

DUJŲ EMISIJŲ KITIMO TYRIMAS RADVILIŠKIO SĄVARTYNE

Mindaugas Varapickas, Violeta Genienė

Šiaulių universitetas, Technologijos fakultetas

Įvadas

Kuo labiau urbanizuota visuomenė, tuo didesni susidarančių atliekų kiekiai ir didesnės problemos, susijusios su jų tvarkymu. Aplinkos ministerijos duomenimis, per 2000 m. Lietuvos atliekų tvarkymo įmonės priėmė 3,182 mln. t. atliekų [1]. Įvertinus tai, kad Lietuvoje yra per 800 veikiančių ir uždarytų sąvartynų bei atliekomis užterštų plotų [2], galima teigti, kad susidarančių atliekų kiekis yra dar didesnis.

Tvarkant surinktas atliekas naudojami trys pagrindiniai būdai: atliekų perdirbimas, atliekų deginimas ir atliekų šalinimas į sąvartynus. Labiausiai paplitęs ir pigiausias pastarasis būdas. Tačiau atliekų saugojimas sąvartynuose kelia didelę grėsmę aplinkai. Pagrindiniai faktoriai, neigiamai veikiantys aplinką, yra sąvartynų dujos ir filtratas [5]. Sąvartynų dujos, kurių sudėtyje yra 40–60 proc. metano, gali būti gaisrų ir sprogimų priežastis, didina šiltnamio efektą, kelia pavojų žmonių sveikatai. Filtratas gali paskatinti gruntinio vandens ir dirvožemio užteršimą.

Tyrimo tikslas. Išanalizuoti dujų susidarymo procesą Radviliškio sąvartyne ir apskaičiuoti sąvartyno dujų emisijų kitimą 1982–2060 m., panaudojant dujų emisijos modelį LandGEM.

Sąvartynų dujų susidarymo procesas

Dujų susidarymo procesą sąvartyne galima suskaidyti į penkias fazes:

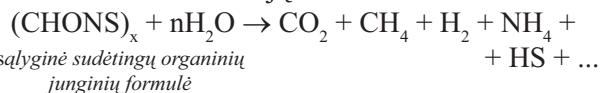
1 fazė. Aerobinis organinių medžiagų skaidymas. Vyksta veikiant atmosferos deguoniui.

2 fazė. Anaerobinėmis sąlygomis (be deguonies), veikiant hidrolitinėms ir acetogeninėms bakterijoms, susidaro acto, pieno rūgštys, alkoholiai ir kiti organiniai junginiai. Sąvartynas tampa labai rūgštus. Šio proceso metu susidaro anglies dioksidas ir vandenilis.

3 fazė. Veikiant acetogeninėms bakterijoms 2 fazės metu susidarę komponentai toliau skaidomi į lakias riebiąsias rūgštis, spiritus, anglies dvideginį, vandenilį ir vandenį. Šioje fazėje jau ima atsirasti metano dujų, tačiau procesas dar nėra stabilus. Sąvartyne išivyrąja neutrali aplinka.

4 fazė. Veikiant metanogeninėms bakterijoms (daugiausia iš acto ir skruzdžių rūgščių, metanolio, vandenilio ir anglies dvideginio) susidaro metanas, jo būna 40–60 proc. tūrio, anglies dioksido taip pat

susidaro panašūs kiekiai. Kitų dujų susidaro 2–9 proc. nuo bendro dujų kiekio. Šiai fazei būdinga tai, kad susidaro stabilus dujų kiekis:

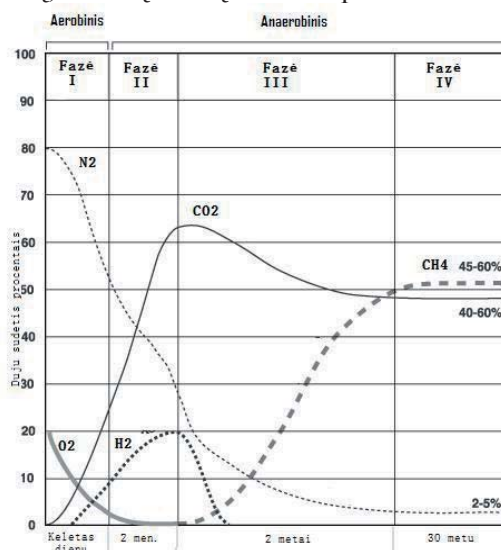


5 fazė. Galima tik labai senuose sąvartynuose, kai tinkamos skaidyti organinės atliekos baigiamos suvartoti. Metano ir anglies dvideginio susidaro mažiau – kiekis artėja prie nulio, o ertmės sąvartos sluoksnyje palaipsniui užpildo aplinkos oro azotas ir deguonis [3].

Pirmajame paveiksle pateikta sąvartyne susidarančių dujų kiekio kitimo schema. Tokio proceso schema yra idealizuota, jos negalima taikyti visam sąvartynui, tik atskiroms jo dalims, nes šį procesą lemia daugelis veiksnių: atliekų sudėtis, atliekų pirminis apdorojimas, deguonies kiekis sąvartyne, drėgmės kiekis, temperatūra, atliekų amžius.

Radviliškio sąvartyno atliekų kiekis ir sudėtis

Sąvartyne yra apie 138 507 m³ atliekų. Vidutinis atliekų sluoksnio storis – apie 7,5 m. Sąvartyną eksploatuojant atliekos buvo stumiamos nuo kelio, jos plonu sluoksniu išmėtytos aplink sąvartyno teritoriją. Vykdam atliekų sudėties vizualiąją apžiūrą, konstatuota, kad sąvartyne yra tik kietųjų buitinių atliekų, tarp jų ir medžių šaknų, šakų, organinių atliekų, buitinės technikos laužo, metalo, stiklo ir plastiko gaminių, skiedrų ir kitų medžio apdirbimo atliekų.



1 pav. Sąvartyne susidarančių dujų sudėties kitimas

Tyrimo rezultatai

Sąvartynas pradėtas eksploatuoti 1982 metais, atliekos buvo vežamos iki 2007 metų pabaigos. Sąvartyne deponuotų atliekų kiekis **138 507 m³**, sąvartyno plotas **1,84 ha**. Vidutiniškai per metus deponuota 5 327 m³. Vidutinis atliekų tankis yra 0,65 t / m³.

Biodujos susidaro iš biodegraduojančių atliekų, todėl apskaičiuojant dujų apimtį imtas toks atliekų kiekis, kuris atitinka buitinių atliekų lyginamąjį svorį sąvartyne, t. y. 70 proc. bendrojo kiekio (žr. 1 lentelę):

1 lentelė. *Atliekų kiekis sąvartyne*

| Metai | Atliekų kiekis per metus | | Dujų skaičiavimui imtas atliekų kiekis, t / m |
|----------------|--------------------------|--------------|-----------------------------------------------|
| | m ³ | tonos | |
| 1982 | 4969 | 3230 | 2261 |
| 1983 | 4999 | 3249 | 2275 |
| 1984 | 5029 | 3269 | 2288 |
| 1985 | 5059 | 3289 | 2302 |
| 1986 | 5090 | 3309 | 2316 |
| 1987 | 5121 | 3328 | 2330 |
| 1988 | 5152 | 3349 | 2344 |
| 1989 | 5183 | 3369 | 2358 |
| 1990 | 5214 | 3389 | 2372 |
| 1991 | 5246 | 3410 | 2387 |
| 1992 | 5272 | 3427 | 2399 |
| 1993 | 5298 | 3444 | 2411 |
| 1994 | 5325 | 3461 | 2423 |
| 1995 | 5352 | 3479 | 2435 |
| 1996 | 5378 | 3496 | 2447 |
| 1997 | 5405 | 3513 | 2459 |
| 1998 | 5432 | 3531 | 2472 |
| 1999 | 5459 | 3549 | 2484 |
| 2000 | 5487 | 3566 | 2496 |
| 2001 | 5514 | 3584 | 2509 |
| 2002 | 5536 | 3599 | 2519 |
| 2003 | 5558 | 3613 | 2529 |
| 2004 | 5581 | 3627 | 2539 |
| 2005 | 5603 | 3642 | 2549 |
| 2006 | 5625 | 3656 | 2560 |
| 2007 | 5648 | 3671 | 2570 |
| Iš viso | 138536 | 90048 | 63034 |

3 lentelė. *Dujų kiekiai, susidarantys Radviliškio sąvartyne*

| Metai | Sąvartyno dujos | | Metanas | | Metai | Sąvartyno dujos | | Metanas | |
|-------|-----------------|-------------------|---------|-------------------|-------|-----------------|-------------------|---------|-------------------|
| | t/metai | m ³ /m | t / m | m ³ /m | | t / m | m ³ /m | t / m | m ³ /m |
| 1982 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2022 | 378 | 302678 | 101 | 151339 |
| 1983 | 47 | 37584 | 13 | 18792 | 2023 | 360 | 287917 | 96 | 143958 |
| 1984 | 92 | 73561 | 25 | 36781 | 2024 | 342 | 273875 | 91 | 136937 |
| 1985 | 135 | 108013 | 36 | 54006 | 2025 | 325 | 260518 | 87 | 130259 |
| 1986 | 176 | 141013 | 47 | 70507 | 2026 | 309 | 247812 | 83 | 123906 |
| 1987 | 216 | 172635 | 58 | 86318 | 2027 | 294 | 235726 | 79 | 117863 |
| 1988 | 253 | 202948 | 68 | 101474 | 2028 | 280 | 224230 | 75 | 112115 |
| 1989 | 290 | 232015 | 77 | 116008 | 2029 | 266 | 213294 | 71 | 106647 |

Sąvartyno dujų emisijos modelis „LandGEM“ yra automatinė apskaičiavimo programa, kuri susieta su „Microsoft Excel“. „LandGEM“ pagrindas – pirmojo sluoksnio irimo greičio apskaičiavimo formulė, kuria įvertinamos deponuotų kietųjų buitinių atliekų (KBA) irimo emisijos sąvartyne ar kūginiame sąvartyne. Programinė įranga užtikrina santykinai paprastą būdą sąvartynų dujų emisijoms apytiksliai įvertinti. Modelio hipotezės paremtos empiriniais duomenimis, gautais pagal JAV sąvartynų dujų emisijas. Galima apskaičiuoti metano, anglies dioksido, nemetaninių organinių komponentų ir kitų iš sąvartyno išsiskiriančių dujų kiekius [6].

Modeliui reikalinga ši metano kiekio skaičiavimo formulė:

$$Q_{CH_4} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0.1}^1 k L_o \left(\frac{M_i}{10} \right) e^{-k t_{ij}}$$

čia:

Q_{CH_4} = per metus susikaupęs metanas – apskaičiavimo metais (m³ / metai).

$i = 1$ – metų laikų dalys.

n = (apskaičiavimų metai) – (pirmieji metai, kada atliekos priimtos).

$j = 0.1$ – metų laikų dalys.

k = metano susidarymo tarifas (per metus⁻¹).

L_o = galimo metano susidarymo kiekis (m³ / t).

M_i = atliekų svoris, priimtas per pr. metus (t).

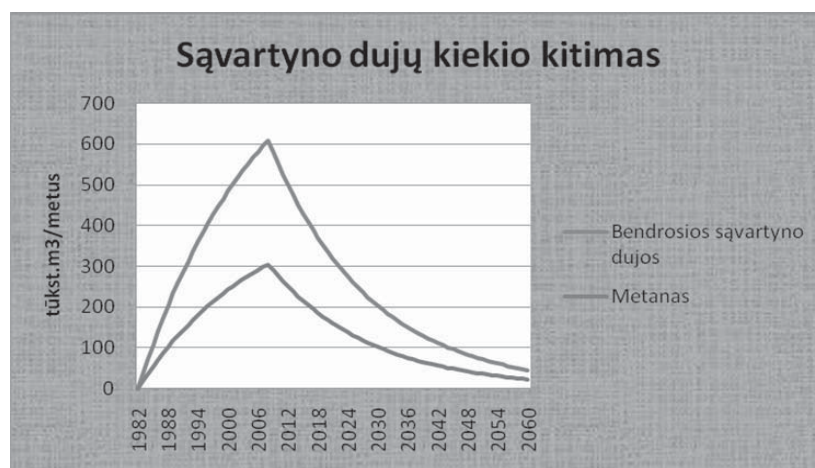
t_{ij} = amžius j (atliekų dalies nuo to atliekų svorio M_i , kuris priimtas per i metus).

2 lentelė. *Modelio parametrai*

| | |
|----------------------------------------|---------------------------|
| Metano susidarymo greitis, k | 0,050 metai ⁻¹ |
| Galimas metano susidarymo tūris, L_o | 170 m ³ /t |
| Metano sudėtis | 50 proc. tūrio |

Suvedus šiuos duomenis modelis apskaičiuoja rezultatus ir juos pateikia modelio skiltyje „RESULTS“. Duomenys pateikiami iki norimos datos. Radviliškio sąvartyno dujų susidarymo rezultatai pateikti 3 lentelėje, kurioje matyti, kad sąvartyno dujų išsiskyrimas maksimumą pasiekė 2008 m.

| | | | | | | | | | |
|------|-----|--------|-----|--------|------|-----|--------|----|--------|
| 1990 | 325 | 259901 | 87 | 129950 | 2030 | 253 | 202891 | 68 | 101446 |
| 1991 | 358 | 286663 | 96 | 143331 | 2031 | 241 | 192996 | 64 | 96498 |
| 1992 | 390 | 312357 | 104 | 156179 | 2032 | 229 | 183584 | 61 | 91792 |
| 1993 | 421 | 336998 | 112 | 168499 | 2033 | 218 | 174630 | 58 | 87315 |
| 1994 | 450 | 360638 | 120 | 180319 | 2034 | 207 | 166113 | 55 | 83057 |
| 1995 | 479 | 383326 | 128 | 191663 | 2035 | 197 | 158012 | 53 | 79006 |
| 1996 | 506 | 405109 | 135 | 202555 | 2036 | 188 | 150306 | 50 | 75153 |
| 1997 | 532 | 426032 | 142 | 213016 | 2037 | 179 | 142975 | 48 | 71488 |
| 1998 | 557 | 446138 | 149 | 223069 | 2038 | 170 | 136002 | 45 | 68001 |
| 1999 | 581 | 465468 | 155 | 232734 | 2039 | 162 | 129369 | 43 | 64685 |
| 2000 | 605 | 484060 | 161 | 242030 | 2040 | 154 | 123060 | 41 | 61530 |
| 2001 | 627 | 501953 | 167 | 250976 | 2041 | 146 | 117058 | 39 | 58529 |
| 2002 | 648 | 519180 | 173 | 259590 | 2042 | 139 | 111349 | 37 | 55675 |
| 2003 | 669 | 535733 | 179 | 267867 | 2043 | 132 | 105919 | 35 | 52959 |
| 2004 | 689 | 551647 | 184 | 275824 | 2044 | 126 | 100753 | 34 | 50376 |
| 2005 | 708 | 566953 | 189 | 283477 | 2045 | 120 | 95839 | 32 | 47920 |
| 2006 | 726 | 581682 | 194 | 290841 | 2046 | 114 | 91165 | 30 | 45582 |
| 2007 | 744 | 595861 | 199 | 297931 | 2047 | 108 | 86719 | 29 | 43359 |
| 2008 | 761 | 609519 | 203 | 304760 | 2048 | 103 | 82489 | 28 | 41245 |
| 2009 | 724 | 579793 | 193 | 289896 | 2049 | 98 | 78466 | 26 | 39233 |
| 2010 | 689 | 551516 | 184 | 275758 | 2050 | 93 | 74640 | 25 | 37320 |
| 2011 | 655 | 524618 | 175 | 262309 | 2051 | 89 | 70999 | 24 | 35500 |
| 2012 | 623 | 499032 | 166 | 249516 | 2052 | 84 | 67537 | 23 | 33768 |
| 2013 | 593 | 474694 | 158 | 237347 | 2053 | 80 | 64243 | 21 | 32121 |
| 2014 | 564 | 451543 | 151 | 225772 | 2054 | 76 | 61110 | 20 | 30555 |
| 2015 | 536 | 429521 | 143 | 214761 | 2055 | 73 | 58129 | 19 | 29065 |
| 2016 | 510 | 408573 | 136 | 204287 | 2056 | 69 | 55294 | 18 | 27647 |
| 2017 | 485 | 388647 | 130 | 194323 | 2057 | 66 | 52598 | 18 | 26299 |
| 2018 | 462 | 369692 | 123 | 184846 | 2058 | 62 | 50032 | 17 | 25016 |
| 2019 | 439 | 351662 | 117 | 175831 | 2059 | 59 | 47592 | 16 | 23796 |
| 2020 | 418 | 334511 | 112 | 167256 | 2060 | 57 | 45271 | 15 | 22636 |
| 2021 | 397 | 318197 | 106 | 159099 | | | | | |



2 pav. Apskaičiuotas švartyne susidarančių dujų kiekio kitimas ($\text{m}^3 / \text{metus}$)

Išvados

1. Maksimalus metano ir bendrųjų dujų kiekis, švartyne susidarė 2008 m. (304760 m^3 metano) (609519 m^3 bendrųjų dujų), nes švartyne 2008 m. buvo didžiausias atliekų kiekis.
2. Po 10 metų švartyne susidarys 40 proc. mažiau

- dujų negu 2008 metais, o 2060 metais dujų išsiskyrimas sumažės 92 proc. nuo maksimalaus jų kiekio.
3. Dujų surinkimas Radviliškio švartyne ir jų panaudojimas naudingas ekonominiu ir ekologiniu požiūriais.

Literatūra

1. *Aplinka 2000*. Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. Vilnius. 2001.
2. *Aplinka 1999*. Aplinkos ministerijos 1999 m. ataskaita. Vilnius. 2000.
3. Staniškis J., 2004, *Integruota atliekų vadyba*. Kaunas.
4. Lubarskis V., Navickas K., 2007, *Biodujos – galimybės ir perspektyvos*. Raudondvaris.
5. Grubliauskas S., 2010, Švartynų dujos ir jų naudojimas. [žiūrėta 2010-06-16]. Prieiga internete: <http://www.lei.lt/Opet/pdf/Vrubliauskas.pdf>.
6. Alexander A., Burklin C., Singleton A., 2010, *Landfill Gas Emissions Model (LandGEM) Version 3.02 User's Guide*. [žiūrėta 2010-03-25]. Prieiga internete: <http://www.epa.gov/ttnatc1/dir1/landgem-v302-guide.pdf>.

RESEARCH ON GASEOUS EMISSIONS IN THE RADVILIŠKIS LANDFILL*Mindaugas Varapickas, Violeta Genienė***Summary**

During this investigation we analysed the gas formation process in the landfill of Radviliškis town and computed waste gas emissions between 1982 and 2060. The volumes of methane emissions and total gas emissions were calculated using the LandGEM gas emission model. This model is based on the rate of decay of the first layer of waste, which is used to evaluate the emissions of decay of the deposited solid household waste in the landfill. According to the calculations, the maximum volume of methane and other gases was produced in 2008 (304760m³ of methane, 609519 m³ of total gas). In 2018 the amount of gases is predicted to decrease by 40% compared to 2008, and in 2060 the gas emissions are expected to decrease by 92% compared to their maximum value.

Keywords: waste gases, methane, analysis.

DUJŲ EMISIJŲ KITIMO TYRIMAS RADVILIŠKIO ŠVARTYNE*Mindaugas Varapickas, Violeta Genienė***Santrauka**

Straipsnyje išanalizuotas dujų susidarymo procesas Radviliškio m. švartyne ir apskaičiuotas švartyno dujų emisijų kitimas 1982–2060 metais. Metano ir bendrųjų dujų emisijų kiekiai apskaičiuoti pagal dujų emisijos modelį LandGEM. Modelio pagrindas – pirmojo sluoksnio irimo greičio apskaičiavimo formulė, kuria įvertinamos deponuotų kietųjų buitinių atliekų irimo emisijos švartyne.

Remiantis skaičiavimais, maksimalus metano ir bendrųjų dujų kiekis švartyne susidarė 2008 m. (304760 m³ metano, 609519 m³ bendrųjų dujų). Po 10 metų švartyne turėtų susidaryti 40 proc. mažiau dujų negu 2008 m., o 2060 m. dujų išsiskyrimas turėtų sumažėti 92 proc. nuo maksimalaus jų kiekio.

Prasminiai žodžiai: švartyno dujos, metanas, analizė.

Įteikta 2010-08-23