatyti pagal šias išraiškas (Navickas *et al.* 2008):

$$e_M = B_M \cdot e_b; \quad (5)$$

$$e_{SM} = B_{SM} \cdot e_b; \quad (6)$$

$$e_{SOM} = B_{SOM} \cdot e_b; \quad (7)$$

čia e_b – biodujų energetinė vertė (MJ/l), priklausanti nuo metano koncentracijos $CH_4\%$.

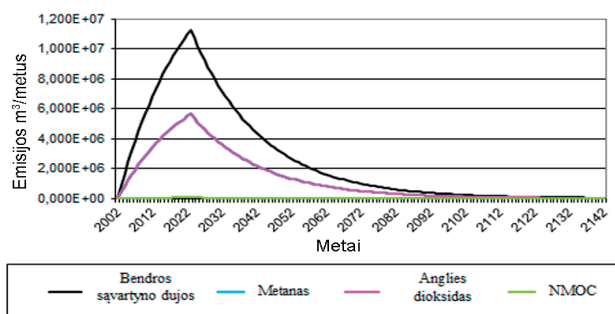
Biodujų energetinė vertė skaičiuojama pagal lygtį (Navickas *et al.* 2008):

$$e_b = 0,0353 \cdot \frac{CH_4\%}{100}; \quad (8)$$

čia $CH_4\%$ – metano koncentracija biodujose.

Rezultatai ir jų analizė

Anksčiausiai regioniniai sąvartynai pradėti eksploatuoti 2002 metais – Alytaus, Šiaulių ir Tauragės. Po metų pradėti



3 pav. Apskaičiuotas Alytaus regioniniame sąvartyne susidarančių dujų kiekio kitimas (m^3 /metus)

Fig. 3. Estimated landfill-generated gas flow in Alytus regional landfill (m^3 /year)

eksploatuoti Marijampolės, Telšių, Klaipėdos ir Vilniaus sąvartynai, o vėliausiai, 2005 metais, Kauno, Panevėžio ir Utenos. Visuose Lietuvos regioniniuose sąvartynuose per metus vidutiniškai susikaupia apie 78 568 tonų komunalinių atliekų.

Alytaus sąvartynas planuojamas eksploatuoti iki 2022 metų. Rezultatai, gauti taikant sąvartyno dujų emisijos modelio *LandGEM* programą, pateikiami 3 pav.

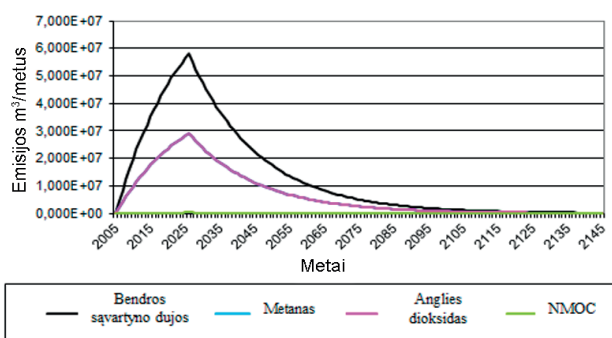
Iš 3 pav. pateiktų modeliavimo duomenų matyti, kad Alytaus sąvartyne susidariusių bendrų sąvartyno dujų kiekis yra didžiausias 2022 metais ir yra lygus $1,15 \cdot 10^7$ m^3 /metus, uždarius sąvartyną bendras dujų kiekis palaipsniui mažėja ir nuo 2142 metų jų nebesidarys. Sąvartyne susidarančių metano ir anglies dioksido dujų kiekis didžiausias 2022 metais ir yra lygus $5,8 \cdot 10^6$ m^3 /metus. NMOC (trichloroetanas, tetrachloroetanas, dichloroetanas, dichloroetanas, dichloropropanas, propanolis) dujų Alytaus ir kituose Lietuvos regioniniuose sąvartynuose susidaro labai maži kiekiai.

Kauno sąvartynas planuojamas eksploatuoti iki 2025 metų. Taikant sąvartyno dujų emisijos modelio *LandGEM* programą gauti rezultatai pateikiami 4 pav.

Iš 4 pav. pateiktų modeliavimo duomenų matyti, kad Kauno sąvartyno bendras sąvartyno dujų kiekis yra didžiausias 2025 metais ir yra lygus $5,8 \cdot 10^7$ m^3 /metus, uždarius sąvartyną bendras dujų kiekis palaipsniui mažėja ir nuo 2145 metų jų nebesidarys. Sąvartyne susidarančių metano ir anglies dioksido dujų kiekis didžiausias 2025 metais ir yra lygus $2,9 \cdot 10^7$ m^3 /metus.

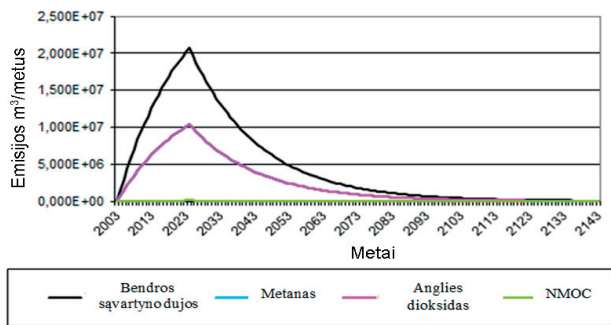
Marijampolės sąvartynas planuojamas eksploatuoti iki 2023 metų, o Panevėžio iki 2025 metų. Taikant sąvartyno dujų emisijos modelio *LandGEM* programą gauti rezultatai pateikiami 5 pav.

Iš 5 pav. pateiktų modeliavimo duomenų matyti, kad Marijampolės ir Panevėžio bendras sąvartyno dujų kiekis yra vienodas ir lygus $2,1 \cdot 10^7$ m^3 /metus, uždarius sąvarty-



4 pav. Apskaičiuotas Kauno regioniniame sąvartyne susidarančių dujų kiekio kitimas (m^3 /metus)

Fig. 4. Estimated landfill-generated gas flow in Kaunas regional landfill (m^3 /year)

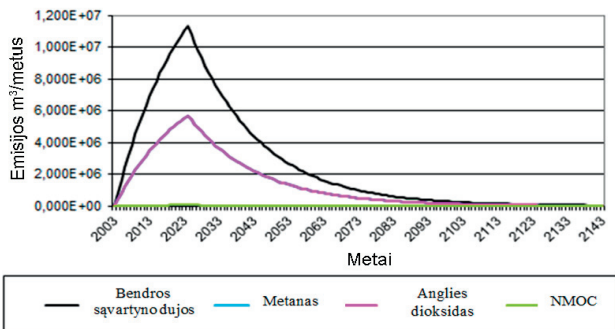


5 pav. Apskaičiuotas Marijampolės ir Panevėžio regioniniuose sąvartynuose susidarantių dujų kiekio kitimas (m^3/metus)

Fig. 5. Estimated landfill-generated gas flow in Marijampolė and Panevėžys regional landfills (m^3/year)

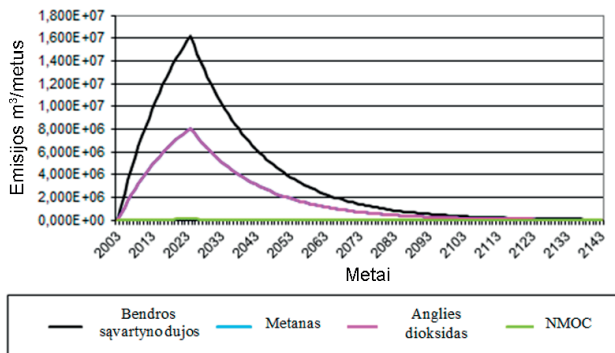
ną bendras dujų kiekis palaipsniui mažėja ir analogiškai nuo 2143 ir 2145 metų jų nebesusidarys. Sąvartynuose susidarantių metano ir anglies dioksido dujų kiekis didžiausias tais pačiais metais uždarius sąvartynus ir yra lygus $1,1 \cdot 10^7 \text{ m}^3/\text{metus}$.

Telšių ir Klaipėdos sąvartynai planuojami eksploatuoti iki 2023 metų. Taikant sąvartyno dujų emisijos modelio *LandGEM* programą gauti Telšių sąvartyno rezultatai pateikiami 6 pav., o Klaipėdos sąvartyno rezultatai – 7 pav.



6 pav. Apskaičiuotas Telšių regioniniame sąvartyne susidarantių dujų kiekio kitimas (m^3/metus)

Fig. 6. Estimated landfill-generated gas flow in Telšiai regional landfill (m^3/year)



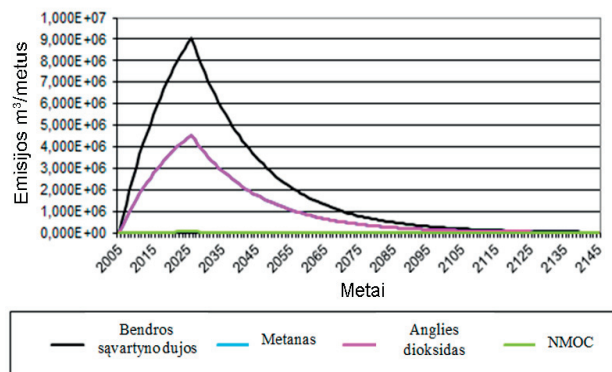
7 pav. Apskaičiuotas Klaipėdos regioniniame sąvartyne susidarantių dujų kiekio kitimas (m^3/metus)

Fig. 7. Estimated landfill-generated gas flow in Klaipėda regional landfill (m^3/year)

Iš 6 pav. ir 7 pav. pateiktų modeliavimo duomenų matyti, kad bendras sąvartynų dujų kiekis yra labai panašus, didžiausias kiekis bus 2023 metais ir lygus analogiškai Telšių ir Klaipėdos regioniniams sąvartynams po $1,15 \cdot 10^7 \text{ m}^3/\text{metus}$ ir $1,6 \cdot 10^7 \text{ m}^3/\text{metus}$. Uždarius sąvartynus bendras dujų kiekis palaipsniui mažėja, ir nuo 2143 metų jų nebesusidarys. Sąvartynuose susidarantių metano ir anglies dioksido dujų kiekis didžiausias bus 2023 metais, po $5,8 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{metus}$ ir $8,1 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{metus}$.

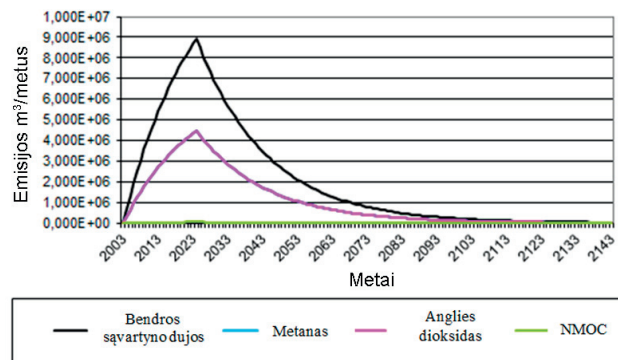
Utenos sąvartynas planuojamas eksploatuoti iki 2025 metų, o Vilniaus iki 2023 metų. Taikant sąvartyno dujų emisijos modelio *LandGEM* programą gauti Utenos sąvartyno rezultatai pateikiami 8 pav., o Vilniaus sąvartyno 9 pav.

Iš 8 pav. ir 9 pav. pateiktų modeliavimo duomenų matyti, kad bendras Utenos sąvartyno dujų kiekis yra didžiausias $9,05 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{metus}$, o šiek tiek mažesnis Vilniaus – $8,9 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{metus}$, uždarius Utenos sąvartyną bendras dujų kiekis palaipsniui mažėja ir nuo 2145 metų, o Vilniaus sąvartyne nuo 2143 metų jų nebesusidarys. Sąvartynuose susidarantių metano ir anglies dioksido dujų kiekis didžiausias ir yra lygus $4,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{metus}$.



8 pav. Apskaičiuotas Utenos regioniniame sąvartyne susidarantių dujų kiekio kitimas (m^3/metus)

Fig. 8. Estimated landfill-generated gas flow in Utena regional landfill (m^3/year)



9 pav. Apskaičiuotas Vilniaus regioniniame sąvartyne susidarantių dujų kiekio kitimas (m^3/metus)

Fig. 9. Estimated landfill-generated gas flow in Vilnius regional landfill (m^3/year)

Šiaulių sąvartynas planuojamas eksploatuoti iki 2022 metų. Taikant sąvartyno dujų emisijos modelio *LandGEM* programą gauti rezultatai pateikiami 10 pav.

Iš 10 pav. pateiktų modeliavimo duomenų matyti, kad Šiaulių sąvartyno bendras sąvartyno dujų kiekis yra didžiausias 2022 metais ir yra lygus $9,9 \cdot 10^6$ m³/metus, uždarius sąvartyną bendras dujų kiekis palaipsniui mažėja ir nuo 2142 metų jų nebesusidarys. Sąvartyne susidarančių metano ir anglies dioksido dujų kiekis didžiausias 2022 metais ir yra lygus $5,1 \cdot 10^6$ m³/metus.

Tauragės sąvartynas planuojamas eksploatuoti iki 2022 metų. Taikant sąvartyno dujų emisijos modelio *LandGEM* programą gauti rezultatai pateikiami 11 pav.

Iš 11 pav. pateiktų modeliavimo duomenų matyti, kad bendras sąvartyno dujų kiekis yra didžiausias 2022 metais ir yra lygus $7,8 \cdot 10^6$ m³/metus, uždarius sąvartyną bendras dujų kiekis palaipsniui mažėja ir nuo 2142 metų jų nebesusidarys. Sąvartyne susidarančių metano ir anglies dioksido dujų kiekis didžiausias 2022 metais ir yra lygus $3,9 \cdot 10^6$ m³/metus.

Lietuvos regioniniuose sąvartynuose bendras išsiskyrusių dujų kiekis svyruoja nuo $7,8 \cdot 10^6$ iki $5,8 \cdot 10^7$ m³/metus, o metano ir anglies dioksido dujų kiekis svyruoja nuo

$3,9 \cdot 10^6$ iki $2,9 \cdot 10^7$ m³/metus. NMOC dujų visuose sąvartynuose susidaro labai maži kiekiai.

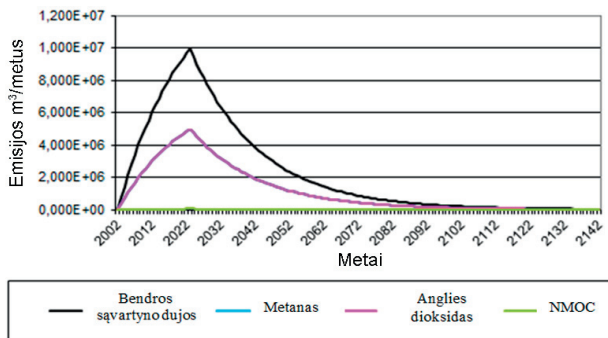
Visų Lietuvos regioninių sąvartynų susidarančių dujų kiekis apskaičiuotas taikant *LandGEM* programą, o gauti rezultatai pateikiami 12 pav.

Iš 12 pav. pateiktų modeliavimo duomenų matyti, kad visų Lietuvos regioninių sąvartynų bendras dujų kiekis yra didžiausias 2023 metais ir yra lygus $1,65 \cdot 10^8$ m³/metus, uždarius sąvartyną bendras dujų kiekis palaipsniui mažėja ir nuo 2142 metų jų nebesusidarys. Sąvartyne susidarančių metano ir anglies dioksido dujų kiekis didžiausias 2023 metais ir yra lygus $8,1 \cdot 10^7$ m³/metus.

Per visą regioninių sąvartynų eksploatacijos laikotarpį susikaups $1,65 \cdot 10^8$ m³ biodujų, kurias surenkant būtų galima išgauti $1,04 \cdot 10^9$ kWh energijos. Tai būtų $2,145 \cdot 10^8$ kWh elektros energijos ir $8,25 \cdot 10^8$ kWh šilumos energijos.

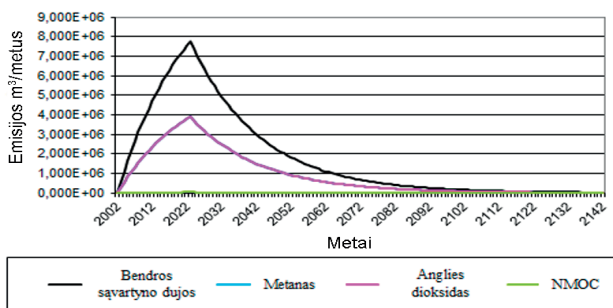
Išvados

1. Sąvartynuose išsiskyrusių dujų bendras kiekis svyruoja nuo $7,8 \cdot 10^6$ iki $5,8 \cdot 10^7$ m³/metus, o metano ir anglies dioksido dujų kiekis svyruoja nuo $3,9 \cdot 10^6$ m³/metus iki $2,9 \cdot 10^7$ m³/metus.
2. Galima ekonominė nauda priklauso nuo biodujų išėigos iš perdirbamos biomasės. Iš susidariusių biodujų būtų galima išgauti $2,145 \cdot 10^8$ kWh elektros energijos ir $8,25 \cdot 10^8$ kWh šilumos energijos.
3. Išsiskiriantis biodujų kiekis priklauso nuo komunalinių atliekų sudėties ir srauto, patenkančio į regioninį sąvartyną. Todėl mažiausi biodujų kiekiai susidaro Tauragės regioniniame sąvartyne – $7,8 \cdot 10^6$ m³/metus, o didžiausi biodujų kiekiai susidaro Kauno regioniniame sąvartyne – $5,8 \cdot 10^7$ m³/metus.



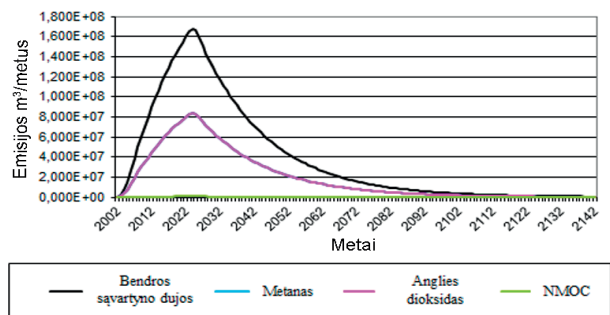
10 pav. Apskaičiuotas Šiaulių regioniniame sąvartyne susidarančių dujų kiekio kitimas (m³/metus)

Fig. 10. Estimated landfill-generated gas flow in Šiauliai regional landfill (m³/year)



11 pav. Apskaičiuotas Tauragės regioniniame sąvartyne susidarančių dujų kiekio kitimas (m³/metus)

Fig. 11. Estimated landfill-generated gas flow in Tauragė regional landfill (m³/year)



12 pav. Apskaičiuotas visų Lietuvos regioninių sąvartynų susidarančių dujų kiekio kitimas (m³/metus)

Fig. 12. Estimated landfill-generated gas flow in all Lithuanian regional landfills (m³/year)

Literatūra

- Bagdonas, A.; Česnaitis, R.; Karaliūnaitė, I.; Miliūtė, J.; Silvestravičiūtė, I.; Staniškis, J. K.; Šleinovaitė–Budrienė, L.; Varžinskas, V.; Uselytė, R. 2004. *Integruota atliekų vadyba*. Kaunas: Technologija, 172–174.
- Baltrėnas, P.; Butkus, D.; Oškiniš, V.; Vasarevičius, S.; Zigmontienė, A. 2008. *Aplinkos apsauga*. Vilnius: Technika. 564 p.
- Biodujų gamyba iš organinių atliekų* [interaktyvus]. 2015 [žiūrėta 2015 m. vasario 5 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.asu.lt/nm/l-projektas/atliekutvarkymas/titlas.htm>
- Europos bendrijų komisija. 2008. *Žalioji knyga dėl biologinių atliekų tvarkymo Europos Sąjungoje*. Briuselis. 11 p.
- Eurostat [interaktyvus]. 2015 [žiūrėta 2015 m. gegužės 26 d.]. Prieiga per internetą: <http://ec.europa.eu/eurostat/>
- Lietuvos Respublikos Vyriausybės nutarimu patvirtintas valstybinis atliekų tvarkymo planas [interaktyvus]. 2015 [žiūrėta 2015 m. kovo 23 d.]. Prieiga per internetą: www.am.lt/VI/files/0.136958001411381040.docx
- Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. 2015. *Tinkamai prižiūrėti ir naudojami sąvartynai aplinkai nepavojingi* [interaktyvus], [žiūrėta 2015 m. kovo 18 d.]. Prieiga per internetą: http://www.am.lt/VI/article.php3?article_id=15016
- Navickas, K.; Župerka, V.; Venslauskas, K. 2008. Biodujų gamybos iš organinių atliekų ir kultūrinių augalų, iš *Šilumos energetika ir technologijos: konferencijos pranešimų medžiaga*, 2008 m. sausio 31 – vasario 1 d., Kaunas, Lietuva. KTU, 277–282.
- Organinių atliekų perdirbimo būdai ir technologijos* [interaktyvus]. 2015 [žiūrėta 2015 m. vasario 9 d.]. Prieiga per internetą: http://www.asu.lt/nm/l-projektas/Atsinaujinantys_agrariniai/titlas.htm
- Pundytė, N. 2014. *Valstybinio, regioninio ir savivaldybių atliekų planų įgyvendinimas* [interaktyvus], [žiūrėta 2014 m. spalio 23 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.slideshare.net/LRATCA/pristatymas-2014-10-23-plungefin>
- Regioninių atliekų tvarkymo centrų asociacija* [interaktyvus]. 2015 [žiūrėta 2015 m. balandžio 3 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.ratca.lt/apie-mus>
- Vrubliauskas, S. 2001. *Sąvartynų dujos ir jų naudojimo galimybės. Vietinių energijos šaltinių naudojimas*. Kaunas: Technologija, 128–145.
- Zigmontienė, A. 2012. *Atliekų tvarkymo ir pakartotinio naudojimo technologijos*. Vilnius: Technika. 91 p.
- United States Environmental Protection Agency. 2015. *Landfill gas emissions model (LandGEM) version 3.02* [interaktyvus], [žiūrėta 2015 m. sausio 5 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.epa.gov/tncatc1/dir1/landgem-v302-guide.pdf>

FORECAST OF BIOGAS GENERATION IN LITHUANIAN REGIONAL LANDFILLS

B. Šalčiūnaitė, I. Pliopaitė Bataitienė

Summary

The amount of generated waste in Lithuania ranges from 35,000 tons to 261,865 tons per year. 35% of this quantity is biodegradable waste – i.e. about 27,830 tons/year. 75% of municipal waste in Lithuania is disposed in landfills. Such management of municipal waste is dangerous because of environmental pollution with the biogas and leachate, increased global greenhouse effect, and so on. From 1 ton of landfill waste it is possible to get about 10 m³ of landfill gas, after using it 13 kWh and 50 kWh of thermal energy could be made. There was presented in this article the estimated amount of biogas produced by Lithuanian regional landfills each separately and all co-production of biogas from landfills potential Lithuania, using the software *LandGEM*. Total volume of gas liberated in landfills ranges from 7.8 × 10⁶ to 5.8 × 10⁷ m³/year of methane and carbon dioxide in an amount ranging from 3.9 × 10⁶ to 2.9 × 10⁷ m³/year. Minimum quantities of biogas generated in Tauragės regional landfill – 7.8 × 10⁶ m³/year, and the highest – Kaunas regional landfill – 5.8 × 10⁷ m³/year. From the generated biogas it would be possible to yield 2,145 × 10⁸ kWh of electricity and 8.25 × 10⁸ kWh of thermal energy.

Keywords: biogas, forecast of biogas quantity, landfills, biodegradable waste, *LandGEM*.