



## NATŪRALIŲ BIODEGRADACIJOS PROCESŲ MAISTO ATLIEKOSE, ESANT SKIRTINGAM DRĖGMĖS KIEKIUI JOSE, EKSPERIMENTINIAI TYRIMAI

Pranas Baltrėnas<sup>1</sup>, Audronė Jankaitė<sup>2</sup>, Ervinas Raistenskis<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Aplinkos apsaugos katedra, Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva. <sup>3</sup>Lietuvos aplinkos apsaugos investicijų fondas, Laisvės pr. 3, LT-04135, Vilnius  
El. paštas: <sup>1</sup>pbalt@ap.vtu.lt; <sup>2</sup>audronej@ap.vtu.lt; <sup>3</sup>ervinas@laaif.lt

Iteikta 2006 05 09; priimta 2006 10 10

**Santrauka.** Nūdienos pasaulyje didėjant žmonių skaičiui didėja ir susidarantių atliekų kiekiai. Nerūšiuotos komunalinės atliekos patenka į eksploatuojamus sąvartynus. Sąvartyno neigiamą poveikį aplinkai lemia ne tik pačios atliekos, bet ir iš jų sklindančios dujos, užterštos nuotekos. Dauguma sąvartynų neatitinka net elementarių aplinkos apsaugos ir sanitarinių-higieninių reikalavimų, pavyzdžiui, sąvartynuose neįrengta filtrato surinkimo sistema. Atliekų tvarkymas Lietuvoje kelia daug rūpesčių. Komunalinių atliekų surinkimo sistemos neefektyvios, įranga nusidėvėjusi. Daugybė atliekų, kurios galėtų būti panaudotos kaip antrinės žaliavos, patenka į sąvartynus sumaišytos su kitomis atliekomis. Norint pritaikyti anaerobinio organinių atliekų apdorojimo technologijas ir kuo labiau sumažinti kenksmingą poveikį aplinkai, atliekas būtina rūšiuoti. Straipsnyje pateikiami eksperimentinių tyrimų su vaisių, daržovių ir mėsos atliekomis, didinant jų drėgnį – iki 75 %, 79 % ir 85 %, rezultatai. Eksperimento metu, kurio trukmė 60 parų, stebėtos išsiskiriančio metano bei deguonies koncentracijos, fiksuoti temperatūrų pokyčiai talpyklose. Atlikus eksperimentą nustatyta, kad 50 litrų talpyklose su įvairiomis atliekomis, atliekų drėgnį padidinus iki 85 %, išsiskiriančio metano esti daugiau nei talpyklose, kuriose drėgmės kiekis mažesnis.

**Prasminiai žodžiai:** organinės atliekos, biodegradacija, metanas, deguonis, drėgnis.

### 1. Įvadas

Namų ūkyje arba gamyboje susidaranti organinės kilmės atliekas galima kompostuoti [1]. Užkasus susikaupusias atliekas prasideda anaerobinis irimo procesas, kurio metu išsiskiria dujos. Biodujos susidaro yrant bet kokiai organinei medžiagai bedeguonėje aplinkoje. Biodujos – tai unikalus pagal dujinių dalių sudėtį mišinys – galutinis atliekų organinės dalies anaerobinio mikrobiologinio rūgimo arba cheminių reakcijų tarp suirusių atliekų dalių rezultatas. Biodujos esti iš metano (40–75 %), anglies dioksido (25–50 %), azoto (6–7 %), deguonies, vandenilio, sieros vandenilio, amonio ir kitų junginių bei vandens garų (iki 2 %) [2].

Didžiąją dalį šių dujų sudaro metanas, kuris gali būti naudojamas energijai gaminti. Surenkant dujas mažėja metano emisijos į aplinką, taigi – ir šiltnamio efektas. Sąvartynų dujos pakeičia iškastinį kurą, tokį kaip nafta ar anglis, kuri deginant šiltnamio efektas didėja. Surenkant sąvartynų dujas taip pat daugiau ar mažiau sumažinamas sprogimo pavojus [3].

Plačiausiai paplitęs sąvartynų dujų panaudojimo būdas yra deginti jas specialiuose įrenginiuose arba varikliuose, siekiant išgauti:

- elektros energiją
- elektros energiją ir šilumą (kogeneracija);
- šilumą [4].

Sąvartyno dujų neutralizavimo būdas parenkamas pagal jų kiekį, sudėtį, galimą energijos vartotoją ir atsižvelgiant į kitus techninius bei ekonominius veiksnius, kurie įvertinami pirmiausia ištyrus dujų kiekį (išteklius) ir sudėtį [5].

Priimant atitinkamus atliekų tvarkymo sprendimus būtina žinoti apie tai, kas dabar turi įtakos atliekų susidarymui ir tam tikrų jų frakcijų surinkimui ir kas turės tam įtakos ateityje. Atliekų susidarymo ateityje prognozės grindžiamos priklausomybės tarp socialinių-ekonominių sąlygų ir susidarantių atliekų kiekio analizės rezultatais. Kai kurių frakcijų surinkimo mastas (pvz., surinkto popieriaus procentinė dalis nuo viso susidariusio popieriaus atliekų kiekio) priklauso nuo piliečių sąmoningumo ir savivaldybės atsakingumo bei galimybių skatinti frakcijų rinkimą [6].

Atliekų susikaupia gamyboje, paslaugų sektoriuje, buityje. Anksčiau jos nekėlė labai rimtų problemų, nes jas sudarė daugiausia gamtinės kilmės medžiagos, kurių apytakos procese vyksta biologinis skaidymasis ir gana spartus irimas, t. y. gamta su jomis gana lengvai „susitvarkydavo“, o joms šalinti pakako žemių plotų. Atliekų įvairovė didėja ne tik dėl naujų produktų, kurie galiausiai tampa atliekomis, patekimo į rinką. Atliekų atsiranda jau pačiu pirminiu bet kurio gamybinio proceso etapu ir vėliau susidaro kiekvienoje proceso, kurio metu žaliava paverčiama galutiniu gaminiu, pakopoje. Kuo sudėtin-

gesnis gamybos procesas, tuo daugiau ir įvairesnių atliekų susidaro [7].

Pasaulyje kasmet susikaupia milijonai tonų įvairiausių atliekų. Tačiau biodujoms gaminti tinka tik tam tikra atliekų dalis. Pvz., JAV jos sudaro apie 23 % visų atliekų. Kita dalis dėl įvairių priedasčių negali būti panaudota biodujoms gaminti ir yra utilizuojama kitais metodais arba kaupiama sąvartynuose. Dėl netinkamo atliekų tvarkymo žmonėms ir gyvūnams iškyla užkrato grėsmė [8], tad atliekų atskyrimas bei rūšiavimas, apdorojimas ir tam tikrų medžiagų antrinis panaudojimas ar atliekų utilizavimas atliekamas nuošalesnėse nuo jų atsiradimo šaltinių vietose. Šaltinyje išrūšiuotos atliekos atskiriamos ir apdorojamos, sumaišytosios – dažniausiai atskiriamos antrinių žaliavų surinkimo centruose, perkrovimo stotyse, deginimo kompleksuose ir sąvartynuose [9].

Kol kas labiausiai paplitęs ir pigiausias atliekų tvarkymas yra šalinti jas į sąvartynus. Tačiau sąvartynai aplinkos apsaugos požiūriu yra grėsmingi objektai. Dauguma jų neatitinka net elementarių aplinkos apsaugos ir sanitarinių-higieninių reikalavimų [10]. Ypač aplinką neigiamai veikia filtratas ir sąvartynų dujos. Filtratas susidaro krituliams ir kitiems skysčiams migruojant per atliekų sluoksnį. Jis yra koncentruotas teršalas ir nekontroliuojamas patekęs į gruntą gali labai užteršti gruntinius vandenius. Sąvartynų dujos susidaro mikroorganizmams skaidant organines atliekas anaerobinėje (be deguonies) aplinkoje. Visuose sąvartynuose susikaupia nemaži kiekiai biodujų, daugiausia metano. Žemės paviršiuje metanas oksiduojasi, virsta formaldehidu, o ištirpęs vandenyje – formalinu. Toks tirpalas, vėl įsigėręs į sąvartyno vidų, intensyviai ardo organinius junginius, tirpina metalus ir druskas – susidaro kompleksinis metaloorganinių junginių prisotintas koncentratas, vadinamasis sąvartynų filtratas. Patekęs per laidžius sluoksnius į gilesnius vandeninuosius horizontus, sąvartynų filtratas gali iš dalies ar visai juos užteršti, vanduo tampa netinkamas vartoti. Be to, filtratas gali prasiveržti į paviršių sąvartyno šlaituose arba papėdėje. Oksidacinėje aplinkoje jis hidrolizuojasi, susidaro šarminis hidrolizatas, kuris su paviršiniu vandeniu gali pasklisti aplinkoje. Be to, toksinės medžiagos gali teršti aplinką su jas sorbavusių medžiagų dulkėmis [11].

Metanas ir anglies dvideginis – šiltnamio efektą sukeliančios dujos. Atkreiptinas dėmesys į tai, kad metanas šiltnamio efektą skatina 21 kartą intensyviau negu anglies dvideginis, be to, metanas yra degiosios dujos. Taigi į atmosferą patekusios sąvartynų dujos kenkia aplinkai – didina šiltnamio efektą, gali sukelti sproгимus ir gaisrus, kenkia augalams bei kelia pavojų žmonių sveikatai [12].

Mūsų šalyje susidaranti organinės atliekos dažnai esti sumaišytos su dideliais kiekiais įvairiausių kitos rūšies buitinių bei gamybinių atliekų. Siekiant sėkmingai pritaikyti anaerobinio organinių atliekų apdorojimo technologijas, kuo labiau sumažinti kenksmingą poveikį aplinkai ir gauti didžiausią ekonominį efektyvumą, šias atliekas būtina rūšiuoti (geriausia iš pat pradžių jų nesumaišyti su kitomis – neorganinėmis atliekomis) [13].

Šio eksperimento tikslas – nustatyti organinių atliekų biodegradacijos metu išsiskiriančių biodujų kiekius, papildomai padidinant drėgmės kiekį, 50 litrų talpyklose.

## 2. Tyrimų metodika

Tyrimai atliekami laboratorinėmis sąlygomis. Organinės atliekos dedamos į 50 l talpos uždarus indus, sukuriama anaerobinės sąlygos. Pradinė temperatūra talpyklose su atliekomis – 15–16,5 °C, deguonies kiekis – 6–7 %. Pradinis drėgmės kiekis talpyklose su atliekomis:

- vaisių ir daržovių – 65 %,
- vaisių, daržovių ir mėsos – 60 %.

Eksperimentams pasirenkamos šių rūšių organinės kilmės atliekos:

- 1 talpykla – vaisių ir daržovių (drėgnis – 75 %);
- 2 talpykla – vaisių ir daržovių (drėgnis – 79 %);
- 3 talpykla – vaisių ir daržovių (drėgnis – 85 %);
- 4 talpykla – 50 % vaisių, daržovių bei 50 % mėsos (drėgnis – 75 %);
- 5 talpykla – 50 % vaisių, daržovių bei 50 % mėsos (drėgnis – 79 %);
- 6 talpykla – 50 % vaisių, daržovių bei 50 % mėsos (drėgnis – 85 %).

Viso eksperimento metu fiksuojama biodestrukcijos proceso trukmė, išsiskiriančio metano ir deguonies koncentracijos bei temperatūros pokyčiai. Eksperimento trukmė – 60 parų. Patalpoje, kurioje stovi talpyklos, palaikoma pastovi temperatūra (20 °C), patalpos drėgnis – 78 %. Naudotos talpyklos ir prietaisai:

- 50 l talpos hermetiški indai;
- termometrai;
- psichrometras;
- teršalų koncentracijų dujose matavimo prietaisas *GD/MTG-7*, kurio matavimo ribos: deguonies – 0–25 %; sieros vandenilio – 0–50 ppm; metano – 0–40 % ŽSR (žemiau sprogimo ribos). Klimatinės prietaiso darbo sąlygos: aplinkos temperatūra: –5–40 °C, santykinis drėgnis – iki 95 % [14].

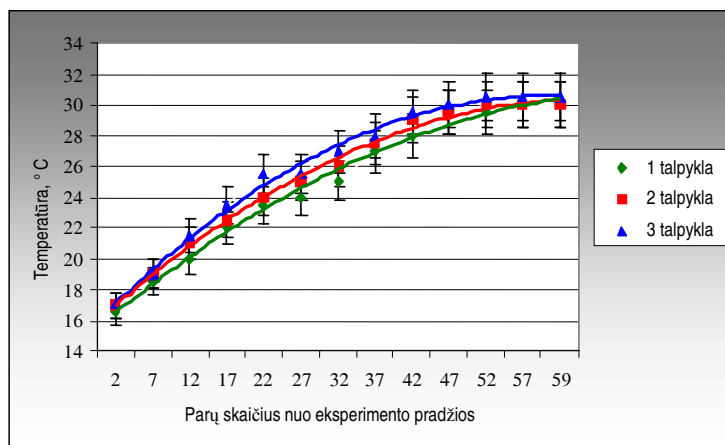
## 3. Eksperimento rezultatai

Viso eksperimento metu kasdien buvo matuojama temperatūra kiekvienoje talpykloje. Per pirmąjį eksperimento savaitę temperatūra talpyklose, kuriose stebimos vaisių ir daržovių atliekos, padidėjo nuo 16 °C iki 19,5 °C. 75 % drėgnio vaisių ir daržovių atliekų talpykloje temperatūra per šias dienas palaipsniui padidėjo nuo 16 °C iki 19 °C. Antroje talpykloje, kurioje atliekos 79 % drėgnio, temperatūra pakilo nuo 16,5 °C iki 19 °C. Trečioje talpykloje, kurioje stebimos 85 % drėgnio vaisių ir daržovių atliekos, temperatūra per pirmąsias aštuonias eksperimento dienas pakilo nuo 16,5 °C iki 19,5 °C. Per kitas 30 eksperimento dienų palaipsniui didėjo. Pirmojoje talpykloje – nuo 19 °C (9 eksperimento diena) iki 27 °C (38 eksperimento diena). Antrojeje talpykloje su šios rūšies atliekomis – nuo 19,5 °C iki 27,5 °C. Vaisių ir daržovių atliekų talpykloje, kurioje drėgnis didžiausias, temperatūra 9 eksperimento dieną buvo 20 °C, o 38 eksperimento dieną siekė 25,8 °C. Eksperimento pabaigoje temperatūra talpyklose buvo pakilusios iki 30 °C (1 pav.). Metano kiekis talpykloje su vaisių ir daržovių atliekomis, kuriose 75 % drėgmės, per 38 eksperimento dienas padidėjo nuo 10,1 % iki 18,4 % (37 eksperimento diena).

Talpyklose su 79 % drėgnio vaisių ir daržovių atliekomis metano kiekis per šias dienas pakilo iki 22,6 % (eksperimento pradžioje šioje talpykloje užfiksuota 11,9 % metano). Didžiausias metano kiekis išsiskyrė iš šios rūšies atliekų, kurių drėgnis 85 %. Per šį laikotarpį metano kiekis šioje talpykloje siekė 23,8 %. Skirtingo drėgnio vaisių ir daržovių atliekų talpyklose iki eksperimento pabaigos metano kiekis palaipsniui didėjo. 75 % drėgnio vaisių ir daržovių atliekų talpykloje – nuo 19,3 % (39 eksperimento diena) iki 24,1 % (59 eksperimento diena). Iš 79 % drėgnio vaisių ir daržovių atliekų talpyklos metano per šias 20 parų išsiskyrė nuo 23,4 % iki 29,0 %. 85 % drėgnio vaisių ir daržovių atliekų talpykloje eksperimentui baigiantis nustatytas metano kiekis siekė 31,1 % (2 pav.). Deguonies talpyklose mažėjo. Eksperimento pradžioje pirmojoje talpykloje su vaisių ir daržovių atliekomis deguonies nustatyta 6,7 %, praėjus 38 eksperimento dienoms šis kiekis sumažėjo iki 0,7 %. Antrojoje talpykloje

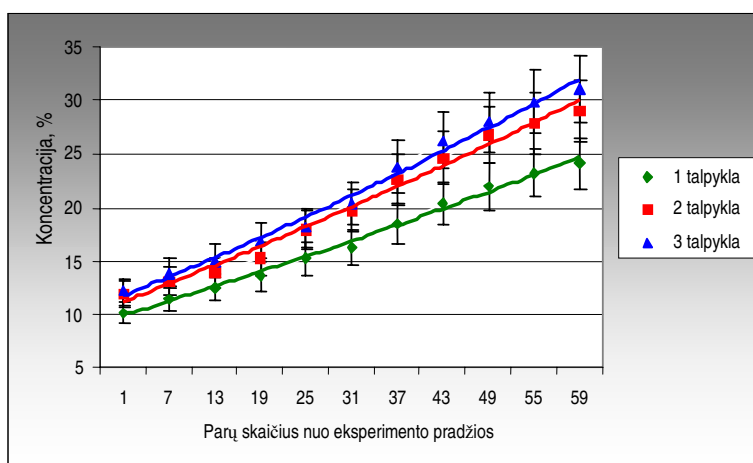
deguonies sumažėjo nuo 6,3 % iki 0,6 %. Trečiojoje talpykloje su vaisių ir daržovių atliekomis deguonies per 38 dienas sumažėjo nuo 6,0 % iki 0,6 %. Deguonies kiekis talpyklose mažėjo, tačiau ne taip sparčiai kaip eksperimento pradžioje. 39 eksperimento dieną talpykloje, kurioje vaisių ir daržovių atliekos 75 % drėgnio, nustatyta 0,7 % deguonies, eksperimento pabaigoje jo tebuvo 0,4 %. Talpykloje, kurioje atliekos 79 % drėgnio, deguonies sumažėjo nuo 0,6 % iki 0,3 %. Talpykloje su 85 % drėgnio vaisių ir daržovių atliekomis deguonies sumažėjo taip pat kaip ir antrojoje talpykloje – nuo 0,6 % iki 0,3 % (3 pav.).

Per pirmąsias aštuonias eksperimento paras talpyklose, kuriose vaisių, daržovių ir mėsos atliekose papildomas drėgmės kiekis, temperatūra pakilo nuo 15 °C iki 19,5 °C. Talpykloje, kurioje atliekos 75 % drėgnio – nuo 15 °C iki 17,5 °C. Talpykloje, kurioje vaisių, daržovių ir mėsos atliekos 79 % drėgnio per pirmąsias dienas pakilo nuo



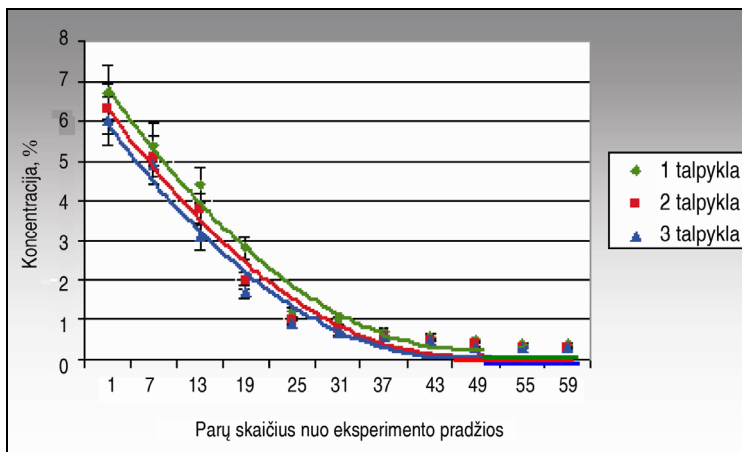
**1 pav.** Temperatūros kitimo talpyklose priklausomumas nuo laiko: 1 talpykla – vaisių ir daržovių atliekų drėgnis 75 %; 2 talpykla – vaisių ir daržovių atliekų drėgnis 79 %; 3 talpykla – vaisių ir daržovių atliekų drėgnis 85 %

**Fig 1.** Container temperature variation subject to time during the experiment: container 1 – fruit and vegetable waste with 75 % of moisture; container 2 – fruit and vegetable waste with 79 % of moisture; container 3 – fruit and vegetable waste with 85 % of moisture



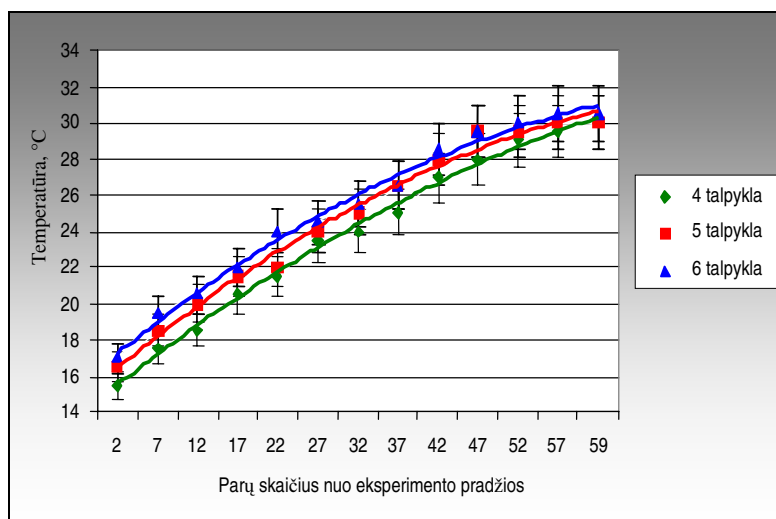
**2 pav.** Metano kiekio kitimo talpyklose priklausomumas nuo laiko: 1 talpykla – vaisių ir daržovių atliekų drėgnis 75 %; 2 talpykla – vaisių ir daržovių atliekų drėgnis 79 %; 3 talpykla – vaisių ir daržovių atliekų drėgnis 85 %

**Fig 2.** Methane quantity variation in containers subject to time during the experiment: container 1 – fruit and vegetable waste with 75 % of moisture; container 2 – fruit and vegetable waste with 79 % of moisture; container 3 – fruit and vegetable waste with 85 % of moisture



**3 pav.** Deguonies kiekio kitimo talpyklose priklausomumas nuo laiko: 1 talpykla – vaisių ir daržovių atliekų drėgnis 75 %; 2 talpykla – vaisių ir daržovių atliekų drėgnis 79 %; 3 talpykla – vaisių ir daržovių atliekų drėgnis 85 %

**Fig 3.** Oxygen quantity variation subject to time during the experiment: container 1 – fruit and vegetable waste with 75 % of moisture; container 2 – fruit and vegetable waste with 79 % of moisture; container 3 – fruit and vegetable waste with 85 % of moisture



**4 pav.** Temperatūros kitimo talpyklose priklausomumas nuo laiko: 4 talpykla – vaisių, daržovių (50 %) bei mėsos (50 %) atliekų drėgnis 75 %; 5 talpykla – vaisių, daržovių (50 %) bei mėsos (50 %) atliekų drėgnis 79 %; 6 talpykla – vaisių, daržovių (50 %) bei mėsos (50 %) atliekų drėgnis 85 %

**Fig 4.** Container temperature variation subject to time during the experiment: container 4 – waste of fruits, vegetables (50 %) and meat (50 %) with 75 % of moisture; container 5 – waste of fruits, vegetables (50 %) and meat (50 %) with 79 % of moisture; container 6 – waste of fruits, vegetables (50 %) and meat (50 %) with 85 % of moisture

16 °C iki 19 °C. Talpykloje, kurioje šios rūšies atliekų drėgnis didžiausias (85 %), temperatūra per aštuonias dienas pakilo nuo 16,5 °C iki 19,5 °C. Per kitas 30 eksperimento parų temperatūra talpyklose toliau kilo. Talpykloje su 75 % drėgnio vaisių, daržovių ir mėsos atliekomis ji padidėjo dar 8 °C ir 38 eksperimento dieną siekė 25,5 °C. Talpykloje su 79 % drėgnio šios rūšies atliekomis pakilo nuo 19 °C iki 26,5 °C. Trečioje talpykloje su 85 % drėgnio atliekomis ji siekė iki 27 °C. Temperatūros kilimas talpyklose, kuriose stebimos vaisių, daržovių ir mėsos atliekos, antroje eksperimento pusėje žymiai lėtesnis nei pradžioje. Talpykloje, kurioje vaisių, daržovių ir mėsos atliekos 75 % drėgnio, temperatūra 39 eksperimento dieną buvo 26 °C, paskutinę eksperimento dieną – 30 °C. Talpykloje, kurioje šios atliekos 79 % drėgnio,

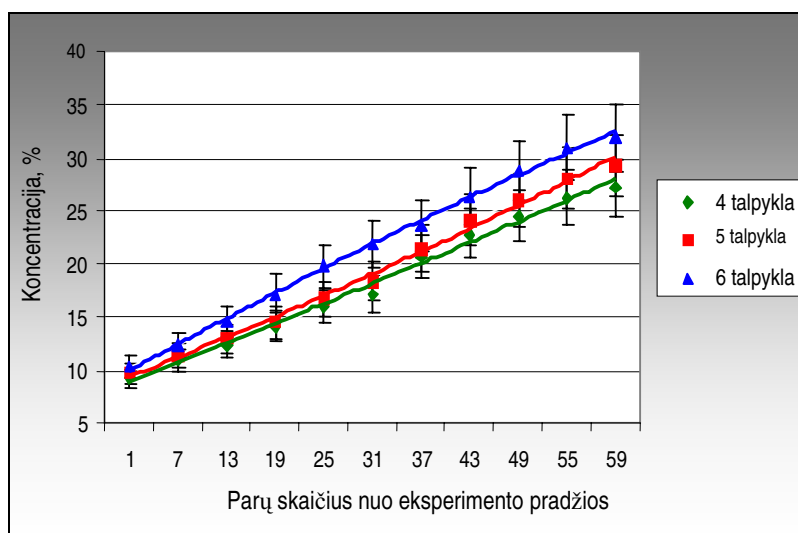
paskutinę eksperimento dieną taip pat nustatyta 30 °C temperatūra. 85 % drėgnio vaisių, daržovių ir mėsos atliekų talpykloje paskutinę eksperimento dieną laikėsi 30,5 °C temperatūra (4 pav.).

Talpykloje su vaisių, daržovių ir mėsos atliekomis per 38 eksperimento dienas išsiskiriančio metano kiekis didėjo. Ketvirtoje talpykloje (atliekos 75 % drėgnio) metano kiekis per šias dienas padidėjo nuo 9,2 % iki 20,7 %. Penktoje talpykloje (79 % drėgnio) metano eksperimento pradžioje buvo 9,7 %, praėjus 38 eksperimento dienoms – 21,4 %. Daugiausia metano tarp šios rūšies atliekų išsiskiria iš talpyklos, kurioje vaisių, daržovių ir mėsos atliekos didžiausio drėgnio (85 %). Eksperimento pradžioje šioje talpykloje nustatyta 10,3 % metano, praėjus 38 eksperimento paroms – 23,6 % (5 pav.).

Deguonies talpyklose su papildomai sudrėkintomis vaisių, daržovių ir mėsos atliekomis bėgant laikui mažėja. Talpykloje, kurioje atliekų drėgnis 75 %, per šias dienas deguonies kiekis sumažėjo nuo 6,3 % iki 0,8 % (37 eksperimento diena). 79 % drėgnio atliekų talpykloje – nuo 6,1 % iki 0,7 %. 85 % drėgnio vaisių, daržovių ir mėsos atliekų talpykloje deguonies kiekis per 37 dienas sumažėjo nuo 5,8 % iki 0,7 %. Deguonies kiekis talpykloje su vaisių, daržovių ir mėsos atliekomis antroje eksperimento pusėje tebe mažėjo. Talpykloje, kurioje šių atliekų drėgnis mažiausias, deguonies sumažėjo nuo 0,7 % iki 0,4 % (paskutinę eksperimento dieną). Talpykloje, kurioje atliekos 79 % drėgnio, – nuo 0,7 % iki 0,3 %. Talpykloje,

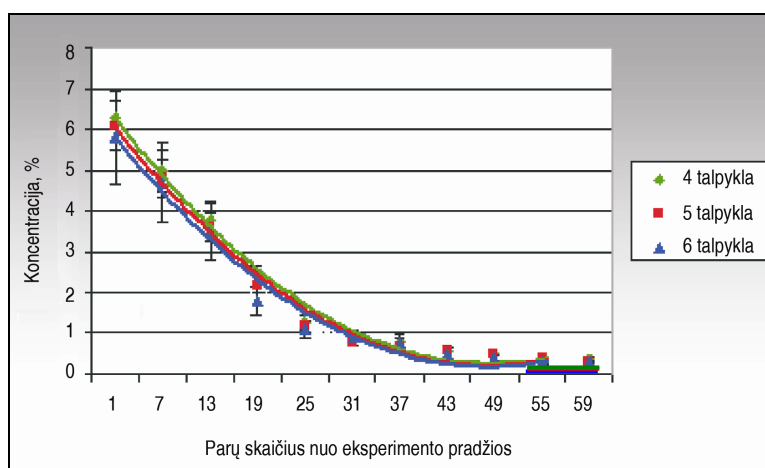
kurioje vaisių, daržovių ir mėsos atliekos 85 % drėgnio, deguonies kiekis pakito nuo 0,6 % (39 eksperimento diena) iki 0,3 % (paskutinę eksperimento dieną) (6 pav.).

Eksperimento pradžioje metano kiekis pirmoje talpykloje siekė 10,1 %, o temperatūra – 16,5 °C. Anaerobiniam procesui išsivyravus, temperatūra talpyklose kilo, kartu didėjo ir išsiskiriančio metano kiekis. Septintąją eksperimento parą temperatūra šioje talpykloje buvo 18,5 °C, metano nustatyta 11,4 %. Įpusėjus eksperimentui, temperatūra pirmoje talpykloje siekė 25 °C, o metano kiekis – 16,3 %. Eksperimento pabaigoje temperatūra talpykloje su 75 % drėgnio vaisių ir daržovių atliekomis siekė 30 °C, metano kiekis – 24,1 %. Talpykloje su vaisių



**5 pav.** Metano kiekio kitimo talpyklose priklausomumas nuo laiko: 4 talpykla – vaisių, daržovių (50 %) bei mėsos (50 %) atliekų drėgnis 75 %; 5 talpykla – vaisių, daržovių (50 %) bei mėsos (50 %) atliekų drėgnis 79 %; 6 talpykla – vaisių, daržovių (50 %) bei mėsos (50 %) atliekų drėgnis 85 %

**Fig 5.** Methane quantity variation in containers subject to time during the experiment: container 4 – waste of fruits, vegetables (50 %) and meat (50 %) with 75 % of moisture; container 5 – waste of fruits, vegetables (50 %) and meat (50 %) with 79 % of moisture; container 6 – waste of fruits, vegetables (50 %) and meat (50 %) with 85 % of moisture

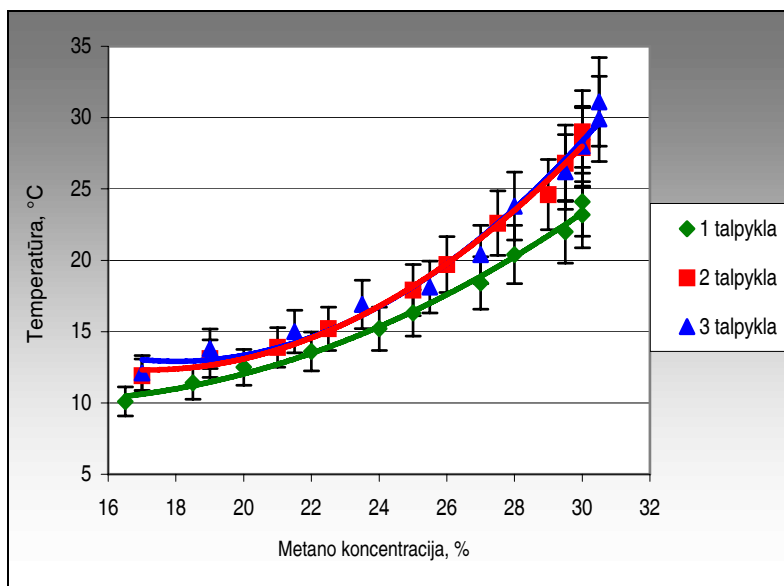


**6 pav.** Deguonies kiekio kitimo talpyklose priklausomumas nuo laiko: 4 talpykla – vaisių, daržovių (50 %) bei mėsos (50 %) atliekų drėgnis 75 %; 5 talpykla – vaisių, daržovių (50 %) bei mėsos (50 %) atliekų drėgnis 79 %; 6 talpykla – vaisių, daržovių (50 %) bei mėsos (50 %) atliekų drėgnis 85 %

**Fig 6.** Oxygen quantity variation subject to time during the experiment: container 4 – waste of fruits, vegetables (50 %) and meat (50 %) with 75 % of moisture; container 5 – waste of fruits, vegetables (50 %) and meat (50 %) with 79 % of moisture; container 6 – waste of fruits, vegetables (50 %) and meat (50 %) with 85 % of moisture

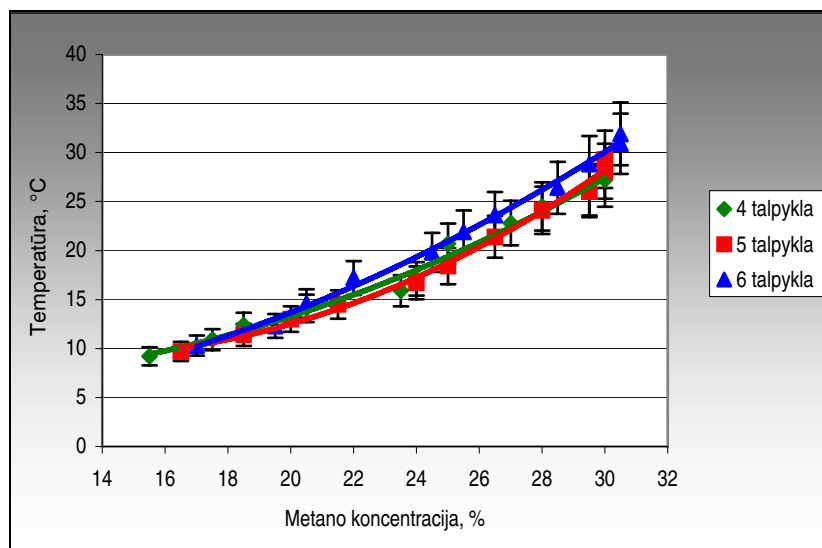
ir daržovių atliekomis, kurių drėgnis 79 %, išsiskiriančio metano kiekis taip pat didėjo didėjant temperatūrai. Eksperimento pradžioje šioje talpykloje nustatyta 17 °C temperatūra ir 11,9 % metano. Praėjus pusei eksperimento laiko, temperatūra antroje talpykloje siekė 26 °C, o metano buvo 19,7 %. Eksperimento pabaigoje temperatūra pakilo iki 30 °C, o išsiskyrusio metano fiksuota 29 %. Talpykloje, kurioje vaisių ir daržovių atliekos 85 % drėg-

nio, metano kiekis padidėjo proporcingai pagal didėjančią temperatūrą. Eksperimento pradžioje šioje talpykloje nustatyta 17 °C temperatūra ir 12,1 % metano. Eksperimento viduryje temperatūra talpykloje siekė 27 °C, o metano buvo 20,4 %. Eksperimento pabaigoje šioje talpykloje užfiksuota 30,5 °C temperatūra, o išsiskyrusio metano buvo 31,1 % (7 pav.). Talpyklose su vaisių, daržovių ir mėsos atliekomis išsiskiriančio metano kiekis



**7 pav.** Metano koncentracijos kitimo priklausomumas nuo temperatūros: 1 talpykla – vaisių ir daržovių atliekų drėgnis 75 %; 2 talpykla – vaisių ir daržovių atliekų drėgnis 79 %; 3 talpykla – vaisių ir daržovių atliekų drėgnis 85 %

**Fig 7.** Methane quantity variation in containers subject to temperature: container 1 – waste of fruits and vegetables with 75 % of moisture; container 2 – waste of fruits and vegetables with 79 % of moisture; container 3 – waste of fruits and vegetables with 85 % of moisture



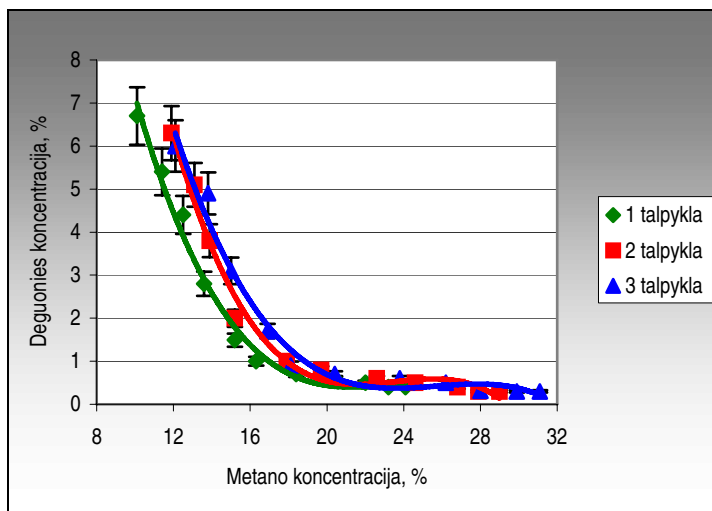
**8 pav.** Metano koncentracijos kitimo priklausomumas nuo temperatūros: 4 talpykla – vaisių, daržovių (50 %) bei mėsos (50 %) atliekų drėgnis 75 %; 5 talpykla – vaisių, daržovių (50 %) bei mėsos (50 %) atliekų drėgnis 79 %; 6 talpykla – vaisių, daržovių (50 %) bei mėsos (50 %) atliekų drėgnis 85 %

**Fig 8.** Methane quantity variation in containers subject to temperature: container 4 – waste of fruits, vegetables (50 %) and meat (50 %) with 75 % of moisture; container 5 – waste of fruits, vegetables (50 %) and meat (50 %) with 79 % of moisture; container 6 – waste of fruits, vegetables (50 %) and meat (50 %) with 85 % of moisture

taip pat didėjo didėjant temperatūrai. Talpykloje, kurioje vaisių, daržovių ir mėsos atliekos 75 % drėgnio, eksperimento pradžioje nustatyta 9,2 % metano, įpusėjus eksperimentui – 17,1 %, o eksperimento pabaigoje – 27,2 %. Talpykloje su šiomis 79 % drėgnio atliekomis eksperimento pradžioje buvo 9,7 % metano, viduryje – 18,4 %, o eksperimento pabaigoje – 29,3 %. Talpykloje su 85 % drėgnio vaisių, daržovių ir mėsos atliekomis metano eksperimento pradžioje buvo 10,3 %, įpusėjus eksperimentui – 21,9 %, o eksperimento pabaigoje – 31,9 %. Temperatūra šiose talpyklose per visą eksperimento laiką didėjo (8 pav.).

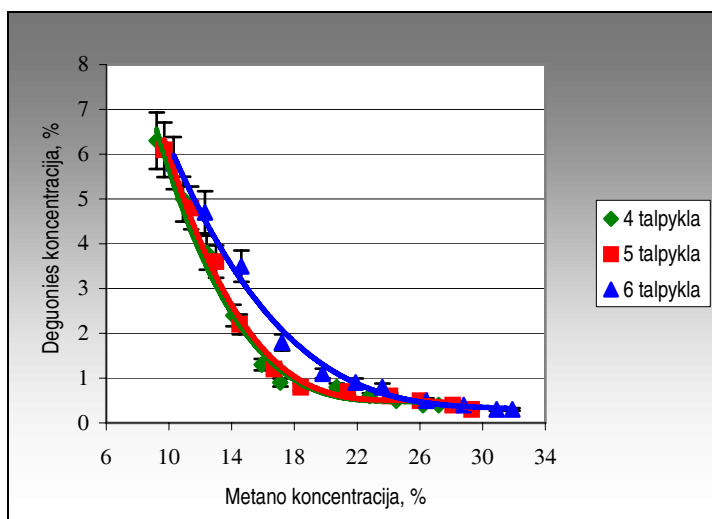
Deguonies koncentracija atliekų talpyklose viso eksperimento metu mažėjo. Pirmoje talpykloje su 75 %

drėgnio vaisių ir daržovių atliekomis, eksperimento pradžioje nustatyta 6,7 % deguonies, eksperimento viduryje – 1,0 %, o eksperimento pabaigoje – 0,4 %. Antroje talpykloje, kurioje vaisių ir daržovių atliekos 79 % drėgnio, eksperimento pradžioje deguonies buvo 6,3 %, eksperimento viduryje – 0,8 %, o paskutinę eksperimento dieną – 0,3 %. Talpykloje, kurioje buvo stebimos 85 % drėgnio vaisių ir daržovių atliekos, nustatytas mažiausias deguonies kiekis. Eksperimento pradžioje šioje talpykloje deguonies buvo 6,0 %, eksperimento viduryje – 0,7 %, o eksperimento pabaigoje – 0,3 %. Šioje talpykloje nustatyta daugiausia išsiskiriančio metano ir mažiausiai deguonies (9 pav.).



**9 pav.** Deguonies koncentracijos kitimo priklausomumas nuo metano kiekio: 1 talpykla – vaisių ir daržovių atliekų drėgnis 75 %; 2 talpykla – vaisių ir daržovių atliekų drėgnis 79 %; 3 talpykla – vaisių ir daržovių atliekų drėgnis 85 %

**Fig 9.** Oxygen quantity variation subject to methane quantity: container 1 – fruit and vegetable waste with 75 % of moisture; container 2 – fruit and vegetable waste with 79 % of moisture; container 3 – fruit and vegetable waste with 85 % of moisture



**10 pav.** Deguonies koncentracijos kitimo priklausomumas nuo metano kiekio: 4 talpykla – vaisių, daržovių (50 %) bei mėsos (50 %) atliekų drėgnis 75 %; 5 talpykla – vaisių, daržovių (50 %) bei mėsos (50 %) atliekų drėgnis 79 %; 6 talpykla – vaisių, daržovių (50 %) bei mėsos (50 %) atliekų drėgnis 85 %

**Fig 10.** Oxygen quantity variation subject to methane quantity: container 4 – waste of fruits, vegetables (50 %) and meat (50 %) with 75 % of moisture; container 5 – waste of fruits, vegetables (50 %) and meat (50 %) with 79 % of moisture; container 6 – waste of fruits, vegetables (50 %) and meat (50 %) with 85 % of moisture



Stebimų vaisių, daržovių ir mėsos atliekų talpyklose deguonies taip pat mažėjo. Talpykloje, kurioje šios rūšies atliekų drėgnis 75 %, eksperimento pradžioje nustatyta 6,3 % deguonies. Eksperimento viduryje tas kiekis sumažėjo iki 0,9 %, o eksperimento pabaigoje buvo 0,4 %. Talpykloje su 79 % drėgnio vaisių, daržovių ir mėsos atliekomis deguonies eksperimento viduryje buvo 0,8 %, o eksperimento pabaigoje – 0,3 %. Talpykloje, kurioje atliekos 85 % drėgnio, nustatytas mažiausias išsiskiriančio deguonies kiekis. Eksperimento pradžioje šioje talpykloje užfiksuota 5,8 % deguonies, įpusėjus eksperimentui – 0,8 %, o paskutinę eksperimento dieną – 0,3 %. Šioje talpykloje nustatyta daugiausia išsiskyrusio metano ir mažiausiai deguonies (10 pav.).

#### 4. Išvados

1. Eksperimento trukmė – 60 parų. Pradinė atliekų temperatūra 15–16,5 °C. Per eksperimento laikotarpį temperatūra talpyklose pakilo iki 31 °C. Eksperimento metu buvo stebimos dviejų rūšių skirtingo drėgnio (75 %, 79 % ir 85 %) atliekos.

2. Deguonies kiekis talpyklose per visą eksperimentą mažėjo ir eksperimento pabaigoje jose užfiksuota 0,3–0,5 % deguonies.

3. Mažiau deguonies nustatyta talpyklose su vaisių, daržovių ir mėsos atliekomis. Eksperimento pradžioje – 5,8–6,3 %, eksperimento pabaigoje – 0,3–0,4 %.

4. Mažiausias išsiskiriančio metano kiekis šio eksperimento metu nustatytas talpyklose, kuriose buvo vaisių ir daržovių atliekos. Mažiausiai metano tarp šių atliekų išsiskyrė iš talpyklos, kurioje buvo 75 % drėgnio atliekos – 24,1 %, daugiausiai – iš talpyklos su 85 % drėgnio atliekomis – 31,1 % metano.

5. Iš 75 % drėgnio vaisių, daržovių ir mėsos atliekų eksperimento pabaigoje išsiskyrė 27,2 % metano, iš 79 % drėgnio šių atliekų – 29,3 %, iš 85 % drėgnio – 31,9 % metano.

6. Daugiau metano išsiskyrė talpyklose su vaisių ir daržovių atliekomis, palyginti nei talpyklose, kuriose buvo vaisių, daržovių ir mėsos atliekos.

7. Didėjant temperatūrai iš atliekų išsiskyrusio metano kiekis taip pat didėja. Deguonies kiekis talpyklose didėjant išsiskiriančio metano kiekiui mažėja.

8. Atlikus eksperimentą nustatyta, kad 50 litrų talpyklose, kuriose yra 85 % drėgnio atliekos, išsiskiriančio metano kiekis didėja greičiau nei kitose talpyklose. Lėčiausiai išsiskiriančio metano kiekis didėja talpyklose, kuriose laikomos 75 % drėgnio atliekos.

#### Literatūra

1. Amalendu Bagchi. Design of landfills and integrated solid waste management. Third edition. John Waley & Sons, Canada, 2004, p 293–330.
2. Navikas, K. Biodujų jėgainės energetikai, ūkiui ir aplinkai. [http://www.manoukis.lt/index.php?open=zurnalai&sub=straipsnis&nav=&st\\_id=435&lang=&zurnalo\\_id=23&ban\\_id=1](http://www.manoukis.lt/index.php?open=zurnalai&sub=straipsnis&nav=&st_id=435&lang=&zurnalo_id=23&ban_id=1)
3. Willumsen, H. C. Energy recovery from landfill gas in Denmark and worldwide. Iš: Tarptautinio seminaro „Sąvartynų dujų naudojimas energijos gamybai“ medžiaga. Kaunas, 2001, p 22–33.
4. Kriščiūnas, V. Kariotiškių sąvartyno dujų naudojimo variantai. Iš: Tarptautinio seminaro „Sąvartynų dujų naudojimas energijos gamybai“ medžiaga. Kaunas, 2001, p 79–87.
5. Diliūnas, J.; Kaminskas, M. Kauno buitinių atliekų sąvartyno Lapėse dujos. Kariotiškių sąvartyno dujų naudojimo variantai. Iš: Tarptautinio seminaro „Sąvartynų dujų naudojimas energijos gamybai“ medžiaga. Kaunas, 2001, p 89–96.
6. Den Boer, E.; den Boer, J.; Jager, J. Lietuviška redakcija: Denafas, G.; Rimaitytė, I.; Račys, V.; Kliučininkas, L. Atliekų tvarkymo planavimas ir optimizavimas. Komunalinių atliekų susidarymo prognozavimo ir atliekų tvarkymo sistemų tvarumo vertinimo vadovas. Kaunas: Technologija, 2005. 304 p.
7. Staniškis, J. K. Integruota atliekų vadyba. Kaunas: Technologija, 2004. 368 p.
8. Rimkevičius, A. Infekuotų medicininių atliekų tvarkymo problemos Vilniuje ir galimi sprendimo būdai. *Aplinkos inžinerija*, 2002, X t., Nr. 2, p 1a–1h.
9. Dietrich, G.; Winter, J. Anaerobic degradation of chlorophenol by an enrichment culture. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 1990, 34, p 253–258.
10. Baltrėnas, P.; Raistenskis, E.; Zigmontienė, A. Organinių atliekų biodegradacijos proceso metu išsiskiriančių biodujų eksperimentiniai tyrimai. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 2004, Vol XII, Supplement 1, p 3–9.
11. Danijos aplinkos apsaugos agentūra, Lietuvos Respublikos Aplinkos ministerija, Vilniaus miesto savivaldybė. Fabijoniškių sąvartynas: pavojaus aplinkai vertinimas ir dujų utilizavimas. Baigiamosios ataskaitos II dalis: ekohidrogeologiniai ir dujų tyrimai. Vilnius, 1998. 70 p.
12. Vrubliauskas, S. Sąvartynų dujos ir jų naudojimas. Iš: Tarptautinio seminaro „Sąvartynų dujų naudojimas energijos gamybai“ medžiaga. Kaunas, 2001, p 9–14.
13. Savickas, J. Biodujų gamyba iš organinių atliekų. <http://ausis.gf.vu.lt/mg/nr/2001/06/06duj.html>
14. Baltrėnas, P.; Jankaitė, A.; Raistenskis, E. Natūralių biodegradacijos procesų, vykstančių maisto atliekose, eksperimentiniai tyrimai. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 2005, Vol XIII, No 4, p 167–176.

#### EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF BIODEGRADATION PROCESSES IN FOOD WASTE WITH DIFFERENT AMOUNTS OF MOISTURE

P. Baltrėnas, A. Jankaitė, E. Raistenskis

##### Abstract

The today's world faces a rapid increase of population and thus a growing amount of generated waste. Unsorted municipal waste is transported to landfills. The negative environmental impact of a landfill is related with generated odours, polluted



leachate and waste itself. Most of present landfills do not meet minimal environmental and sanitary requirements, i.e. most of landfills do not have an installed leachate collection system. In Lithuania waste management is related with many problems. The municipal waste collection system is inefficient, and the equipment is outdated. Large amounts of recyclable waste materials mixed with other wastes are still disposed in landfills. Aiming to use anaerobic digestion technologies for organic waste and minimize their negative environmental impact, recyclables need to be separated. The paper gives information about experimental investigation with fruit, vegetable and meat waste humidified with addition of moisture to 75 %, 79 % and 85 %. The experiment lasted for 60 days, and the concentration of methane and oxygen as well as temperature changes in vessels were observed. The results showed that in 50 l containers of mixed waste set with moisture to 85 % higher amounts of methane were produced than in those humidified with less water.

**Keywords:** organic waste, biodegradation, methane, oxygen, moisture.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ БИОДЕГРАДАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ, ПРОИСХОДЯЩИХ В КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДАХ ПРИ РАЗНОМ КОЛИЧЕСТВЕ ВЛАГИ В НИХ

**П. Балтрėнас, А. Янкайте, Э. Растянский**

### Резюме

В современном мире с увеличением населения планеты увеличивается и количество отходов. Несортированные коммунальные отходы попадают на свалки. Негативное воздействие на окружающую среду оказывают распространяющиеся из свалок газы, загрязненные сточные воды и сами отходы. Многие свалки не соответствуют даже элементарным правилам защиты среды и санитарно-гигиеническим нормам (например, на свалках не установлены системы для сбора фильтрата). Упорядочение отходов в Литве вызывает много проблем. Системы сбора коммунальных отходов не эффективны, оборудование устарело. Многие отходы, которые могут быть использованы в качестве вторичного сырья, попадают на свалки. Для того, чтобы можно было применить анаэробные технологии обработки отходов и уменьшить их вредное воздействие на окружающую среду, отходы требуется сортировать.

В статье описано экспериментальное исследование отходов фруктов, овощей и мяса при разном количестве влаги в них (до 75 %, 79 % и 85 %). В течение эксперимента, который длился 60 суток, наблюдались концентрации метана и кислорода, фиксировалась температура во вместилищах. Установлено, что во вместилищах с 50 литрами разных отходов с увеличением количества влаги до 85 % концентрации выделяющегося метана выше, чем при меньшем количестве влаги.

**Ключевые слова:** органические отходы, биodeградация, метан, кислород.

**Pranas BALTRĖNAS.** Dr Habil, Prof and head of Dept of Environmental Protection, Vilnius Gediminas Technical University (VGTU).

Doctor Habil of Science (air pollution), Leningrad Civil Engineering Institute (Russia), 1989. Doctor of Science (air pollution), Ivanov Textile Institute (Russia), 1975. Employment: Professor (1990), Associate Professor (1985), senior lecturer (1975), Vilnius Civil Engineering Institute (VISI, now VGTU). Publications: author of 13 monographs, 24 study-guides, over 320 research papers and 67 inventions. Honorary awards and membership: prize-winner of the Republic of Lithuania (1994), a corresponding Member of the Ukrainian Academy of Technological Cybernetics, a full Member of International Academy of Ecology and Life Protection. Probation in Germany and Finland. Research interests: air pollution, pollutant properties, pollution control equipment and methods.

**Audronė JANKAITĖ.** Master, doctoral student (since 2003), Dept of Environmental Protection, Vilnius Gediminas Technical University (VGTU).

Master of Science (environmental protection engineering) (2003), Bachelor of Science (environmental engineering) (2001), VGTU. Research interests: environmental protection, soil pollution with heavy metals, waste management.

**Ervinas RAISTENSKIS.** Master of Science (environmental protection engineering) (2001), Bachelor of Science (environmental engineering) (1999), VGTU. Research interests: waste, waste management.

