

**UTENOS KOLEGIJOS  
VERSLO IR TECHNOLOGIJŲ FAKULTETO  
APLINKOS APSAUGOS KATEDROS  
APLINKOS APSAUGOS INŽINERIJOS STUDIJŲ PROGRAMA**

TVIRTINU

2017-06-05

**BIODUJŲ JEGAINĖS PARINKIMAS IGNO VAŠKELIO ŪKYJE  
BAIGIAMASIS DARBAS**

Recenzentas

Lektorius

Arvydas Liobė

2017-05-31

Darbo autorius

AAI - 14 gr. studentas

Paulius Valančiūnas

2017-05-30

Darbo vadovas

Lektorė

Doc. dr. I. Jakštonienė

2017-05-30

UTENA 2017

## TURINYS

<b>ĮVADAS</b> .....	6
<b>1. BIODUJŲ DIEGIMO TENDENCIJA LIETUVOJE</b> .....	8
1.1. Biodujų gamybos procesu eiga ir jų sudėtis .....	9
1.2. Bioreaktoriai ir jų tipai.....	10
1.3. Pagrindiniai teisės aktai reglamentuojantys biodujų gamybą.....	13
<b>2. ŪKIO VEIKLA</b> .....	15
<b>3. BIOJĖGAINĖS PARAMETRŲ SKAIČIAVIMAI</b> .....	17
<b>4. BIOJĖGAINĖS ATSIPIRKIMO LAIKOTARPIO ĮVERTINIMAS</b> .....	25
<b>IŠVADOS</b> .....	27
<b>LITERATŪRA</b> .....	28
<b>PRIEDAI</b> .....	30
<b>PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS</b> .....	.....
1 pav. Horizontalusis bioreaktorius.....	13
2 pav. Vertikalus bioreaktorius.....	14
<b>LENTELIŲ SĄRAŠAS</b> .....	.....
1. lentelė Biodujų kaupimo rezervuaro sienelės reikalavimai.....	16
2. lentelė Biodujų jėgainės parametrų skaičiavimo rezultatai.....	25

**Paulius Valančiūnas. Biodujų jėgainės parinkimas *Igno Vaškelių* ūkyje. Aplinkos apsaugos inžinerijos studijų programos studento baigiamasis darbas. Vadovas Doc. dr. I. Jakštonienė, Utenos kolegija verslo ir technologijų fakultetas, Aplinkos apsaugos katedra. Utena 2017.**

## **Santrauka**

**Darbo aktualumas.** Ūkyje susidaro mėšlas, kuris po to yra kompostuojamas ir panaudojamas kaip organinė trąša. Taip pat galima išgauti biodujas kurių gamyba gali būti kaip alternatyva tradiciniams energijos šaltiniams. Todėl labai aktualu, aplinkosauginiu požiūriu, diegti biodujų jėgaines, nes yra surenkamos organinės atliekos bei mažinama aplinkos tarša.

**Darbo problema.** Individualiame ūkyje susidaro mėšlas, kuris paskui laikomas ant mėšlo rietuvės, tačiau yra tikimybė, kad mėšlo srutos įsiskverbs į gruntinį sluoksnį ir užterš vandenį, dirvožemį, taip pat iš mėšlo išsiskiria metano dujos, kurios skatina klimato kaitą.

**Darbo objektas.** Biodujų jėgainės diegimas *Igno Vaškelių* ūkyje.

**Darbo tikslas.** Pritaikyti biodujų jėgainę *Igno Vaškelių* ūkyje.

### **Darbo uždaviniai:**

1. Išanalizuoti biodujų jėgainių diegimo tendenciją Lietuvoje
2. Išanalizuoti ūkio veiklą *Igno Vaškelių* ūkyje.
3. Parinkti biodujų jėgainę ūkyje.
4. Paskaičiuoti biodujų jėgainės atsipirkimo laiko skaičiavimus.

Dabar pasaulyje aktualu tai, kad nuo neatsakingos žmogaus veiklos atsiranda šiltnamio efektas, nuo jo kinta floros ir faunos gyvenimo sąlygos, vieni gyvūnai bei augmenija žūsta, kiti – invaziniai, nepageidaujami – užima jų vietą. Susidaryti šiltnamio efektui talkina ir žemės ūkis, tiksliau iš mėšlo išsiskiriantis metanas, 20 kartų galingesnis už anglies dioksidą.

Lietuvoje mažai iškastinio kuro (nafta, durpės). O biojėgaines galima panaudoti elektros energijos ir šilumos gamybai. Mėšlas panaudotas biojėgainėse, padėtu apsirūpinti elektros energija ir šiluma, nebūtų teršiama aplinka.

Darbe aptariama biodujų jėgainių gamybos procesų eiga, jėgainių sandara, bioreaktoriai ir jų tipai. Taip pat teisės aktai, reglamentuojantys biodujų gamybą. Išnagrinėta I. Vaškelių ūkio veikla. Pateikti biodujų jėgainės parametrų apskaičiavimai, biojėgainės atsipirkimo laikotarpio įvertinimas. Darbe atlikti: rezervuaro siurblio su smulkintuvu, bioreaktoriaus, kompresoriaus dujų talpyklos, generatoriaus, perdirbto maisto laikymo rezervuaro technologiniai skaičiavimai. Grafinėje dalyje pateikti du brėžiniai-technologinė schema ir ir biodujų jėgainės detalizavimas.

**Paulius Valančiūnas. Selection of the biogass plant in Ignas Vaškėlis farm. The final thesis of the study programme of Environmental protection engineering. Head Doc. dr. Inga Jakštonienė, Utena College, Faculty of Business and Technologies, Department of Environmental protection. Utena, 2017.**

## **Summary**

**Relevance of the work.** There is an accumulation of the manure in the farm, after that it is composted and used as an organic fertilizer. There is also the possibility to obtain biogases which production may be as an alternative for the traditional sources of energy. Therefore, it is very relevant to the environmental aspect, to install the biogas plants because there is organic waste calculated and the pollution of the environment decreased.

**Problem of the work.** There accumulates manure in the individual farm, which later is kept on the manure stack, but there is the probability that the raw sewage of the manure will get into the ground layer and contaminate the water, soil, also there accumulates methane gasses from the manure, which makes the climate change.

**Object of the work.** Selection of the biogass plant in Ignas Vaškėlis farm.

**Aim of the work:** To apply the biogas plant in Ignas Vaškėlis farm.

**Tasks of the work:**

1. To analyse the tendency of the installation of biogasses in Lithuania
2. To analyse the farming activity in Ignas Vaškėlis farm.
3. To choose the biogas plant in the farm.
4. To calculate the pay off times of the biogass plant.

There is one relevant among the others in the world that there appears the effect of the greenhouse because of the irresponsible activity of the man, there appear the changes in flora and fauna, some animals and plants die, other - invasive, takes their place. Agriculture also contributes to the greenhouse effect, more precisely; the methane which accumulates from the manure is 20 times more powerful than the carbon dioxide.

There are small amount of the extracted fuel (oil, turf) in Lithuania. While the bio power plants may be used for the production of electricity and heat. Manure used in bio plants would help to get the excess of electricity and heat, the environment would not be polluted.

The final thesis analyses the course of the manufacturing of biogasses, the composition of the plants, bioreactors and their types. Also there are the regulations, which regulate the production of biogasses. There has been the activity of I.Vaškėlis farm analysed. The final thesis provides the

calculations of the parameters of biogas plants and the evaluation of the pay off period of the bio power plant. The final thesis contains the technological calculations of the reservoir of the storage of reprocessed food, generator, compressor gas reservoir, bioreactor and pump with the crusher. The graphical part of the final work contains the technological scheme and the details of the biogas power plant.

## ĮVADAS

Augant žmonių skaičiui bei didėjant pasaulio ekonomikai, toliau didėja ir išteklių naudojimas. Šalims vystantis bei jų ekonomikai didėjant auga ir priklausomybė nuo gamtinių išteklių. Naudojimo spartai augant gamtos ištekliai mažėja bei naujiems ištekliams atrasti reikia didelių lėšų. Dėl šios priežasties ateityje didės kainos gamtiniams ištekliams. Todėl reikia ieškoti naujų būdų šiai problemai spręsti. Vienas iš būdų yra biojėgainių panaudojimas (1).

Iš biojėgainių galima išgauti elektrą ir šilumą. Be to biojėgainės taip pat padeda šalinti dar viena problemą tai yra klimato kaitą. Gyvulininkystės ūkiuose susidaro mėšlas, iš kurio išsiskiria metano dujos, prisidedančios prie klimato kaitos. Metanas yra šiltnamio efektą sukeliančios dujos, kurios, palyginti su anglies dioksidu, yra 20 kartų galingesnės (2). Bet patalpinus mėšlą į bioreaktorių galima išskirti metano dujas ir panaudoti jas šilumai bei elektros gamybai. Be to kaip mėšlas praradęs metano dujas (degazavęs) galima panaudoti dar kartą tręšimui.

Biojėgainių įrengimas ne tik padidintų elektros gamybą Lietuvoje bet ir leistų būti nepriklausomiems nuo gamtinių iškasenų, sukurtų darbo vietas, bei būtų gaunamos alternatyviosios pajamos.

**Darbo aktualumas.** Ūkyje susidaro mėšlas, kuris po to yra kompostuojamas, kur jis yra panaudojamas kaip organinė trąša. Įrengus biodujų jėgainę būtų galima iš mėšlo išgauti šiltnamio efektą sukeliančias dujas ir jas panaudoti šilumos ir elektros energijai. Taip pat mėšlas po apdorojimo taptu bekvapis ir pagerėtų jo savybės kaip trąša.

**Darbo problema.** Individualiame ūkyje susidaro mėšlas, kuris paskui laikomas ant mėšlo rietuvės, tačiau yra tikimybė, kad mėšlas srutos įsiskverbs į gruntinį sluoksnį ir užterš vandenį, taip pat iš mėšlo išsiskiria metano dujos, kurios skatina klimato kaita.

**Darbo objektas.** Biodujų jėgainės diegimas *Igno Vaškelių* ūkyje.

**Darbo tikslas.** Pritaikyti biodujų jėgainę *Igno Vaškelių* ūkyje.

**Darbo uždaviniai:**

1. Išanalizuoti biodujų jėgainių diegimo tendenciją Lietuvoje
2. Išanalizuoti ūkio veiklą *Igno Vaškelių* ūkyje.
3. Parinkti biodujų jėgainę ūkyje.
4. Paskaičiuoti biodujų jėgainės atsipirkimo laiko skaičiavimus.

**Darbo metodai.** Mokslinės literatūros analizė, Teisės aktų analizė.

**Darbo struktūra.** Darbą sudarys įvadas, 4 skyriai, išvados, literatūros sąrašas, priedai. Darbo apimtis 30 psl, pateikta: 2 lentelės, 2 paveikslai, 2 brėžiniai.

**Baigiamuoju darbu pasiekti šie studijų rezultatai:**

- 1.1. Analizuos teršiančias medžiagas aplinkos ore ir oro taršos šaltiniuose, paviršiniuose ir požeminiuose vandenyse, nuotekose, dirvožemyje bei taršos poveikį aplinkai.
- 1.2. Nagrinės atliekų susidarymo šaltinius, atliekų rūšiavimą, surinkimo sistemas, perdirbimo būdus ir įrenginius.
- 1.3. Nustatys aplinkos apsaugos aspektus ūkinėje veikloje.
- 2.1. Parinks aplinkosauginiu požiūriu veiksmingą technologinę įrangą, užtikrinančią geriausių prieinamų gamybos būdų įgyvendinimą
- 3.1. Taikys metodus ir technologijas, leidžiančias mažinti oro, nuotekų, dirvožemio taršą ir atliekų susidarymą.
- 3.2. Planuos organizacines ir technologines aplinkosaugines priemones vykdant ūkinę veiklą pagal darniosios plėtros principus.
- 4.1. Rengs aplinkosauginės veiklos dokumentus.
- 4.2. Informuos visuomenę aplinkosaugos klausimais.

## 1. BIODUJŲ DIEGIMO TENDENCIJA LIETUVOJE.

Lietuvoje iškastinio kuro išgaunama nedideli kiekiai pagrinde nafta, durpės. To neužtenka Lietuvai išspręsti visus energetikos poreikius. Taip pat žvelgiant į ateitį iškastinio kuro kiekiai mažėja bei importuojamo iškastinio kuro kainos kyla. Todėl atsinaujinami energijos ištekčiai (AEI) tampa vis patrauklesni iš jų išgaunant energija.

Vienas iš AEI yra biodujos. Gyvulių mėšlą yra pagrindinis išteklių Lietuvoje iš kurio galima išgauti biodujos. Didžiausia potencialą išgauti biodujas turi kiaulių kompleksai, kurie Lietuvoje yra atnaujinami ir plečiami (3).

### **Parama biodujų sektoriaus plėtrai**

Maži gyvulininkystės ūkininkai, gali gauti parama paraše paraiška dėl paramos biodujų sektoriaus plėtrai 2014–2020 m. Norintis gauti paraiška ūkininkai turi užsiimti gyvulininkystę ar paukštinkystę bei visos gaunamos pajamos iš gyvulininkystės ūkio nebūtu mažesnes nei 50 %. Biodujos turi būti gaminamos iš ūkyje susidariusio gyvulių ir paukščių mėšlo ar kitokios biologiškai apdorojamos atliekos. Didžiausia paramos suma vienam projektui „Parama biodujų gamybai iš žemės ūkio ir kitų atliekų“ per visą 2014–2020 m. laikotarpį vienam paramos gavėjui negali viršyti 1 600 000 Eur. Paraiška vykdo Lietuvos Respublikos žemės ūkio ministerija. Pagrindiniai reikalavimai yra ne mažiau kaip 50% pagamintų biodujų bei elektros energijos būtų parduodama, o likusi šilumos energija panaudota savo reikmėms arba parduota. Paramos pagrindiniai tikslai sumažinti klimato kaita, panaudoti ūkiuose susidarančias bioskaidžias atliekas energijai išgauti, bei aplinkos gražinimui ir tvariai plėtrai (4),(5).

Pirma karta Lietuva norėjo išbandyti anaerobinio apdoravimo skysto mėšlo efektyvumą 1980 m. pabaigoje, kuri mintys kilo iš kaimyninės šalies Latvijos. Eksperimentą norėjo įgyvendinti didelio mąsto kiaulių ūkyje, kuris apimė tiktais mėšlo apdorojimą. Buvęs Lietuvos žemdirbystės institutas bandė įdiegti Latvijos modelį į vieną Lietuvos ūkių. Tačiau projektas nebuvo patvirtintas dėl jam reikalingų didelių lėšų (6).

Pirmoji biojėgainė Lietuvoje buvo pastatyta tik 1992m. Panevėžyje, spirito ir mielių gamykloje “Sema” (6). Ši biodujų jėgainė buvo pastatyta savo įmonės liešomis be jokio finansavimo. Iš pradžių biodujos buvo deginamas fakele, bet vėliau maišant su gamtinėmis dujomis, jos buvo panaudojamos įmonės technologiniams poreikiams, deginti energetiniame dujų katile. Tuo metu įmonės bioreaktoriuose gaminamos biodujos suvartojamo kuro (gamtinių dujų) balanse sudarė apie 18%. Tai buvo pirmoji šalyje sėkmingai veikianči biodujų jėgainė (7).

## 1.1. Biodujų gamybos procesu eiga ir jų sudėtis

Žmonijos išgyvenimas remiasi energijos vartojimu, ji yra žmonijos plėtros pagrindas. Be saulės tiekiamos energijos, žmonija vartoja energiją, išgauna iš žemės gelmių (nafta, dujos, anglis). Tačiau šių rūšių kuro išteklių yra riboti, o intensyvėjant gyvenimui energijos suvartojama vis daugiau, todėl ilgiau iškastinio kuro gali neužtekti. Ir dar viena problema didėja aplinkos teršimas, greitėja klimato atšilimas. Visa tai gresia civilizacijos išnykimui. Todėl vienas iš problemos sprendimų – naudotis atsinaujinančią energiją (vėjo, vandens, biomasės, geotermine). Atsinaujinančiai energijos išteklių yra neišsemiami, todėl tikimasi, kad ši energija bus konkurencinga ilgalaikėje perspektyvoje.

Biodujoms gaminti geriausiai tinka skystos lengvai suyrančios organinės medžiagos, o tai yra galvijų, kiaulių, paukščių mėšlas. Jei mėšlas yra sąlyginai sausas, jį reikia praskiesti, o jei galvijai laikomi ant kraiko, mėšlą reikia susmulkinti, kad bakterijos galėtų lengvai sąveikauti su organine medžiaga, Tokių būdu visas perdirbimo procesą pabrangtų ir taptų nepatraukliu. Jeigu kraiku naudojamos pjuvenos, jos bioreaktoriuose nesuskaidomos, todėl toks mėšlas (užterštas pjuvenomis) neperdirbamas (8).

Kai mėšlo susikaupia pakankamai biodujas iš masės galima išgauti mechanizuotai, mokslininkai procesą, vadina brometanizavimu. Šiuo būdu iš bet kurios masės galima pagaminti biodujų, prie kurių kaip šalutiniai produktai išsiskiria vanduo ir kietosios atliekos (kompostas). Gaunamų biodujų sudėtis 60-80% CH<sub>4</sub> (metanas) ir 20-40% CO<sub>2</sub> (anglies dioksidas). Kaip šalutiniai produktai dar gaunami H<sub>2</sub>S (sieros vandenilis), NH<sub>3</sub>(amoniakas), H<sub>2</sub> (vandenilis), CO (anglies monoksidas) ir O<sub>2</sub> (deguonis). Degi medžiaga yra metanas. Ji duoda šiluminę vertę arba koringumą, visas kitas gaunamas produktas - CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O – yra balastinė sudėtinė dalis ir mažina biodujų kaloringumą, o kai kurios kaip, H<sub>2</sub>S, esant didelei koncentracijai – nuodingos, o degimo metu sieros vandenilis oksiduojasi, virsta sieros dioksidu, reaguoja su garais sukelia degimo įrenginių koroziją. Kitų šalutinių produktų yra labai mažai. Susidarę vandens garai auštant kondensuojasi, pagreitina įrenginių koroziją. Norint panaudoti biodujas, jas tenka išvalyti nuo drėgmės, smulkių dalelių, sieros vandenilio. Gamtos biodujos laikomos saugyklose, tam tikruose rezervuaruose (8).

Kaip greitai gaminamos biodujos priklauso iš kokio mėšlo jos gaminamos, kokia yra jų sausoji masė (SM). Jeigu SM yra didesnė, jos perdirbimas anaerobiniuose užtrunka ilgesnį laiką, bet jei žaliava yra labai skysta, jos naudoti taip pat neapsimoka.

Biodujos vartojamos ir papildomai neapdorotos (žalios biodujos). Jos naudojamos katilinėse šilumai gaminti, elektrinėse kaip dujų turbinų kuras.

Išvalytos (taurintos) dujos savo savybėmis prilygsta gamtinėms dujoms ir gali būti vartojamos kartu su pastarosiomis.

Biomasė pagal pavidalą gali būti sausa: miško biomasė ( medžiai miško atliekos, medžio pramonės atliekos), energetiniai pasėliai, šiaudai be to gali būti ir šlapia biomasė: jūros dumbliai, gyvulių mėšlas, organinės skystos atliekos ir kt (9).

Pagal kilme biomasė skirstoma į augalinę ir gyvulinę. Biomasę energijai gauti galima naudoti įvairiais būdais: 1. Termo-cheminiai procesai (tiesioginis deginimas, dujofikavimas). Štai Utenos Šilumos tinkluose deginant biokurą Uteniškiamis tenka mažiausiai mokėti už šiluma Lietuvos Respublikoje. 2. Biocheminiai procesai: anaerobinis skaidymas (biodujų gamyba) ir fermentavimas aerobinėje aplinkoje ( metanolio ir etanolio gamyba). Tokia 0.3 MW galia įmonėje veikia Utenoje, perdirbant Utenos miesto valymo įrenginių nuotekas (9).

Svarbiausia medžiaga gaminti biodujas yra gyvulių mėšlas ir maisto perdirbimo įmonių organinės atliekos. Tačiau, norint rentabiliai gaminti biodujas reikia turėti daug išteklių. Mokslininkai teigia kad rentabiliai gali būti įmonė, turinti nuo 6 iki 30 tūkstančių kiaulių, daugiau kaip 50 galvijų (9).

Biodujų gamyba vyksta 3 etapais:

1. Hidrolizės etapas organiniai junginiai (riebalai, baltymai angliavandeniai) skaidomi į smulkia-molekulinius organinius junginius (8).
2. Acetogenezės etape rūgštis veikiant acetogentinėms bakterijoms smulkia-molekuliniai organiniai junginiai skaidomi į lakias riebalines rūgštis, vandenilį, anglies dvideginį (8).
3. Metagenezės etapas yra metano gamybos etapas. Jo metu iš lakių riebalinių rūgščių, vandenilio ir anglies dvideginio susidaro metano molekulės (8).

Bioreaktoriuje vykstant normaliam procesui visos mikroorganizmų grupės suderina savo veiklą taip, kad vienos grupės išskiriami tarpiniai produktai būtų suvartojami kitos mikroorganizmų grupės. Mikrobai gaminantys dujas, turėtų turėti jiems palankią aplinką. Metano-genines bakterijos yra labai jautrios todėl padidėjus deguonies ar azoto koncentracija jų veikla sutrinka nes jos yra anaerobai (8).

## 1.2. Bioreaktoriai ir jų tipai

Bioreaktorius yra vienas iš biodujų jėgainės įrenginių, kuriam pastoviai ar kas kiek laiko turi vykti biomasės hidrolizė, fermentacijos ir metano gamybos procesai. Bioreaktorius turi būti nelaidus orui, nes anaerobinėms bakterijoms veikti reikalingos be deguonies sąlygos. Bioreaktoriuje surenkamos iš mėšlo biodujos, kurios po to kaupiamos dujų rezervuaruose ir paskui jos yra panaudojamos šiluminei

energijai išgauti. Norint kuo mažiau prarasti šilumos energijos reikia kuo geriau izoliuoti reaktoriaus korpusą. Korpuso gamybai naudojamas plienas, gelžbetonis, polietilenas, medis ir molis (8).

Biodujų reaktoriaus korpusas būna įvairių formų – cilindro, sferos, stačiakampio gretasienio. Formos ir konstrukcinės medžiagos parinkimą lemia vietinės tradicijos, reaktoriaus dydis ir proceso parametrai (8).

Pagrindinis biojėgainės įrenginys yra bioreaktorius. Nuo jo tipo ir konstrukcijos priklauso biodujų gamybos efektyvumas (8).

Bioreaktorius galima skirstyti į du tipus tai yra periodinio veikimo ir nepertraukiamo veikimo bioreaktoriai (8).

**Periodinio veikimo bioreaktorius.** Visas jų darbinis tūris iš karto užpildomas apdorojimui skirta įkrova. Įkrova pakildžius reikia palaukti kelėtos dienu, kad išsiskirtu biodujos. Kai įkrova degazuoja, ją reikia pakeisti nauja ir viskas yra kartojama. Norint sužinoti ar įkrova yra degazavus reikia spręsti pagal du rodiklius tai yra išlaikymo bioreaktoriuje trukmę ir biodujų išsiskyrimo sumažėjimą. Po įkrovas įdėjimo biodujos pradedamos gaminti tik po tam tikro laiko. Biodujų išėiga iš pradžių didėja kol pasiekia maksimumą ir tada pradeda mažėti. Norint užtikrinti kuo tolygesnį biodujų tiekimą, šio tipo bioreaktoriai sudaromi iš kelių vienodų talpyklų. Kiekvieną talpa užpildoma substratu atitinkamais laiko tarpais viena po kitos. Visų talpų biodujų atvamzdžiai yra sujungiami į vieną bendrą kolektorių. Tuo pasiekama kad biodujos bus tiekiamos tolygiai. Šio bioreaktoriaus pagrindinis trūkumas gana ilgai reikia laikyti substratą bioreaktoriuje bei nepastovus biodujų gavimas (8).

**Nepertraukiamo veikimo bioreaktoriai.** Nepertraukiamo veikimo bioreaktoriai skiriasi nuo periodinio, kad įkrova nėra pašalinama visa iš karto. Įkrova keičiama pamažu, nustatytomis dalimis įdedant į bioreaktorių naujo substrato, tai pat pašalinant tiek pat degazuoto. Visa bioreaktoriaus įkrova pakeičiama per laiką lygų išlaikymo trukmei (8).

Ne per seniausiai Europa pradėjo naudoti cilindro formos bioreaktorius, kurie gali būti horizontalus arba vertikalus. Tokių bioreaktorių korpusas būna padengtas iš plieno ar gelžbetonio. Pats substratas pašildomas šilumokaičių, kuris yra įrengtas pačiame bioreaktorių arba jo išorėje. Bioreaktoriuje gyvena tiek mezofiliniai ar termofiliniai mikroorganizmai (8).

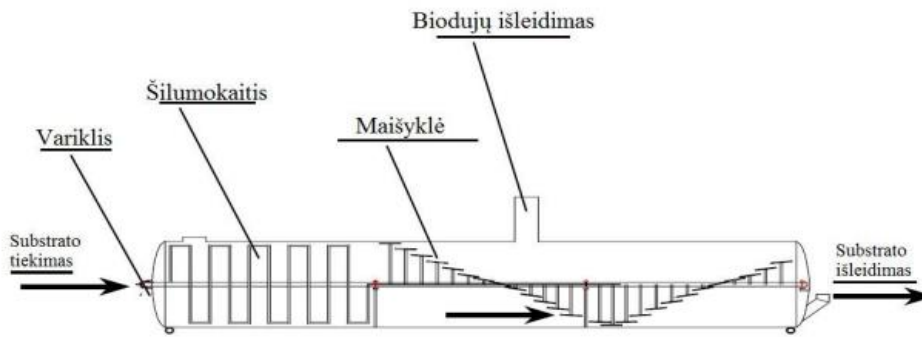
Vertikalios formos bioreaktoriams labiau tinka tirštesnis substratas išgauti biodujoms, todėl daugiau naudojami ūkiuose, kuriuose panaudojamas paukščių mėšlas ar kitos tirštos atliekos.

Stačiakampio formos bioreaktoriai jau gana senai naudojami Vokietijoje ar Danijoje, jie būna pastatyti po tvarto grindimis ten pat ir surenkamas mėšlas. Taip pat yra svarbų, kad sienos būtų izoliuotos ir nepraleistų šilumos į išorę (8).

Apdorojant organines medžiagas procese dalyvauja įvairiausių mikroorganizmų rūšių, todėl kiekvieną mikroorganizmų rūšis turi skirtingas aktyviausias sąlygas jai būdingoje aplinkoje. Substratas bioreaktoriuje tiekiamas bioreaktoriaus pradžioje, o degazuotas substratas pašalinamas bioreaktoriaus pabaigoje. Todėl kiekvienai mikroorganizmų rūšiai susidaro tinkamos sąlygos gyvuoti slenkant iš vieno galo į kitą. Nuotekų ir organinių atliekų savybės skiriasi, bei norint jas apdoroti kuo efektyviau reikalingos skirtingos technologinės sąlygos. Todėl yra nemažai bioreaktorių tipų ir modifikacijų(8).

Kiekvienas bioreaktoriaus tipas turi savo gerųjų savybių ir neigiamų, todėl skirtingais atvejais reikia parinkti tinkama bioreaktoriaus tipą pagal esamą situaciją. Pavyzdžiui maisto pramonėje naudojami anaerobiniai filtrai, dar kitaip vadinami sėsliosios mikrofloros reaktoriai. Jų veikimo principas yra toks kai mikroorganizmų koncentracijos skaičius yra didinamas. Bioreaktoriaus tūrio dalis užsipildomą kietąją įkrovą, ant kurio paviršiaus prilimpa mikroorganizmai. Be to degazuotas substratas su mikroorganizmais nepasišalina(8).

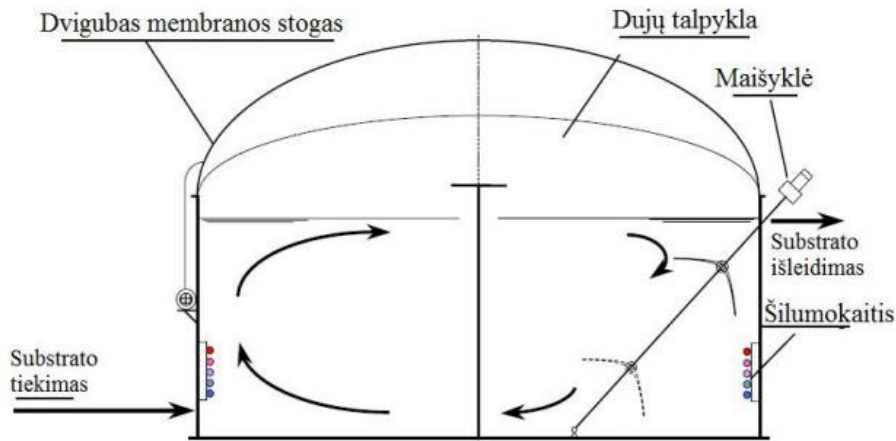
Apdorojant gyvulių mėšlą dažniausiai naudojami horizontalūs arba vertikalūs tūriniai bioreaktoriai. Horizontalaus bioreaktoriaus schema pateikta 1 pav. Horizontalūs reaktoriai labiau paplitę ūkių fermose kur auginami gyvuliai (10).



1pav. **Horizontalusis bioreaktori**us (Fisher and Krieg 2008)

Substratas horizontaliame bioreaktoriuje tiekiamas vamzdžio pradžioje, o degazavęs pašalinamas vamzdžio gale. Bioreaktoriuje įrengtas šilumokaitis jo pagalba pašildomas substratas. Taip pat yra įrengta maišyklė, kuri sumaišo substratą. Pagamintos biodujos išleidžiamos per išleidimo angą, kur jos po to laikomos kaupimo rezervuare (10).

Vertikalūs bioreaktoriai (2 pav.) vykstantis technologiniai procesai yra vienodi kaip ir horizontaliojo, bet vertikaliame bioreaktoriuje galima spręsti įvairiau technologinius sprendimus. Tarkim šilumokaičius galima įrengti bioreaktoriaus dugne arba vidinėje sienelėje. Maišyklės gali būti įrengtos viršutiniame dangtyje, per išorinę sienelę ar ant vidinės sienelės paviršiaus (10).



2pav. **Vertikalus bioreaktorius** (Fisher and Krieg 2008)

Norint reguliariai išgauti biodujas reikalingi trys parametrai: temperatūra, žaliavos išlaikymo trukmė ir apkrova. (8).

**Temperatūra.** Mikroorganizmai negali reguliuoti savo šilumos, todėl temperatūra yra labai svarbi mikroorganizmams, nes nuo jos priklauso kaip greitai jie gali daugintis bei biocheminių reakcijų intensyvumas. Vieniems mikroorganizmams reikia žemesnės temperatūros kitiems aukštesnės. Pagal tai jie skirstomi į psichrofilinius (graikiškai psychros – šaltas, philio – myliu), mezofilinius (gr. mesos – vidutinis) ir termofilinius (gr. thermos – šiltas) (9).

**Išlaikymo laikas.** Tai nustatytas laikas kiek turės būti biomasė bioreaktoriuje, kuris matuojamas paromis. Bioreaktoriuose išlaikymo trukmė nustatoma dalinant bioreaktoriaus darbinį tūrį iš įkrovos kiekio, teikiamo į reaktorių per parą (8).

**Apkrova.** Apkrova parodo kiek para reikia įkrauti sausų organinių medžiagų kiekį normaliam bioreaktoriaus veikimui. Jei apkrova yra nedidelė, tai reiškia kad mikroorganizmams trūksta maisto, tai sumažina jų intensyvumą bei bus pagaminta mažiau biodujų, bet geriau yra suskaidomos organinės medžiagos, kurios buvo įdėtos (10).

### 1.3. Pagrindiniai teisės aktai reglamentuojantys biodujų gamybą

Vis didėjant klimato kaitai, pasaulio šalis, vis atidžiau stebi, klimato kaitą sukeliančias priežastis. Pagrindiniai klimato kaitos sukėlėjai yra žemės ūkis ir pramonė. Dėl šios priežasties didėja grėsmė aplinkai, žemės ūkiui bei ekonomikos vystimuisi (11).

Europos Sąjunga matydama vis didėjančia problema su klimato kaita 2007 m. išskėlė tikslą, kad Europos sąjungos narės iki 2020 m. pasiektų, kad iš atsinaujinančiųjų išteklių būtų išgauta 20%

suvartojamos energijos. O transporto srityje panaudota 10% gautos energijos iš atsinaujinančių išteklių (11).

Kadangi Lietuva yra Europos sąjungos narė, todėl reikia laikytis nurodytu reikalavimu. Taigi 2011 m. gegužės 12 d. Lietuvos respublikos seimas priėmė įstatymą *atsinaujinančių išteklių energetikos įstatymas*. Kurio pagrindiniai tikslai yra elektros energijai pagamintai iš atsinaujinančių energijos šaltinių, palyginus su galutinių energijos suvartomųjų, padidėtu ne mažiau kaip 20% (11).

### **Reikalavimai biodujų gamybos įrenginiams**

Iš biodujų išskiria klimato kaitą sukeliančios dujos. Todėl norint įrengti biojėgainę reikia taip įrengti kad biodujos nepatektų į aplinką, nekenktų žmonių sveikatai ir būtų tinkamai panaudojamos pagal nustatytus reikalavimus. Tai galima padaryti pagal teisės akta „Biodujų gamybos įrenginių konstrukcijų įrengimo ir eksploataavimo techninės taisyklės“ (12).

Pagrindinis šio teisės akto tikslas yra sukurti saugią aplinką, kad būtų saugiai panaudojamos biodujos, įrengti ir apsaugoti biojėgainės įrenginius pagal teisės akto reikalavimus, kur bus panaudojamos biologiškai skaidžios atliekos ar kitos atliekos biodujų gamybai (12).

Labai svarbu, kad pagamintos biodujos nepatektų į aplinką, todėl yra reikalavimai biojėgainės įrenginiams. Bioskaidžių atliekų įrengta turi užtikrinti, kad atliekos pateks į biojėgainę saugiai ir bus reguliuojamas teisingas jų padavimas į bioreaktorių (12).

Bioskaidžių atliekų ir fermentavimo atliekų talpyklų pagrindas turi būti tvirtas, kad atliekų skystis nepersiskverbtų per jo pagrindą dažniausiai naudojama betoną ar plieną. Talpykloms kur vyksta fermentacijos procesai, ir naudojamas betono pagrindas, jo atsparumo klasė turi būti ne mažesnė kaip C30/37. Talpykloms kur laikomos biologiškai skaidžios atliekos ir fermentavimo atliekos betono atsparumo klasė ne mažesnė kaip C20/25 (12).

Talpyklų konstrukcijos dalys, kurios yra rūgštinėje terpėje, būtina kad jos būtų padengtos iš nerūdijančio plieno sluoksnių, kad nepaveiktu korozija ir nerūdijančio plieno markė turi būti nemažesnė nei 1.4401 (12).

Taip pat turi būti užtikrinta, kad talpyklos būtų apsaugotos nuo sulfatų. Talpyklos turi būti atsparios šaltam klimatui, kad atėjus žiemai jos neužšaltų. Viduje naudojama izoliacinė medžiaga, kuri yra atspari drėgmei, susidariusiam slėgiui, temperatūros pokyčiams vykstantiems viduje (12).

Išorėje naudojama medžiaga turi būti atspari atmosferos įtakai arba gali būti apgaubta apsaugine danga nuo atmosferos poveikio (12).

Talpyklų padavimo sistema ten kur vyksta pūdymo procesai turi būti užtikrinta, kad biodujos neįsiskverbs į aplinką (12).

Pūdimo talpyklos apsaugos mechanizmas ir jos įranga apsaugota nuo vakuomo susiformavimo, kad slėgis nepakiltų daugiau nei viršslėgio (12).

Įrenginiuose, kur vyksta biodujų gaminamo procesai turi būti įrengta kontroliavimo ir reguliavimo įrenginiai bei matavimo prietaisai. Tam, kad būtų galima patikrinti ir reguliuoti kiek biodujų pagaminamą, matyti biodujų temperatūrą, bei jų slėgi (12).

### **Reikalavimai pagamintų biodujų kaupimo rezervuarams**

Rezervuaro sienelės turi būti nelaidžios, kad biodujų nepatektų į aplinką leidžiamas nuostolis per sienelę per diena yra ne daugiau kaip 5 % laikomų biodujų, sienelė taip pat turi būti atspari ultravioletiniam spinduliui (UV), biodujų gamybos proceso terpei, atspari temperatūrai, kad ji nuo karščio nesiplėstų ir nuo susidariusio viršslėgio (12).

Kaupimo rezervuarai, kurie yra be dangos įrengti jie turi būti apsaugoti nuo vėjo ir sniego apkrovos (12).

1 lentelė

### **Biodujų kaupimo rezervuaro sienelė turi atitikti šiuos reikalavimus**

	<b>Techniniai parametrai</b>	<b>Vnt.</b>	<b>Reikšmė</b>
1.	Dujų praradimas per rezervuaro sienelę	%/diena	$\leq 5$
2.	Atsparumas trukimui	N/5cm	$\geq 500$
3.	Atsparumas tempimui	N/5cm	$\geq 250$
4.	Laidumas dujoms (metanui)	$\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d} \cdot \text{bar}$	$\leq 1000$
5.	Parametrų užtikrinimas temperatūros intervale	$^{\circ}\text{C}$	$-30 \text{ }^{\circ}\text{C} \div +70$

## **2. ŪKIO VEIKLA**

Utenos rajone ūkininkų valdos nėra didelės. Tie, kurie užsiima gyvulininkyste, raguočių bandos susidaro iš kokių 100-400 suaugusių gyvulių.

Toks yra ir ūkininko Vaškelių ūkis: 400 suaugę raguočiai. Ferma įrengta buvusioje tipinėje fermoje. Žinoma, nuo to laiko, kai išnyko kolūkiai, labai daug kas pakito. Banda laikoma labai šiuolaikiškai. Žiemą gyvuliai laikomi tvarte, dažnai išleidžiami į lauką, į tam tikslui skirtą stacionarinį aptvarą. Šeriami gyvuliai šėryklose šienų, šiaudais, kombinuotais pašarais. Tvirtose įrengtos girdyklos, vanduo tiekiamas iš gręžinio. Vasarą vanduo vežiojamas metalinėse statinėse, iš jų išpilamas į lovius.

Vasarą karvės laikomos vasaros ganyklose. Jos būna jau apsiveršiančios (veršiuojasi vasario – balandžio mėnesiais) todėl ganyklose ypatingo dėmesio nereikalauja. Ganykla aptverta elektriniu piemeniu, banda suskirstyta į 3 padalinius. Pirmas melžiamos karvės taip pat praeitų metų nekergiamo amžiaus telyčios, antra – pakaitinės telyčios, trečia – banda ganoma atskirai, tai išbrokuotos karvės. Vaškelio karvių banda mišri – pieninės ir mėsinės karvės. Mėsiniai veršeliai atjunkomi tik 6 – 8 mėnesių amžiaus. Buliukai iškart parduodami tolesniam auginimui, telyčaitės laikomos toliau papildyti bandai arba atstatyti išbrokuotų karvių skaičiui.

Ganyklų 5 – 6 ha kasmet atnaujinama. Į tą plotą pavasarį, dažniausiai balandžio mėnesį, įterpiamas mėšlas, kauptas per žiemą, žemė apariama, paruošiama sėjimui. Sėjama žolė būsimoms ganykloms. Taip ganyklos atnaujinamos po plotelį kiekvienais metais ūkyje laikomas arklys, smulkiems darbams nudirbti, tai pat avių.

Ūkyje susidaro gana nedideli atliekų kiekiai pagrinde mėšlas, todėl jį sutvarkyti nėra labai sunku. Kiek iš vieno galvijo gauname mėšlo apskaičiuojame formulę:

$$M = 4 \left( \frac{P}{2} + K \right) = 4 \left( \frac{20,9}{2} + 2 \right) = 49,8 \quad (1)$$

čia  $M$ - mėšlo kiekis,  $P$ - pašaro sausoji medžiaga,  $K$ - kraikas

Skaičiuojama, kad iš vieno, kuris sveria apie 500 kg, per parą jis gali sukaupti 0,8 m<sup>3</sup> mėšlo, sveriančio apie 35 kg. Tame mėšle būna apie 160 g azoto, 25 g fosforo ir apie 112 g kalio. Jeigu galvijas sveria apie 600 kg, tai per parą jis gali sukaupti apie 0,14 m<sup>3</sup> mėšlo, sveriančio apie 45 kg. Tokio gyvulio mėšlas turi apie 210 g azoto, 40 g fosforo, 163 g kalio.

Ūkyje auginama 400 galvijų, kurių svorio vidurkis apytiksliai 450 kg. Kadangi ūkis ketina plėstis iki 400 galvijų bus paskaičiuota, kiek susidarys iš 400 galvijų mėšlo kiekio.

Taigi, ūkyje auginama 400 galvijų, jų visų svorio vidurkis apie 500 kg. Pagal tai galima apskaičiuoti, kiek apytiksliai šiuo metu susidaro kubinių metrų mėšlo per parą.

$$M = 0,08 \times 400 = 32 \text{ m}^3$$

Kiek per metus susidarys mėšlo kiekio apskaičiuojame padauginę iš metų dienų skaičiaus:

$$M = 32 \times 365 = 11\,680 \text{ m}^3$$

Vasarą mėšlo nesukaupiama, o žiemą iš tvarto mėšlas pašalinamas, kaupiamas tam tikslui įrengtoje mėšlidėje. O kad negaruotų ir neskleistų blogo kvapo, mėšlas apipilamas durpėmis.

Ūkyje susidaręs galvijų mėšlas, iš kurio išskiria šiltnamio efektą sukeliančios dujos. Pagrindė išsiskiria metano dujos CH<sub>4</sub>, kurios 20 kartų stipresnės negu CO<sub>2</sub>. Dar vienos dujos yra diazoto oksidas (N<sub>2</sub>O), jos susidaro beorėje aplinkoje, dažniausiai kur mėšlas būna su kraikų apatinėje jo dalyje, jos taip pat prisideda prie klimato kaitos. Kitos svarbios dujos susidaro iš mėšlo yra amoniakas (NH<sub>3</sub>) ir azoto oksidai (NO<sub>x</sub>), dėl kurių susidaro nemalonūs kvapai (12).

Mokslininkai nustatė, kad vienas iš didesnių oro teršėjų yra žemės ūkis, tiksliau gyvuliai. Kaimo gyventojai mano, kad tai netiesa. Kad nebūtų didinamas šiltnamio efektas, reiktų mėšlą tvarkyti taip, kad jis duotų naudos ne tik kaip trąšos. Ir Vaškelio ūkyje užuot tiesiogiai įterpiant mėšlą į žemę ir taip gerinant dirvožemio struktūrą, galima būtų įrengti bioreaktorių, į jį patalpinti mėšlą, vykstant reakcijai išskirtų metano dujos, kurios galima naudoti elektros gamybai ir šilumai gauti. O mėšlas praradęs metano dujas būtų panaudojamas kaip trąšos. Tada nebūtų jokios oro taršos. Ūkininkas turėtų naudoti: bekvapėm trąšom, galėtų apšildyti savo namus ne kietu kuru.

### 3 BIOJĖGAINĖS PARAMETRŲ SKAIČIAVIMAI

Skaičiavimai atlikti remiantis Deublein D., Steinhauser A. knyga (13).

#### **Pirminio rezervuaro mėšlui talpinti skaičiavimai:**

Pirminis rezervuaras kurio paskirtis yra mėšlo laikymui bus pagamintas vertikalaus cilindro formos, kurio dangą bus iš betono. Rezervuare tilps 10 dienų sukauptas mėšlo kiekis. Skystas mėšlo tankis prilygintas toks kaip ir vandens tankis, tai yra  $\rho = 1000 \text{ kg} / \text{m}^3$ .

Pradedant skaičiuoti talpos dydį, reikia dar pridėti rezervuare esanti tūrį orui bei esančiai įrangai (maišytuvui bei smulktuvui) talpykloje tai yra  $f_{VPT} = 1,25$

Santykis tarp talpos aukščio ir skersmens:  $H_{PT} / D_{PT} = 2$ .

$$V_{PT} = \frac{M_G \cdot t_{PT} \cdot SG}{\rho_G \cdot f_{VPT}} = \frac{0,035 \cdot 10 \cdot 300 \cdot 1,25}{1000} = 131 \text{ m}^3 \quad (2)$$

$V_{PT}$  – rezervuaro tūris,  $M_G$  – substrato kiekis per dieną,  $\rho_G$  – substrato tankis,  $f_{VPT}$  – papildomo tūrio faktorius,  $t_{PT}$  – mėšlo išbūvimo laikas rezervuare,  $SG$  – sutartinis galvijais

Pagal cilindro tūrio formulę apskaičiuojamas aukštis (H) gaunasi 8 m, o skersmuo (D) 6 m.

**Pirminio rezervuaro siurblio su smulkintuvu skaičiavimai:**

Prieš patekdamas mėšlas į bioreaktorių bus susmulkintas smulkintuvu, kad mėšlas pasiektų tinkama pralaidumą, kad mikroorganizmai lengviau suskaidytų substratą, tada siurblio pagalba bus tiekiamas į bioreaktorių.

Siurblio efektyvumas turi būti nemažesnis nei  $\eta_{VP} = 0,5$ . Rekomenduojamas slėgis ( $\Delta P_{VP}$ ) 1 baris, o pirminis siurblio pralaidumas  $10 \text{ m}^3 / \text{h}$ .

$$V_{VP1} = 10 \text{ m}^3 / \text{h},$$

$$V_{VP2} = \frac{V_{BR}}{t_{PT}} = \frac{394}{5} = 79 \text{ m}^3 / \text{h} \quad (3)$$

$V_{VP1-2}$  – rezervuaro siurblio pralaidumas,  $V_{BR}$  – bioreaktoriaus tūris,  $t_{PT}$  – sėdimo laikas rezervuare - 5h.

Faktinis energijos suvartojimas: 
$$P_{VP} = \frac{V_{VP1} \cdot \Delta P_{VP}}{\eta_{VP}} \approx 0,9 \text{ kWh} \quad (4)$$

Didžiausias (nominalus): 
$$P_{VP} = \frac{V_{VP2} \cdot \Delta P_{VP}}{\eta_{VP}} \approx 7,1 \text{ kWh} \quad (5)$$

$P_{VP}$  – siurblio energijos suvartojimas,  $\Delta P_{VP}$  – rezervuaro siurblio slėgis,  $\eta_{VP}$  – siurblio efektyvumas,  $V_{VP2}$  – rezervuaro siurblio pralaidumas.

Tai vidutinis sliurblio energijos suvartojimas:

$$P_{VP} = \frac{8}{2} \approx 4 \text{ kWh} \quad (6)$$

### Bioreaktoriaus skaičiavimai:

Bioreaktorius – tai vertikalus cilindro formos indas, su maišytuvu ir šildymo sistema, kuriame mikroorganizmai vykdo skaidymo procesą.

Į bioreaktorių kelias mėšlas kraikinis, todėl jis turės išbūti 30 parų. Norint apskaičiuoti bioreaktoriaus talpą taip pat reikia atsižvelgti, kad bioreaktoriuje yra oro bei esanti įrangą kurį prideda tūrio, todėl reikia pridėti dar viena parametą, kuris yra  $f_{VBR} = 1,25$ .

Ryšys tarp aukščio ir bioreaktoriaus skersmens:  $H_{BR} / D_{BR} = 1/2$ .

Bioreaktoriuje bus įdiegti du maišytuvai. Jiems veikiant mikroorganizmai esantys bioreaktoriuje lengviau apdoros substratą. Jie bus įrengti pačiame bioreaktoriuje, jų aukšti galima bus koreguoti grandinėmis esančioms lauko pusėje. Dažniausia reikia keisti jų aukšti jei bioreaktorius nėra pilnai užpildytas. Praėjus 30 dienų po pirmo bioreaktoriaus užpildymo reikės, kas 10 dienų pastoviai nusiurbti ir pripildyti bioreaktorių naujų substratų.

$$V_{BR} = \frac{M_G \cdot t_{BR} \cdot SG}{\rho_G \cdot f_{VBR}} = \frac{0,035 \cdot 30 \cdot 300 \cdot 1,25}{1000} = 394 \text{ m}^3 \quad (7)$$

$V_{BR}$  – bioreaktoriaus tūris,  $M_G$  – substrato kiekis per dieną,  $\rho_G$  – substrato tankis,  $konst.f_{VBR} = 1,25$ ,  $t_{BR}$  – substrato sėdimo laikas reaktoriuje,  $SG$  – sutartinis galvijais

Pagal cilindro tūrio formulę apskaičiuojamas aukštis (H) gaunasi 5 m, o skersmuo (D) 10 m.

$$P_{BRR} = 1,3 \cdot Ne_{BRR} \cdot \rho_G \cdot D_{BRR}^5 = 1,3 \cdot 0,5 \cdot 1000 \cdot 0,5^5_{BRR} = 21 \text{ kWh} \quad (8)$$

$P_{BRR}$  – maišytuvo energijos suvartojimas,  $konst. Ne_{BRR} = 0,5$ ,  $\rho_G$  – substrato tankis,  $D_{BRR}$  – maišytuvo skersmuo

### Reaktoriaus apšildymo skaičiavimai:

Vykstančiai fermentacijai bioreaktoriuje bus parinkta mezofilinis proceso temperatūra, kuri kils iki 50 °C. Lietuvoje dar nėra naudojama termofilinio fermentavimo būdo, nes mikroorganizmai yra labai jautrus temperatūros pokyčiams, pasikeitus keliems laipsniams jie gali žūti.

Substrato specifinis šilumos našumas literatūroje  $c_{SU} = 4,2 \text{ kJ/kg}\cdot^{\circ}\text{C}$ . Bioreaktoriuje turi būti pastovi šilumą, kuria reikės kelti nuo  $20^{\circ}\text{C}$  iki  $50^{\circ}\text{C}$ , tai  $\Delta v_{SU} = 30^{\circ}\text{C}$ .

Bioreaktoriaus senios bus apšildytos polistirolio sluoksnių  $s_{BR} = 0,1 \text{ m}$ . Polistirolo karščio perdavimo koeficientas yra  $\lambda_{BR} = 0,05 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ . Nors ir substratas nesieks bioreaktoriaus lubų, bet reikia paskaičiuoti, kiek bioreaktoriaus praras šilumos per sienas. Šilumos praradimo per lubas beveik nėra, nes lubos kontaktuoja su pagamintomis dujomis ir oru išorėje taip pat ir su bioreaktoriaus vidumi. Literatūroje rašoma, kad šilumos perdavimo koeficientai viduje šlapioje bioreaktoriaus sienoje su maišomu skysčiu yra  $\alpha_{BRi} = 4000 \text{ W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$ , o išorinės bioreaktoriaus sienos šilumos perdavimo koeficientas kontakte su dirvožemiu yra  $\alpha_{BRa} = 400 \text{ W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$ ; pagal tai galima apskaičiuoti k-faktorių (bioreaktoriaus sienos su izoliacija parametras):

$$k_{BR} = \frac{1}{\alpha_{BRi} + \frac{s_{BR}}{\lambda_{BR}} + \alpha_{BRa}} = \frac{1}{4000 + \frac{0,1}{0,05} + 400} = 0,5 \text{ W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C} \quad (9)$$

$k_{BR}$  – bioreaktoriaus sienos su izoliacija parametras,  $\alpha_{BRi}$  – bioreaktoriaus sienos šilumos perdavimo koeficientas iš vidaus,  $\alpha_{BRa}$  – bioreaktoriaus sienos šilumos perdavimo koeficientas iš išorės,  $\lambda_{BR}$  – polistirolo karščio perdavimo koeficientas,  $s_{BR}$  – bioreaktoriaus apšildymo sluoksnis.

Maksimalus temperatūros skirtumas ( $\Delta v_{BR}$ ) tarp substrato ir aplinkos yra  $70^{\circ}\text{C}$

$$\Delta v_{BR} = v_{BR} - v_A, \quad ^{\circ}\text{C} \quad (10)$$

$v_{BR}$  – temperatūra bioreaktoriaus viduje,  $v_A$  – temperatūra reaktoriaus išorėje (lauke)

$70^{\circ}\text{C}$  šiltas vanduo turi atvėsti iki  $60^{\circ}\text{C}$ , tai reiškia, kad vandenį reikės atvėsinti  $10^{\circ}\text{C}$  (apskaičiuota žemiau).

$$\Delta v_H = v_{HE} - v_{HA}, \quad ^{\circ}\text{C} \quad (11)$$

$$\Delta v_H = 70 - 60 = 10^{\circ}\text{C}$$

$\Delta v_H$  – temperatūros skirtumas tarp vandens esamos šilumos ir reikiamos vandens šilumos

Šilumos srauto vidurkis šildymo vamzdžiuose turi būti  $v_H = 1 \text{ m/s}$ .

Šilumos perdavimo koeficientas vamzdyne iš išorės ir vidaus turi būti prilyginti, kaip tokie patys  $\alpha_{Hi} = \alpha_{Ha} = 400 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$  lėtai pratekančiam skysčiui; šildymo vamzdynas gerai praleidžia karštį. Vamzdynų šildymo parametras apskaičiuojamas pagal:

$$k_H = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{Hi}} + \frac{1}{\alpha_{Ha}}} = \frac{1}{\frac{1}{400} + \frac{1}{400}} = 200 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \quad (12)$$

$k_H$  – vamzdynų šildymo parametras,  $\alpha_{Hi}$  – Šilumos perdavimo koeficientas vamzdyne iš vidaus,  $\alpha_{Ha}$  – Šilumos perdavimo koeficientas vamzdyne iš išorės

$$Q_{SU} = M_G \cdot c_{SU} \cdot \Delta v_{SU} = 0,035 \cdot 4,2 \cdot 30 = 4,4 \text{ kWh} \quad (13)$$

$Q_{SU}$  – reikalinga energija substratui sušildyti,  $M_G$  – substrato kiekis per dieną,  $c_{SU}$  – substrato specifinis šilumos našumas,  $\Delta v_{SU}$  – maksimali šildymo temperatūra, kuria reikia pašildyti substratą

$$A_{BR} = \frac{\pi \cdot D_{BR}^2}{4} + \pi \cdot D_{BR} \cdot H_{BR} = \frac{3,14 \cdot 10^2}{4} + 3,14 \cdot 10 \cdot 5 = 235,5 \text{ m}^2 \quad (14)$$

$A_{BR}$  – paviršiaus plotas praleidžiantis šilumą,  $D_{BR}$  – bioreaktoriaus skersmuo,  $H_{BR}$  – bioreaktoriaus aukštis

$$Q_{BR} = k_{BR} \cdot A_{BR} \cdot \Delta v_{BR} = 0,5 \cdot 235,5 \cdot 70 = 8,2 \text{ kW} \quad (15)$$

$Q_{BR}$  – bioreaktoriaus šilumos nuostoliai,  $k_{BR}$  – bioreaktoriaus sienos su izoliacija parametras,  $A_{BR}$  – paviršiaus plotas praleidžiantis šilumą,  $\Delta v_{BR}$  – Maksimalus temperatūros skirtumas tarp substrato ir aplinkos.

Šilumos poreikis biojėgainės bioreaktoriaus sušildymui ( $Q_v$ ):

$$Q_v = Q_{SU} + Q_{BR} = 4,4 + 8,2 = 12,6 \text{ kW} \quad (16)$$

**Kompresoriaus skaičiavimai (Aeracijos):**

Aeracija su oro srautu  $V_L$  kreipiama į biodujų srautą  $V_{BR}$ ,  $V_L/V_{BR} = 0,04$  norma yra pakankama tuo pačiu ne tik dujas ataušinti bet ir desulfurizuoti. Rekomenduojama, kad kompresoriaus slėgis ( $p_{k2}$ ) būtų 6 bariai. Oro greitis oriniame vamzdyje turi būti 2 m/s.

$$V_L = \frac{V_L}{V_{BR}} \cdot V_{BR} = \frac{0,04}{394} \cdot 394 = 0,04 \text{ m}^3/\text{d} = 1,63 \text{ Nm}^3/\text{h} \quad (17)$$

$V_L$  – reikiamas oro prapūtimas,  $V_{BR}$  – bioreaktoriaus dydis,  $V_{BR}$  - bioreaktoriaus dydis,  $V_L/V_{BR} = 0,04$  oro srauto su biodujų srauto norma

$$D_L = \sqrt{\frac{V_L}{v_L \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{0,04}{2 \cdot 3,14}} = 0,07 \text{ m} \quad (18)$$

$D_L$  – oro vamzdžio skersmuo,  $v_L$  – oro greitis oriniame vamzdyje,  $V_L$  - oro srautas

Aeracijai reikalingas kompresorius. Jis pasirenkamas pagal reikiamą oro prapūtimo srautą. Į biodujų jėgainę bus įmontuotas kompresorius, kurio geba prapūsti  $V_K = 1,7 \text{ Nm}^3/\text{h}$ . Imamas didesnis skaičius, nei gauta skaičiuojant, nes reikia įvertinti tai, kad vamzdyje egzistuoja toks parametras, kaip trintis. Tokio kompresoriaus elektros suvartojimas ( $P_K$ ) lygus 2 kWh.

### Dujų talpyklos skaičiavimai:

Dujų talpyklai bus naudojamas žemo slėgio plastiko folijos talpa.

Santykis tarp bioreaktoriaus ir dujų talpyklos dydžio turi būti:  $V_{BR}/V_{GS} = 1/2$ .

Biodujos tokio didžio talpykloje gali išbūti iki dvejų dienų. Todėl tarp dujų talpyklos ir generatoriaus turės būti pastatyta „Žvakė“. Jos paskirtis yra avarijos metu dėl generatoriaus gedimo problemos. Žvakėje tiesiogiai tiekiamos biodujos ir jos yra deginamos, iki tol kol yra sutaisomas generatorius.

$$V_{GS} = \frac{394}{\frac{1}{2}} = 788 \text{ m}^3 \quad (19)$$

$V_{GS}$  – dujų talpyklos dydis,  $V_{BR}$  – bioreaktoriaus dydis.

### Generatoriaus (Kogeracinė jėgainė) skaičiavimai:

Biodujų jėgainėje bus įrengtas kombinuotas šilumos ir elektros energijos variklis. Jo darbui reikalingas dyzelinis. Dyzelio kiekis ( $M_{OIL}$ ) apskaičiuojamas pagal gaunamų biodujų išėigą

( $M_{BR}$ ),  $100 \text{ m}^3$  biodujų reikia  $9 \text{ m}^3$  dyzelio ( $M_{OIL}/M_{BR} = 0,09$ ). Energijos kiekis ( $E_{OIL_{spec}}$ ) iš dyzelio yra  $10 \text{ kW/kg}$ . Energijos kiekis iš biodujų ( $E_{spec}$ ) lygus  $6 \text{ kW/m}^3$ . Biodujų tankis  $\sigma^* = 1,11 \text{ kg/m}^3$ .

Variklio efektyvumas:

Elektrinis efektyvumas  $\eta_{el} = 30 \%$

Šiluminis efektyvumas  $\eta_{el} = 50 \%$

$$M_{BR} = V_{BR} \cdot \sigma^* = 394 \cdot 1,11 = 437 \text{ m}^3 / d \quad (20)$$

$M_{BR}$  – pagamintų biodujų kiekis,  $\sigma^*$  – biodujų tankis,  $V_{BR}$  – bioreaktoriaus tūris

$$M_{OIL} = M_{BR} \cdot 0,09 = 437 \cdot 0,09 = 40 \text{ m}^3 / d \quad (21)$$

$M_{OIL}$  – reikiamas degalų kiekis generatoriui,  $M_{BR}$  – pagamintų biodujų kiekis

Norint apskaičiuoti kiek kilovatvalandžių gausis iš biodujų per metus reikia apskaičiuoti biodujų metinę išėigą, kuri yra:

$$54\,000 \text{ m}^3$$

Žinant, kad biodujų šiluminė vertė  $22,6 \text{ MJ/m}^3$ , galima paskaičiuoti, kiek bus gauta kilovatvalandžių iš biojėgainės per metus:

$$54000 * 22,6 = 1220400 \text{ MJ/metus}$$

$$3,6 \text{ MJ} = 1 \text{ kWh}$$

$$\frac{1220400}{3,6} = 339000 \text{ kWh/metus}$$

### **Perdirbto mėšlo laikymo rezervuaro skaičiavimai:**

Perdirbtas mėšlas kelias dienas laikomas rezervuare, kuris yra cilindro formos. Į laikymo rezervuare kas dešimt dienų bus nusiurbiamas perdirbtas substratas ( $\rho = 1000 \text{ Mg/m}^3$ ).

Rezervuaro viduje bus įdiegta centrifuga, kuriai veikiant bus išsukamas substratas, taip pat bus pašalinamas vanduo iš substrato, o sausa masė perduodama į baseino tipo talpą.

Statant rezervuare reikia atsžvelgti į faktorių  $f_{VE} = 1,1$ , tai faktorius kuris prideda tūrio rezervuare dėl esančios centrifugos ir oro. Rezervuaro aukštis bus toks pat kaip bioreaktoriaus aukštis,

kad lengvai būtų nutraukiamas jau panaudotas substratas. Rezervuare turės tilpti ( $t_E$ ) iki 100 dienų substratas.

$$V_E = \frac{M_G \cdot t_E \cdot SG \cdot f_{VPT}}{\rho} = \frac{0,035 \cdot 100 \cdot 300 \cdot 1,1}{1000} = 1155 \text{ m}^3 \quad (22)$$

$V_E$  – rezervuaro tūris,  $M_G$  – nusiurbiamo substrato kiekis per dieną,  $\rho$  – nusiurbto substrato tankis,  $f_{VE}$  – papildomo tūrio faktorius,  $t_E$  – substarto išbūvimo laikas rezervuare.

Pagal cilindro tūrio formulę apskaičiuojamas aukštis (H) gaunasi 5 m, o skersmuo (D) 15 m.

2 lentelė

### Biodujų jėgainės parametrų skaičiavimo rezultatai

	Vienetai	Rezultatai
Pirminio rezervuaro mėšlui talpa, $V_{PT}$	m <sup>3</sup>	131
Pirminio rezervuaro siurblio pralaidumas, $V_{VP2}$	m <sup>3</sup> /h	79
Vidutinis siurblio energijos suvartojimas, $P_{VP}$	kW/h	4
Maišytuvo energijos suvartojimas, $P_{BRR}$	kW/h	21
Bioreaktoriaus sienos su izoliacija parametras, $k_{BR}$	W/m <sup>2</sup> ·C	0,5
Vamzdynų šildymo parametras, $k_H$	W/m <sup>2</sup> ·C	200
Reikalinga energija substratui sušildyti, $Q_{SU}$	kW/h	4,4
Bioreaktoriaus šilumos nuostoliai, $A_{BR}$	kW	8,2
Šilumos poreikis biojėgainės bioreaktoriaus sušildymui, $Q_v$	kW	12,6
Reikiamas oro prapūtimas, $V_L$	Nm <sup>3</sup> /h	1,63
Oro prapūtimo vamzdžio skersmuo, $D_L$	m	0,07
Dujų talpyklos dydis, $V_{GS}$	m <sup>3</sup>	788
Reikiamas degalų kiekis generatoriui dienai, $M_{OIL}$	m <sup>3</sup> /d	40
Perdirbto mėšlo laikymo rezervuaro dydis, $V_E$	m <sup>3</sup>	1155

Kaip ir anksčiau minėta, išgrežus jau panaudota substratą susidaręs vanduo pateks į nuotekų valymo įrenginius, o likusi sausa masė į baseino tipo talpą. Talpa bus įrengta su betonuotomis grindimis, kad vanduo neįsiskverbs į žemę, ir nepateks į gruntinius vandenius. Talpoje turės tilpti bent 6-8 mėnesių apdorotas substratas. Ir bus naudojama kaip dirvožemio gerinimo trąša.

#### 4. BIOJĖGAINĖS ATSIPIRKIMO LAIKOTARPIO ĮVERTINIMAS

Statant biodujų jėgaine *Igno Vaškelių* ūkyje svarbų paskaičiuoti kiek įranga kainuos ir per kiek laiko ją atspirks. Pirmiausiai paskaičiuojame kiek pati įranga kainuos.

Biojėgainės įrenginių kainoraštis:

- Pirminis rezervuaras kur bus laikomas mėšlas ir siurblys ir smulkintuvu – 8000 Eur;
  - Pirminio rezervuaro mėšlui laikyti su siurbliu ir smulkintuvu įrengimas, 20 % nuo jų kainos – 1600 Eur;
  - Bioreaktorius ir biodujų saugykla – 18 000 Eur;
  - Bioreaktoriaus ir dujų saugyklos įrengimas, 32 % nuo jų kainos – 5760 Eur;
  - Bioreaktoriaus šildymas ir šilomkaitis substrato pašildymui – 3000 Eur;
  - Bioreaktoriaus šildymas ir šilomkaičio įrengimas substrato pašildymui, 18 % proc nuo jų kainos – 540 Eur;
  - Du reaktoriaus maišytuvai veikiantis kelis kartus per diena, kad substrate nesusidarytų nuosėdos – 2000 Eur;
    - Maišytuvų įrengimas, 16 % nuo maišyklių sumos – 320 Eur;
    - Kompresorius – 2500 Eur;
    - Kogeracinė (generatorius) iš pagamintų biodujų gaminantis elektros ir šilumos energija 10000 Eur;
  - Perdirbto substrato laikymo rezervuaras – 4000 Eur.

Iš viso išlaidų: 55720 Eur.

Per dieną biodujų jėgaine sugebės išgauti 200 m<sup>3</sup> biodujų, tai per metus biodujų jėgainė išgaus – 54000 m<sup>3</sup>

Žinant kiek per metus biojėgainė išgaus biodujų galima sužinoti kiek kilovatvalandžių ji pagamins per metus – 339000 kWh / metus

Reikia suskaičiuoti kiek reikės elektros energijos ūkui per metus:

Reikalinga elektros energija ūkiui:

- Elektros energija reikalinga bioreaktoriui veikti –  $50,2 \cdot 270 = 13554$  kWh;
- Garaže – 1400 kWh;
- Šviestuvai apšviesti ūkiui 10 – 5900 kWh;
- Fermoje – 390 kWh;
- Namų ūkyje – 1300 kWh.

Iš viso per metus bus išnaudojama apie 22544 kWh elektros energijos.

Šilumos suvartojimas per metus:

- Šilumos poreikis biodujų jėgainės veikimui  $-25,2 \cdot 270 = 6804$  kWh;
- Namų ūkyje – 31000 kWh;
- Garaže – 41000 kWh.

Iš viso per metus bus išnaudojama apie 78804 kWh šilumos.

Iš išgautų 117990 m<sup>3</sup> per metus biodujų gaunasi:

- Elektros energijos (30 % efektyvumas) – 101700 kWh;
- Šilumos (50 % efektyvumas) – 169500 kWh.

Tai elektros energijos iš jėgainės įmonei (panaudojus reikiamą kiekį savo reikmėms) liks – 79 156kWh, o šilumos – 90 696 kWh.

Kadangi Vaškelių ūkis pats pasigamins šilumos ir elektros energija tai sutaupys:

$$22\,544 \text{ kWh} \cdot 0,088 \text{ Eur/kWh} = 1983,9 \text{ Eur},$$

$$78\,804 \text{ kWh} \cdot 0,040 \text{ Eur/kWh} = 3152,16 \text{ Eur}.$$

Iš viso sutaupys per metus 5136,06Eur.

Iš liekančių pagamintų kilovatvalandžių įmonė uždirbs apie:

$$169852 \cdot 0,072 \text{ Eur/kWh} = 12229 \text{ Eur}.$$

Per metus sutaupytų ir uždirbtų pinigų suma –12229 Eur.

Tai biodujų jėgainės atsipirkimo laikotarpis apskaičiuojamas taip:

$$\frac{55720}{12229} \approx 5 \text{ metus}$$

Pastačius biodujų jėgainę *Igno Vaškelių* ūkyje, bus gaminama elektros ir šilumos energija ji bus panaudojama savo ūkio reikmėms, o likusi bus parduota. Mėšlas praras savo blogą kvapą bei dujas, kurios sukelia klimato kaita ir pagarės kaip trąša.

## IŠVADOS

1. Darbo pradžioje išanalizuota biodujų diegimas Lietuvoje, apžvelgta 1992 m. biojėgainė pastatyta Panevėžyje, spirito ir mielių gamykloje „Sema“ po šios biojėgainės sekė kitos. Darbe išanalizuotas principas, kaip veikia biojėgainės, kaip išgaunama degios biodujos – metanas. Aptariami bioreaktoriai ir jų tipai.
2. Išanalizuota I. Vaškelių ūkio veikla, paskaičiuota kiek susidaro mėšlo per diena ir per metus.
3. Atlikti bioreaktoriaus įdiegimo skaičiavimai: bioreaktoriaus apšildymas, kompresoriaus skaičiavimai (aeracijos), dujų talpyklos skaičiavimai, perdirbto mėšlo laikymo rezervuaro skaičiavimai
4. Apskaičiuotos lėšos, kurios reiktų įdėti, norint įdiegti biojėgainę. Pateiktos biojėgainės įrenginių kainoraštis. Taip pat paskaičiuota, kiek biodujų gaus per metus. Per kiek metų atspikrėtų siūlomi įrenginiai.

## LITERATŪRA

1. Efektyvus išteklių panaudojimas – ekonominė būtinybė (2011) [Žiurėta 2016-11-05]. Prieiga internetu: [http://ec.europa.eu/environment/resource\\_efficiency/documents/factsheet\\_lt.pdf](http://ec.europa.eu/environment/resource_efficiency/documents/factsheet_lt.pdf)
2. Klimato kaita ir oras [Žiurėta 2016-11-05]. Prieiga internetu: <http://www.eea.europa.eu/lt/signalai/signalai-2013/straipsniai/klimato-kaita-ir-oras>
3. Lietuvos atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo skatinimo veikslių planas 2010–2020 m [Žiurėta 2017-01-05]. Prieiga internetu: [http://www.ena.lt/doc\\_atsi/Atsi\\_EI.pdf](http://www.ena.lt/doc_atsi/Atsi_EI.pdf)
4. Parama biodujų sektoriaus plėtrai 2014–2020 m. [Žiurėta 2017-01-06]. Prieiga internetu: <http://www.lammc.lt/wp-content/uploads/2015/03/Bagdonas.pdf>
5. Lietuvos kaimo plėtros 2014–2020 metų programos priemonės „Ūkio ir verslo plėtra“ veiklos „Parama biodujų gamybai iš žemės ūkio ir kitų atliekų“ įstatymas [Žiurėta 2017-01-08]. Prieiga internetu: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/245480b0402a11e58568ed613eb39a73/TftCVKhQnr>
6. Biogas technologies in Lithuania [Žiurėta 2016-12-06]. Prieiga internetu: <http://www.lei.lt/Opet/Renewable/biogas.htm>
7. Savickas, J. (2010). Biodujų gamybos iš organinių atliekų ir jų vartojimo raidos Lietuvoje ekonominiai ir aplinkosauginiai aspektai [Žiurėta 2017-01-15] Prieiga internetu: [http://www.balticbiogasbus.eu/web/Upload/doc/Kaunas\\_201009/7%20LEI%20Juozas%20Savickas%20EN.pdf](http://www.balticbiogasbus.eu/web/Upload/doc/Kaunas_201009/7%20LEI%20Juozas%20Savickas%20EN.pdf)
8. Liubarskis, V. ir Navickas, K. (2007). Biodujos- galimybės ir perspektyvos. Raudondvaris. Psl 48.
9. Kytra, S. (2006). Atsinaujinantys energijos šaltiniai. Kaunas. Psl 222-258
10. „Sukurto mažų gabaritų bioreaktoriaus modulinių variantų analizė, parinkimas ir taikymas kaimo ūkiuose bei maisto pramonėje“ ataskaita [Žiurėta 2017-01-15] Prieiga internetu: [http://ukmin.lrv.lt/uploads/ukmin/documents/files/imported/lt/verslo\\_aplinka/Pramone/Microsoft%20Word%20-%20Mokslinio%20darbo%20ataskaita\\_VGTU.pdf](http://ukmin.lrv.lt/uploads/ukmin/documents/files/imported/lt/verslo_aplinka/Pramone/Microsoft%20Word%20-%20Mokslinio%20darbo%20ataskaita_VGTU.pdf)
11. Rūta Čiutelytė. Biodujų išeigos ir kokybės gerinimas bei gryninimas gamtiniais mineralais [Žiurėta 2017-01-15] Prieiga internetu: <gs.elaba.lt/object/elaba:2089279/2089279.pdf>
12. Biodujų gamybos įrenginių konstrukcijų įrengimo ir eksploatavimo techninių taisyklės [Žiurėta 2017-01-20] Prieiga internetu: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.6B27985E0776>
13. „Skirtingose mėšlo tvarkymo sistemose susidarantių šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ch4 ir n2o) kiekio įvertinimas“ [Žiurėta 2017-01-20] Prieiga internetu:

[https://zum.lrv.lt/uploads/zum/documents/files/LT\\_versija/Veiklos\\_sritys/Mokslas\\_mokymas\\_ir\\_konsultavimas/Moksliniu\\_tyrimu\\_ir\\_taikomosios\\_veiklos\\_darbu\\_galutines\\_ataskaitos/darbasLGImeslsistatask.pdf](https://zum.lrv.lt/uploads/zum/documents/files/LT_versija/Veiklos_sritys/Mokslas_mokymas_ir_konsultavimas/Moksliniu_tyrimu_ir_taikomosios_veiklos_darbu_galutines_ataskaitos/darbasLGImeslsistatask.pdf)

# PRIEDAI