



## NATŪRALIŲ BIODEGRADACIJOS PROCESŲ, VYKSTANČIŲ MAISTO ATLIEKOSE, EKSPERIMENTINIAI TYRIMAI

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

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Aplinkos apsaugos katedra,  
Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius-40, Lietuva*  
El. paštas: <sup>1</sup> pbalt@ap.vtu.lt; <sup>2</sup> audronej@ap.vtu.lt; <sup>3</sup> ervinas@laaif.lt

*Įteikta 2005 09 15; priimta 2005 09 28*

**Santrauka.** Pasaulyje kasmet susidaro milijonai tonų įvairiausių organinių atliekų. Tačiau biodujų gamybai tinka tik tam tikra jų dalis, kita dalis dėl įvairių priežasčių negali būti panaudota biodujoms gaminti ir yra įvairiais metodais utilizuojama arba kaupiama sąvartynuose. Mūsų šalyje susidaranti organinės atliekos dažnai yra sumaišomos su kalnais įvairiausių kitos rūšies buitinių bei gamybinių atliekų. Todėl, norint sėkmingai pritaikyti anaerobinio organinių atliekų apdorojimo technologijas ir kuo labiau sumažinti šių atliekų kenksmingą poveikį aplinkai bei gauti didžiausią ekonominį efektyvumą, šias atliekas būtina rūšiuoti (geriausia iš pat pradžių jų nesumaišyti su kitomis atliekomis). Aprašomi eksperimentiniai tyrimai su vaisių, daržovių ir mėsos atliekomis, atlikti jas sluoksniuojant su pjuvenomis ir keramzitu. Eksperimento metu stebimos išsiskiriančio metano bei deguonies koncentracijos ir fiksuojami temperatūrų pokyčiai talpyklose. Nustatyta, kad biodegradacijos procesas lėtėja atliekas sluoksniuojant su keramzitu.

**Raktažodžiai:** metanas, deguonis, temperatūra, organinės atliekos, biodegradacija.

## EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF BIODEGRADATION PROCESSES IN FOOD WASTE

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

*Dept of Environmental Protection, Vilnius Gediminas Technical University,  
Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius-40, Lithuanian*  
E-mail: <sup>1</sup> pbalt@ap.vtu.lt; <sup>2</sup> audronej@ap.vtu.lt; <sup>3</sup> ervinas@laaif.lt

*Received 15 Sept 2005; accepted 28 Sept 2005*

**Abstract.** Millions of tons of different organic waste form in the world every year, but only a little part of waste is suitable for biogas production, while its rest part can't be used for biogas production because of different reasons and is utilized using other methods or deposited in landfills. Organic waste, produced in our country, is mixed very often with different kinds of municipal or industrial waste. For a successful use of anaerobic organic waste treatment technologies, a maximal decrease of its harmful effect on the environment, and reaching of a maximum economic efficiency, it is necessary to sort organic waste (or better, not to mix it with other inorganic waste from the very start). Experimental investigation with fruit, vegetable and meat waste are presented in the paper. The aim of the investigation was to observe the concentrations of released methane and oxygen gases as well as to measure temperature changes.

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

## 1. Įvadas

Svarbiausi ilgalaikiai atliekų tvarkymo tikslai – sukurti aplinkosaugos ir ekonominiu požiūriu tinkamiausią nepavojingų ir pavojingų atliekų tvarkymo sistemą, sumažinti atliekų srautus ir neigiamą atliekų poveikį aplinkai bei žmonių sveikatai, užtikrinti racionalų jų naudojimą antiriniam perdirbimui ir energetikai [1]. Atliekų tvarkymo sistema turi atitikti tvariosios plėtros principą, dabartinės kartos poreikius tenkinti nepažeidžiant galimybės įgyvendinti savo reikmes ateinančioms kartoms. Kitaip tariant, tvarioji plėtra yra ekonominio augimo skatinimas, nepažeidžiant harmonijos su aplinka [2].

Pasaulyje kasmet susidaro milijonai tonų įvairiausių atliekų. Tačiau biodujoms gaminti tinka tik tam tikra atliekų dalis, o kita dalis dėl įvairių priežasčių tam negali būti panaudota ir yra įvairiais metodais utilizuojama arba kaupiama sąvartynuose [3]. Dėl netinkamo medicininių atliekų tvarkymo žmonėms bei gyvūnams kyla užkrato grėsmė [4]. Nerūšiuotos komunalinės atliekos patenka į eksploatuojamus sąvartynus. Dauguma sąvartynų neatitinka net elementarių aplinkosauginių ir sanitarinių-higieninių reikalavimų, pavyzdžiui, sąvartynuose neįrengtos filtrato surinkimo bei dujų išsiurbimo sistemos [5]. Filtratas susidaro krituliams ir kitiems skysčiams migruojant per atliekų sluoksnį. Tai yra koncentruotas teršalas ir, nekontroliuojamas patekęs į gruntą, gali labai užteršti gruntinius vandenius. Sąvartynų dujos susidaro mikroorganizmams skaidant organines atliekas anaerobinėje (be deguonies) aplinkoje. Šių dujų sudėtyje yra apie 40–60 % metano, o kitą dalį sudaro anglies dvideginis ir nedideli kiekiai, dažniausiai tik procento dalys, kitų cheminių junginių. 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. Todėl į atmosferą patekusios sąvartynų dujos kenkia aplinkai – stiprėja šiltnamio efektas, gali kilti sprogimų ir gaisrų, kenkia augalams bei kelia pavojų žmonių sveikatai [6]. Per pastaruosius 25 metus buvo sukurta ir pastatyta sąvartynų dujas surenkančių bei naudojančių įmonių. Šias dujas surenkant mažėja metano emisijos į aplinką, silpnėja šiltnamio efektas. Sąvartynų dujos pakeičia iškastinį kūrą, kaip anai: nafta, anglis ar gamtinės dujos, – kurį deginant stiprėja šiltnamio efektas. Surenkant sąvartynų dujas taip pat daugiau ar mažiau sumažinama sprogimo galimybė [7].

Sąvartyno dujų neutralizavimo būdas parenkamas pagal jų kiekį, sudėtį, galimą energijos vartotoją ir atsižvelgiant į kitus techninius bei ekonominius veiksnius, įvertinamus pirmiausiai ištyrus dujų kiekį (išteklius) ir sudėtį [8].

Organinės atliekos – organinės kilmės atliekos, susidaranti namų ūkyje arba gamyboje, tinkamos kompostuoti [9]. Eksperimento tikslas – nustatyti organinių atliekų biodegradacijos metu išsiskiriančių biodujų kiekius ir koncentracijas, optimizuojant anaerobinės destrukcijos sąlygas.

## 2. Tyrimų metodika

Tyrimai atliekami laboratorinėmis sąlygomis. Eksperimentams pasirenkamos trijų rūšių organinės kilmės atliekos:

- vaisių ir daržovių perdirbimo atliekos;
- mišrios maisto ir vaisių bei daržovių atliekos;
- mėsos pramonės atliekos.

Organinės atliekos dedamos į 50 l talpos uždarus indus, kuriuose sukuriama anaerobinė sąlyga. Eksperimento metu, vykstant biodestrukcijai, nustatomi susidariusių biodujų kiekiai ir koncentracijos. Eksperimentinio tyrimo įrangos schema pateikta 1 pav.

Naudojami prietaisai:

- 50 l talpos hermetiški indai;
- termometrai;
- psichrometras;
- dujų matavimo prietaisais GD/MTG-7, kurio matavimo ribos: deguonies – 0–25 %; sieros vandenilio – 0–50 ppm; metano – 0–40 % ŽSR (žemiau sprogimo ribos). Atsiradus sprogimo rizikai, prietaisu galima matuoti toliau, tačiau jis pradeda skleisti išpėjamuosius signalus.

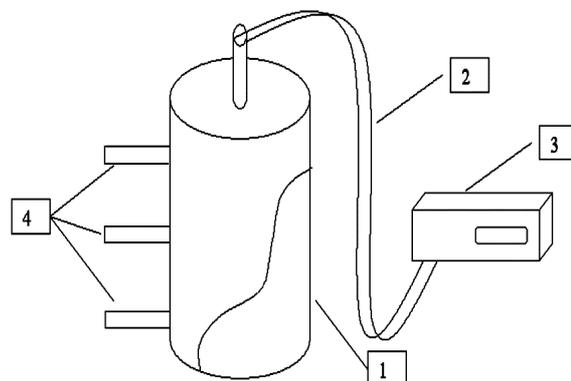
Klimatinės prietaiso veikimo sąlygos: aplinkos temperatūra: – 5 – + 40 °C, santykinė drėgmė – iki 95 %.

Eksperimentas atliekamas dviem etapais:

1. Vaisių, daržovių ir mėsos atliekų eksperimentiniai tyrimai: eksperimento metu pripildytos talpyklos laikomos hermetiškoje aplinkoje. Fiksuojama biodestrukcijos proceso trukmė, išsiskiriančio metano ir deguonies koncentracijos bei temperatūros pokyčiai.

2. Organinių atliekų irimo proceso eksperimentiniai tyrimai, kaip priedus naudojant pjuvenas ir keramzitą. Šių priedų sluoksnių storis – 5 cm. Sluoksniuojama dedant 10 cm sluoksnį atliekų ir 5 cm sluoksnį priedų. Fiksuojamas biodestrukcijos proceso laikas ir išsiskiriančio metano bei deguonies koncentracijos, temperatūros pokyčiai.

Eksperimento trukmė – 92 paros. Patalpoje palaikoma pastovi 20 °C temperatūra, drėgmės kiekis patalpoje



**1 pav.** Eksperimentinio tyrimo įrangos schema: 1 – talpykla su organinėmis atliekomis, 2 – biodujų siurbimo zondas, 3 – dujų analizatorius, 4 – termometrai

**Fig 1.** Pilot test bench: 1 – container with organic waste; 2 – biogas pumping probe; 3 – gas analyser; 4 – thermometers

kinta nuo 77 iki 79 %. Viso eksperimento metu tiriamos keturių rūšių atliekos jas sluoksniuojant su pjuvenomis ir keramzitu:

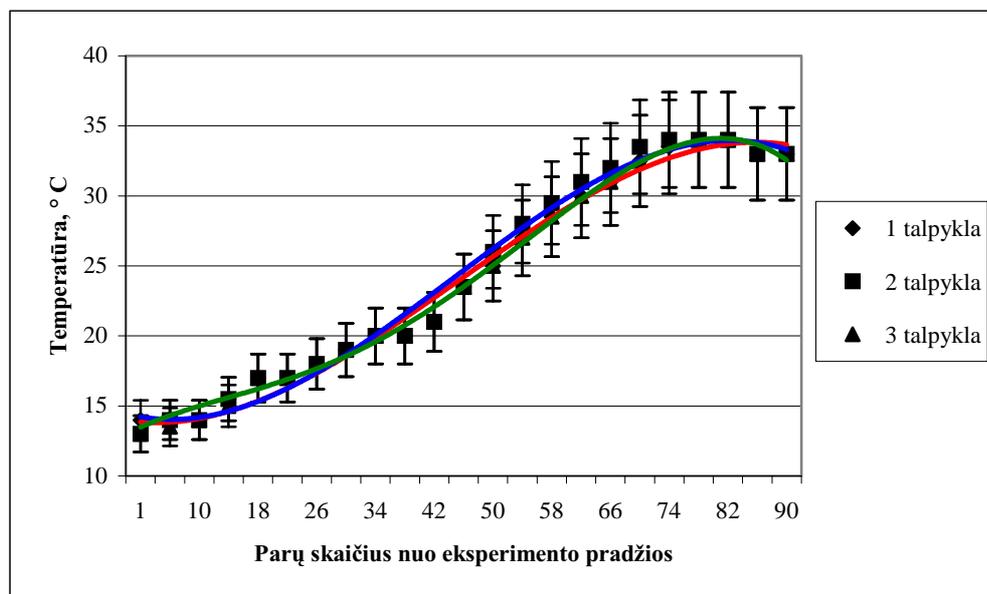
- 1 talpykla – vaisių ir daržovių atliekos, sluoksniuotos su pjuvenomis;
- 2 talpykla – vaisių ir daržovių atliekos, sluoksniuotos su keramzitu;
- 3 talpykla – vaisių ir daržovių atliekos be užpildų;
- 4 talpykla – vaisių, daržovių bei mėsos atliekos be užpildų;
- 5 talpykla – vaisių, daržovių bei mėsos atliekos, sluoksniuotos su keramzitu;
- 6 talpykla – vaisių, daržovių bei mėsos atliekos, sluoksniuotos su pjuvenomis;
- 7 talpykla – mėsos atliekos, sluoksniuotos su keramzitu;
- 8 talpykla – mėsos atliekos, sluoksniuotos su pjuvenomis;
- 9 talpykla – mėsos atliekos be užpildų.

### 3. Eksperimento rezultatai

Temperatūra talpyklose, kuriose sudėtos vaisių ir daržovių atliekos be užpildų ir su jais, per visą eksperimento laiką pakito nuo 12 °C iki 34 °C. Per pirmąsias keturias eksperimento savaites temperatūra talpyklose pakilo nuo 13 °C iki 18 °C. Sparčiau temperatūra kilti pradėjo eksperimento viduryje (22–74-ą dienomis). Penktą – aštuntą eksperimento savaitę temperatūra talpyklose pakilo nuo 18 °C iki 28,5 °C. Iš pradžių temperatūra kilo pamažu, nuo 40 dienos – ryškiau. Pirmoje talpykloje, kurioje vaisių ir dar-

žovių atliekos sluoksniuotos su pjuvenomis, temperatūra pakito nuo 18 °C iki 27,5 °C. Antroje talpykloje (vaisių ir daržovių atliekos sluoksniuotos su keramzitu) temperatūra nuo 18 °C pakilo iki 28,5 °C. Trečioje (vaisių ir daržovių atliekos be užpildų) temperatūra kilo panašiai kaip ir pirmoje talpykloje – 56 paros pabaigoje fiksuota 27,5 °C temperatūra. Per 56–87 eksperimento dienas talpyklose, kuriose tiriamos vaisių ir daržovių atliekos su užpildais ir be jų, temperatūra pakilo nuo 28 °C iki 33 °C. Temperatūra iki 76 eksperimento dienos dar kilo, tačiau vėliau nustojo kilti ir laikėsi 34 °C. Nuo 84 paros truputį sumažėjo ir laikėsi 33 °C. Visose trijose talpyklose temperatūra kilo analogiškai (2 pav.).

Pirmąsias 25 eksperimento dienas temperatūra talpyklose, kuriose sudėtos vaisių, daržovių ir mėsos atliekos be užpildų ir su jais, pakilo nuo 14 °C iki 18 °C. Eksperimento pradžioje temperatūra kilo nežymiai, vėliau sparčiau. Temperatūra nustojo kilusi 18–25 dienomis. Per kitas 30 parų talpyklose temperatūra kito nuo 18 °C iki 28,5 °C. Ketvirtoje talpykloje (vaisių, daržovių ir mėsos atliekos be užpildų) – nuo 18 °C iki 28,5 °C, penktoje (vaisių, daržovių ir mėsos atliekos sluoksniuotos su keramzitu) – taip pat kaip ir ketvirtoje – nuo 18 °C iki 28,5 °C. Šeštoje talpykloje (vaisių, daržovių ir mėsos atliekos sluoksniuotos su pjuvenomis) temperatūra pakilo nuo 18 °C iki 28 °C. Talpyklose, kuriose tiriamos vaisių, daržovių ir mėsos atliekos su užpildais ir be jų, temperatūra per 57–86 eksperimento paras pakilo nuo 28,5 °C iki 33 °C. Iki 72 paros temperatūra kilo, tačiau vėliau stabilizavosi ir laikėsi 34 °C. Nuo 84 eksperimento paros truputį sumažėjo iki 33 °C. Visose trijose talpyklose (vaisių,



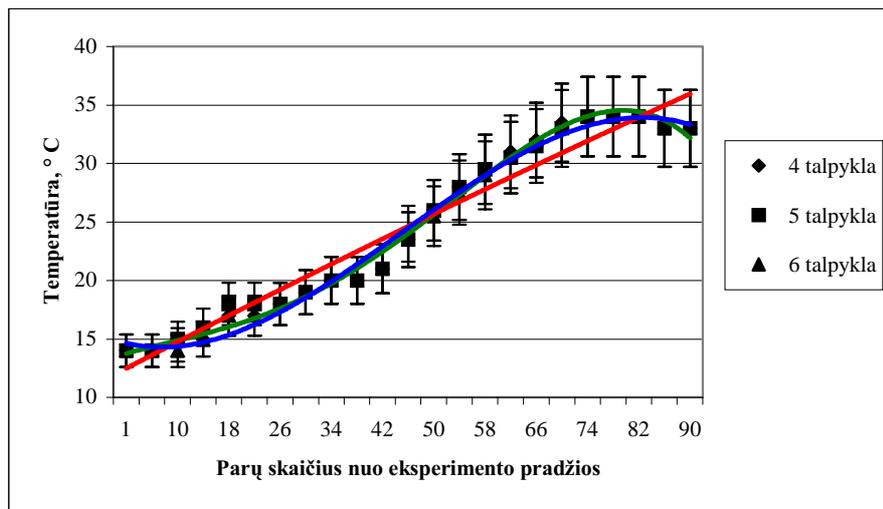
**2 pav.** Temperatūros kitimo talpyklose priklausomybė nuo laiko per visą eksperimento trukmę: 1 talpykla – vaisių ir daržovių atliekos sluoksniuotos su pjuvenomis; 2 talpykla – vaisių ir daržovių atliekos sluoksniuotos su keramzitu; 3 talpykla – vaisių ir daržovių atliekos be užpildų

**Fig 2.** Temperature variation in containers with time during experiment: container 1 – fruit and vegetable waste layered with sawdust; container 2 – fruit and vegetable waste layered with expanded clay; container 3 – fruit and vegetable waste without stuff (filling)

daržovių ir mėsos atliekos be užpildų, vaisių, daržovių ir mėsos atliekos sluoksniuotos su keramzitu, bei vaisių, daržovių ir mėsos atliekos sluoksniuotos su pjuvenomis) temperatūros kilimas bei stabilizavimasis iš esmės yra vienodas. Talpyklose, kuriose buvo tiriamos vaisių, daržovių ir mėsos atliekos su užpildais ir be jų, temperatūra eksperimento pabaigoje buvo 33 °C (3 pav.).

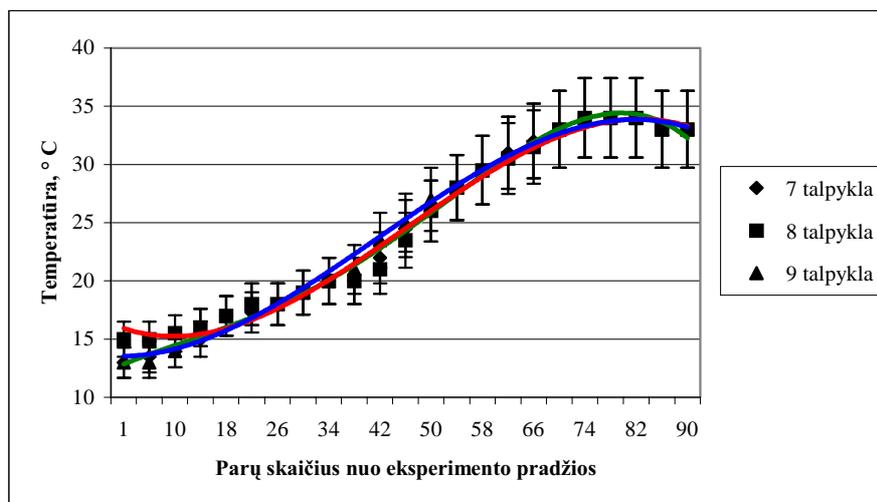
Per pirmąsias 25 eksperimento dienas temperatūra talpyklose, kuriose sudėtos mėsos atliekos su užpildais ir be jų, pakilo nuo 13 °C iki 18 °C. Didesnis temperatūros kilimas pastebėtas nuo 14 dienos. Talpyklose per kitas 30 eksperimento parų – kito nuo 18 °C iki 28,5 °C. Visose

trijose talpyklose (mėsos atliekos, mėsos atliekos, sluoksniuotos su keramzitu, ir mėsos atliekos, sluoksniuotos su pjuvenomis) temperatūra kilo beveik vienodai. Talpykloje, kurioje laikomos mėsos atliekos be užpildų, 35 eksperimento dieną ji buvo 1 °C didesnė nei kitose dviejose šios rūšies atliekų talpyklose, tačiau šių parų pabaigoje visose trijose talpyklose temperatūra tapo vienoda – 28,5 °C. Talpyklose, kuriose tiriamos mėsos atliekos ir su užpildais, ir be jų, temperatūra per 57–86 eksperimento paras pakilo nuo 29 °C iki 34 °C. Iš pradžių temperatūra kilo, tačiau 73 dieną nustojo kilti ir laikėsi 34 °C. Nuo 84 dienos temperatūra nukrito 1 °C ir laikėsi 33 °C (4 pav.).



**3 pav.** Temperatūros kitimo talpyklose priklausomybė nuo laiko per visą eksperimento trukmę: 4 talpykla – vaisių, daržovių ir mėsos atliekos be užpildų; 5 talpykla – vaisių, daržovių ir mėsos atliekos sluoksniuotos su keramzitu; 6 talpykla – vaisių, daržovių ir mėsos atliekos sluoksniuotos su pjuvenomis

**Fig 3.** Temperature variation in containers with time during experiment: container 4 – fruit, vegetable and meat waste without stuff (filling); container 5 – fruit, vegetable and meat waste layered with expanded clay; container 6 – fruit, vegetable and meat waste layered with sawdust



**4 pav.** Temperatūros kitimo talpyklose priklausomybė nuo laiko per visą eksperimento trukmę: 7 talpykla – mėsos atliekos sluoksniuotos su keramzitu; 8 talpykla – mėsos atliekos sluoksniuotos su pjuvenomis; 9 talpykla – mėsos atliekos be užpildų

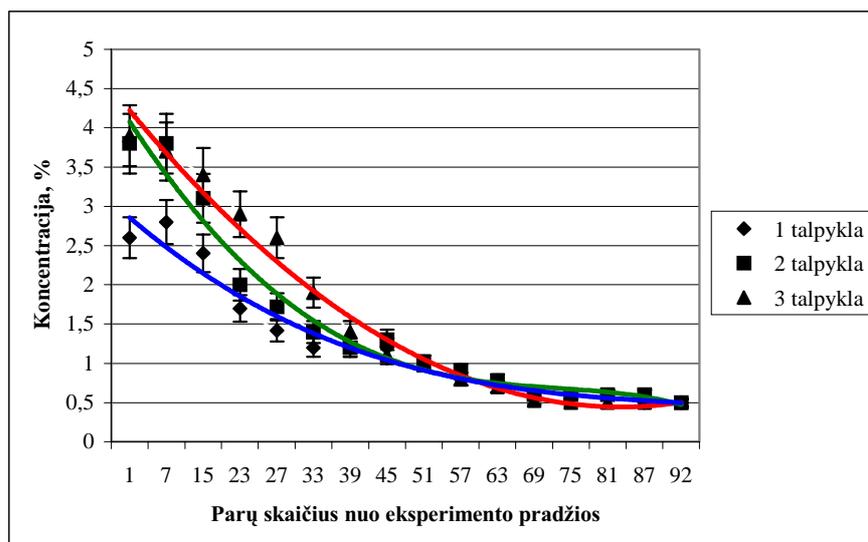
**Fig 4.** Temperature variation in containers with time during experiment: container 7 – meat waste layered with expanded clay; container 8 – meat waste layered with sawdust; container 9 – meat waste without stuff (filling)

Iš talpyklos, kurioje buvo sudėtos vaisių ir daržovių atliekos, sluoksniuotos su pjuvenomis, išsiskiriančio deguonies kiekis nuo 2,6 % eksperimento pradžioje sumažėjo iki 0,5 % eksperimento pabaigoje. Iš tų pačių atliekų, sluoksniuotų su keramzitu, deguonies kiekis nuo 3,8 % sumažėjo iki 0,5 %. Vaisių ir daržovių atliekos be užpildų eksperimento pradžioje išskyrė 3,9 % deguonies, eksperimento pabaigoje – 0,5 %. Talpyklose deguonies mažėjo: 1 talpykloje – nuo 2,6 % eksperimento pradžioje iki 1,3 % praėjus 25 dienoms nuo stebėjimų pradžios; 2 talpykloje – nuo 3,8 % iki 1,8 %; 3 talpykloje – nuo 3,9 % iki 2,8 %. Deguonies kiekis pirmoje talpykloje (vaisių ir daržovių atliekos sluoksniuotos su pjuvenomis) šio periodo eigoje pakito nuo 1,3 % iki 0,9 %. Talpykloje, kurioje buvo vaisių ir daržovių atliekos, sluoksniuotos su keramzitu, deguonies sumažėjo nuo 1,4 % iki 0,9 %. Talpykloje, kurioje vaisių ir daržovių atliekos tirtos be užpildų, deguonies kiekis pakito nuo 2,6 % 26 eksperimento dieną iki 0,9 % 55 eksperimento dieną. Deguonies kiekis nustatytas pirmoje talpykloje per 57–86 eksperimento paras pakito nuo 0,8 % iki 0,5 %. Talpykloje, kurioje vaisių ir daržovių atliekos sluoksniuotos su keramzitu, deguonies sumažėjo nuo 0,9 % iki 0,6 %. Talpykloje, kurioje tirtos vaisių ir daržovių atliekos be užpildų, deguonies kiekis pakito nuo 0,8 % (57 eksperimento dieną) iki 0,5 % (86 dieną). Eksperimento pabaigoje deguonies koncentracija pirmoje ir trečiojoje talpyklose stabilizavosi ir laikėsi 0,5 %. Antrojoje talpykloje deguonies koncentracija nuo 0,6 % nukrito iki 0,5 % (5 pav.).

Iš talpyklos, kurioje buvo sudėtos vaisių, daržovių ir mėsos atliekos, išsiskiriančio deguonies kiekis nuo 5,1 % eksperimento pradžioje sumažėjo iki 0,5 % eksperimento pabaigoje. Iš tų pačių atliekų, sluoksniuotų su keramzitu,

išsiskiriančio deguonies nuo 5,4 % sumažėjo iki 0,5 %. Vaisių, daržovių ir mėsos atliekos, sluoksniuotos su pjuvenomis, eksperimento pradžioje išskyrė 4,7 %, eksperimento pabaigoje – 0,5 % deguonies. Mažiausias deguonies kiekis nustatytas 6 talpykloje (vaisių, daržovių ir mėsos atliekos sluoksniuotos su pjuvenomis). Šioje talpykloje deguonies kiekis pakito nuo 4,7 % iki 2,5 % per pirmąsias 25 dienas. Talpykloje, kurioje sudėtos vaisių, daržovių ir mėsos atliekos be užpildų, deguonies sumažėjo nuo 5,1 % iki 3,5 %. Talpykloje, kurioje atliekos sluoksniuotos su keramzitu, deguonies kiekis kito nuo 5,4 % iki 3,7 % per 25 eksperimento dienas. Per 26–56 eksperimento paras ketvirtoje talpykloje nustatytasis deguonies kiekis nuo 3,3 % sumažėjo iki 1,0 %. Penktoje – deguonies koncentracija sumažėjo nuo 3,0 % iki 1,0 %. Šeštoje – (vaisių, daržovių ir mėsos atliekos sluoksniuotos su pjuvenomis) deguonies kiekis 26 eksperimento dieną buvo 2,0 %, 55 dieną – 1,0 %. Deguonies kiekis talpyklose per 57–86 eksperimento paras pakito nuo 0,9 % iki 0,5 %. Talpyklose, kuriose tirta vaisių, daržovių ir mėsos atliekos be užpildų, vaisių, daržovių ir mėsos atliekos, sluoksniuotos su keramzitu, bei vaisių, daržovių ir mėsos atliekos, sluoksniuotos su pjuvenomis, šiomis eksperimento paromis deguonies kiekis mažėjo panašiai. Eksperimento pabaigoje deguonies kiekis visose trijose talpose buvo 0,5 % (6 pav.).

Iš talpyklos, kurioje buvo patalpintos mėsos atliekos, eksperimento pradžioje deguonies išskyrė 3,7 %, eksperimento pabaigoje – 0,5 %. Iš mėsos atliekų, sluoksniuotų su keramzitu, – nuo 9,7 % sumažėjo iki 0,5 %. Iš mėsos, sluoksniuotos su pjuvenomis, eksperimento pradžioje išskyrė 6,1 %, eksperimento pabaigoje – 0,5 % deguonies. Mažiausias deguonies kiekis nustatytas 9 talpykloje (mėsos atliekos be užpildų). Šioje talpykloje deguonies kiekis



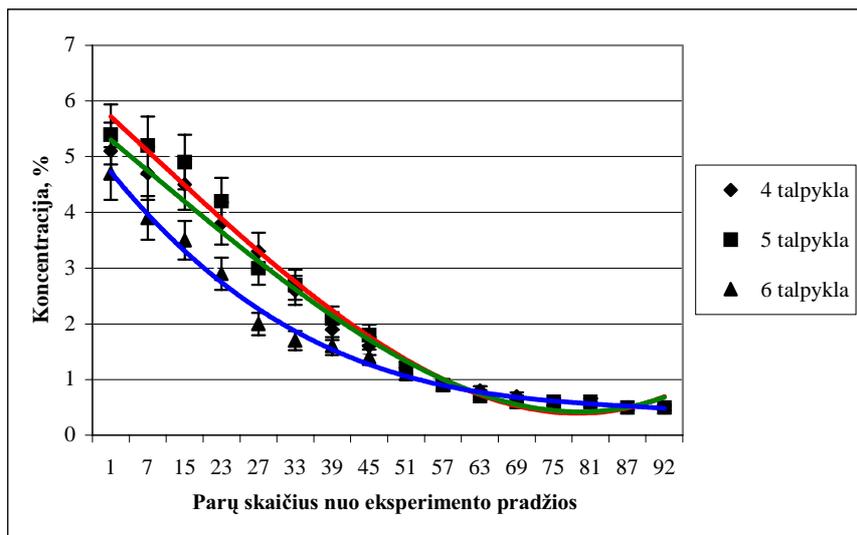
5 pav. Deguonies kiekio kitimo priklausomybė nuo laiko per visą eksperimento trukmę: 1 talpykla – vaisių ir daržovių atliekos sluoksniuotos su pjuvenomis; 2 talpykla – vaisių ir daržovių atliekos sluoksniuotos su keramzitu; 3 talpykla – vaisių ir daržovių atliekos be užpildų

Fig 5. Oxygen quantity variation with time during experiment: container 1 – fruit and vegetable waste layered with sawdust; container 2 – fruit and vegetable waste layered with expanded clay; container 3 – fruit and vegetable waste without stuff (filling)

per 25 eksperimento paras pakito nuo 3,7 % iki 2,1 %. Talpykloje, kurioje mėšos atliekos sluoksniuotos su pjuvenomis, per šias eksperimento dienas deguonies kiekis sumažėjo nuo 9,7 % iki 6,9 %; su keramzitu – nuo 6,1 % iki 3,6 %. Deguonies kiekis 26–56 eksperimento dienomis talpyklose mažėjo. Didžiausias deguonies kiekis buvo septintojoje talpykloje (mėšos atliekos sluoksniuotos su keramzitu) – 6,1 %, tačiau sumažėjo iki 1,1 % (55 eksperimento dieną). Mažiausias deguonies kiekis tarp šios rūšies atliekų nustatytas devintojoje talpykloje (mėšos atliekos be

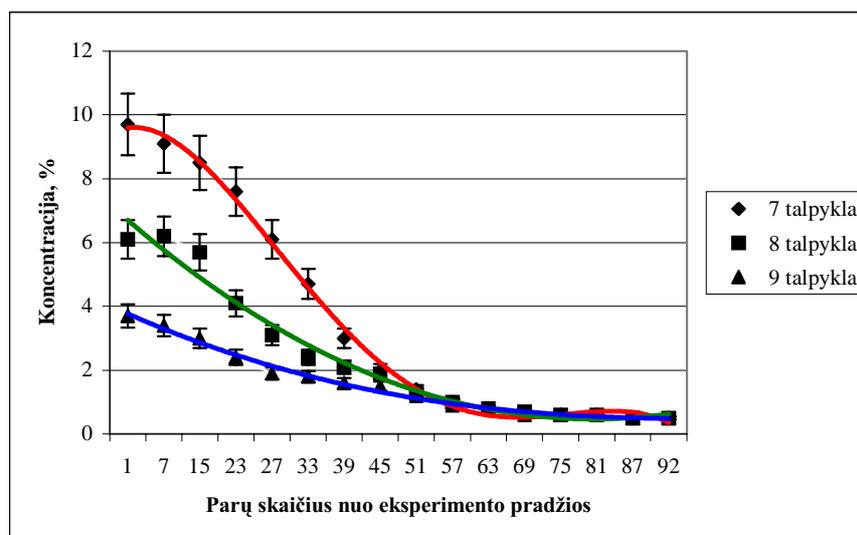
užpildų) – 1,9 %, praėjus 30 parų – 1,0 %. Talpykloje, kurioje mėšos atliekos sluoksniuotos su pjuvenomis, deguonies sumažėjo nuo 3,1 % iki 1,1 %. Deguonies kiekis talpyklose per 57–86 eksperimento paras pakito nuo 1,0 % iki 0,5 %. Talpyklose, kuriose tiriamos mėšos atliekos be užpildų, mėšos atliekos, sluoksniuotos su keramzitu bei sluoksniuotos su pjuvenomis, deguonies kiekis mažėjo panašiai – nežymiai. Eksperimento pabaigoje deguonies virose trijose talpyklose buvo 0,5 % (7 pav.).

Talpykloje, kurioje buvo tiriamos vaisių ir daržovių



**6 pav.** Deguonies kiekio kitimo priklausomybė nuo laiko per visą eksperimento trukmę: 4 talpykla – vaisių, daržovių ir mėšos atliekos be užpildų; 5 talpykla – vaisių, daržovių ir mėšos atliekos sluoksniuotos su keramzitu; 6 talpykla – vaisių, daržovių ir mėšos atliekos sluoksniuotos su pjuvenomis

**Fig 6.** Oxygen quantity variation with time during experiment: container 4– fruit, vegetable and meat waste without stuff (filling); container 5 – fruit, vegetable and meat waste layered with expanded clay; container 6 – fruit, vegetable and meat waste layered with sawdust



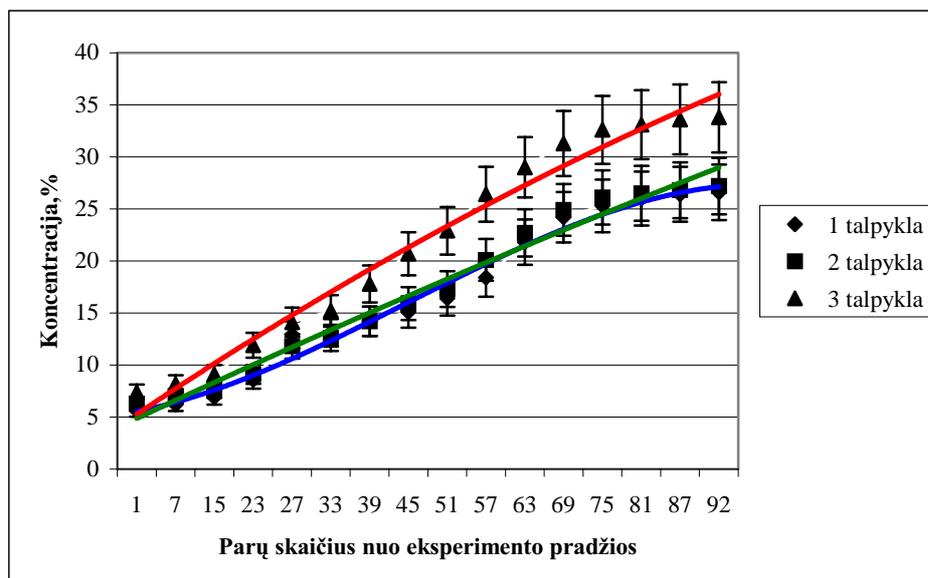
**7 pav.** Deguonies kiekio kitimo priklausomybė nuo laiko per visą eksperimento trukmę: 7 talpykla – mėšos atliekos sluoksniuotos su keramzitu; 8 talpykla – mėšos atliekos, sluoksniuotos su pjuvenomis; 9 talpykla – mėšos atliekos be užpildų

**Fig 7.** Oxygen quantity variation with time during experiment: container 7 – meat waste layered with expanded clay; container 8 – meat waste layered with sawdust; container 9 – meat waste without stuff (filling)

atliekos, sluoksniuotos su pjuvenomis, išsiskiriančio metano kiekis padidėjo nuo 5,6 % eksperimento pradžioje iki 26,6 % eksperimento pabaigoje. Talpykloje, kurioje šios atliekos sluoksniuotos su keramzitu, išsiskiriančio metano kiekis per 92 eksperimento paras padidėjo nuo 6,3 % iki 27,2 %. Vaisių ir daržovių atliekos be užpildų išskyrė 7,4 % metano eksperimento pradžioje ir 33,8 % eksperimento pabaigoje. Metano kiekis eksperimento pradžioje kito nedaug, nes metanogeninės bakterijos pradeda intensyviai daugintis esant aukštesnei temperatūrai. Pirmojoje talpykloje metano kiekis kito nuo 5,6 % iki 10,2 % per pirmąsias 25 eksperimento paras. Antrojoje ir trečiojoje – atitinkamai nuo 6,3 % ir 7,4 % iki 10,5 % ir 13,1 % per 25 paras. Didelis išsiskiriančio metano kiekis fiksuojamas talpykloje, kurioje vaisių ir daržovių atliekos be užpildų. Metano šiose talpyklose išsiskyrė daugiau nei eksperimento pradžioje. Pirmojoje talpykloje metano kiekis padidėjo iki 17,7 %. Antrojoje 26 eksperimento dieną fiksuota 11,8 %, 56 dieną – 19,2 % metano. Daugiausia metano iš šių atliekų išsiskyrė trečiojoje talpykloje, kurioje nebuvo užpildų. Šioje talpykloje metano kiekis padidėjo nuo 14,1 % iki 25 %. Per 26 – 56 eksperimento dienas pirmojoje talpykloje metano kiekis padidėjo nuo 18,4 % iki 26,3 %. Antrojoje talpykloje 57 dieną fiksuota 20,1 %, 86 dieną – 26,7 % metano. Didžiausias metano kiekis tarp šių atliekų išsiskyrė trečiojoje talpykloje, kurioje nėra užpildų – padidėjo nuo 26,4 % iki 33,5 %. Metano kiekis talpyklose, kuriose tiriamos vaisių ir daržovių atliekos be užpildų, išsiskiriančio metano kiekis pakito nežymiai. Talpykloje, kurioje vaisių ir daržovių atliekos sluoksniuotos su pjuvenomis, 87–92 eksperimento paromis koncentracija pakito nuo 26,4 % iki 26,6 %. Talpykloje su vaisių ir

daržovių atliekomis be užpildų metano koncentracija pakito nuo 33,6 % (87 parą) iki 33,8 % (92 parą). Talpykloje, kurioje atliekos sluoksniuotos su keramzitu, metano kiekis nuo 26,8 % pakilo iki 27,2 % (8 pav.).

Talpykloje, kurioje buvo stebimos vaisių, daržovių ir mėsos atliekos, išsiskiriančio metano kiekis nuo 5,2 % eksperimento pradžioje padidėjo iki 33,8 % eksperimento pabaigoje. Iš vaisių, daržovių ir mėsos atliekų, sluoksniuotų su keramzitu, metano išsiskyrė 6,4 % eksperimento pradžioje ir 28,6 % – pabaigoje. Iš talpyklos, kurioje sudėtos vaisių, daržovių ir mėsos atliekos, sluoksniuotos su pjuvenomis, eksperimento pradžioje metano išsiskyrė 5,5 %, pabaigoje – 26,8 %. Metano kiekis eksperimento pradžioje kito nedaug. Ketvirtojoje talpykloje – nuo 5,2 % pradžioje iki 9,5 % 25 eksperimento dieną. Penktojoje ir šeštojoje talpyklose metano kiekis atitinkamai kito nuo 6,4 % ir 5,5 % eksperimento pradžioje iki 10,4 % ir 9,3 % praėjus 25 dienoms. Daugiau metano išsiskyrė talpykloje, kurioje vaisių, daržovių ir mėsos atliekos sluoksniuotos su keramzitu. 26–56 eksperimento paromis metano kiekis talpyklose padidėjo nuo 10,1 % iki 20,0 %. Daugiausia metano išsiskyrė iš penktosios talpyklos (vaisių, daržovių ir mėsos atliekos sluoksniuotos su keramzitu). Šioje talpykloje per 30 parų metano padaugėjo nuo 11,1 % iki 20,0 %. Ketvirtojoje talpykloje išsiskiriančio metano kiekis nuo 10,1 % padidėjo iki 16,9 %. Šeštojoje talpykloje metano išsiskyrė šiek tiek daugiau nei ketvirtojoje – 10,1 % 26 eksperimento dieną ir 17,4 % – 55 dieną. Talpykloje, kurioje laikomos vaisių, daržovių ir mėsos atliekos be užpildų, 85 eksperimento parą metano išsiskyrė iki 24,3 % (57 eksperimento parą nustatyta 17,8 % metano). Penktojoje talpykloje (vaisių, daržovių ir mėsos atliekos sluoksniuotos su



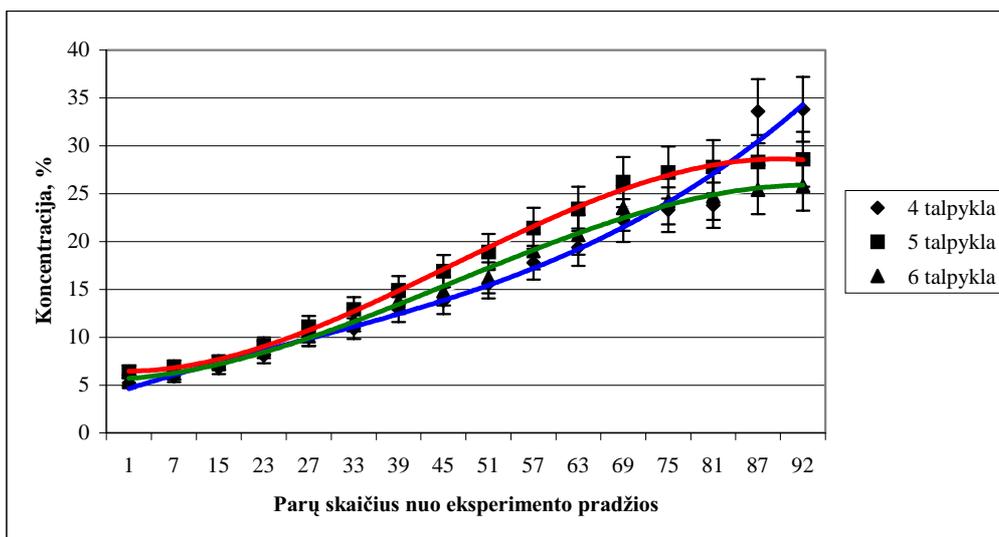
**8 pav.** Metano kiekio kitimo talpyklose priklausomybė nuo laiko per visą eksperimento trukmę: 1 talpykla – vaisių ir daržovių atliekos sluoksniuotos su pjuvenomis; 2 talpykla – vaisių ir daržovių atliekos sluoksniuotos su keramzitu; 3 talpykla – vaisių ir daržovių atliekos be užpildų

**Fig 8.** Methane quantity variation in containers with time during experiment: container 1 – fruit and vegetable waste layered with sawdust; container 2 – fruit and vegetable waste layered with expanded clay; container 3 – fruit and vegetable waste without stuff (filling)

keramzitu) 57 parą fiksuota 21,5 % metano, 85 parą – 28,2 %. Talpykloje, kurioje vaisių, daržovių ir mėsos atliekos sluoksniuotos su pjuvenomis, metano kiekis pakito nuo 19,0 % iki 25,3 %. Didėnis metano kiekis tarp šios rūšies atliekų fiksuotas talpykloje, kurioje vaisių, daržovių ir mėsos atliekos sluoksniuotos su keramzitu. Talpyklose, kuriose tiriamos vaisių, daržovių ir mėsos atliekos be užpildų, išsiskiriančio metano kiekis per paskutiniąsias eksperimento dienas didėjo nežymiai – nuo 33,6 % iki 33,8 %. Talpykloje, kurioje šios atliekos sluoksniuotos su keram-

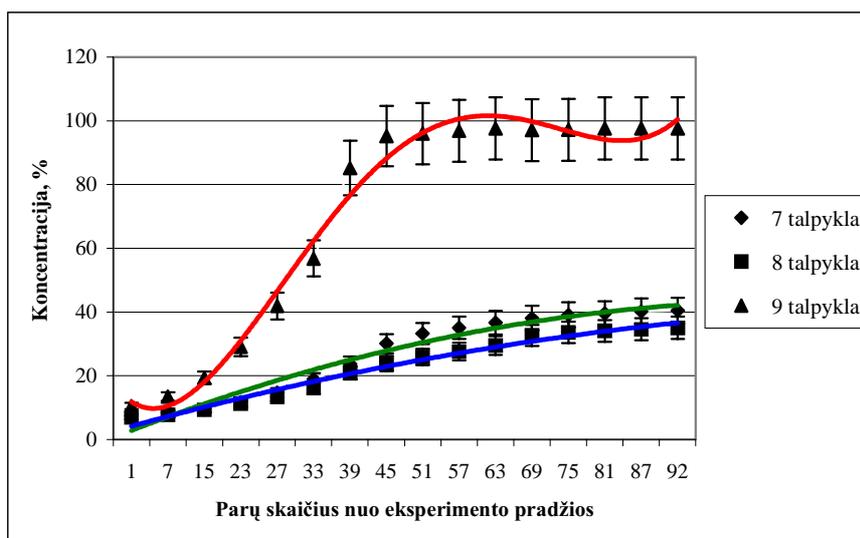
zitu, metano kiekis pakito nuo 28,3 % iki 28,6 %; su pjuvenomis – nuo 25,4 % iki 25,8 % (9 pav.).

Metano kiekis talpyklose, kuriose tirtos mėsos atliekos su užpildais ir be jų, išsiskiriančio metano kiekis didėjo nedaug. Talpykloje, kurioje atliekos sluoksniuotos su keramzitu – pakito nuo 40,2 % iki 40,5 %, su pjuvenomis – padidėjo nuo 34,6 % iki 35,0 %. Didėnis metano kiekis užfiksuotas 9 talpykloje, kurioje mėsos atliekos be užpildų. Šioje talpykloje per 25 eksperimento dienas metano kiekis padidėjo nuo 10,5 % iki 33,3 %. Talpyklose, kuriose



9 pav. Metano kiekio kitimo talpyklose priklausomybė nuo laiko per visą eksperimento trukmę: 4 talpykla – vaisių, daržovių ir mėsos atliekos be užpildų; 5 talpykla – vaisių, daržovių ir mėsos atliekos sluoksniuotos su keramzitu; 6 talpykla – vaisių, daržovių ir mėsos atliekos sluoksniuotos su pjuvenomis

Fig 9. Methane quantity variation in containers with time during experiment: container 4 – fruit, vegetable and meat waste without stuff (filling); container 5 – fruit, vegetable and meat waste layered with expanded clay; container 6 – fruit, vegetable and meat waste layered with sawdust



10 pav. Metano kiekio kitimo talpyklose priklausomybė nuo laiko per visą eksperimento trukmę: 7 talpykla – mėsos atliekos sluoksniuotos su keramzitu; 8 talpykla – mėsos atliekos sluoksniuotos su pjuvenomis; 9 talpykla – mėsos atliekos be užpildų

Fig 10. Methane quantity variation in containers with time during experiment: container 7 – meat waste layered with expanded clay; container 8 – meat waste layered with sawdust; container 9 – meat waste without stuff (filling)

mėsos atliekos maišytos su keramzitu ir pjuvenomis, metano koncentracija per 25 eksperimento dienas pakito atitinkamai nuo 7,2 % (talpykloje, kurioje mėsos atliekos sluoksniuotos su keramzitu) ir 6,9 % (sluoksniuota su pjuvenomis) iki 13 % ir 12,5 %. Daugiausia metano išsiskyrė iš devintosios talpyklos, kurioje mėsos atliekos buvo be jokių užpildų. Šioje talpykloje per trisdešimt parų (25–56 eksperimento paros) metano kiekis pakito nuo 35 % iki 96,3 %. Septintojoje talpykloje metano kiekis nuo 14,7 % padidėjo iki 34,1 %. Mažiausiai metano tarp šios rūšies atliekų nustatyta talpykloje, kurioje buvo laikomos mėsos atliekos, sluoksniuotos su pjuvenomis – 13,4 % 26 dieną ir 26,9 % 56 eksperimento dieną. Talpykloje, kurioje laikomos mėsos atliekos be užpildų, metano koncentracija pakito nuo 96,9 % iki 97,5 %. Metano kiekis nežymiai didėjo per visą šį laikotarpį. Septintojoje talpykloje (mėsos atliekos sluoksniuotos su keramzitu) 57 parą fiksuota 35,0 % metano, 86 parą – 40,0 %. Talpykloje, kurioje mėsos atliekos sluoksniuotos su pjuvenomis, metano kiekis padidėjo nuo 27,6 % iki 34,5 %. Didesnis metano kiekis tarp šios rūšies atliekų fiksuotas talpykloje, kurioje patalpintos mėsos atliekos be užpildų. Paskutinėmis eksperimento dienomis šiose atliekose su užpildais ir be jų išsiskiriančio metano kiekis didėjo nežymiai. Talpykloje, kurioje mėsos atliekos be užpildų, išsiskiriančio metano kiekis paskutinėmis dienomis laikėsi vienodas – 97,6 %. Talpykloje su keramzitu – pakito nuo 40,2 % iki 40,5 %, su pjuvenomis – nuo 34,6 % iki 35,0 % (10 pav.).

#### 4. Išvados

1. Eksperimentas truko 92 paras. Šiuo laikotarpiu temperatūra talpyklose pakilo iki 34 ° C, todėl ta trukmė ir pasirinkta, nes tokia temperatūra (25–37 ° C) optimali mezofiliniams mikroorganizmams daugintis.

2. Deguonies talpyklose palaipsniui mažėjo. Visose tirtose talpyklose su atliekomis eksperimento pabaigoje deguonies kiekis sumažėjo iki 0,5 %.

3. Didžiausias deguonies kiekis ir ryškiausias jo sumažėjimas per tyrimų laikotarpį fiksuotas talpyklose su mėsos atliekomis. Deguonies šiose talpyklose sumažėjo nuo 9,7 % iki 0,5 %.

4. Mažiausiai metano išsiskyrė iš talpyklų, kuriose vaisių ir daržovių atliekos sluoksniuotos su užpildais ar buvo be jų – nuo 5,6 % eksperimento pradžioje metano koncentracija padidėjo iki 33,8 % eksperimento pabaigoje.

5. Didesnis metano kiekis nustatytas talpyklose, kuriose sudėtos mėsos atliekos su užpildais ir be jų. Daugiausiai metano išsiskyrė iš talpyklos, kurioje mėsos atliekos be užpildų. Per visą stebėjimo laikotarpį metano koncentracija pakito nuo 10,5 % iki 97,6 %.

6. Talpyklose, kuriose atliekos buvo sluoksniuojamos su keramzitu, metano išsiskyrė mažiau nei talpyklose, kuriose atliekos be užpildų. Todėl galima teigti, kad keramzitas lėtina biodegradacijos procesą. Keramzitą sluoksniuojant su atliekomis, susidaro oro tarpai, todėl deguonies koncentracija lėtai mažėja, tad lėtėja ir susidarancio metano koncentracijos.

7. Talpyklose, kuriose atliekos sluoksniuotos su pjuvenomis, metano išsiskyrė mažiausiai tarp tos rūšies atliekų: iš vaisių ir daržovių atliekų – 26,6 %, vaisių, daržovių ir mėsos atliekų – 25,8 %, mėsos atliekų – 35 %.

#### Literatūra

1. Metinė apžvalga apie aplinkos būklę „Aplinkos būklė 2003“, 2004, p. 80–82 [www.am.lt](http://www.am.lt)
2. Karosienė, V. Atliekų tvarkymo įstatyminė bazė Lietuvoje. Iš: Tarptautinio seminaro „Sąvartynų dujų naudojimas energijos gamybai“ medžiaga. Kaunas, 2001, p. 15–21.
3. Savickas, J. Biodujų gamyba iš organinių atliekų. <http://ausis.gf.vu.lt/mg/nr/2001/06/06duj.html>
4. Rimkevičius, A. Infekuotų medicininių atliekų tvarkymo problemos Vilniuje ir galimi sprendimo būdai. *Aplinkos inžinerija*, X t., Nr. 2. Vilnius: Technika, 2002, p. 1a – 1h.
5. Baltrėnas, P.; Raistenskis, E.; Zigmontienė, A. Organinių atliekų biodegradacijos proceso metu išsiskiriančių biodujų eksperimentiniai tyrimai. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, Vol XII, Suppl 1. Vilnius: Technika, 2004, p. 3–9.
6. Vrubliauskas, S. Sąvartynų dujos – energijos šaltinis. <http://ausis.gf.vu.lt/mg/nr/2002/03/03dujos.html>
7. Willumsen Hans C. Energy recovery from landfill gas in Denmark and worldwide. Iš: Tarptautinio seminaro „Sąvartynų dujų naudojimas energijos gamybai“ medžiaga. Kaunas, 2001, p. 22–33.
8. 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.
9. Vilniaus miesto taryba. Sprendimas Nr. 244 „Dėl maisto atliekų surinkimo ir utilizavimo laikinųjų taisyklių tvirtinimo“, 1998 09 23.

**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, doctoral student (since 2001), Dept of Environmental Protection, Vilnius Gediminas Technical University (VGTU).

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