



**Bendrai finansuoja
Europos Sąjunga**



VYTAUTO DIDŽIOJO
UNIVERSITETO
ŽEMĖS ŪKIO
AKADEMIJA

**Profesinių kompetencijų ir įgūdžių tobulinimas žemės ūkio sektoriuje dirbantiems asmenims
Nr. 24PM-KK-23-1-90006-PR001**

**„Biometano gamyba ir naudojimas ūkyje,
žaliavų paruošimas ir tiekimas biometano
jėgainėms, digestato naudojimas žemės ūkyje“
8 ak. val. (kodas - 50710001)**

Lektoriai: Kęstutis Navickas
Kęstutis Venslauskas

1. Biometano gamybos plėtra ir perspektyvos Europos Sąjungoje ir Lietuvoje Europos Žaliojo kurso kontekste.

2. Biometano gamybos teisinis reguliavimas.

MOTYVACIJOS PLĖTOTI BIODUJŲ IR BIOMETANO GAMYBĄ

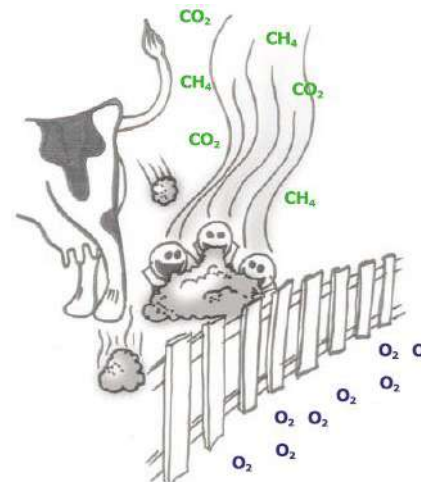
- ❑ Žaliasis kursas
- ❑ Žiedinė ekonomika
- ❑ Aplinkos oro ir vandens tarša
- ❑ Atliekų kvapų emisijos
- ❑ Brangstantys energijos ištekliai
- ❑ Pridėtinė vertė ūkininkams
- ❑ Galimybės integruoti į sumanių gyvenviečių dujų, elektros ir šilumos tinklus
- ❑ Patikimas energijos išteklis

BIODUJŲ IR BIOMETANO GAMYBOS MOTYVACIJOS

- Biodujos yra patraukios dėl jų naudojimo įvairovės:

- jos naudojamos elektros energijos gamybai
- šildymui
- aušinimui
- automobilių degalams
- tiekiamos į gamtinių dujų tinklus

Biometanas



- Biodujų gamybai naudojama daug atliekinių žaliavų, todėl nesukelia konflikto ir kainų kilimo maisto produktų ar pašarų rinkose. Biodujų gamyba iš gyvulių mėšlo, organinių atliekų ir energetinių augalų prisidedama prie tvarios ekonomikos, žemės ūkio ir kaimo plėtros, padidina energijos tiekimo saugumą, konkurencingumą ir tvarumą bei suteikia naujų pajamų galimybių ūkininkams.
- Plėtojant biodujų energetiką labai svarbu įvertinti žaliavų išteklius, vengti konkurencijos su maistui ir pašarams naudojamoms žaliavomis, taikyti geriausias prieinamas gamybos technologijas, sumažinti aplinkos taršos riziką, tinkamai panaudoti pagamintus energetinius ir šalutinius gamybos produktus. Tik tausojanti ir apgalvota plėtra padės išvengti socialinių ir ekonominių konfliktų, bus ilgalaikė ir patraukli visuomenei.

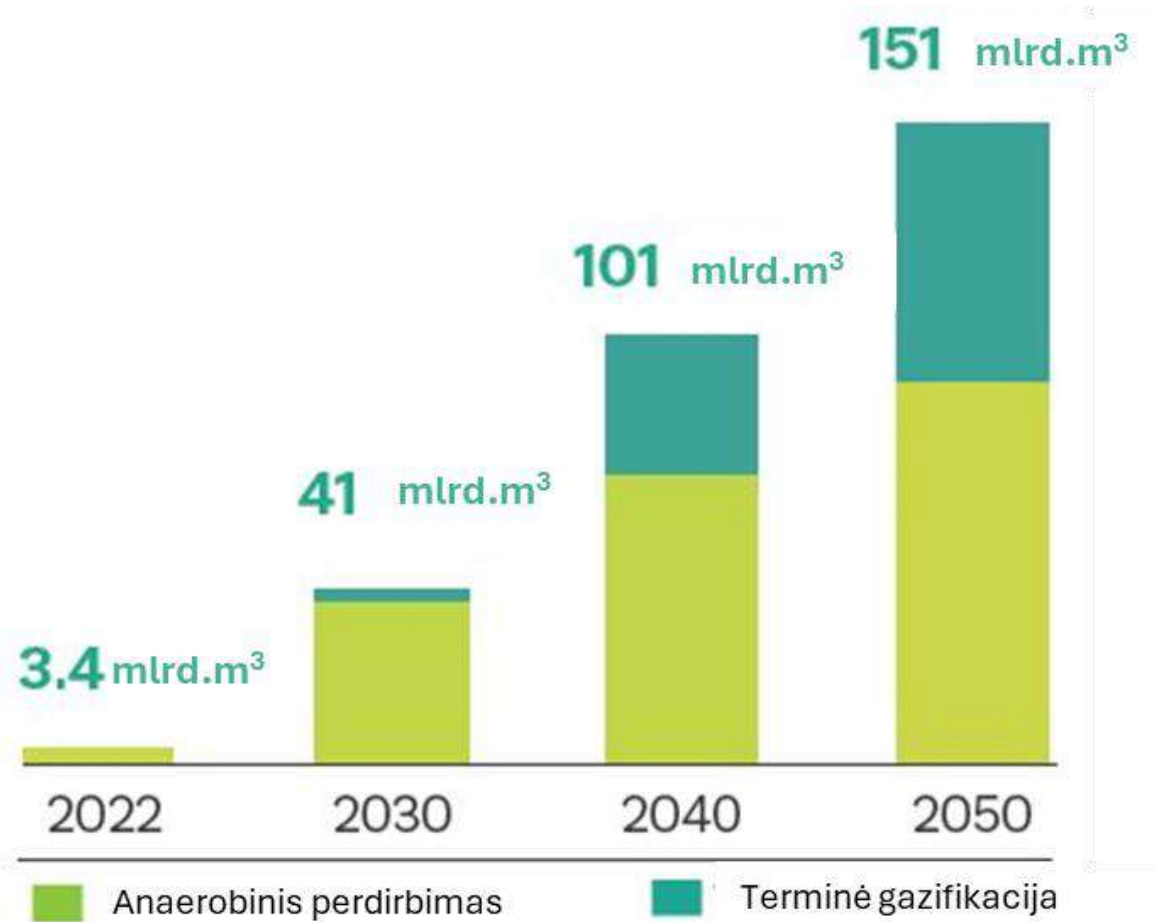
Kas yra biodujos ir biometanas?



- Biodujos - dujos, pagamintos iš biomasės ir (ar) biologiškai skaidomos atliekų dalies. Anaerobiniame procese skylant organinėms medžiagoms ir susidarant biodujoms dalyvauja dešimtys rūšių bakterijų ir ištisos bendrijos įvairiausių tarpusavyje organiškai susijusių mikroorganizmų
- Biometanas - išvalytos ir tiekimo į gamtinių dujų perdavimo ar skirstymo sistemas kokybės reikalavimus atitinkančios biodujos.
- Dažniausiai metano (CH₄) koncentracija biodujose prieš gryninimą yra 45-75%.
- CH₄ koncentracija biometane, kuris įleidžiamas į gamtinių dujų tinklą, turi būti daugiau kaip 90%.
- Biodujos, kuriose CH₄ koncentracija siekia 83-87%, jau gali būti naudojamos kaip žemės ūkio technikos ir transporto degalai.

EUROPOS SĄJUNGOS BIOMETANO TIKSLAI

- 2022-03-08 Europos Komisija paskelbė tikslą - pasiekti metinę 35 mlrd. m³ biometano gamybą ES 2030 metais (REPowerEU planas).
- Šiam tikslui pasiekti reikės €83 milijardų kapitalinių investicijų, kurios prisidės prie ES šalių ekonominio augimo.
- 2040 metais biometanu ES šalys galėtų pakeisti 85% dabar naudojamų gamtinių dujų (2040 metais prognozuojamas 125-184 mlrd. m³ gamtinių dujų ir biometano poreikis).

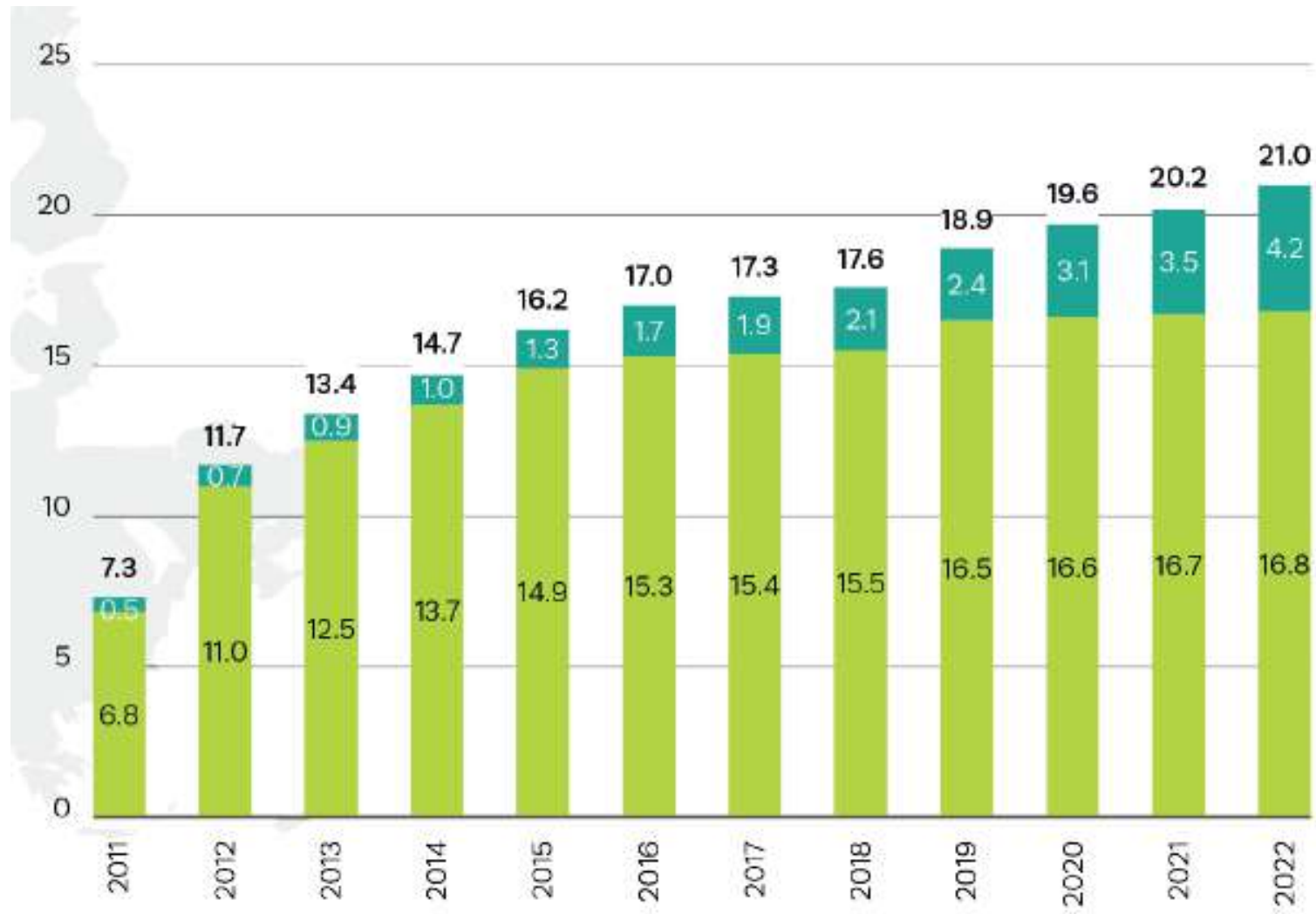


Šaltinis: *Europos biodujų asociacija*

BIODUJŲ IR BIOMETANO JĖGAINIŲ KIEKIO POKYČIAI EUROPOS SĄJUNGOS ŠALYSE, vnt.

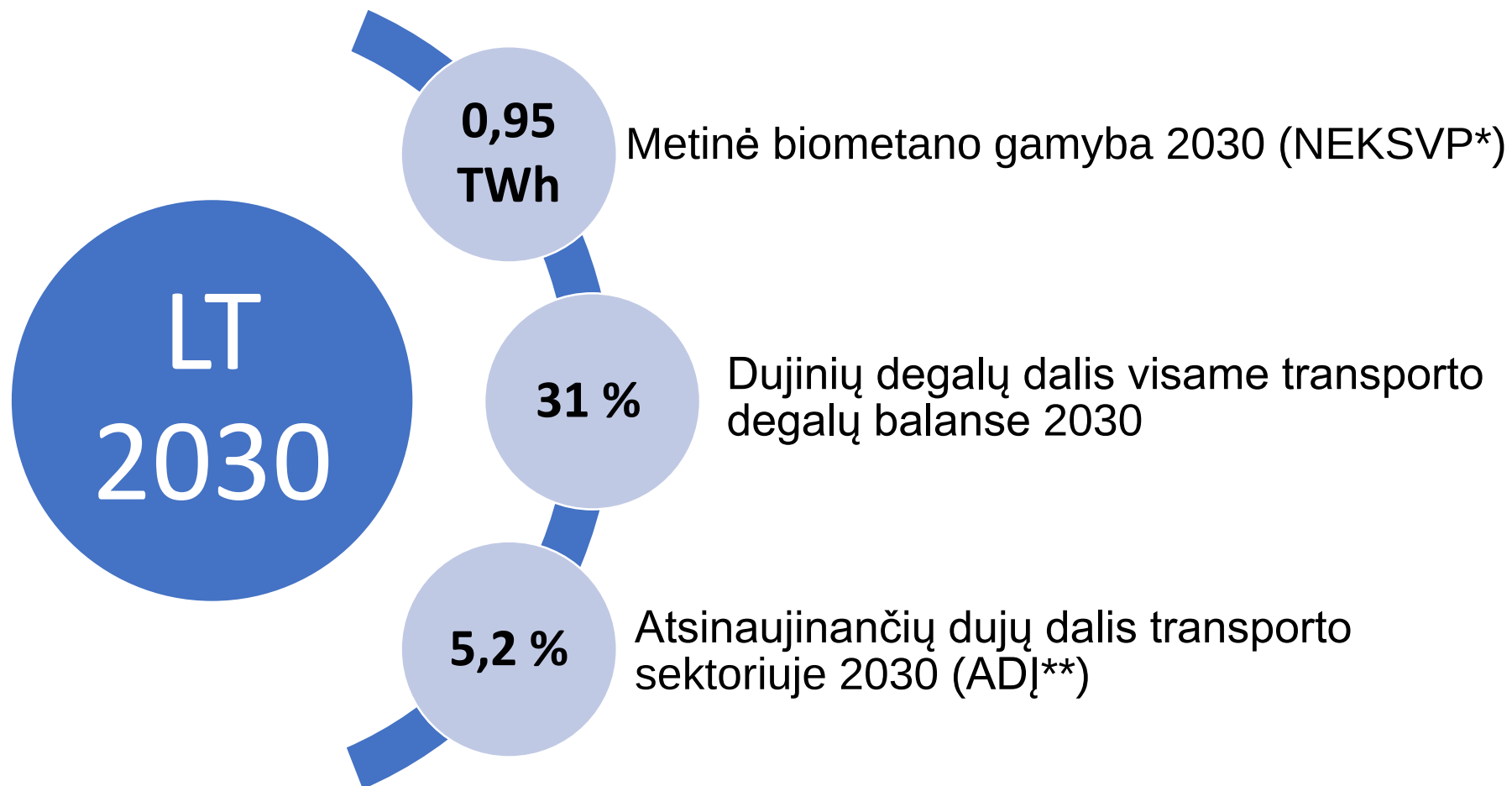


BIODUJŲ GAMYBOS POKYČIAI EUROPOS SĄJUNGOS ŠALYSE, mlrd. m³



Europos biodujų asociacija, 2023

LIETUVOS BIOMETANO TIKSLAI 2030 METAMS



* Nacionalinis energetikos ir klimato srities veiksmų planas 2021 – 2030

** Alternatyviųjų degalų įstatymas

ES ŠALIŲ NARIŲ BIOMETANO GAMYBOS PLANAI

Šalys	2030 m. TWh
Italija	Iki 2026 m. 20 TWh
Danija	Iki 2030 m. 100 proc. dujų tinkle bus biometanas (dabar 28 proc.)
Flandrija	8 TWh (2030)
Valonija	7 TWh (2030)
Airija	5,7 TWh (2030)
NL	16,88 TWh (2030)
LT	1.4 TWh (nauja NEKSVP versija)

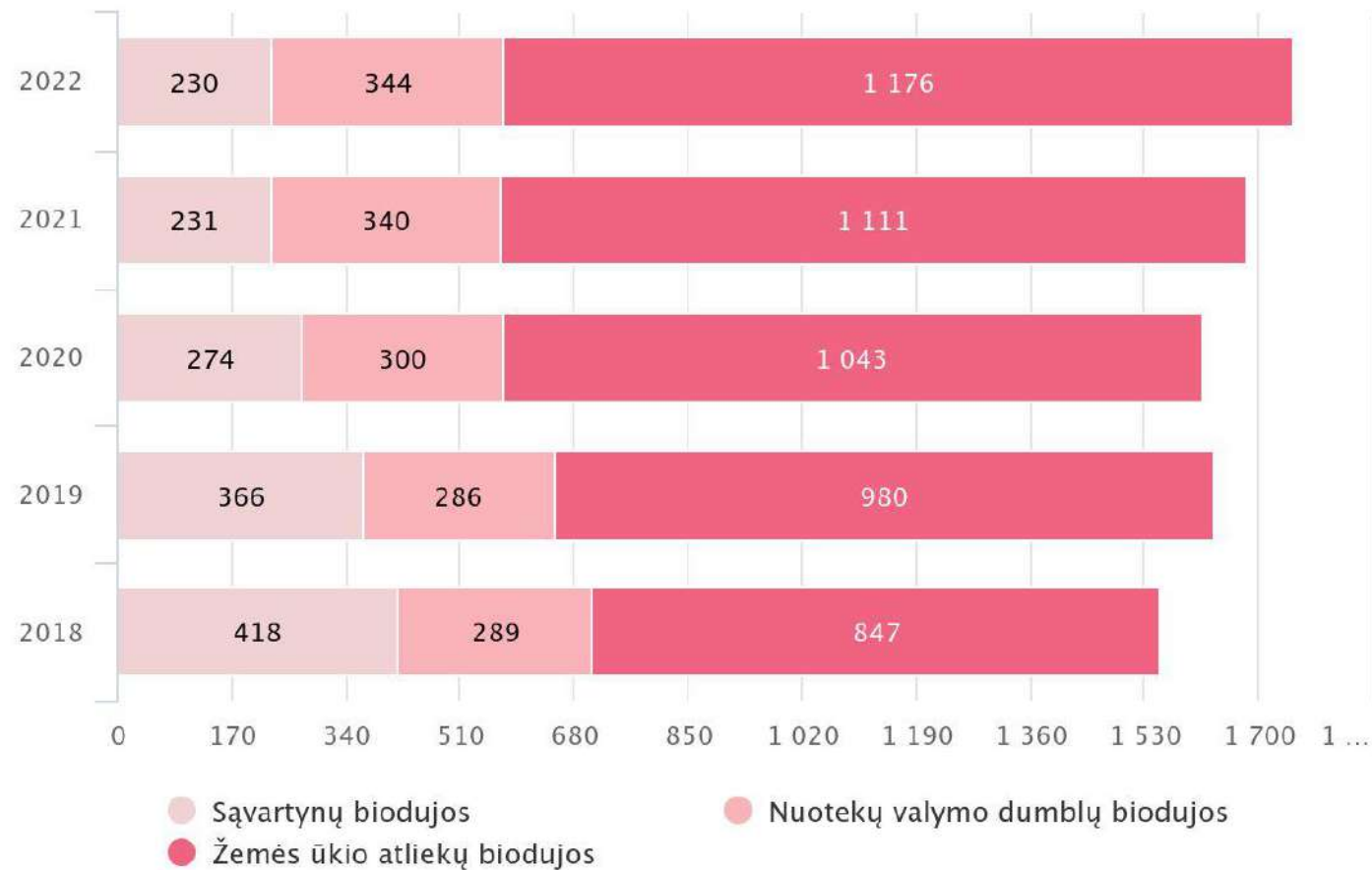
Šaltinis: LR žemės ūki ministerija

LIETUVOJE NUMATOMOS ENERGIJOS IŠ AEI NAUDOJIMO TRANSPORTE TRAJEKTORIJOS, KTNE

	2020 m.	2022 m.	2025 m.	2027 m.	2030 m.
Prognozuojamas suvartojimas kelių transporte, ktne	1932	1791	1621	1488	1253
Bioetanolis, ktne	17,5	17,1	15,7	14,2	10,9
Biodyzelinas, ktne	70,5	68,8	54,9	43,9	25,6
Biodujos, ktne	–	–	14,6	41,7	81,5
Elektra AEI, ktne	1.6	3	14.7	28.5	56.9
AEI-T, ktne	89,6	88,9	99,9	128,3	174,9

Nacionalinis energetikos ir klimato srities veiksmų planas

BIODUJŲ ENERGINIS POTENCIALAS 2018-2022 M., TJ



Šaltinis: Statistikos departamentas, 2023

BIODUJŲ / BIOMETANO POREIKIS

- Transporto sektorius: tarpmiestinio susisiekimo autobusams ir sunkiojo transporto priemonėms, išvežiojančioms prekes Lietuvos teritorijoje, o miestų viešasis transportas bus įpareigotas pereiti prie elektrą, vandenilį ir amoniaką naudojančių transporto priemonių.
- Žemės ūkio sektorius: sektoriui svarbu išlaikyti galimybes iš biodujų gaminti savo reikmėms panaudojamą elektros ir šilumos energiją. Biometano gamyba jau dabar prisideda didinant iš AEI pagamintos elektros energijos ir šilumos energijos dalį, tačiau ji neapskaitoma kaip AEI. Neatsižvelgta į galimybę biodujas panaudoti žemės ūkio transporto kurui.
- Šilumos ir vėsinimo sektoriai: neišnaudotos galimybės teikti elektros energiją, šilumą aplinkiniams gyventojams, ypač didinant kaimų ir gyvenviečių nepriklausomumą (autonomiją).
- Paramos schemos: kol kas taikoma tik investicinė parama jėgainių statybai. Žaliavų tiekimo grandinei sukurti, dujoms transportuoti, digestatui separuoti parama teikiama iš dalies.

Dėkui už dėmesį.



**Bendrai finansuoja
Europos Sąjunga**



VYTAUTO DIDŽIOJO
UNIVERSITETO
ŽEMĖS ŪKIO
AKADEMIJA

**Profesinių kompetencijų ir įgūdžių tobulinimas žemės ūkio sektoriuje dirbantiems asmenims
Nr. 24PM-KK-23-1-90006-PR001**

**„Biometano gamyba ir naudojimas ūkyje,
žaliavų paruošimas ir tiekimas biometano
jėgainėms, digestato naudojimas žemės ūkyje“
8 ak. val. (kodas - 50710001)**

Lektoriai: Kęstutis Navickas
Kęstutis Venslauskas

1. Žaliavų biometano gamybai savybės.
2. Žaliavų biodujų ir biometano gamybai poreikis, paruošimo būdai ir logistika.

ŽALIAVOS BIODUJŲ GAMYBAI

Žemės ūkio
Pramonės
Gyvenviečių

Žemės ūkio žaliavos

Atliekos

- Gyvulių mėšlas
- Gyvulių gaišenos
- Pašarų liekanos
- Augalų liekanos



Žemės ūkio žaliavos

- Energetiniai augalai
 - Kukurūzai
 - Daugiametės žolės
 - Maistui ir pašarams netinkantys grūdai
 - Rapsai
 - Runkeliai



Pramonės atliekos

Gyvūninės kilmės

- Maistui netinkama mėsa
- Nuotekos
- Viduriai
- Kraujas
- Odų nuograndos



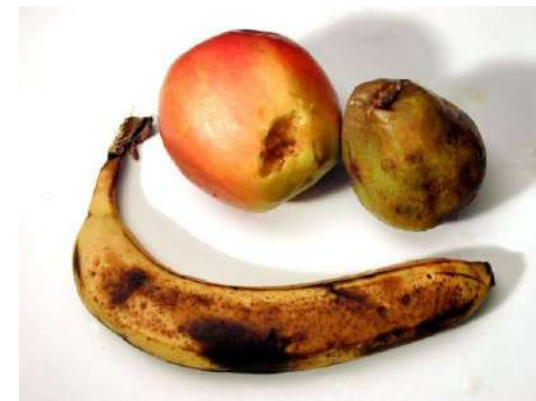
Pramonės atliekos

- Augalinės kilmės
 - Perdirbimui netinkamos liekanos
 - Išspaudos (rapsų, daržovių, vaisių)
 - Išrūgos
 - Dumblas
 - Žlaugtai



Gyvenviečių atliekos

- Nuotekų valyklų dumblas
 - Gyvenviečių
 - Pramonės įmonių
 - Mišrių nuotekų
- Maisto liekanos
 - Maitinimo įstaigų
 - Prekybos įmonių
 - Išrūšiuotos gyventojų
 - Išrūšiuotos sąvartynuose



Žaliavos ir substratų transportavimas bei laikymas



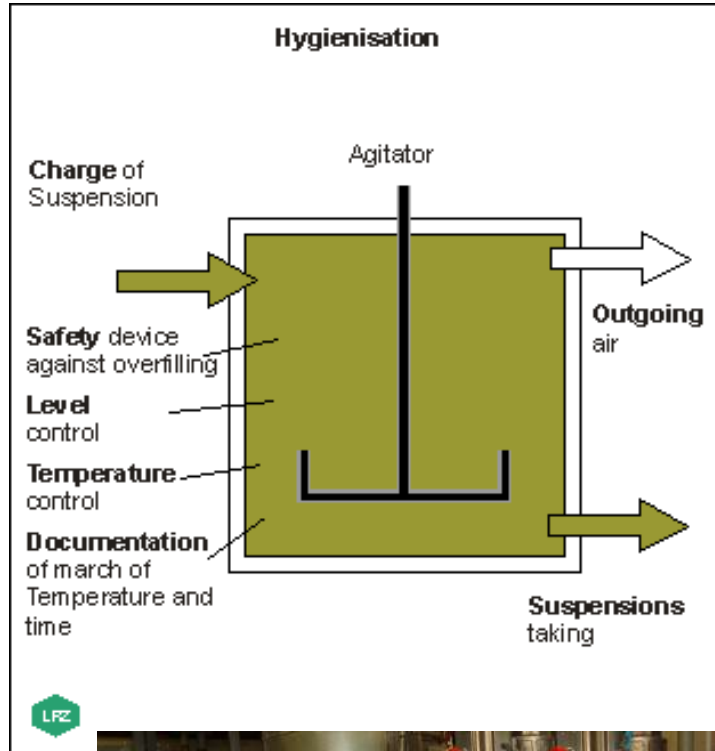
Žaliavos paruošimas

Terminis 70 °C



Žaliavos paruošimas

Terminis 133 °C



Gyvulių ar paukščių mėšlas

- Gyvulių ar paukščių mėšlas priskiriami prie tvariausių žaliavų, nes jas naudodami mes sumažiname ŠESD emisijas, susidarančias mėšlo saugyklose.
- Gaminant biodujas ar biometaną fermų teritorijoje, patiriamos minimalios energijos sąnaudos mėšlo transportavimui, paruošimui ir dozavimui.
- Digestatas, susidaręs biodujų gamyboje, praranda tik nedidelę dalį maistinių medžiagų ir pagerina tręšiamąsias savybes, nes tampa geriau prieinamu augalams bei dirvožemio mikrobiotai.
- Tačiau mėšlo energinis potencialas yra nedidelis, todėl netikslinga mėšlą pervežti dideliais atstumais, nes transportavimo energijos sąnaudos sumenkina šios žaliavos naudojimo rentabilumą ir tvarumo rodiklius.
- Su panašia problema susiduriama, biodujų gamybai naudojant įvairias pramonines atliekas (vaisių, bulvių ir grūdų žlaugtus), kurios yra skystos ir jų energinė vertė yra žema. Tokias žaliavas tikslinga transportuoti tik tuomet, kai jų panaudojimas ar perdirbimas susidarymo vietoje yra neįmanomas arba nerentabilus.

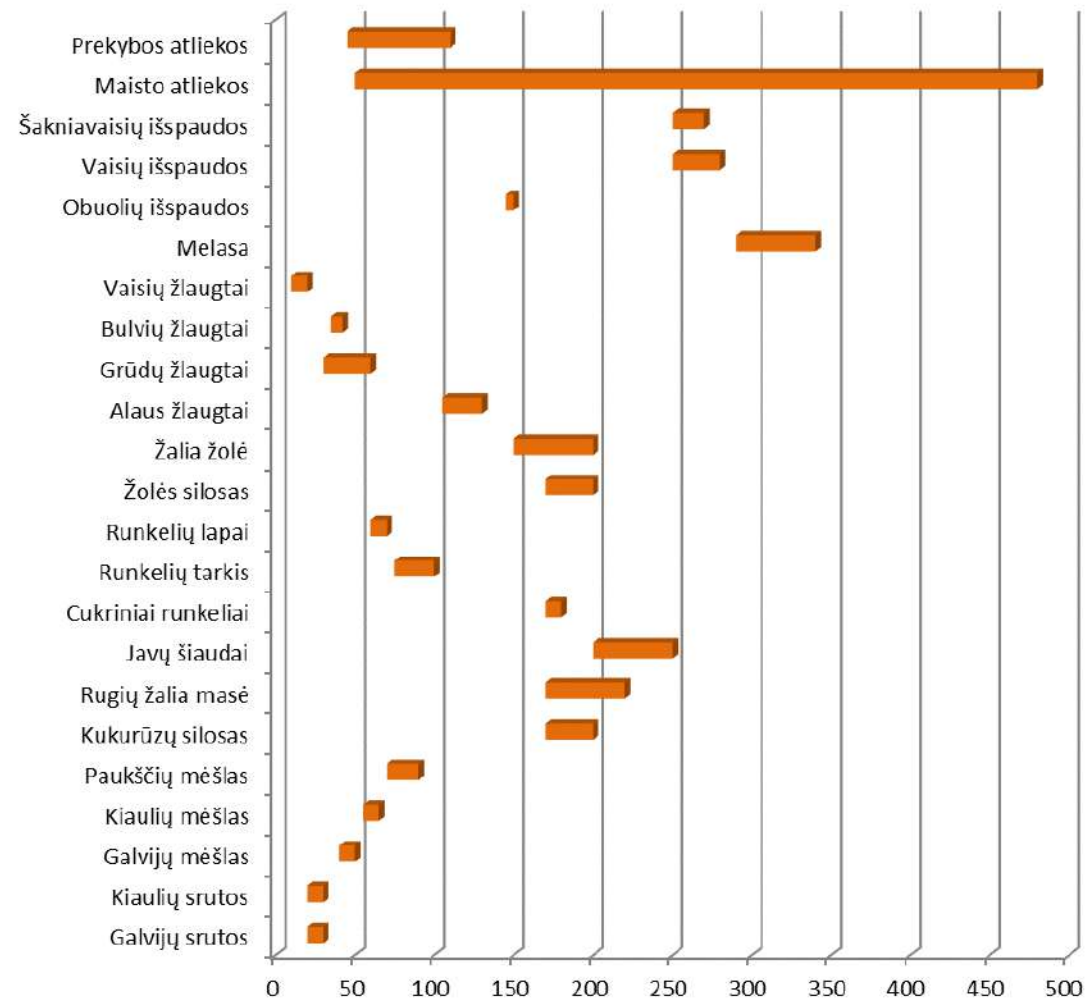
Kitos organinės atliekos

- Gana didelę energinę vertę turi prekybos, maisto atliekos, vaisių ir daržovių išspaudos, melasa.
- Jų patrauklumą didina ir tai, kad kitoks panaudojimas yra problemiškas dėl cheminių ar fizinių savybių, o perdirbus į biodujas ar biometaną, gaunama gana didelė energinė vertė.
- Šie šalutiniai produktai gali būti žaliava specializuotoms biodujų jėgainėms, arba naudojami kaip papildoma žaliava, maišant su mėšlu.
- Jų sudėtyje esančios naudingos medžiagos praturtina digestatą azotu, kaliu, fosforu ir mikroelementais.
- Javų šiaudų naudojimas biodujų ir biometano gamybai turi gerų perspektyvų. Šiaudai turi gana sudėtingą struktūrą, kurią bakterijoms sunkiau suardyti negu mėšlo ar kitų atliekų. Tačiau taikant inovatyvius šiaudų apdorojimo būdus (mechaninius, cheminius, biologinius) galima sutrumpinti šiaudų suirimo trukmę ir gauti gana dideles biodujų išeigas.
- Didelė dalis nesuirusios ląstelienos digestate gali būti gražinama į dirvožemį, praturtinant jį maistinėmis medžiagomis ir anglimi.

Energinių ir tarpinių augalų biomasė

- Energinių ir tarpinių augalų biomasė turi geras energetines charakteristikas.
- Be to, jie mūsų klimato zonoje gerai dera. Augalų biomasę nesudėtinga konservuoti silosuojant ir išlaikyti iki kito derliaus, taip užtikrinant žaliavų tiekimo patikimumą.
- Tačiau jų auginimui naudojamos žemės ūkio naudmenos, energinės sąnaudos ir technika žemės dirbimui, augalų priežiūrai, nuėmimui ir transportavimui. Šios papildomos sąnaudos menkina augalų biomasės energinį ir aplinkosauginį efektyvumą, tačiau mokslinių tyrimų ir praktinė patirtis rodo, kad augalų biomasės naudojimas biodujų ir biometano gamybai yra pakankamai tvarus – žaliavų vertės grandinėje patiriamos energijos sąnaudos būna ženkliai mažesnės, negu gaunamas energijos kiekis (3-6 kartus).
- Todėl ateityje numatoma ir toliau naudoti augalų biomasę šiems tikslams, pakeičiant jų auginimo principus – pereinant prie tarpinių pasėlių auginimo.

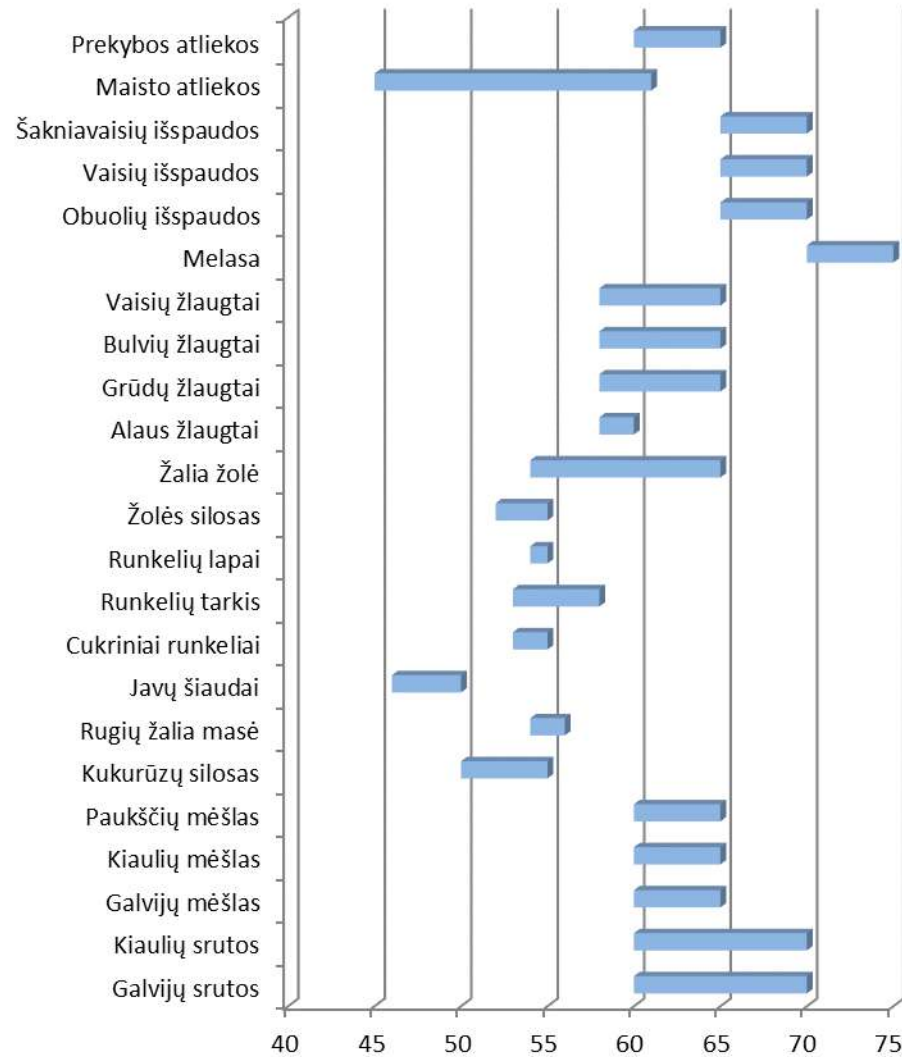
Biodujų išėiga iš žemės ūkio ir pramonės organinių atliekų, m³/t



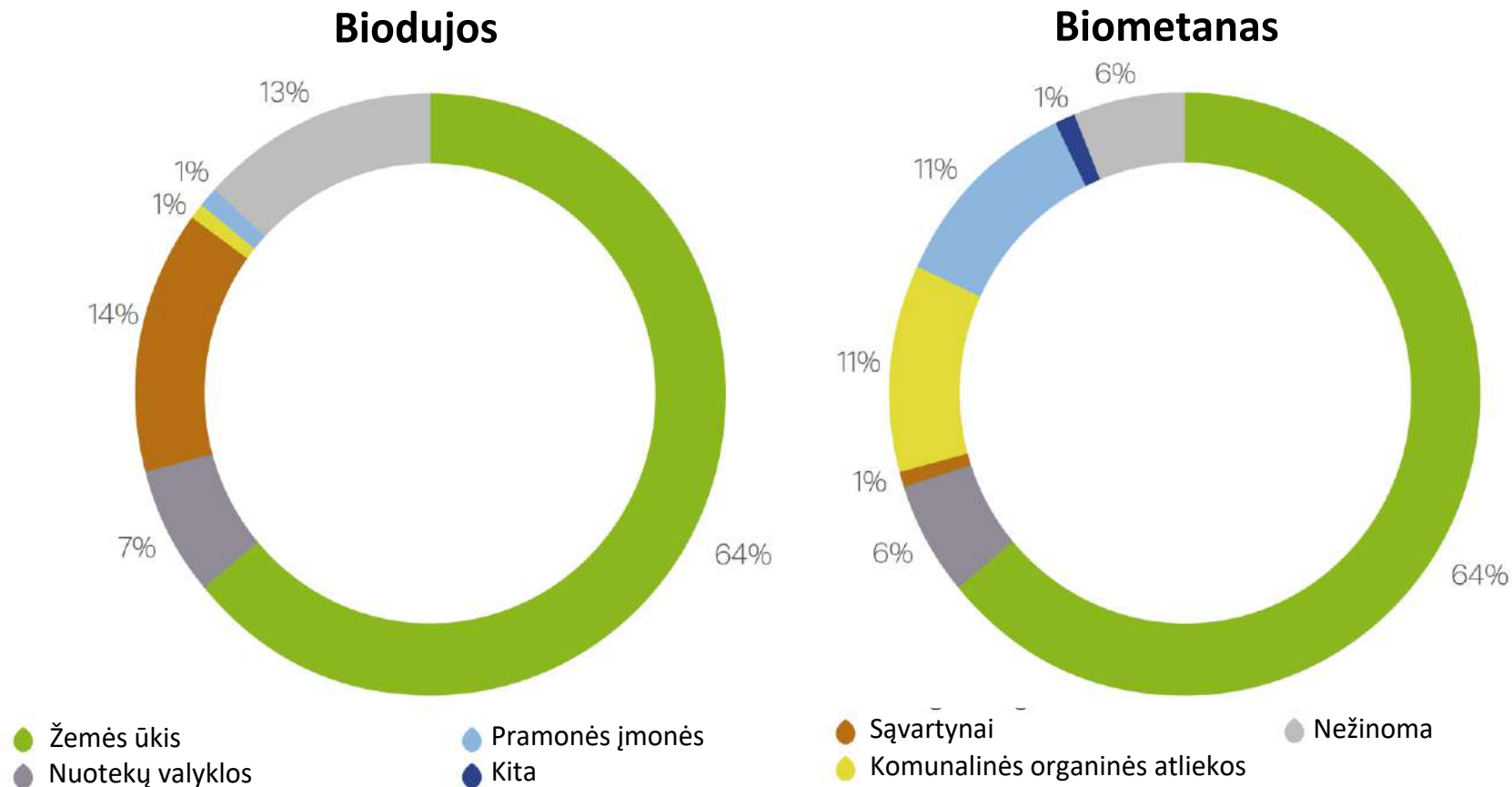
Metano koncentracija biodujose

- Žaliavų energinis potencialas yra labai skirtingas. Jis priklauso ne tik nuo biodujų išeigos iš žaliavos masės ar tūrio vieneto, bet ir nuo metano koncentracijos išgautose biodujose. Kuo didesnė metano koncentracija, tuo vertingesnės biudujos. Be to, jei biudujos išgaunamos su didesne metano koncentracija, tai metano gryninimo procese patiriamos mažesnės energijos ir eksploatacinės sąnaudos, atskiriant anglies dioksidą.
- Žaliavai naudojant gyvulių ir paukščių mėšlą bei srutas, išgaunamos biudujos, kurios turi didesnę negu 60 % metano koncentraciją.
- Iš vaisių ir šakniavaisių išspaudų išgautos biudujos būna su 65 - 70 % metano koncentracija, o iš melasos - net daugiau kaip 70 % metano.
- Biudujos iš vaisių, bulvių ir grūdų žlaugtų turi žemesnę metano koncentraciją, kuri gali kisti 53 - 65 % ribose, priklausomai nuo pagrindinės produkcijos gamybai naudojamų žaliavų kokybės ir gamybos technologinio proceso ypatumų. Iš energetinių augalų biomasės gautų dujų metano koncentracija būna ženkliai mažesnė - nuo 50 % iki 60 %, o biudujose iš šiaudų - 46 - 50 %.
- Maža metano koncentracija ne tik mažina biodujų energinę vertę, bet ir jų naudojimas būna problemiškas, generuojant elektrą bei šilumą ar gryninant biometaną. Didėsnė metano koncentracija biudujose gali būti pasiekama, į šią augalų biomasę įmaišant atliekų, kurios generuoja dujas su didesne metano koncentracija.

Metano koncentracija biodujose, išgautose iš žemės ūkio ir pramonės organinių atliekų, %



Biodujoms ir biometanui gaminti 2021 m. naudotų žaliavų energinis potencialas Europos šalyse, %



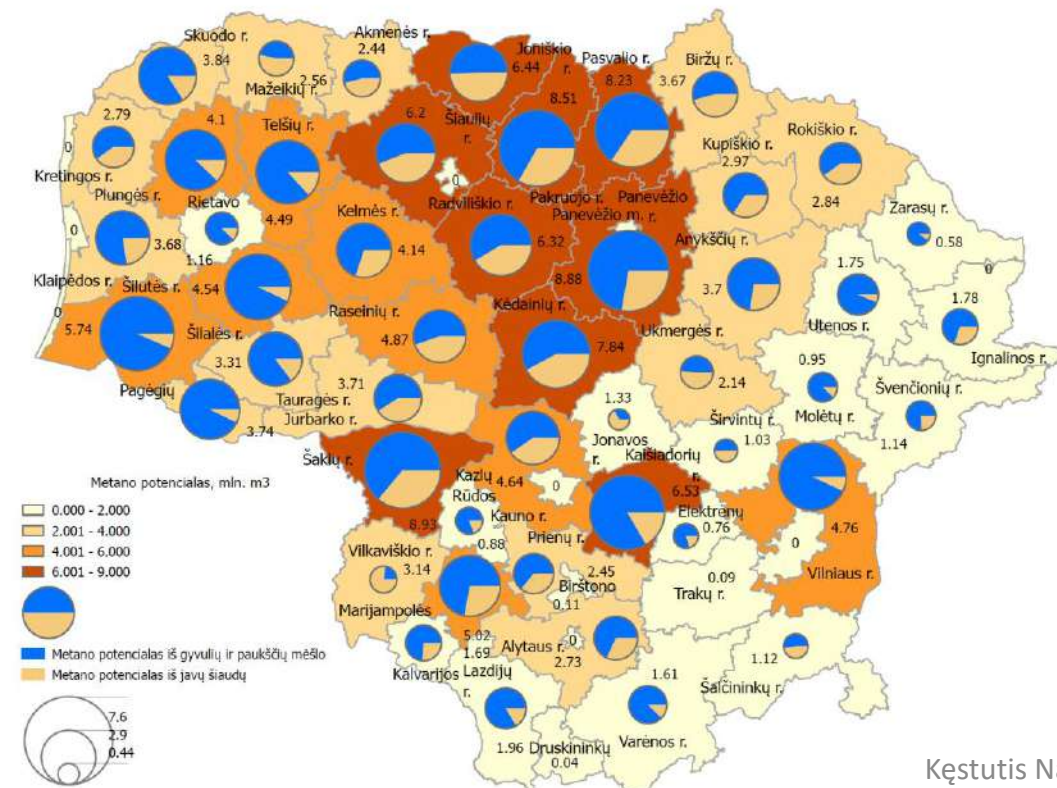
Europos šalyse 2021 metais 64 % biodujų ir biometano pagaminta, naudojant žemės ūkio žaliavas. 13 ir 14 % biodujų pagaminta sąvartynuose ir nuotekų valyklose. Biometano 22 % pagaminta iš pramonės įmonių ir komunalinių organinių atliekų. Kitos žaliavos nebuvo labai reikšmingos žaliavų krepšeliuose.

Lietuvos žemės ūkio žaliavų potencialas

- Vykdydami EIP projektą atlikome tyrimą, kuriuo siekėme įvertinti mūsų šalies žemės ūkio žaliavų ir biometano gamybos potencialą.
- Tyrimo metu nustatėme, kokį biometano potencialą turi populiariausios žemės ūkio žaliavos (šiaudai, gyvulių ir paukščių mėšlas) įvairiuose Lietuvos rajonuose pagal 2021 metų statistinius duomenis.
- Šiam tyrimui naudotos Lietuvos statistikos departamento sisteminės duomenų bazės. Tyrimui pasirinktos tam tikro dydžio gyvulių ir paukščių fermos. Įvertintas mėšlo gamybos potencialas **100 vnt.** ir didesnėse galvijų fermose, **1000 vnt.** ir didesnėse kiaulių fermose ir didesniuose nei **100 tūkst. vnt.** paukštynuose.
- Biometano gamybos potencialas iš šiaudų nustatytas, panaudojus 10 %, 20 % ir 30 % žieminių ir vasarinių kviečių, kvietrugių, rugių ir miežių šiaudų derlių.

Metano gamybos iš 10 % javų šiaudų derliaus, gyvulių ir paukščių mėšlo potencialo pasiskirstymas Lietuvos savivaldybėse, mln. m³

- Didžiausią potencialą biodujų ir biometano gamybai iš galvijų mėšlo turi Šilutės, Šilalės, Pakruojo, Pasvalio, Kėdainių ir Šakių savivaldybės. Panevėžio, Jurbarko ir Joniškio savivaldybėse yra didžiausias biometano gamybos potencialas iš kiaulių mėšlo.
- Didžiausią paukštynų koncentraciją turi Kaišiadorių ir Vilniaus rajonai, kuriuose galima tikėtis atitinkamai 4,8 mln. m³ ir 3,6 mln. m³ metinės biometano gamybos iš paukščių mėšlo.



- Didžiausias perspektyvas biometaną gaminti iš vasarinių ir žieminių javų šiaudų turi Šakių, Kėdainių, Pasvalio, Joniškio, Pakruojo ir Šiaulių savivaldybės.
- Šalies vidutinių ir stambių gyvulių bei paukščių fermų biodujų ir biometano gamybos potencialas siekia 124,4 mln. m³ arba 1,24 TWh energijos ir panaudojus 10 % šiaudų derliaus galima tikėtis 55 mln. m³ biometano arba 0,55 TWh energijos potencialo.
- Galima skirti ir didesnę šiaudų derliaus dalį energijos sektoriui, tačiau iki šiol jie dar nenaudojami biodujų gamybai, todėl plėtra ir technologijos ateis, pamažu įgyjant žinių ir patirties.

Dėkui už dėmesį.



**Bendrai finansuoja
Europos Sąjunga**



VYTAUTO DIDŽIOJO
UNIVERSITETO
ŽEMĖS ŪKIO
AKADEMIJA

**Profesinių kompetencijų ir įgūdžių tobulinimas žemės ūkio sektoriuje dirbantiems asmenims
Nr. 24PM-KK-23-1-90006-PR001**

**„Biometano gamyba ir naudojimas ūkyje,
žaliavų paruošimas ir tiekimas biometano
jėgainėms, digestato naudojimas žemės ūkyje“
8 ak. val. (kodas - 50710001)**

Lektoriai: Kęstutis Navickas
Kęstutis Venslauskas

1. Biodujų ir biometano gamybos technologijos ir įranga.

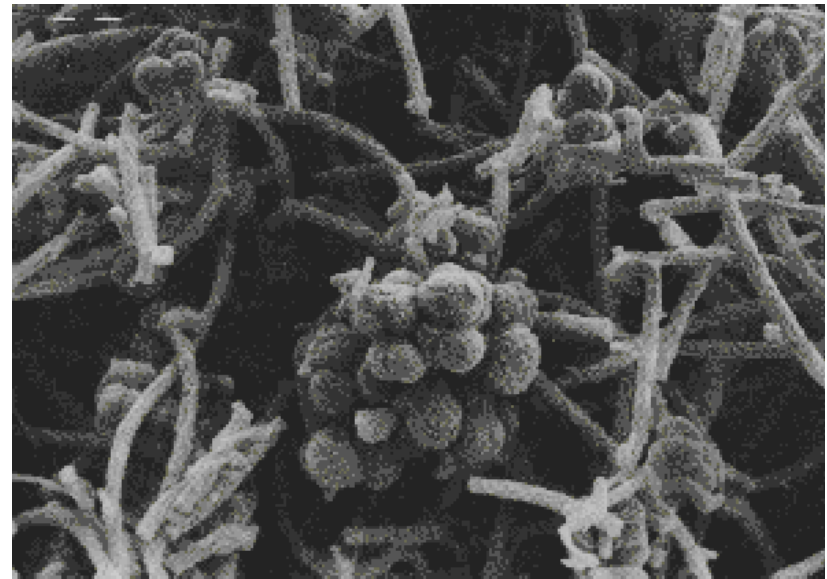
2. Biodujų ir biometano sudėtis bei savybės.

Biodujų gamybos procesas (1/4)

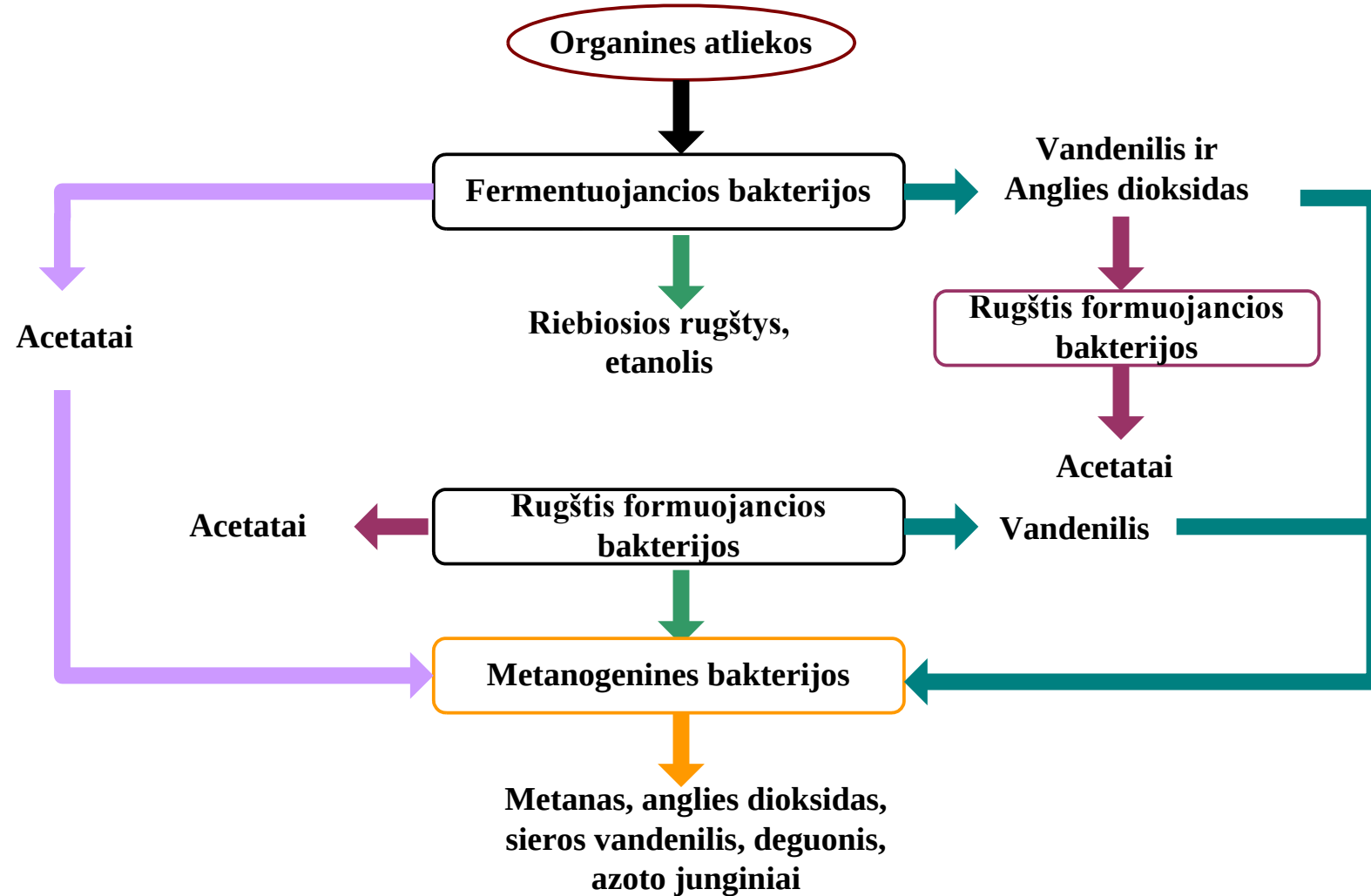
- Organinių medžiagų irimas gamtoje yra nuolatinis procesas. Jis paprastai užbaigia biologinių subjektų egzistavimo ciklą, skaidant sudėtingus organinius junginius į elementarius, prieinamus tolimesniam naudojimui.
- Šio proceso metu išsiskiria metano dujos, kurios yra laikomos globalinį šiltnamio efektą kuriančiomis dujomis.
- Valdant organinių medžiagų irimo procesą, galima kontroliuoti biodujų išsiskyrimą ir jas panaudoti energetinėms reikmėms.
- Veikiant anaerobinėms bakterijoms, organinių medžiagų virsmas į biogas vyksta trimis etapais: hidrolizės, fermentacijos ir metanogenezės.
- Kiekvienas etapas susietas su tam tikra mikroorganizmų grupe, turinčia skirtingas funkcijas ir savybes.
- Hidrolizės metu bakterijos suardo kompleksinius junginius į smulkiamolekulinius – cukrų, amino ir riebiąsias rūgštis, kurie fermentacijos etape verčiami į etanolį, vandenilį, anglies dioksidą ir acetatus.

Biodujų gamybos procesas (2/4)

- Acetatus ir vandenilį metanogeninės bakterijos perdirba į metaną. Metanogeninės bakterijos yra labai jautrios deguoniui. Jos pasižymi gebėjimu įsisavinti anglį tiesiog iš anglies dioksido
- Metanogeninės bakterijos gamtoje yra prisitaikę prie kitų mikroorganizmų (fermentuojančiųjų) ir naudoja jų perdirbimo produktus savo gyvybinei veiklai palaikyti. Skirtingų rūšių metanogenai nevienodai įsisavina vienas ar kitas medžiagas. Kadangi aktyviai dalyvauja medžiagų apytakos grandinėje, jos taip pat įtakoja ekosistemos, kuriai priklauso, sudėtį, biologinį ir cheminį aktyvumą.



Biodujų gamybos procesas (3/4)



Biodujų gamybos procesas (4/4)

- Reaktoriuje vykstant organinių medžiagų biologinės degradacijos procesui, visos mikroorganizmų grupės suderina savo veiklą taip, kad vienos grupės išskiriamus tarpinius produktus sunaudoja kitos bakterijų grupės.
- Biodujas gaminantys mikrobai turi turėti tinkamą aplinką savo gyvybinei veiklai palaikyti.
- Metanogeninės bakterijos yra labai jautrūs anaerobai, todėl aplinkoje padidėjus deguonies ar azoto (amoniako) koncentracijai, jų veikla, tuo pačiu ir biodujų išsiskyrimas, sutrinka.
- Temperatūra, rūgštingumas ir šarmingumas, oksidacinis redukcinis potencialas ir kiti aplinkos veiksniai privalo atitikti jų reikalavimus.
- Medžiagų apykaitos aktyvumas ir metano gamybos intensyvumas priklauso nuo šių veiksnių: perdirbamo substrato sudėties, palaikomos temperatūros ir jos svyravimų, išlaikymo trukmės, rūgštingumo, slopinančių faktorių.

Temperatūra (1/2)

- Metano gamyba gamtoje pastebima labai plačiose temperatūros ribose - nuo 0 iki 100 °C. Tačiau kiekvienai metanogeninių ir kitų procese dalyvaujančių mikroorganizmų rūšių yra tik jai būdinga optimali temperatūra.
- Biodujų energetikoje priimta proceso temperatūras skirstyti į tris grupes: psichrofilinę (10 - 25 °C), mezofilinę (25 - 40 °C), termofilinę (50 - 65 °C).
- Psichrofilinėje aplinkoje biomasės irimas ir jos konversija į biogujas vyksta lėtai - iki 100 parų. Panašiai skaidosi organinės medžiagos kaupiant jas rezervuaruose ar sąvartynuose. Tokia ekstensyvi biogujų gamyba yra paplitusi Azijos ir Afrikos šalyse. Ji patraukli tuo, kad biomasė įšyla iš aplinkos, todėl ir bioreaktoriaus įranga būna paprastesnė - nereikia šildymo įrangos ir jos valdymo įtaisų.
- Mezofiliniai biogujų reaktoriai plačiai naudojami ūkininkų fermose, kur žaliavai naudojamas gyvulių mėšlas, augalų biomasė ir greitai yrančios ž. ū. produktų perdirbimo atliekos. Europoje veikiančiose biogujų jėgainėse mezofiliniai reaktoriai sudaro apie 90 %.

Temperatūra (2/2)

- Intensyviausiai biodujos generuojamos termofilinėje aplinkoje. Lyginant su mezofiline, biomasės perdirbimo trukmė sutrumpėja 1,5 karto, tačiau iš perdirbtos biomasės biodujų gaunama apytiksliai tiek pat, o biorektoriaus šildymui jų sunaudojama apie 1,5 karto daugiau. Termofiliniai bioreaktoriai patrauklūs tuo, kad juose greičiau perdirbamos atliekos, gaunama didesnė biodujų išeiga per parą, nukenksminami pavojingi mikroorganizmai. Termofilinis procesas dažniausiai taikomas biodujų jėgainėse, perdirbančiose miesto nuotekų dumblą bei sunkiai suyrančias maisto pramonės atliekas.
- Atliekų fermentacijai reikalinga stabili darbo temperatūra. Biodujų mikrobai, kaip ir kiti gyvi organizmai, yra jautrūs aplinkos temperatūros pokyčiams. Didesni temperatūros pokyčiai gali sutrikdyti biodujų gamybą ir parūgštinti substratą. Rekomenduojama, kad temperatūros kitimo sparta nebūtų didesnė kaip $\pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C/h}$ - psichrofiliniame režime, $\pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C/h}$ - mezofiliniame ir $\pm 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C/h}$ - termofiliniame.

Substrato išlaikymo reaktoriuje trukmė

- Biomasė reaktoriuje išbūna nustatytą laiką, per kurį didesnioji jos dalis suyra ir virsta biodujomis.
- Nuolatinės įkrovos reaktoriuose biomasė išlaikoma dvigubai ilgiau, negu trunka metanogeninių bakterijų atsinaujinimas. Šis laikotarpis priklauso nuo biomasės prigimties ir sudėties.
- Ilgiausiai trunka biomasės rišamųjų medžiagų – celiuliozės ir hemiceliuliozės suirimas.
- Lengviau suyra baltymai, riebalai ir angliavandeniai.
- Ilgesnė biomasės perdirbimo trukmė yra susijusi su didesnėmis energetinėmis sąnaudomis, todėl parenkant žaliavas biodujų gamybai ir sudarant biodujų gamybos programą būtina atlikti energetinio efektyvumo įvertinimą.
- Substrato išlaikymo trukmė turi įtakos biodujų reaktoriaus tūriui V_r konkrečiam biomasės srautui perdirbti:

$$V_r = V_{ik} \cdot T_{iš} ;$$

čia V_{ik} – per parą perdirbamos biomasės kiekis, $T_{iš}$ – substrato išlaikymo bioreaktoriuje trukmė

Biodujų reaktoriaus organinė apkrova

- Bakterijų gyvybingumą ir biodujų gamybos intensyvumą palaiko pakankamas maisto medžiagų kiekis.
- Ji galima išreikšti organinės medžiagos kiekiu, tenkančiu bioreaktoriaus darbinio tūrio vienetui per laiko vienetą ($2.5 - 5.0 \text{ kg/m}^3$ per parą).
- Esant didesnei organinės medžiagos koncentracijai didėja substrato rūgštingumas, kuris slopina metanogenezės procesą. Tokiais atvejais tenka mažinti reaktoriaus dienos įkrovą arba praskiesti žaliavą.
- Per maža organinės medžiagos apkrova mažina biodujų gamybos intensyvumą ir biodujų jėgainės rentabilumą.
- Organinės medžiagos apkrova reguliuojama sekant žaliavos organinės medžiagos koncentraciją ir reaktoriaus dienos įkrovos srautą.
- Naudojant nepakankamos koncentracijos žaliavas, jas galima praturtinti kitos rūšies atliekomis.

Biomasės rūgštingumas

- Mikrobiologinė veikla biodujų reaktoriuose yra palankiausia esant neutraliai arba silpnai šarminei aplinkai ($6,5 < \text{pH} < 8,5$).
- Biodujų gamyba yra kompleksinis procesas, kai tuo pačiu metu veikia kelios mikroorganizmų grupės. Dėl šios priežasties, esant subalansuotai žaliavų sudėčiai, substrato rūgštingumas išlieka stabilus.
- Fermentacijos metu išsiskiria riebiosios rūgštys, todėl substrato rūgštingumas padidėja. Tačiau metanogeninės bakterijos riebiąsias rūgštis naudoja biodujų gamybai, todėl tuo pačiu metu rūgštingumas neutralizuojamas.
- Bioreaktoriaus substrato rūgštingumą galima sumažinti nutraukus bei sumažinus šviežios biomasės tiekimą. Šiuo būdu palaipsniui sumažinama riebiųjų rūgščių koncentracija, atsiradusi dėl pernelyg didelės organinės apkrovos.
- Cheminiu būdu galima efektyviau sumažinti substrato rūgštingumą. Tuo tikslu naudojami karbonatai, soda. Cheminį būdą tenka naudoti perdirbant didelę riebalų ar baltymų koncentraciją turinčias organines atliekas.

Anglies ir azoto santykis

- Anaerobiniu būdu perdirbami baltymai išskiria azoto junginius.
- Azoto poreikiai sudaro apie 15 %, biologinių ląstelių masės, o fosforo poreikiai dar mažesni - 2 %. Azotas reikalingas ne tik bakterijų ląstelių gamybai, bet ir azoto bikarbonato formavimui, kuris reikalingas substrato pH lygio stabilizavimui. Azoto poreikiai lengvai patenkinami skaidant žaliavose esančius baltymus. Gyvulių ir paukščių skerdyklų ir žuvies pramonės atliekose, paprastai būna didelis kiekis azoto.
- Didelė azoto koncentracija yra toksiška metanogeninėms bakterijoms ir slopina biodujų gamybos procesą.
- Azoto koncentracija substrate yra reguliuojama derinant žaliavoje esančio anglies ir azoto santykį C:N.
- Gerai veikia biodujų reaktoriai, kai šis santykis kinta 15-30 ribose.
- Baltymingas atliekas iš maisto pramonės geriausia yra maišyti su žemės ūkio gamybos atliekomis (šiaudais, lapais) arba specialiai auginama biomase, turinčia daugiau anglies.

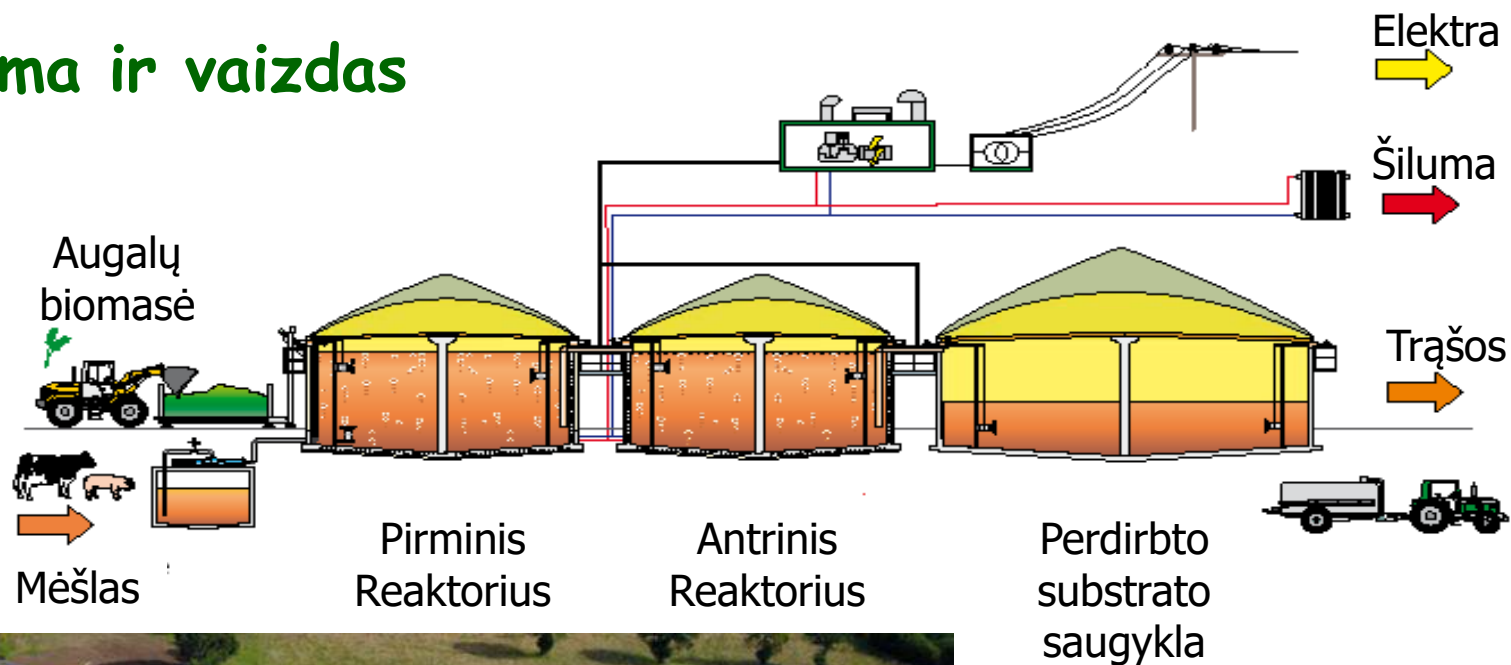
Anglies ir azoto santykis

Organinė medžiaga	C, %	N, %	C:N
Šviežias galvijų mėšlas	7.3	0.29	25
Šviežias kiaulių mėšlas	7,8	0,60	13
Skerdyklų atliekos	36,0	9,0	4
Javų šiaudai ir medžių lapai	22-47	0,43	51-109
Šviežias arklių mėšlas	10	0,42	24
Daržovių atliekos	8-12	0,65	12 - 18
Nuotekų dumblas	2,5	0,15	17
Maisto atliekos	32	2,1	15
Paukščių mėšlas	40	4	10

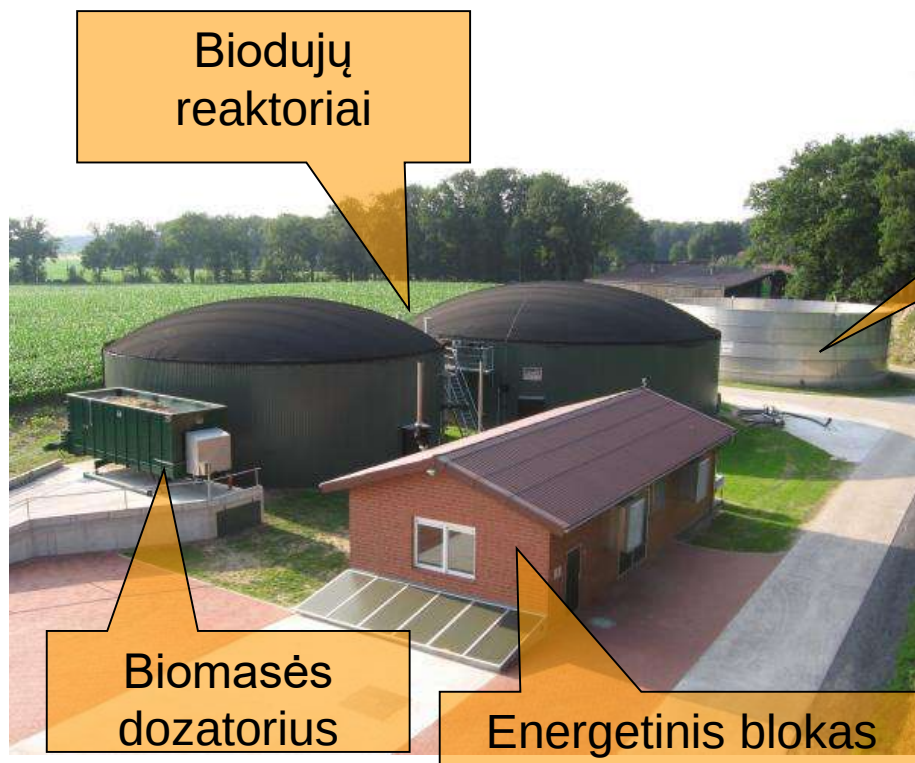
Biodujų jėgainės įrenginiai

- žaliavos surinkimo, paruošimo bei transportavimo įrenginiai
- bioreaktoriai
- pagamintų biodujų saugyklos
- biodujų valymo ir deginimo įrenginiai
- perdirbtos biomasės separatoriai ir rezervuarai
- technologinių įrenginių valdikliai ir duomenų kaupikliai
- elektros ir šiluminės energijos tinklai bei paskirstymo įrenginiai

Gyvulių mėšlą ir augalų biomasę perdirbančios biodujų jėgainės schema ir vaizdas



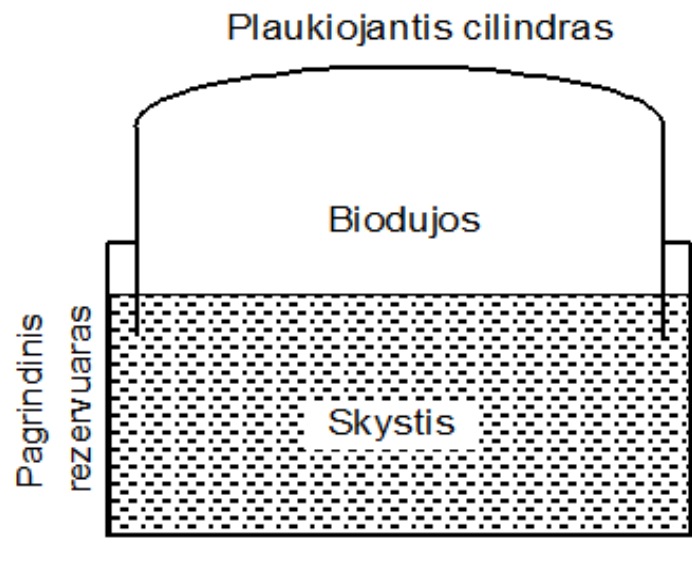
Augalų biomasę perdirbanti biodujų jėgainė



Augalų biomasę perdirbančios biudujų jėgainės įrenginiai



Biodujų talpos - plūduriuojančios



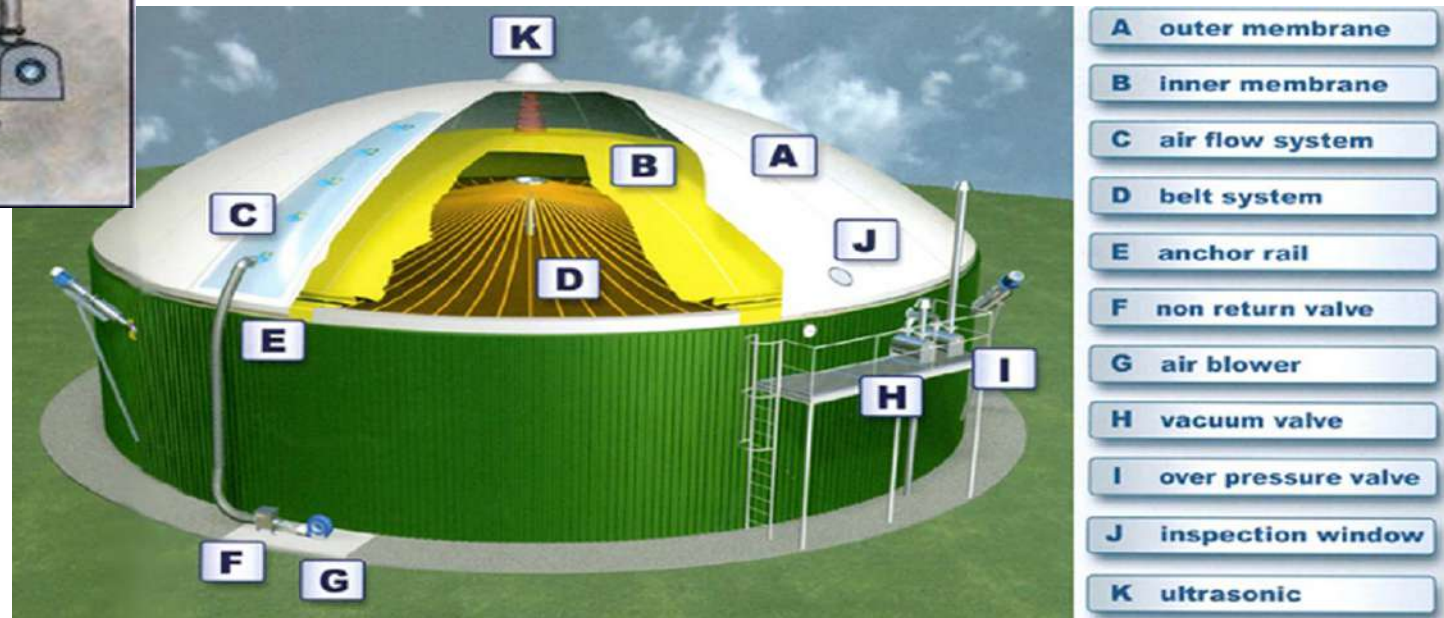
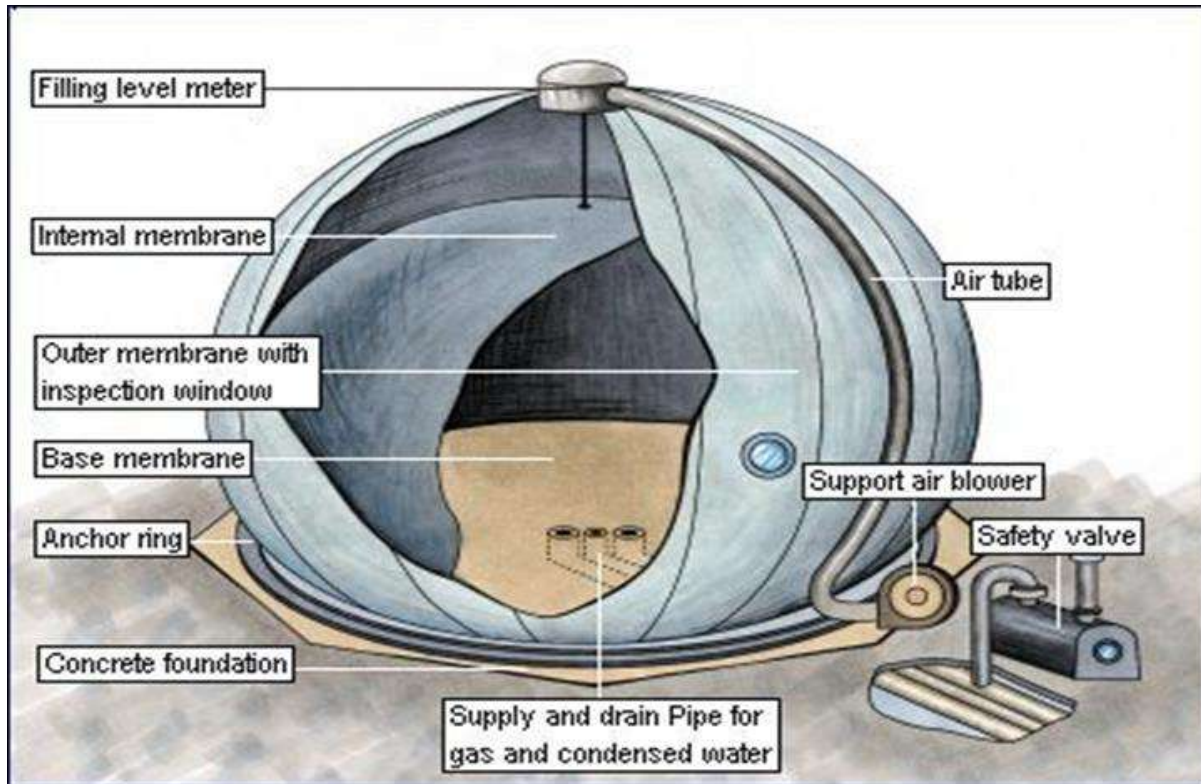
Biodujų talpos - lanksčios



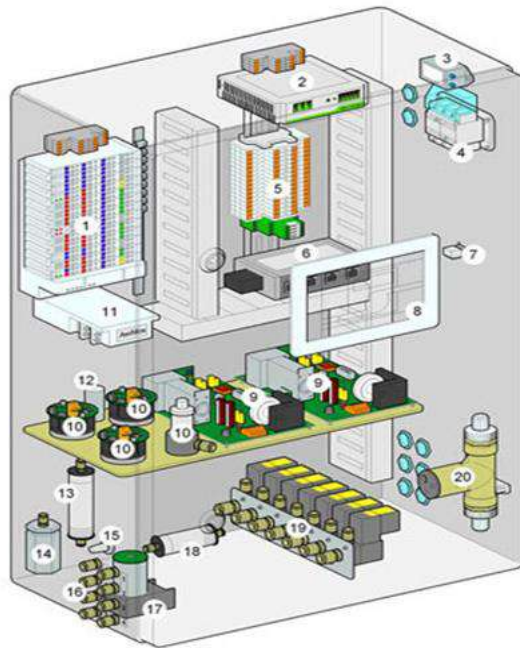
99 m³-Tank beim Einfüllen

Kęstutis Navickas, Kęstutis Venslauskas 2024, VDU ŽŪA

Biodujų talpos - lanksčios

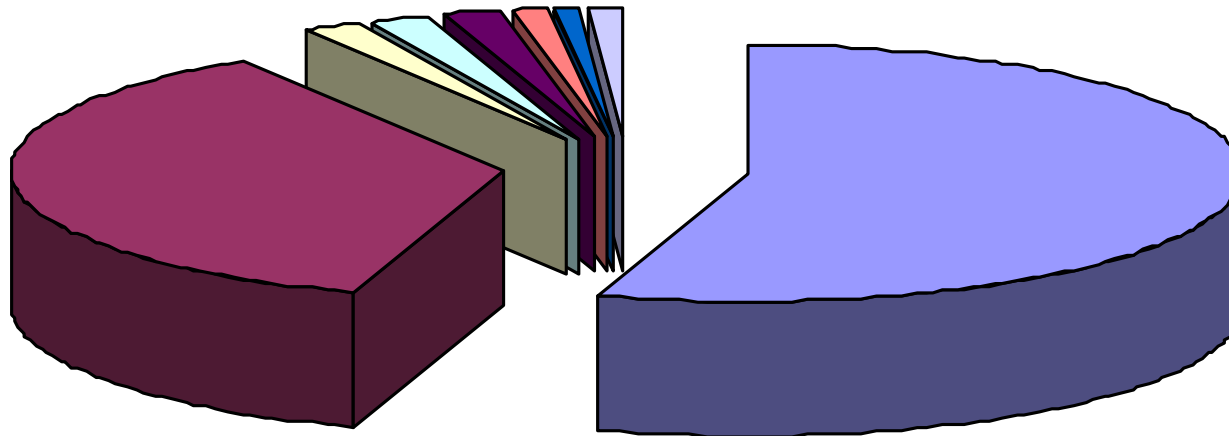


Biodujų sudėties analizatoriai



Biodujų sudėtis

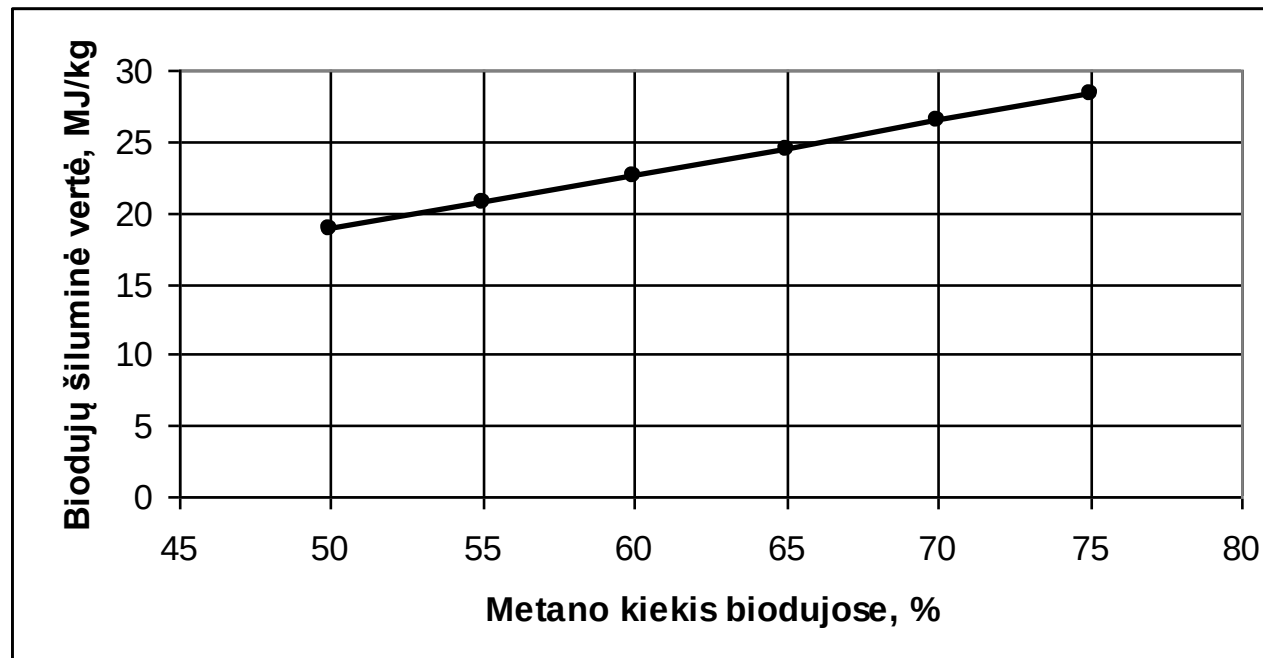
Metanas (50-75 %)	Anglies dioksidas (25-45 %)	Vandens garai (1-10 %)
Azotas (<5 %)	Degunis (<2 %)	Sieros vandenilis (<6 %)
Vandenilis (<1 %)	Amoniakas (<1 %)	



Metano kiekis biodujose, %	50	55	60	65	70	75	80
Biodujų energetinė vertė MJ/m ³	18	19,8	21,6	23,4	25,2	27	28,8
Biodujų energetinė vertė kWh/m ³	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8

Biodujų šilumingumo priklausomybė nuo metano koncentracijos biodujose

Gryno metano šilumingumas siekia 37,7 MJ/m³ arba apie 10 kWh/m³. Biodujų šiluminė vertė priklauso nuo metano koncentracijos. Mažėjant metano koncentracijai, mažėja biodujų šiluminė vertė.



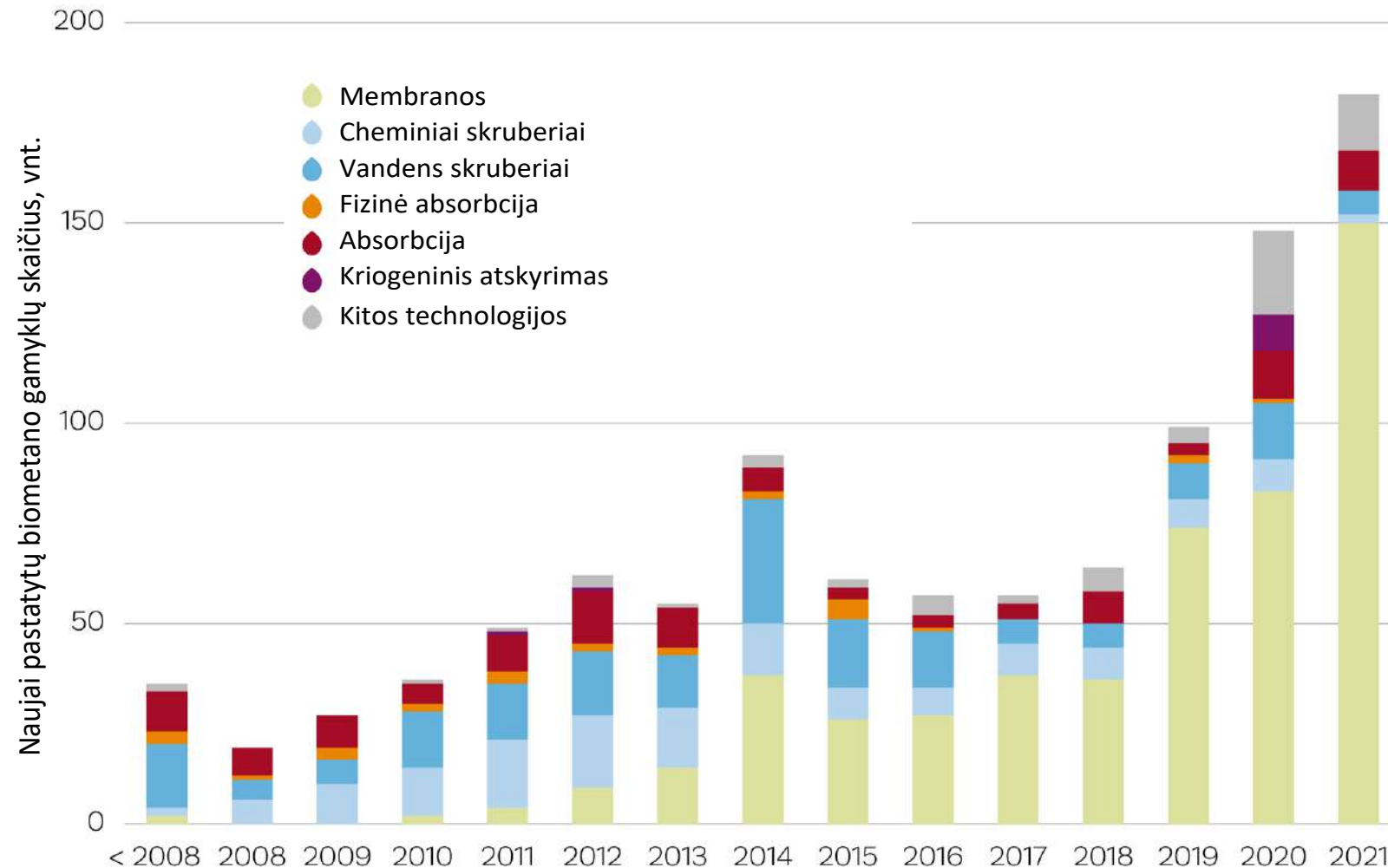
Biometano gamyba

Metodai, naudojami CO_2 atskyrimui, tam tikru mastu gali pašalinti ir nedidelius kiekius priemaišų, tačiau tam reikalingi papildomi paruošiamojo apdorojimo įrenginiai smulkiems junginiams pašalinti (vandens garų, smulkių dalelių, sieros vandenilio ir pan.). Todėl išankstinio apdorojimo operacijų konfigūracija ir buvimas priklauso nuo pasirinkto CO_2 atskyrimo metodo. Pramoninėje praktikoje yra keli CO_2 atskyrimo metodai, pagrįsti šiomis technologijomis:

- absorbcija (fizinė absorbcija, vandens skruberis; cheminė absorbcija);
- adsorbcija;
- membraninis atskyrimas;
- kiti (kriogeninis, biologinis).

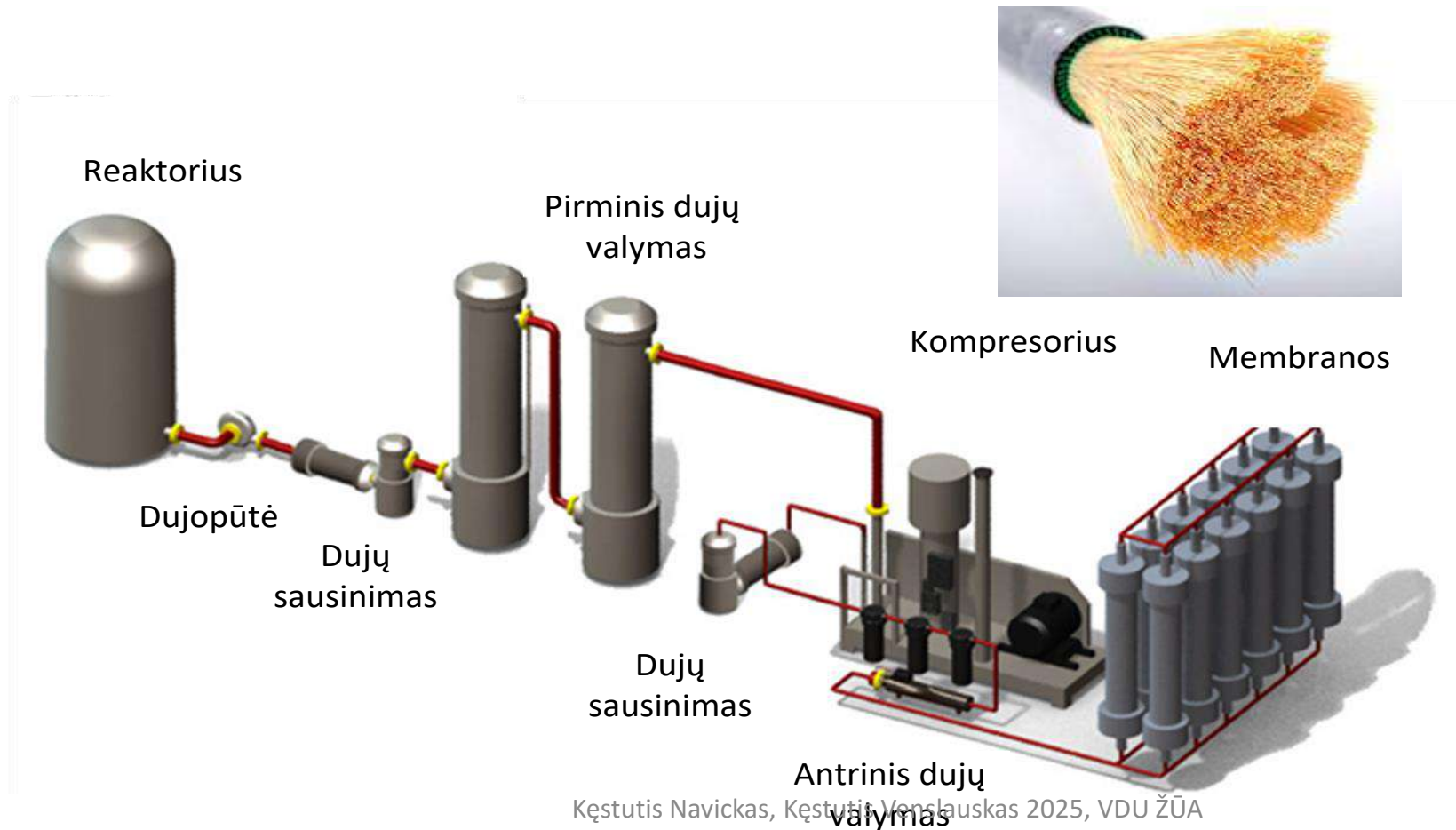
Yra įvairių technologijų, skirtų biodujoms paversti biometanu, tačiau kad apie 80 % biometano gamyklų naudoja membraninį anglies dioksido atskyrimą. Aktyvus membraninių technologijų naudojimas nuo 2014 metų ir panašios tendencijos laikosi iki šiol. Jų populiarumą lėmė įrenginių kompaktiškumas ir paprastumas, nedidelė kaina ir didelis efektyvumas. Ilgą laikotarpį buvo populiarios absorbcinės technologijos, kuriose naudojami vandens ir cheminiai skruberiai. Kitos technologijos naudojančios slėgio svyravimo adsorbciją, fizinius skruberius ir kriogeninį atskyrimą nesulaukė didelio populiarumo, tačiau irgi naudojamos dėl specifinių savybių (didelio našumo ir pan.).

Biometano gamybos technologijų taikymo dinamika Europoje



Membraninė technologija

- ❑ Membraniniai filtrai anglies dioksidui atskirti biometano gamybos rinkoje yra populiariausi. Skirtingi slėgiai kiekvienoje membranos pusėje sąlygoja dujų prasiskverbimą per membraną. Membrana yra medžiagos sluoksnis, kuris atlieka barjero tarp dviejų medžiagų (fazių) funkciją ir lieka nepralaidus tam tikroms dalelėms, molekulėms ar medžiagoms, kai jos paveikiamos varančiąja jėga.
- ❑ Varančioji jėga yra slėgių skirtumas tarp abiejų membranos pusių. Dujos, pratekančios per membraną, yra sulaikomos jos medžiagoje difuzijos ir tirpumo metodais.



Membraninė technologija

- ❑ Biodujas valant membranine valymo technologija, būtina išvalyti nuo agresyvių priemaišų - amoniako, vandenilio sulfido, kitų vandenyje tirpių dujų, pašalinama dalis vandens garų, kad tolimesniuose įrenginiuose nesusidarytų rasos taškas. Po pirminio valymo, kompresoriumi sukėlus slėgį, biudujos paduodamos į membranas, kuriose gaunamas 97 % metanas ir šalutinis produktas - anglies dioksidas.
- ❑ Norimas įrenginių našumas pasiekiamas membranas sujungus lygiagrečiai, o pageidaujama išvalymo kokybė išgaunama membranų modulių sujungus į vienos, dviejų arba trijų pakopų struktūras. Membranų blokai ir jiems reikalinga infrastruktūra dažniausiai montuojami į jūrinius konteinerius, kurie yra kompaktiški, lengvai transportuojami ir patogūs aptarnauti.
- ❑ Praktikoje taikomos dvi pagrindinės membraninės technologijos: dujų/dujų atskyrimas su dujine faze abiejose membranos pusėse ir dujų/skysčių absorbcijos atskyrimas su skysčiu, absorbuojančiu difuzines molekules.
- ❑ Pirmuoju būdu, didelio slėgio aplinkoje, membranos atskiria mažas molekules tokias kaip CO_2 ir H_2S . Molekulės difunduoja per membraną ir desorbuojasi žemesnio slėgio pusėje. Anglies dioksidas ir vandenilio sulfidas prasiskverbia 10-20 kartų greičiau, negu metanas ir iki 100 kartų greičiau nei vanduo.
- ❑ Antruoju būdu skystis absorbuoja molekules praeinančias pro membraną. Šiuo atveju naudojama hidrofobinė mikroporinė membrana, atskirianti dujas iš skystos fazės. Dujų molekulės tirpsta membranos polimeruose, esant dideliui slėgiui arba dujų koncentracijai kitoje membranos pusėje. Dujų srauto molekulės, galinčios difunduoti per membraną, judėdamos viena kryptimi, absorbuojamos kitoje pusėje tekantį skystį.

Biometano kokybės reikalavimai Lietuvos dujų perdavimo sistemoje

	Rodiklis	Reikšmė
1.	Metanas CH ₄ , % mol	≥ 90
2.	Azotas N ₂ , % mol	≤ 3
3.	Anglies dioksidas CO ₂ , % mol	≤ 2,5
4.	Deguonis O ₂ , % mol (P ≥ 1,6 MPa) – atskiru leidimu	≤ 0,02 ≤ 0,5
14.	Vandenilis H ₂ % mol (P ≥ 1,6 Mpa) – atskiru leidimu	≤ 0,1 ≤ 2

Biodujų gryninimo technologijos

- ❑ Metano gryninimo technologijų efektyvumas dažnai yra vertinamas pagal elektros energijos poreikį, kuri reikalinga kompresorių ar siurblių veikimui.
- ❑ Tipiškas vandens skruberių, slėgio svyravimo adsorbcijos ir daugumos membraninių technologijų elektros poreikis yra nuo 0,2 iki 0,25 kWh vienam m³ neapdorotų biodujų.
- ❑ Cheminės absorbcijos procesams elektros energijos poreikis gali būti mažesnis, tačiau reikalingas papildomas šilumos poreikis iki 0,4 kWh vienam m³ žaliavinių biodujų, priklausomai nuo naudojamos technologijos.
- ❑ Membraninis biodujų valymas yra pranašesnis už kitus valymo metodus ypač iki 1 MW galios biodujų jėgainėse, kuriose išgryninama apie 450-500 m³/val. biodujų.
- ❑ Lyginant skirtingas metano gryninimo technologijas, nustatyta, kad membraninis atskyrimas daro mažiausią įtaką aplinkai (0,66 kg CO₂ ekv./m³ metano).
- ❑ Energijos suvartojimui įtakos gali turėti ir tolesnis išgryninto biometano naudojimo būdas. Elektra gali būti reikalinga įpurškiant biometaną į dujų tinklus (kurie paprastai veikia esant 4-80 barų slėgiui) arba tiekiant į transporto priemonių degalines, kur reikalingas iki 300 barų slėgis.
- ❑ Tiekiant transporto priemonių degalus, reikia atsižvelgti į energijos poreikį papildomam suspaudimui, kur elektros poreikiai kinta nuo maždaug 0,2 iki 0,35 kWh vienam m³ biometano.
- ❑ Daugumoje biodujų gryninimo technologijų, pavyzdžiui iš kompresorių, gali būti atgaunama 50-100 °C temperatūros šiluma ir panaudota kitoms reikmėms ir padidinti jėgainės energinį efektyvumą.

Děkui už děmesj.



**Bendrai finansuoja
Europos Sąjunga**



VYTAUTO DIDŽIOJO
UNIVERSITETO
ŽEMĖS ŪKIO
AKADEMIJA

**Profesinių kompetencijų ir įgūdžių tobulinimas žemės ūkio sektoriuje dirbantiems asmenims
Nr. 24PM-KK-23-1-90006-PR001**

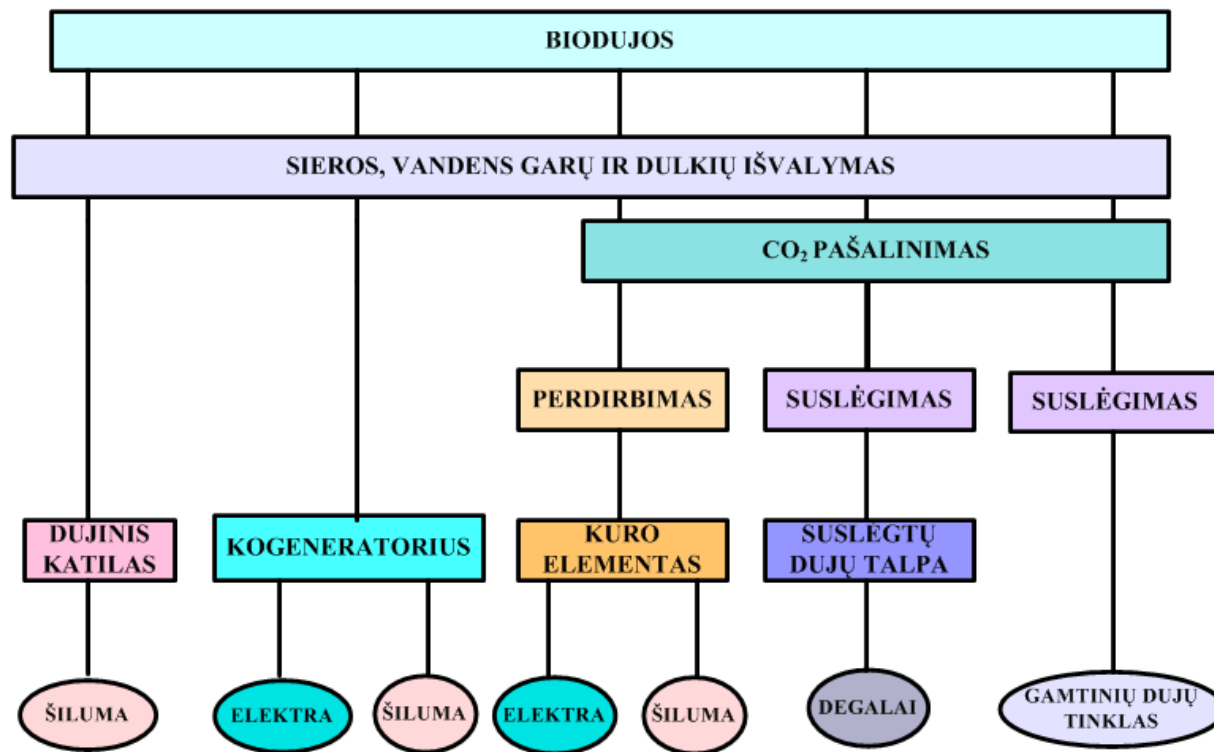
**„Biometano gamyba ir naudojimas ūkyje,
žaliavų paruošimas ir tiekimas biometano
jėgainėms, digestato naudojimas žemės ūkyje“
8 ak. val. (kodas - 50710001)**

Lektoriai: Kęstutis Navickas
Kęstutis Venslauskas

1. Biodujų/Biometano naudojimo būdai ir technologijos.

2. Digestato savybės, saugojimo, transportavimo ir naudojimo žemės ūkyje technologijos.

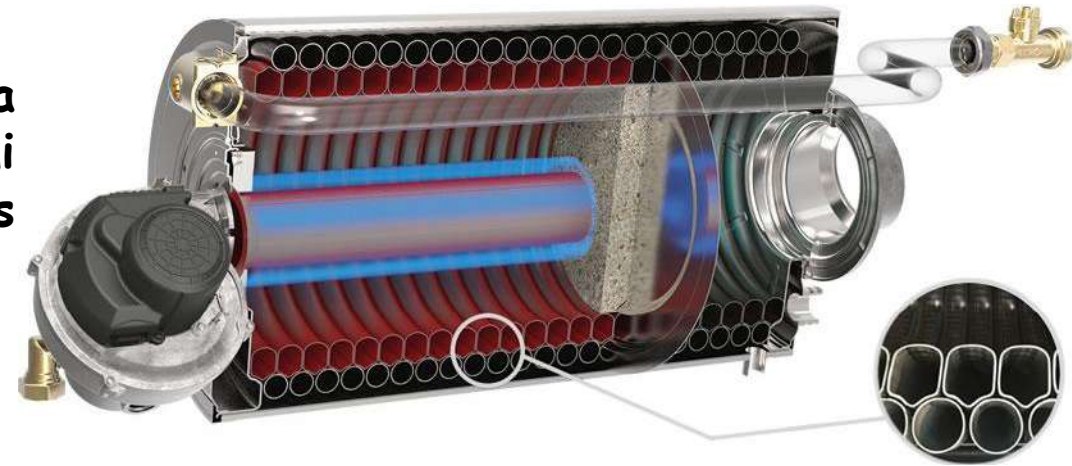
Biodujų naudojimas



- Deginimas vandens šildymo katiluose
- Deginimas vidaus degimo varikliuose
- Netiesioginis naudojimas kuro elementuose
- Degalai transporto priemonėms
- Gamtinių dujų sistemose

Biodujų naudojimas 1

Paprasčiausias biodujų naudojimo energijai gauti būdas jų yra jų deginimas dujiniuose įrenginiuose. Tam gali būti naudojami gamtinėms dujoms pritaikyti dujiniai katilai, kurių valdymas paderinamas pagal metano koncentraciją biodujose



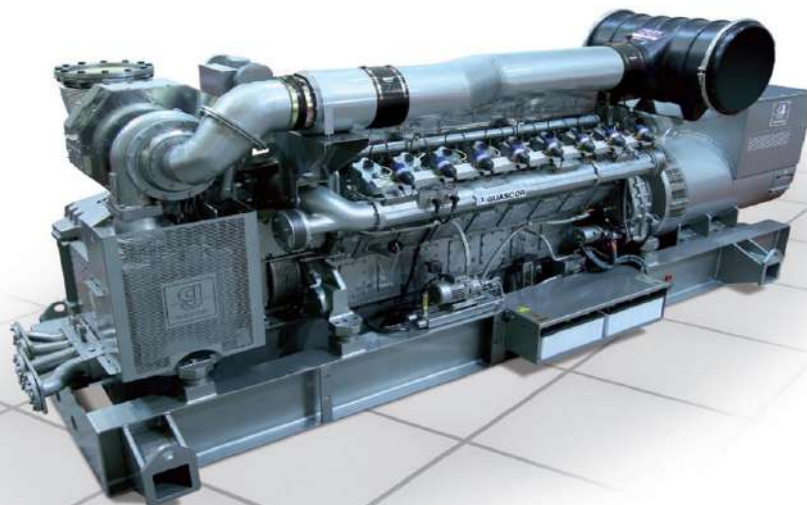
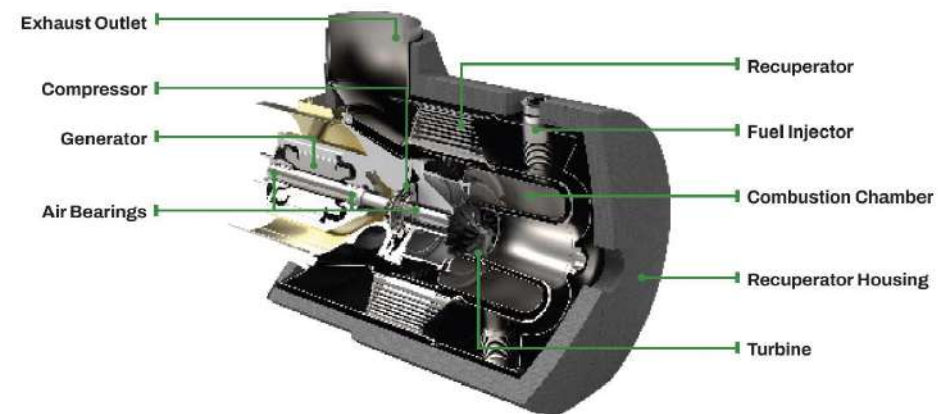
Dujų katilai



Elektros ir šilumos gamyba

Efektyviau biudujas deginti kogeneratoriuose, kuriuose gaminama ne tik šiluma, bet ir elektra. Kogeneratorių sudaro du pagrindiniai įrenginiai - variklis ir elektros generatorius. Dažniausiai naudojami dujiniai Oto varikliai.

Gali būti pritaikomos ir dujų turbinos, kurių konstrukcija yra paprastesnė, tačiau energinis efektyvumas būna mažesnis. Elektra gamina asinchroninis arba sinchroninis elektros generatorius, kurį suka variklis. Šiluminė energija gaunama iš variklio aušinimo sistemos. Šilumos perteklius (ypač vasarą) pašalinamas aušintuvu, įrengtu lauke.



Biodujų naudojimas 4

Kogeneratoriai



Biodujų jėgainės integravimas į šildymo sistemą

- ❑ Iš kogeneratoriaus vidaus degimo variklio aušinimo sistemos ir išmetamų deginių paimta šiluma gali būti tiesiogiai tiekiama vartotojams arba integruojama į ūkyje esančią šildymo sistemą. Šiuo atveju kogeneratoriaus šilumokaičiai sujungiami su katilinėje įrengtu katilu ir energijos poreikiai tenkinami panaudojant abu šilumos šaltinius.
- ❑ Tokia integracija labai naudinga, kai sustabdomas kogeneratorius remontui ar įrenginių priežiūrai, o katile (ar katiluose) pagaminta šiluma naudojama biodujų gamybos procesui palaikyti. Šildymo katilai taip pat padeda palaikyti biodujų gamybos procesą biodujų jėgainės paleidimo metu.
- ❑ Į sistemą gali būti integruoti dujiniai ar kito kuro katilai. Naudinga ir labiau patikima, kai bent vienas katilas naudoja kitos rūšies (biokurą, dyzeliną, krosninį kurą ar gamtines dujas) kurą. Tuomet biodujų jėgainės stabdymo ar gedimo atveju bent vienas šaltinis palaiko šilumos gamybą.

Biometano naudojimas transporte

- Biometanas gali būti pritaikytas labai skirtingų savybių transporto priemonėms. Suslėgtas biometanas yra saugus ir plačiai prieinamas atsinaujinantis kuras asmeniniams automobiliams ir panašioms lengvosioms transporto priemonėms.
- Suskystintas biometanas yra energingesnis ir todėl optimalu maitinti didelius variklius dideliems atstumams su minimalia talpa ir svoriu. Vietoje, ūkyje pagamintas biometanas yra tinkami degalai traktoriams.
- Benzininės transporto priemonės gali naudoti biodujas kaip kūrą, jei biodujos yra pagerintos iki gamtinių dujų kokybės transporto priemonėse, kurios buvo pritaikytos naudoti gamtines dujas.

Biometano naudojimas transporte

- Kaip ir kitiems degalams, biometanui reikalinga paskirstymo infrastruktūra. Yra du pagrindiniai būdai, kaip transporto priemonės aprūpinti biometanu:
 - 1) specialios degalinės, tiekiančios tik biometaną (suslėgtą arba suskystintą), kuris dažnai atgabenamas iš netoliese esančios gamyklos arba siunčiamas suskystintas (panašiai kaip SGD);
 - 2) degalinės, kurios yra prijungtos prie dujų tinklo ir siūlo gamtines dujas, sumaišytas su biometanu.
- Biometano neįmanoma atskirti nuo gamtinių dujų, kai jis įpurškiamas į gamtinių dujų tinklą, tačiau naudojant nepriklausomas ir patikimas dokumentacijos sistemas biometano kiekius galima praktiškai atsekti. Tai leidžia vartotojams nusipirkti biometano ekvivalentą, kurį suleidžia gamintojai.
- Alternatyva yra sukurti palankią teisinę bazę, nustatant privalomą biometano procentą (arba mišinį) degalinėms, kaip šiuo metu kai kuriose šalyse daroma skysto biokuro atveju. Tam reikėtų aktyvios nacionalinių sprendimų priėmėjų paramos.

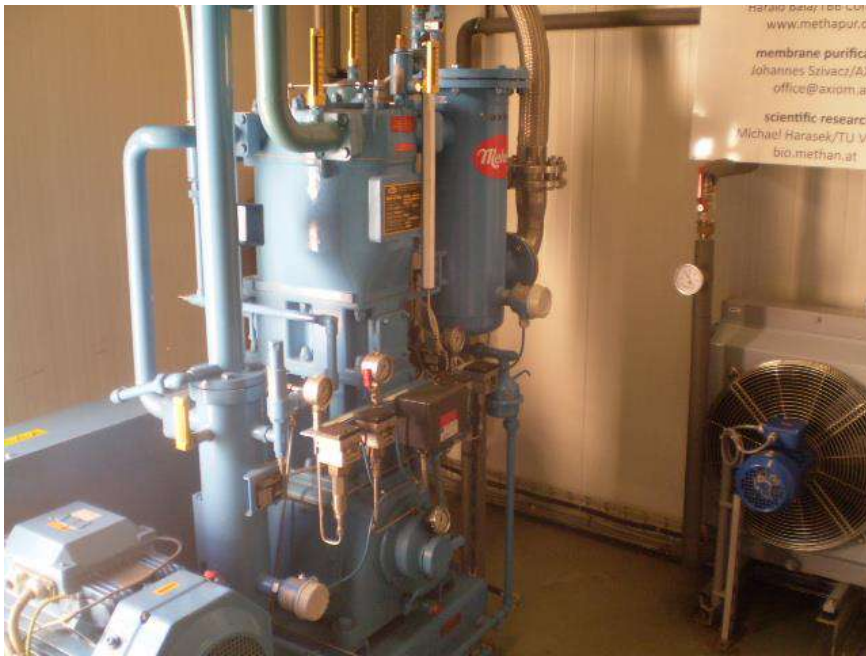
Biodujų naudojimas 5

Biodujų degalinės, Švedija



Biodujų valymo įrenginiai

Mažo našumo biometano jėgainė ir degalinė, Austria



Pirmasis biometano gamybos įrenginys Lietuvoje (1)

2023 metų kovo 22 dieną pradėjo veikti pirmasis biometano gamybos įrenginys Lietuvoje. Įrenginys buvo integruotas į projekto partnerio UAB „Agaras“ biodujų jėgainę. Įrenginio našumas – 4 m³/val biometano. Biodujų gryninimo bandymų metu pasiekta 98% metano koncentracija.



Pirmasis biometano gamybos įrenginys Lietuvoje



Biometano suslėgimo ir pildymo įrenginys skirtas suslėgti biometaną iki 250 barų slėgio ir užpildyti transporto priemonių ir žemės ūkio technikos kuro bakus.



Biometano suslėgimo ir pildymo įrenginys.

Pirmasis Lietuvoje įregistruotas dujinis traktorius



EIP projekto vykdymui iš AB „Lytagra“ buvo išsinuomotas gamtinėmis dujomis varomas traktorius New Holland T6.180. Tai pirmasis pasaulyje serijiniu būdu gaminamas biometanu varomas traktorius ir pirmasis Lietuvoje oficialiai įregistruotas dujinis traktorius.



Dujomis varomas produkcijos išvežiojimo automobilis ir šakinis krautuvas

Projekto vykdymui iš buvo išsinuomotas krovininis lengvasis automobilis VW Caddy ir šakinis krautuvas.



Kas toliau?



Dujiniai krovininiai mikroautobusai ūkininkams.



Dujiniai vilkikai žemės ūkio bendrovėms.

Dėkui už dėmesį.



**Bendrai finansuoja
Europos Sąjunga**



VYTAUTO DIDŽIOJO
UNIVERSITETO
ŽEMĖS ŪKIO
AKADEMIJA

**Profesinių kompetencijų ir įgūdžių tobulinimas žemės ūkio sektoriuje dirbantiems asmenims
Nr. 24PM-KK-23-1-90006-PR001**

**„Biometano gamyba ir naudojimas ūkyje,
žaliavų paruošimas ir tiekimas biometano
jėgainėms, digestato naudojimas žemės ūkyje“
8 ak. val. (kodas - 50710001)**

Lektoriai: Kęstutis Navickas
Kęstutis Venslauskas

Digestato savybės, saugojimo, transportavimo ir naudojimo žemės ūkyje technologijos.

Biodujų jėgainėje gaunamų substratų panaudojimo galimybės

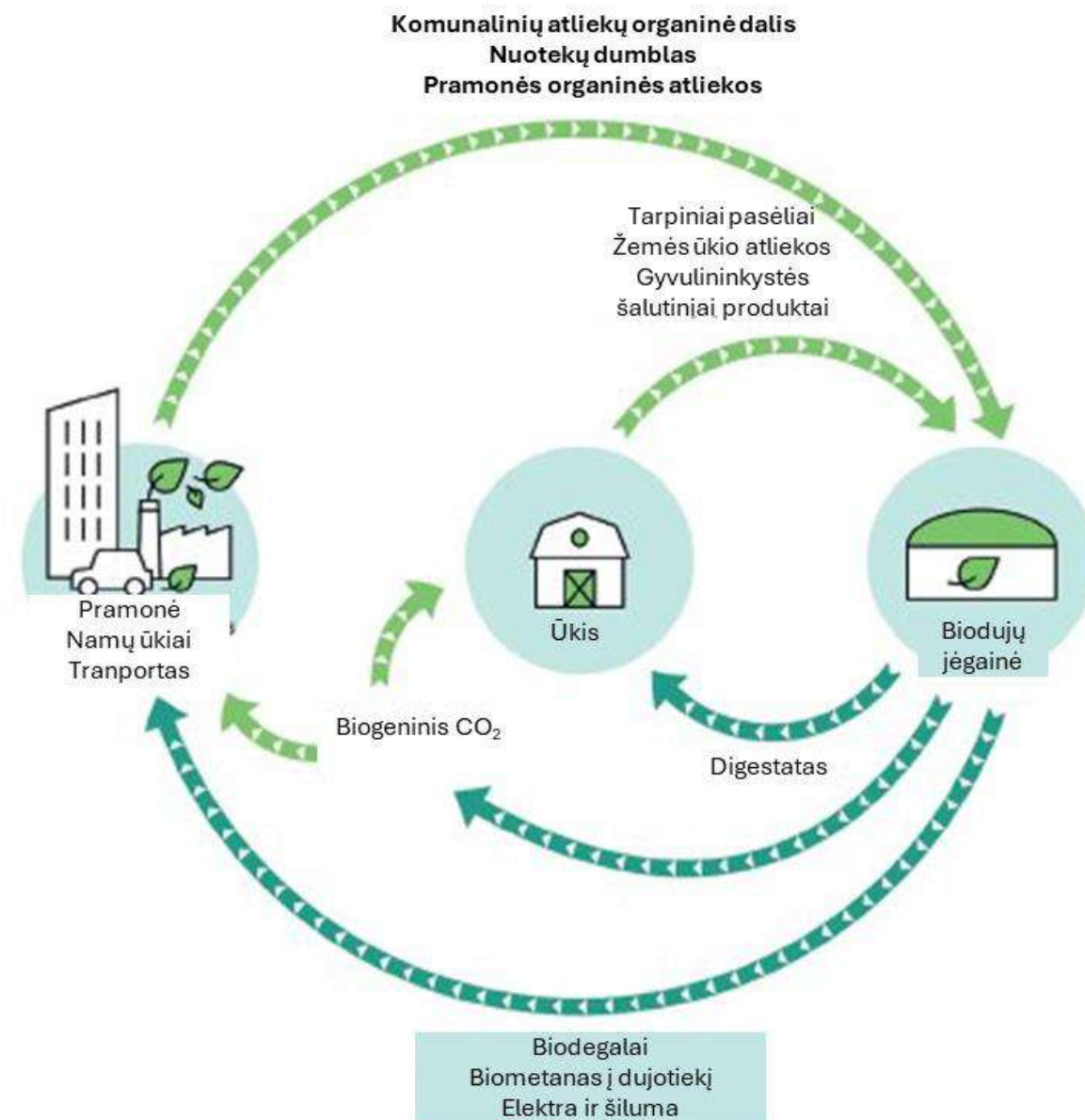
- ❑ Anaerobinio organinių medžiagų perdirbimo metu mikroorganizmai medžiagas suskaido į du komponentus – dujas ir skystųjų medžiagų mišinį. Šio mišinio sudėtis priklauso nuo perdirbamų žaliavų ir anaerobinio proceso rodiklių.
- ❑ Biodujų gamybos žaliavose gausu įvairių makro (azoto, fosforo, kalio, kalcio, magnio, sieros) ir mikro elementų (boro, kobalto, vario, chloro, geležies, mangano, molibdeno, nikelio, cinko). Taip pat pasitaiko ir sunkiųjų metalų (švino, chromo, kadmio ir gyvsidabrio). Azotas, kalis ir fosforas yra vertingos maisto medžiagos visiems gyviems organizmams, tačiau gyvūnai ir augalai jų gali pasisavinti tik tam tikrą dalį, reikalingą gyvybei palaikyti ir kaupti organines medžiagas.
- ❑ Mėšlą perdirbant biodujų reaktoriuose, tik nedidelę dalį maisto medžiagų įsisavina bakterijos. Didesnioji dalis lieka perdirbtame substrate. Tačiau mėšlas, dėl nedidelės jo energetinės vertės, retai vienas naudojamas biodujų gamybai. Dažniau jis maišomas su kitomis atliekomis (pramonės, gyvenviečių) arba su energetinių augalų biomase. Šiose žaliavose taip pat gausu įvairių maisto medžiagų, kurios praturtina žaliavų mišinį.

- ❑ Europos biodujų asociacijos duomenimis, 2022 m. Europoje buvo pagaminta 31 Mt degazuotojo substrato, iš kurių 28 Mt (90 proc.) buvo gauta iš žemės ūkio žaliavų (mėšlo, žemės ūkio liekanų, energetinių augalų) ir 3 Mt (10 proc.) iš biologinių atliekų. Degazuotojo substrato kiekis ateinančiais metais turėtų gerokai išaugti, atsižvelgiant į numatomą biometano sektoriaus plėtrą.

Rodiklis	2022	2030	2050
Metinė digestato gamyba, Mt	31	75	177
Maisto medžiagų, Mt			
Azoto (bendras N)	1.7	4.1	9.7
Fosforo (P)	0.3	0.7	1.7
Kalio (K)	0.2	0.4	0.8

Biodujų jėgainės integravimas į žiedinės ekonomikos ciklą

- ❑ Digestatas turi didelį potencialą žemės ūkyje, nes gerina dirvožemio chemines savybes, užtikrina augalų produktyvumą ir gali pranokti sintetines trąšas.
- ❑ Naudojant digestatą mažinamos mineralinių trąšų naudojimo ir jų gamybos CO_2 emisijos.
- ❑ Prisidedama prie žiedinės ekonomikos, nes perdirbamos organinės atliekos ir paverčiamos naudingu produktu.



Biodujų gamybos metu susidarančio digestato naudojimas augalininkystėje

- ❑ Digestato sudėtis ir kokybė priklauso nuo naudojamų žaliavų. Jame lieka daug augalų augimui reikalingių medžiagų: azoto, fosforo, kalio, taip pat gausu magnio, kalcio, sieros, vario ir cinko. Digestate aptinkamos ir bioaktyvios medžiagos (fitohormonai, nukleino, fulvo rūgštys ir kt.), kurios gali skatinti augalų augimą ir padidinti jų atsparumą stresui.
- ❑ Degazuotasis substratas gali būti naudojamas neperdirbtas arba atskirtas į kietąsias ir skystąsias frakcijas, siekiant sumažinti tūrį, transportavimo išlaidas ir padidinti tręšimo vertę). Dėl kietųjų ir skystųjų frakcijų atskyrimo technikos sumažėja amoniako kiekis digestate, todėl išvengiama augalų nudeginimo ir dirvožemio rūgštėjimo.
- ❑ Kietoji frakcija dažnai perdirbama į kompostą, kuris pagerina dirvožemio kokybę, padidina vandens sulaikymo gebą ir dirvožemio pH buferinę gebą.

Biodujų gamybos metu susidarančio digestato naudojimas augalininkystėje

Maisto medžiagų kiekis įvairių rūšių mėšle, kg/t mėšlo

Gyvulių rūšis	Mėšlo rūšis	SM, %	Bendras azotas N	P	K
Melžiamų karvių	Bekraikis	6	3,0	1,5	2,9
Kiaulių	Bekraikis	4	4,0	0,9	2,1
Vištų dedeklių	Bekraikis	30	16,0	5,7	7,5
Broilerių, kalakutų	Kraikinis	60	30,0	10,9	15
Galvijų	Kraikinis	25	6,0	1,5	6,7
Kiaulių	Kraikinis	25	7,0	3,1	4,2

Maisto medžiagų kiekis žaliavose, naudojamose biodujų gamybai, kg/m³

Žaliavų rūšis	SM, %	Bendras azotas N	P	K
Žolės silosas	25-28	3,5-6,9	0,4-0,8	-
Kukurūzų silosas	20-35	1,1-2,0	0,2-0,3	4,2
Pieninių atliekos	3,7	1,0	0,4	0,2
Gyvūnų vidurių turinys	10,1	3,1	0,7	0,5
Kraujas	10,9	11,7	0,4	0,6
Maisto atliekos	9-18	0,8-3,0	0,7	n. d.

Digestato separavimas



Biodujų gamybos metu susidarančio digestato naudojimas augalininkystėje

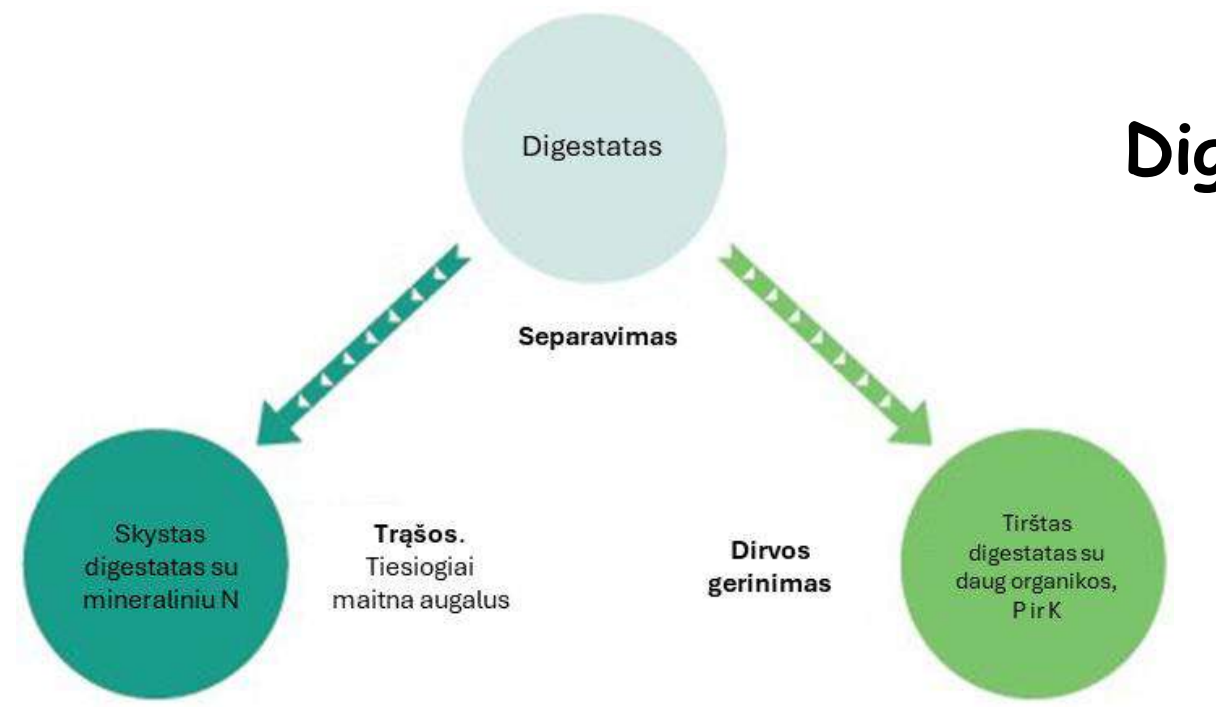
- ❑ Digestato sudėtis turi būti išanalizuota ir deklaruojama, kad būtų lengviau dozuoti maistines medžiagas ir visiškai integruoti digestatą į ūkio trąšų planą, laikantis geriausios ūkininkavimo praktikos. Deklaracija yra daugelio šalių digestato kokybės užtikrinimo schemų dalis.
- ❑ Digestato sudėtis gali būti nustatoma cheminės analizės laboratorijose arba operatyviai, naudojant išmaniąsias technologijas ir techniką.
- ❑ Digestato kokybę lemia maistinių medžiagų kiekis, pH, sausųjų medžiagų ir organinių medžiagų kiekis bei homogeniškumas.
- ❑ Ne mažiau svarbios yra grynumas (fizinių priemaišų nebuvimas (plastiko, akmenų, stiklo, nevirškinamų medžiagų ir kt.)), higiena (tirpale nepageidaujami patogenai) ir saugumas aplinkai. Siekiant užtikrinti aukštos kokybės digestatą, būtina kontroliuoti teršalų kiekį ir naudoti tik aukštos kokybės žaliavas. Tai svarbu norint gaminti saugias ir veiksmingas trąšas.

Biodujų jėgainėje gaunamų substratų panaudojimo galimybės

- ❑ Tyrimai rodo, kad javai geriau įsisavina azotą iš perdirbto substrato, negu iš mėšlidėse laikyto mėšlo. Tačiau pastebėta, kad perdirbtą substratą skleidžiant žemės paviršiuje, patiriami didesni azoto nuostoliai, negu įterpiant į dirvą.
- ❑ Tyrimų rezultatai rodo, kad perdirbto substrato įterpimas padidina azoto įsisavinimą, nes sumažėja garavimo paviršius ir didesnė dalis azoto ir jo junginių lieka dirvoje. Tai pati pažangiausia skystojo mėšlo ir biodujų jėgainėse perdirbto substrato tręšimo technologija ir gana paplitusi Europoje.



Digestato separavimas ir maisto medžiagų pasiskirstymas frakcijose



Galvijų mėšlo cheminės sudėties pokyčiai anaerobinio perdirbimo metu

Rodiklis	Skystas galvijų mėšlas	Digestatas
pH	8,033	8,567
Sausa medžiaga (SM), %	7,960	6,213
Organinė medžiaga (SOM), %	6,499	4,859
Bendras azotas (N), %	0,452	0,377
Amoniakinis azotas (N-NH ₃), %	0,142	0,193
Fosforas (P ₂ O ₅), %	0,155	0,160
Kalis (K ₂ O), %	0,345	0,298



Biodujų jėgainėje susidariusio digestato laikymas

- ❑ Substrato laikymo talpoms Lietuvoje nėra nustatyta laikymo trukmė, tačiau galima naudoti normas nurodytas skystojo mėšlo laikymo talpoms. Remiantis šia norma talpos turi būti numatytos 9 mėn. laikymui.
- ❑ Kai kuriose Europos šalyse yra reikalaujama perdirbto substrato talpas uždengti, kad sumažėtų metano, azoto junginių ir kvapų emisijos. Lietuvoje nėra reikalaujama skystojo mėšlo saugyklas uždengti, tačiau statant biodujų jėgaines patartina įrengti uždengtas perdirbto substrato saugyklas.
- ❑ Uždengimas sumažina dujų ir kvapų emisijas bei padidina išsiskyrusio metano surinkimą, nes perdirbtas substratas į saugyklą patenka su dalimi organinės medžiagos, iš kurios bakterijos toliau gamina biodujas, jei yra palankios temperatūrinės sąlygos. Lietuvoje draudžiama laukus tręšti žiemą, kai yra išalusi žemė. Kitų apribojimų skystojo mėšlo skleidimui nėra.



Biodujų gamybos metu susidarančio digestato naudojimas augalininkystėje

- ❑ Anaerobinio perdirbimo metu cheminė medžiagų sudėtis mažai pasikeičia, tačiau kai kurie elementai pakeičia savo būvį (pavyzdžiui, azoto dalis virsta amoniaku ir pan.).
- ❑ Stambiamolekuliniai junginiai susiskaido į smulkesnius arba į cheminius elementus, kuriuos lengviau pasisavina augalai. Danijoje atlikti tyrimai (Birkmose, 2009). rodo, kad javai geriau įsisavina azotą iš perdirbto substrato, negu iš mėšlidėse laikyto mėšlo.

Trąšų rūšis	Augalų rūšis	Tręšimo laikas	NH ₄ -N	Azoto įsisavinimas, %
Galvijų kraikinis mėšlas	Vasariniai miežiai	Pavasaris	22	32
Kiaulių kraikinis mėšlas	Žieminiai kviečiai	Ruduo	23	27
Galvijų bekraikis mėšlas	Žieminiai kviečiai	Pavasaris	52	45
Kiaulių bekraikis mėšlas	Žieminiai kviečiai	Pavasaris	74	63
Perdirbtas substratas	Žieminiai kviečiai	Pavasaris	83	80
Perdirbto substrato skystoji frakcija	Žieminiai kviečiai	Pavasaris	82	78

Biodujų gamybos metu susidarančio digestato naudojimas augalininkystėje

- ❑ Biodujų reaktoriuose perdirbtą substratą naudojant dirvos tręšimui, būtina laikytis Europos Sąjungos ir nacionalinių teisės aktų reglamentuojančių azoto trąšų kiekį, leidžiamą naudoti 1 ha plote

Šalis	Azoto norma, kg/ha	Būtina talpa laikymui
Lietuva	170	9 mėn
Austrija	170	6 mėn.
Danija	170 (galvijų)	9 mėn.
	140 (kiaulių)	
Italija	170-500	90-180 dienų
Švedija	170	6-10
Šiaurės Airija	170	4 mėn.
Vokietija	170	6 mėn.

Biodujų gamybos metu susidarančio digestato naudojimas augalininkystėje

- ❑ Naudojant digestatą kaip trąšą laukuose, kyla azoto nuostolių dėl amoniako emisijos ir nitratų išplovimo pavojus. Siekiant sumažinti šią riziką, reikėtų laikytis geros žemės ūkio praktikos taisyklių:
 - ❑ digestatas turėtų būti naudojamas tinkamos augalų vegetacijos metu;
 - ❑ tinkamos meteorologinės sąlygos digestatui įterpti (didelė drėgmė, nevėjuota);
 - ❑ sausas, saulėtas ir vėjuotas oras padidina garavimą ir labai sumažina azoto efektyvumą;
 - ❑ prieš naudojimą rekomenduojama digestatą išmaišyti, kad jis taptų homogeniškas;
 - ❑ digestatui paskleisti turėtų būti naudojami vilkimo vamzdžiai, vilkimo žarnos arba tiesioginis įpurškimas į dirvožemį, o ne platus paskleidimas (purkštuvu);
 - ❑ jei digestatas išpurškiamas ant dirvožemio paviršiaus, jis turėtų būti nedelsiant įterpiamas į dirvožemį.

Digestato naudojimo augalininkystėje įtaka aplinkai

□ Digestato naudojimo teigiamas poveikis aplinkai:

- degazuoto substrato panaudojimas leidžia efektyviai perdirbti organines atliekas, mažinant jų kenksmingą poveikį aplinkai, ypač sumažinant metano emisijas;
- digestatas vertingas trąšų šaltinis ir gali pakeisti sintetines trąšas, taip mažinamos mineralinių trąšų naudojimo ir jų gamybos CO₂ emisijos;
- biosubstratas praturtina dirvožemį organinėmis medžiagomis, pagerindamas jo struktūrą ir drėgmės sulaikymo gebą.

□ Digestato naudojimo neigiamas poveikis aplinkai:

- Netinkamas digestato naudojimas gali kelti pavojų aplinkai, per didelis azoto ir fosforo kiekis, patekęs į dirvožemį, gali užteršti vandens telkinius ir sukelti eutrofikaciją, kuri lemia vandens kokybės pablogėjimą ir biologinės įvairovės sumažėjimą;
- Neteisingas digestato laikymas gali sukelti nemalonius kvapus ir netgi oro užteršimą, nes yra pavojus išsiskirti metanui, kuris yra šiltnamio efektą sukeliančių dujų šaltinis;
- Nekokybiškama digestate gali būti teršalų likučių, kurie jie gali patekti į dirvožemį ir vandenį, kas gali paskatinti ekosistemų pokyčius ir sukelti riziką žmonių sveikatai, ypač per maisto grandinę.

Dėkui už dėmesį.