

LIETUVOS SVEIKATOS MOKSLŲ UNIVERSITETAS
GYVULININKYSTĖS INSTITUTAS

TVIRTINU:

LSMU Gyvulininkystės instituto

Direktorius

Artūras Šiukščius

2023 m. lapkričio mėn. 9 d.

**PROJEKTAS ĮGYVENDINTAS PAGAL ŽEMĖS ŪKIO MINISTERIJOS
2015–2023 METŲ TARPTAUTINIŲ MOKSLINIŲ TYRIMŲ IR
TAIKOMOSIOS VEIKLOS PROJEKTŲ ADMINISTRAVIMO
TAISYKLES**

**Klimatą tausojančios galvijų auginimo sistemos
(Climate Care Cattle Farming Systems)
CCCFarming**

2023 M. GALUTINĖ ATASKAITA

Projekto vadovas

Violeta Juškienė

Baisogala

2023

Projekto pagrindiniai vykdytojai

Violeta Juškienė, dr., LSMU Gyvulininkystės instituto Ekologijos skyriaus vyriausioji mokslo darbuotoja.

Remigijus Juška, dr., LSMU Gyvulininkystės Ekologijos skyriaus vyresnysis mokslo darbuotojas.

Gitana Kadžienė, dr., LSMU Gyvulininkystės instituto jaunesnioji mokslo darbuotoja.

Daiva Stankevičienė, dr., LSMU Gyvulininkystės instituto Ekologijos skyriaus mokslo darbuotoja.

Robertas Juodka, dr., LSMU Gyvulininkystės instituto Ekologijos skyriaus vyresnysis mokslo darbuotojas



TURINYS

1. ĮVADAS.....	4
2. TYRIMŲ OBJEKTAS IR METODAI.....	5
2.1. Projekto ūkių atranka.....	6
2.2. Interviu su ūkininku/ ūkio valdytoju.....	6
2.3. Dujų emisijų tyrimai ūkiuose.....	6
2.4. Ūkio veiklos tvarumo įvertinimas.....	8
2.5. Mėslo tvarkymo technologijų ir priemonių efektyvumo įvertinimas.....	9
2.6. Inovatyvių technologijų ir priemonių kūrimas ir vertinimas.....	12
2.7. Projekto veiklų valdymas ir viešinimas.....	12
3. TYRIMO REZULTATAI IR APTARIMAS.....	13
3.1. Projekto ūkių apibūdinimas	13
3.2. Interviu metu surinktos informacijos analizė.....	15
3.3. Dujų emisijų tyrimai ūkiuose.....	21
3.4. Ūkio veiklos tvarumo įvertinimas.....	24
3.5. Naujų mėslo tvarkymo technologijų ir priemonių efektyvumo įvertinimas.....	29
3.6. Inovatyvių technologijų ir priemonių kūrimas ir vertinimas.....	33
3.7. Ūkių planų simuliacija programiniais įrankiais – skaičiuoklėmis.....	38
4. IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS.....	40
5. REZULTATŲ VIEŠINIMAS, PUBLIKACIJOS.....	41
6. LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	43
7. PRIEDAI	46



1. ĮVADAS

Gyvulininkystės sektorius yra labai svarbus žemės ūkio sektorius, teikianti žmonių visuomenei maistą, pajamas, užimtumą. Tačiau, tuo pačiu metu spartus gyvulininkystės produktų gamybos ir vartojimo augimas prisideda prie daugelio rimtų aplinkosaugos problemų ir turi nemažą indėlį į klimato pokyčius. Šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) emisija iš mūsų šalies žemės ūkio sektoriaus sudaro penktadalį visos emisijos ir ši dalis metai iš metų nemažėja. Beveik ketvirtadalis ŠESD iš šalies žemės ūkio ir daugiau kaip pusė iš gyvulininkystės sektoriaus emituoja iš pieno ūkių. Galvijininkystės sektoriuje įvairiose ciklo etapuose susidaro metano (CH_4), diazoto oksido arba azoto suboksido (N_2O), anglies dioksido (CO_2) ir amoniako (NH_3) dujos. Daugiausia metano gaminasi galvijų prieskrandyje virškinant pašarą. Kita dalis išsiskiria iš mėšlo. ŠESD išsiskiria iš mėšlo tiek tvartuose tiek mėšlidėse ir įterpiančios į dirvas. Todėl yra ypač svarbu siekti sumažinti ŠESD emisijų kiekį galvijininkystės sektoriuje. Tai galima pasiekti daugiau dėmesio skiriant produktyvumo gerinimui ir taikomų technologinių sprendimų ir sistemų tobulinimui. Taikant turimas žinias ir pasitelkiant inovacijas bei didinant žemės ūkio subjektų sąmoningumą, šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį galima sumažinti visose žemės ūkio gamybos srityse ir svarbiame galvijininkystės sektoriuje.

Europoje vis svarbesnis tampa ir supratimas apie tai, kaip ūkininkai priima sprendimus dėl išmetamų teršalų mažinimo technologijų. Yra nemažai informacijos apie tam tikrų technologijų panaudojimą (pvz., mėšlo laikymo tipai, didelės veislinės vertės gyvulių naudojimas ir t.t.), tačiau bendro vaizdo vis dar nėra, nes tyrimai išsibarstę po šalis, gyvulių rūšis ir technologijas (Glenk ir kt., 2014; Konrad ir kt., 2019). Taip pat labai nedaug informacijos randama apie ūkininkų informuotumą ir žinias, apie jų alternatyvias ūkio valdymo galimybes (Jantke ir kt., 2020), o tai gali apriboti tikslingesnių ir veiksmingesnių veiklos ir politikos schemų kūrimą. Todėl sprendžiant šias problemas, svarbu ne tik rasti sprendimus, padėsiančius mažinti ŠESD emisijų kiekį galvijininkystės sektoriuje, bet ir suprasti kokie veiksniai ir koku mastu sąlygoja ūkininkų taršos mažinimo priemonių pasirinkimą ir kokios kliūtys gali trukdyti jiems taikyti švelninimo praktikas.

Projektas „Klimatą tausojančios galvijų auginimo sistemos (anglų kalba „Climate Care Cattle Farming Systems“, achronymas - CCCfarming) vykdytas laimėjus konkursą pagal Europos programos „Horizontas 2020“ jungtinį ERA-NET SusAn, ERA-NET FACCE ERA-GAS ir ERA-NET ICT AGRI kvietimą „Naujos technologijos, sprendimai ir sistemos šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijų

sumažinimui“ (2018 Joint Call on novel technologies, solutions and systems to reduce greenhouse gas emissions in animal production systems).

Projekto pagrindinis tikslas – kurti klimatą tausojančių galvijų auginimo sistemas, leidžiančias sumažinti išmetamą ŠESD ir amoniako kiekį bei išlaikyti socialiai ir ekonomiškai tvarius ūkius. Projekto vykdymo metu buvo suplanuota įgyvendinti šiuos uždavinius: įvertinti atrinktų ūkių tinklo aplinkosauginius parametrus ir jų veiksmingumą, remiantis NPC (azoto/fosforo/anglies) balansu ir emisijų matavimo metodais; sumažinti tiesiogiai išmetamųjų teršalų poveikį aplinkai, mažinant šiltnamio efektą sukeliančių dujų ir amoniako emisijas iš galvijų laikymo ir mėšlo tvarkymo sistemų bei dirvožemio ir augalų auginimo; įvertinti tinkamiausias praktikas ir metodus, leidžiančius sumažinti emisijas, atsižvelgiant į jų socialinį-ekonominį patikimumą; išbandyti geriausių praktikų derinių kompleksinį veikimą pilotiniuose ūkiuose; didinti supratimą apie klimato kaitos problemas ir emisijų mažinimo būdus.

Vykdant projektą buvo atlikti tyrimai nustatyti išmetamus šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekius atrinktuose būdingose regionui ūkiuose. Tyrimai buvo atlikti 8 Europos šalyse. Įvertinant atrinktų ūkių aplinkosauginius parametrus ir jų veiksmingumą, buvo remiamasi NPC (azoto/fosforo/anglies) balansu ir emisijų matavimo metodais. Ūkių vertinimas apėmė pilną ūkių gamybos ciklą: nuo galvijų laikymo ir mėšlo tvarkymo sistemų iki dirvožemio naudojimo ir augalų auginimo sistemų. Buvo siekiama sumažinti išmetamųjų teršalų kiekius, taikant inovatyvius įrankius ir naujus metodus bei atsižvelgiant į regioninę bei individualią ūkių specifiką. Įvertinus gautus tyrimų duomenis ir, nustatius geriausių praktikų ir metodų derinius, išbandytas jų kompleksinis veikimas pilotiniuose ūkiuose. Tuo būdu galima pasirinkti tinkamiausias praktikas, atsižvelgiant į jų socialinį-ekonominį patikimumą bei politinę reikšmę.

Projektas prisideda mokslinėmis žiniomis apie šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijų mažinimo galimybes ir efektyvius sprendimus, padeda didinti ūkininkų ir susijusio verslo asmenų sąmoningumą ir supratimą apie taikomas praktikas, Tuo pačiu tai padeda didinti ūkių socialinį ir ekonominį gyvybingumą bei mažinti neigiamą jų veiklos poveikį aplinkai.

2. TYRIMŲ OBJEKTAS IR VYKDYMO METODAI

Projekto darbo planą sudaro 6 darbo paketai (WP):

WP 1. Stebėjimas, tyrimai ir vertinimas vietoje/ ūkiuose (Field monitoring and assessment);

WP 2. Detalūs tyrimai ir monitoringas (In depth monitoring and research);

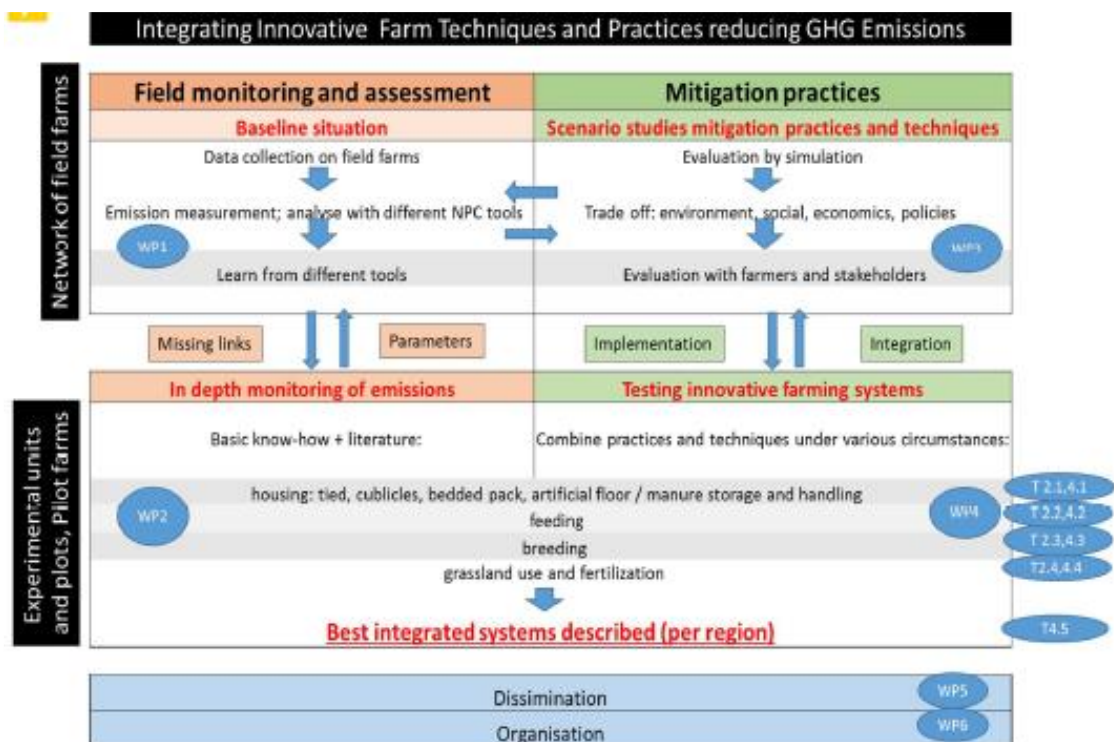
WP 3. Švelninimo (emisijų mažinimo) praktika ir metodai (Mitigation practices and techniques);

WP 4. Inovatyvių ūkininkavimo sistemų išbandymas (Testing innovative farming systems);

WP 5. Sklaida ir komunikacija (Dissemination & Communication);

WP 6. Projekto valdymas (Project management).

Projekto veiklos suplanuotos atskiruose darbo paketuose buvo vykdomos pagal darbo schemą parodytą 1 paveiksle. Vienuose darbo paketuose gauti tyrimų rezultatai buvo panaudojami kitų darbo paketų veiklose.



1. paveikslas. Darbo schema ir sąsajos tarp darbo paketų

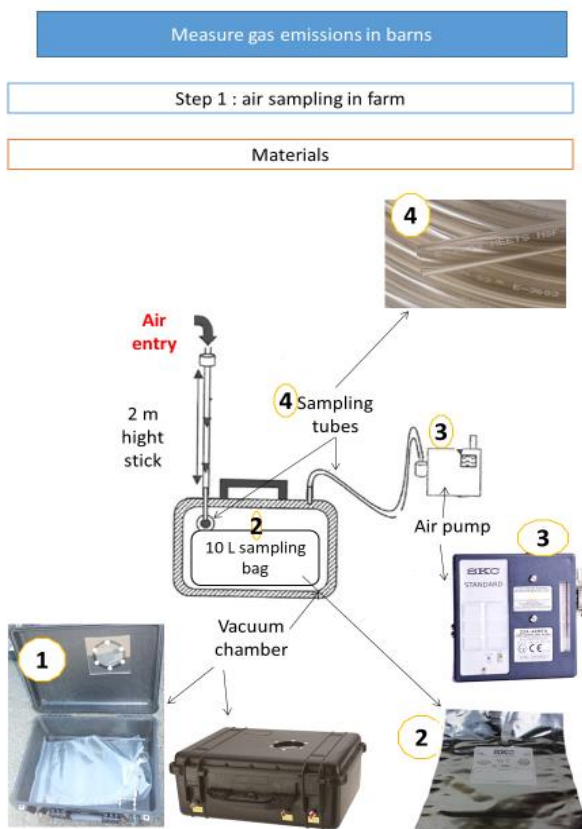
2.1. Projekto ūkių atranka. Projekto veiklą vykdymui kiekvienoje šalyje buvo atrinkta po 8 ūkius, Lietuvoje dėl skirto mažo finansavimo projektui buvo sutarta atrinkti 4 ūkius. Į projekto ūkių sąrašą įtraukti ūkiai, kuriuose naudojamos būdingos tam regionui technologijos. Siekiant įvertinti kuo įvairesnes galvijų laikymo technologijas, į Lietuvos ir Latvijos šalių ūkių sąrašą buvo paprašyta įtraukti po 2 ūkius, kuriuose vis dar taikomas sartinis galvijų laikymo būdas.

2.2. Interviu su ūkininku/ ūkio valdytoju. Siekiant geriau suprasti kokie veiksniai ir kokių mastu sąlygoja ūkininkų/valdytojų taršos mažinimo priemonių pasirinkimą, buvo nutarta atlikti interviu su visais projekte dalyvaujančių ūkių savininkais/valdytojais. Buvo parengtas klausimynas (žr. 1 priedą). Interviu buvo atliktas projekto vykdymo pradžioje nuvykus pokalbiui į kiekvieną projekte dalyvaujantį ūkį. Projekto pabaigoje buvo vėl diskutuojama su ūkio savininku/valdytoju, siekiant įvertinti kaip pasikeitė ar nepasikeitė ūkininko/valdytojo vertinimas ir požiūris į emisijų mažinimo galimybes, vystant tolimesnes ūkio veiklas. Ūkių savininkai/valdytojai pasirinko priemones, kurias jie norėtų taikyti savo ūkyje, siekiant mažinti emisijas ir kurios vėliau buvo modeliuojamos ANCA ir Agrecalc programiniais įrankiais – skaičiuoklėmis. Ši simuliacija leido įvertinti numatomų taikyti priemonių efektyvumą emisijų mažinimui ir jų ekonominį efektyvumą.

2.3. Dujų emisijų tyrimai ūkiuose. Kita labai svarbi užduotis numatyta projekto WP 2 darbiname pakete, kurią vykdė visi partneriai - atlikti išskiriamo į aplinką metano ir kitų teršiančių dujų kiekio tyrimus. Šie tyrimai buvo atlikti visuose ūkiuose, paimant oro mėginius ir juos ištiriant keturiais

metų sezonais: pavasarį, vasarą, rudenį ir žiemą. Tuo pačiu metu ūkyje buvo atliekamas ir gyvulių laikymo, šėrimo, ganymo sąlygų ir mėšlo tvarkymo technologijų įvertinimas.

Kiekviename ūkyje pagal nustatytą vienodą metodiką ir panaudojant visų šalių partnerių įsigytą įrangą-sistemą Flexfoil Air Bags” (2 paveikslas), buvo paimti vidutiniai oro mėginiai tvartų viduje ir jų aplinkoje lauke.



2 paveikslas. “Flexfoil Air Bags” sistema tvarto oro mėginių paėmimui ir analizei

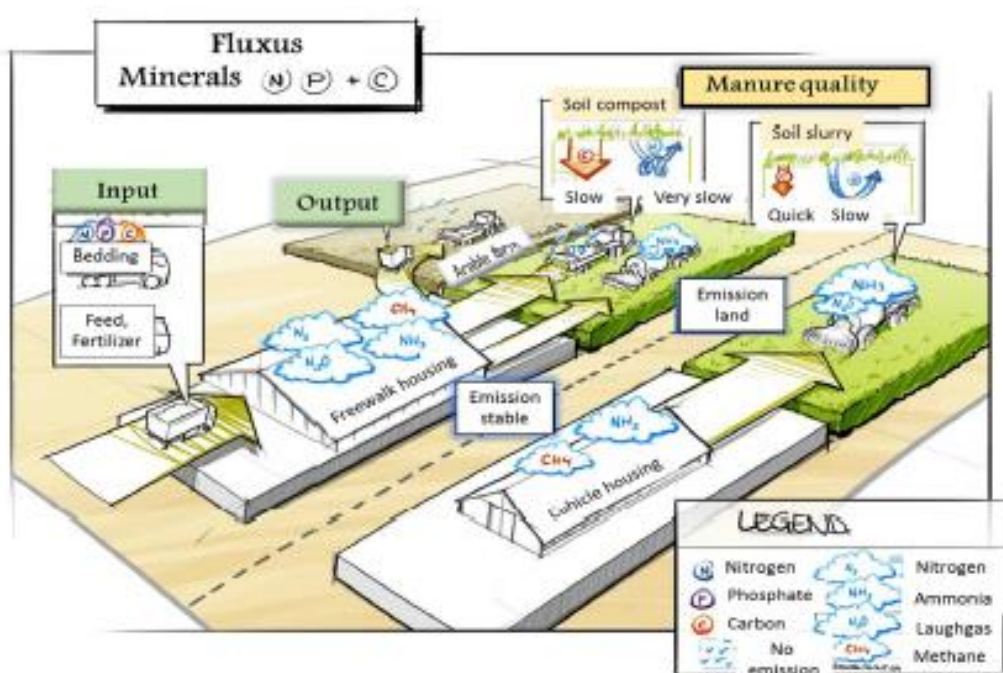
Mėginiai imami 2 m aukštyje, kad būtų išvengta tiesioginio gyvūnų, kraiko poveikio. Oro mėginio rinkimas užtrukdavo 20 minučių, naudojant vakuuminę kamerą (SKC), oro siurbį (SKC) su mažu srautu ir 10 litrų mėginių maišus (Tedlar SKC). Šiose oro mėginiuose buvo iš karto nustatomas amoniako (NH_3) kiekis, panaudojant indikatorinius vamzdelius, o parvežus tiriamojo oro maišus į laboratoriją, iš kiekvieno jų paimami mažesni oro mėginiai į specialus stiklinius indus ir siunčiama į INRAE laboratoriją Prancūzijoje, kur analizuojami dujinės chromatografijos metodu CO_2 , CH_4 , N_2O dujų kiekiai.

2.4. Ūkio veiklos tvarumo įvertinimas. Visuose ūkiuose buvo renkama informacija apie pagrindinius ūkinės veiklos rezultatus, naudojamus resursus ir technologijas, biologinį turtą ir taikomas priemones. Iš viso buvo surenkama virš 3000 pozicijų-duomenų, kuriuos galima suskirstyti į 3 kategorijas:

1. Žemė ir pasėliai - 2500 pozicijų-duomenų (žemės plotai, dirvožemio tipai, pasėliai, cheminių ir organinių trąšų panaudojimas, pesticidai, derlius dirvožemio tipas ir t.t.).

2. Gyvuliai - 540 pozicijų-duomenų (vidutinis gyvulių bandos skaičius, gyvulių svoris, gyvulių pirkimai, pardavimai, karvių primilžiai, pieno kiekiai, pieno baltymingumas, riebumas, gyvulių mėšlo tvarkymas, ganymo sistemos, laikymo būdai, melžimo sistemos, papildomi pašarų pirkimai ir t.t.).
3. Energijos ir kitų resursų suvartojimas - 30 pozicijų-duomenų (elektros energijos suvartojimas, įvairių rūšių kuro kiekiai, atsinaujinančių energijos šaltinių buvimas, išmetamų šiuokšlių kiekiai, vandens suvartojimas ir t.t.).

Surinkus visus šiuos ūkinės veiklos duomenis, buvo apskaičiuojamas ūkio kasmetinis maisto medžiagų (NPC) ciklo balansas (3 paveikslas) ir tuo būdu įvertinamas ūkio veiklos tvarumas.



3.paveikslas. Ūkio tvarumo vertinimo schema pagal NPC ciklo balansą

Šiems skaičiavimams atlikti ir įvertinti buvo naudojami 3 aukštos kokybės programiniai įrankiai - skaičiuoklės, kurios yra naudojamos išvystytose gyvulininkystės šalyse: ANCA - Nyderlanduose, CAP'2ER - Prancūzijoje ir Agrecalc -+ Jungtinėje karalystėje. ANCA (Annual Nutrient Cycling Assessment) skaičiuoklė buvo pristatyta Nyderlanduose vykusiame susitikime, kitos skaičiuoklės nuotolinių posėdžių metu. Šie programiniai įrankiai yra metinių maistinių medžiagų ciklo įvertinimo skaičiuoklės, pritaikytos pieno ūkiams, siekiant optimizuoti maistinių medžiagų naudojimą. Skaičiuoklės parodo ir įžvalgas dėl maisto medžiagų (azoto, fosforo, anglies) balanso ūkiuose ir padeda tobulinti maisto medžiagų panaudojimo efektyvumą, mažinti dirvožemio, vandens, oro taršą, gerinti pašarų įsisavinimą, mažinti nuostolius ir išlaidas. „Agrecalc“ programa leidžia visapusiškai įvertinti ūkių šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas ir padeda pasirinkti ekonomiškus žingsnius siekiant emisijų mažinimo ateityje.

Projekto vykdymo metu į kiekvieną ūkį buvo vykstama 6 kartus. Vizitų metu buvo renkama informacija, reikalinga ūkio tvarumo vertinimui, atliktos apklausos/interviu su ūkininku/valdytoju, bei atlikti NH_3 , CH_4 , N_2O , CO_2 dujų emisijų tyrimai, pakartojant juos skirtingais metų sezonais.

2.5. Mėšlo tvarkymo technologijų ir priemonių efektyvumo įvertinimas.

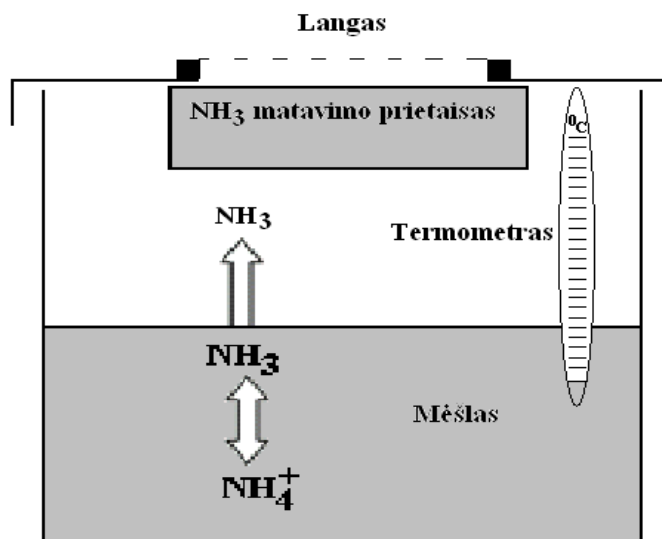
Siekiant palyginti išmetamų teršalų kiekius, taikant skirtingas praktikas ir metodus, bei nustatyti įvairių priemonių panaudojimo efektyvumą emisijų mažinimui buvo atlikti specializuoti tyrimai universitetų ir mokslinių tyrimų institutų eksperimentinėse bazėse. Pagrindinis dėmesys skiriamas inovatyvių technologijų ir priemonių įvertinimui, taikant jas įvairiuose gamybinio ciklo etapuose (gyvulių šėrimo, veisimo ir mėšlo tvarkymo). LSMU Gyvulininkystės institutui paskirta funkcija koordinuoti mėšlo tvarkymo sistemų tyrimus.

Siekiant įvertinti įvairių priemonių panaudojimo efektyvumą ŠESD ir amoniako dujų emisijų mažinimui iš mėšlo tvarkymo sistemų, buvo atlikti tyrimai LSMU Gyvulininkystės instituto eksperimentinėje bazėje. Tyrimų metu buvo įvertintas mėšlo rūgštinimo ir probiotikų panaudojimo efektyvumas taršių dujų emisijoms iš mėšlo. Taip pat buvo atlikti lauko tyrimai siekiant įvertinti parūgštintų srutų poveikį pasėlių derliui, naudojant srutų parūgštinimą įterpimo į dirvą metu. Dujų emisijų tyrimams iš mėšlo laboratorinėmis sąlygomis (kontroliuojamo klimato kameroje) buvo naudojami 20 litrų eksperimentiniai mėšlo rezervuarai (4 paveikslas), į kuriuos buvo patalpintas šviežias homogenizuotas galvijų mėšlas.



4 paveikslas. Dujų koncentracijų matavimai mėšlo rezervuaruose

Kontroliniuose rezervuaruose mėšlas laikomas be priedų, o tiriamuose rezervuaruose mėšlas parūgštintas iki pH5 ir pH7. Dujų koncentracijos matuotos panaudojant pasyvosios kameros metodą (Matulaitis, 2014). Metodo schema parodyta 5 paveiksle.



5 paveikslas. Supaprastinta Pasyvios kameros metodo schema

Dujų emisijų intensyvumas, naudojant pasyvios kameros metodą apskaičiuojamas pagal formulę:

$$F = V M p (C_1 - C_0) / R (T + 273) A l h,$$

kur F ($\text{mg}/(\text{m}^2 \text{ l h})$) – dujų emisijų intensyvumas; V (m^3) – tuščios erdvės tūris kameroje; M (g/mol) – dujų molinė masė; p (kPa) – dujų slėgis; C_1 (ppm) – dujų koncentracija kameroje penktąją matavimo minutę; C_0 (ppm) – dujų koncentracija kameroje matavimo pradžioje; R ($8,314 \text{ J/K mol}$) – dujų konstanta; T ($^{\circ}\text{C}$) – dujų temperatūra; A (m^2) – mėšlo paviršiaus plotas kameroje; l (l) – mėšlo kiekis kameroje; h ($0,08 \text{ val.}$) – dujų koncentracijų matavimo trukmė.

Dujų koncentracijų matavimo metu rezervuarai su mėšlu periodiškai buvo užsandarinami kartu su dujų matavimo prietaisais (5 paveikslas) ir po kiekvieno matavimo buvo paliekami atviri, kad mėšlas būtų natūraliai veikiamas aplinkos sąlygų svyravimų ir dujų emisija nebūtų dirbtinai stabdoma (Wang ir kt., 2010). Kiekvienoje kameroje buvo įtaisytas papildomas stiklinis termometras mėšlo temperatūrai matuoti.

Dujų koncentracijos matuotos dujų analizatoriais, turinčiais elektrocheminius ir infraraudonųjų spindulių jutiklius:

- Dräger Pac III (matavimo ribos/skiriamaoji geba: NH_3 – 0-200 ppm/1 ppm),
- ALMEMO 2890-9 (matavimo ribos/skiriamaoji geba: CO_2 – 0-32769 ppm/1 ppm).
- Metano matavimams buvo naudojamas rankinis nuotolinis lazerinis metano detektorius LMD (6 paveikslas).



6 paveikslas. Nuotolinis lazerinis metano detektorius (LMD)

Mikrobiologinio preparato įtakos taršių dujų emisijai iš mėšlo įvertinimo tyrimuose buvo panaudotas sekančios sudėties mikrobiologinis preparatas: *Bacillus subtilis var natto*, *Bifidobacterium animalis*, *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium longum*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus delbrueckii*, *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactococcus lactis*, *Lactococcus lactis subsp. Diacetylactis*, *Rhodopseudomonas palustris*, *Rhodopseudomonas sphaeroides*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Streptococcus thermophilus*, bei melasos, jūros druskos, ryžių sėlenų, įvairių mineralų, dumblių ir įvairių augalų mišinys.

Bandymas atliktas laboratorinėmis sąlygomis, taikant aukščiau minėtą pasyvios kameros metodą. Eksperimente buvo naudotas šviežias bekrakis galvijų mėšlas. Bandymo pradžioje ir pakartotinai 6, 14 ir 20 dieną į tiriamąjį mėšlą buvo įterpta po 20 ml mikrobiologinio preparato. Mėšlas buvo laikomas klimato kontrolės kameroje atvirose rezervuaruose, taikant tris temperatūrinius režimus - 5, 15 ir 25 °C, esant ne didesniai nei ± 1 °C temperatūros svyravimui.

Siekiant nustatyti mikrobiologinio priedo įterpimo būdo į mėšlą poveikį emisijoms buvo atliktas tyrimas eksperimentiniuose rezervuaruose, kurie buvo suskirstyti į 4 grupes:

- 1 grupė - mėšlas be mikrobiologinio priedo,
- 2 grupė - mėšlo paviršius apipurkštas mikrobiologiniu priedu,
- 3 grupė - mėšlas su įterptu mikrobiologiniu priedu,
- 4 grupė - mėšlas parvežtas iš saugyklos su jau įterptu mikrobiologiniu priedu.

Metano dujų emisijos iš galvijų mėšlo nustatymui EF apskaičiuotas pagal formulę (IPCC 2006):

$$3 \quad EF = VS * 365 * Bo * 0.67 \text{ kg/m}^3 * MKF * MS$$

kur: EF – metinis emisijos faktorius atitinkamai gyvulių kategorijai, kg;

VS – per dieną su mėšlu išskiriamos organinės medžiagos kiekis atitinkamoje gyvulių kategorijoje, kg;

Bo – maksimali metano dujų susidarymo iš mėšlo išeiga atitinkamoje gyvulių kategorijoje, $\text{m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ VS}^{-1}$;

MKF – CH₄ konversijos faktorius mėšlo tvarkymo sistemai;

MS –mėšlo dalis tenkanti mėšlo tvarkymo sistemai.

Parūgštintų sрутų poveikio pasėlių derlingumui tyrimas. Atliekant lauko bandymus, kurių metu buvo įvertintas parūgštintų sрутų poveikis pasėlių derliui, buvo panaudota inovatyvi sрутų rūgštinimo technika SATs (*in-field*), kurios pagalba H₂SO₄ buvo įmaišoma į sрутas tręšimo lauke metu (7 paveikslas). Parūgštintos ir nerūgštintos galvijų sрутos buvo įterpiamos į miežių ir vasarinių kviečių laukus. Kontroliniai laukai buvo tręšiami mineralinėmis trąšomis NPK 20-10-10. Sрутos buvo parūgštintos H₂SO₄ iki tikslinio pH 6,0.



7 paveikslas. Sрутų rūgštinimo technika SATs (*in-field*)

2.6. Inovatyvių technologijų ir priemonių kūrimas ir vertinimas. Vertinant inovatyvių technologijų ir priemonių panaudojimo įtaką emisijų mažinimui, buvo atlikti tyrimai gyvulių šėrimo, veisimo ir laikymo, mėšlo tvarkymo technologijų vertinimo srityje, o taip pat gyvulių ganymo, laukų tręšimo ir pašarinių augalų bioįvairovės tyrimų srityje. Šalia įprastinių tyrimo metodų buvo pasitelkti ir dronai. Įvertinus visų tiriamų technologijų įtaką emisijų mažinimui, buvo analizuojamas jų socialinis ir ekonominis poveikis bei galima įtaka reglamentų įgyvendinimui.

Paskutiniame etape buvo taip pat atliktas įvairių praktikų ir metodų integruoto poveikio įvertinimas, taikant daugiakriterinę analizę ir įvertinant jų poveikį ūkio rodikliams bei aplinkai. Daugiakriterinė analizė ir galutinis optimalių ūkininkavimo sistemų nustatymas buvo aiškiai apibrėžtas erdvėje, pasirinkant specialiai pritaikytą modelį, leidžiantį numatyti valdymo intervencijas, kurios gali padėti pasiekti geriausius ekonominius, socialinius ir aplinkosaugos rezultatus.

2.7. Projekto veiklų valdymas ir viešinimas. Projekto veiklos ir jų rezultatai yra pristatomi šalies ir užsienio šalių ūkininkams, mokslininkams ir visuomenei. Analizuojamos technologijos tiesiogiai pristatomos renginių metu ūkiuose, įtraukiant vietinius ūkininkus, specialistus ir visus besidominčius.

Informacija apie projektą pristatyta įvairiose seminaruose, parodose, susitikimuose. Gauti rezultatai ir informacija apie inovatyvių technologijų taikymo efektyvumą yra pristatyta įvairiose tarptautinėse konferencijose, kongresuose (IFMA2021-Danija, Švedija, EAAP-2022 ir 2023, Italija 2023, EGF2022, WCAP-EAAP-Lionas2023, ADSA 2022, Kanada). Taip pat parengta nemažai mokslinių straipsnių, kurie yra skelbiami moksliniuose žurnaluose. Visa informacija apie projekto veiklas yra talpinama internetinėje projekto svetainėje <https://cccfarming.eu>.

Projekto valdymui buvo suformuoti įvairūs valdymo organai. Projekto vykdymui vadovavo Projekto vadovas (iš Wageningen universiteto), kuris veikė kaip tarpininkas tarp projekto partnerių ir Europos Komisijos (EK). Vadovas buvo atsakingas už bendrą projekto vykdymą: prižiūrėjo projekto pažangą, koordinavo darbo plano vykdymą, stėjo kaip laikomasi visų įsipareigojimų.

Projekto Koordinavimo taryba suformuota iš projekto vadovo, mokslinio koordinatoriaus ir darbo paketų vadovų. Ji susitikdavo kas pusmetį (gyvai arba nuotoliniu būdu) aptarti projekto vykdymo eigą, planuoti veiklas ir tikrinti užduočių įvykdymo laiką.

Suformuota projekto valdymo grupė padėjo projektui vadovui ir projekto Koordinavimo tarybai koordinuoti ir organizuoti projekto veiklas. Ją sudarė po vieną atstovą iš kiekvienos šalies - partnerės, paprastai tai buvo darbo paketo (WP) arba užduoties (TASK) vadovai. Ji stebėjo kiekvienos užduoties eigą ir priėmė sprendimus dėl veiksmų, kurių reikėjo imtis projekto tikslų įgyvendinimui.

Projekto patariamasis komitetas konsultavo projekto konsorciumą strateginiais klausimais. Komitetą sudarė penki nariai: Komiteto pirmininkas; vienas narys iš galvijų sektoriaus; vienas narys iš inovacijų tinklo; du nariai iš mokslo bendruomenės.

Projekto tyrimų rezultatų vertinimui sudarytos vietos ekspertų grupės iš pagrindinių tyrėjų (iš partnerių institucijų) ir vieną ar daugiau atstovų iš AKIS sistemos.

3. TYRIMO REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

3. 1. Projekto ūkių apibūdinimas Pradėjus vykdyti projektą 2020 metais ir susiderinus su projekto koordinatoriais ir kitais partneriais, mūsų šalyje buvo atrinkti 4 pienininkystės ūkiai. Projekto koordinatorių prašymu, siekiant įvertinti kuo įvairesnes gamyboje naudojamas technologijas, į šį sąrašą buvo atrinkti du ūkiai, kuriuose vis dar taikomos saitinės gyvulių laikymo technologijos. Į projekto ūkių sąrašą buvo įtraukti šie mūsų šalies ūkiai:

Ūkis LT1 KAK

Ūkininkavimo sistema – įprastinė tradicinė

Karvidės tipas – besaitis su poilsio bokšais

Bandos dydis - 90 melžiamų karvių, viso - 185 galvijai

veislė – HF

Ganymas - netaikomas

Vidutinis primilžis iš karvės - 10 000 kg

Šėrimo technologija – pilno raciono mišiniai (TMR)

Melžimas – melžimo aikštelėje

Mėšlo tvarkymas – skysto mėšlo technologija

Guoliavietės/pakratai – guminiai kilimėliai

Grindų tipas – ištisinės

Kita - mechaninis išmatų atskyrimas (separavimas).

Ūkis LT2KIN

Ūkininkavimo sistema – ekologinis ūkis

Karvidės tipas – besaitis su poilsio bokšais

Bandos dydis - 120 melžiamų karvių

veislė – HF

Ganymas - taikoma

Vidutinis primilžis iš karvės - 10 000 kg

Šėrimo technologija – šėrimo robotas

Melžimas – melžimo aikštelėje

Mėšlo tvarkymas – skysto mėšlo technologija

Guoliavietės/pakratai – guminiai kilimėliai

Grindų tipas – ištisinės

Kita - mechaninis išmatų atskyrimas (separavimas).

Ūkis LT3ZAL

Ūkininkavimo sistema – įprastinė

Karvidės tipas – saitinis

Bandos dydis - 46 melžiamos karvės, viso - 156 galvijai

veislė – HF

Ganymas - taikomas

Vidutinis primilžis iš karvės - 7 050 kg

Šėrimo technologija – pilno raciono mišiniai (TMR)

Melžimas – tvarte (į pieno liniją)

Mėšlo tvarkymas – tirštas mėšlas ir srutos.

Guoliavietės/pakratai – guminiai kilimėliai

Grindų tipas – ištisinės ir dalis grotelinių.

Ūkis LT4BGI

Ūkininkavimo sistema – įprastinė

Karvidės tipas – saitinis

Bandos dydis - 258 melžiamų karvių, 38 - karvės žindenės, viso - 558 galvijai

veislė – HF, lietuviškos veislės, angusai

Ganymas - taikomas

Vidutinis primilžis iš karvės - 7 930 kg

Šėrimo technologija – pilno raciono mišiniai (TMR)

Melžimas – tvarte (į pieno liniją)

Mėšlo tvarkymas – tirštas mėšlas ir srutos

Guoliavietės/pakratai – guminiai kilimėliai, šiaudai

Grindų tipas – ištisinės

Kita – srutų rūgštinimas.

Ūkiuose buvo renkama informacija apie ūkio veiklos rodiklius, renkami gyvuliams šeriamų pašarų mėginiai ir pristatomi į Gyvulininkystės instituto laboratoriją, kurioje atliekami cheminės sudėties tyrimai. Taip pat buvo renkami mėšlo mėginiai bei atliekami tvartų mikroklimato tyrimai.

3.2. Interviu metu surinktos informacijos analizė

Interviu su ūkininku/ ūkio valdytoju atlikimui buvo parengtas klausimynas (žr. 1 priedą) ir aplankyti visi 4 ūkiai. Apsilankymo metu ūkių savininkams/valdytojams buvo pateikti klausimynai. Vykdam apklaušą (interviu) ir diskutuojant su ūkininkais ar jų šeimos nariais pagrindinis dėmesys buvo skiriamas išsiaiškinti jų nuomonę apie klimato kaitą ir galimas taikyti švelninimo priemonės. Buvo siekiama sužinoti, ką ūkininkai daro (jei tai daro), kad sumažintų išmetamų ŠESD ir amoniako dujų kiekį, ir kokia yra jų nuomonė apie šias priemones. Buvo pateikti įvairūs klausimai apie ūkį ir ūkininką, kokie yra ateities lūkesčiai ir ūkio vystymo planai bei ką ūkininkas planuoja daryti ateityje, sprendžiant emisijų mažinimo problemas.

Visi surinkti duomenys visų partnerių šalyse buvo išsiųsti bendrai duomenų analizei, už duomenų apibendrinimą atsakingai šaliai (UK). Kaip parodė apklausa, projekte dalyvaujančių šalių ūkio dydis svyruoja nuo 50 iki 900 ha. Didžioji dalis ūkių (daugiau nei 50 proc.) priklauso ūkininkams nuosavybės teise. Ūkiuose dirba vidutiniškai iki 10 žmonių (kai kuriuose ūkiuose daugiau nei 50 darbuotojų). Beveik visi ūkiai gauna tiesiogines išmokas, dauguma gauna BŽŪP žalinimo išmokas. Ūkininkai yra jaunesnio amžiaus nei ES vidurkis, vidutiniškai ūkininkauja apie 25 metus, didžioji dalis yra vyrai. Net 87 proc. ūkininkų yra kooperatyvų ar ūkininkų sąjungos nariai, 57 proc. ūkininkų turi aukštąjį išsilavinimą. Ūkininkai dalyvauja susitikimuose su profesionalais (konsultantais, mokslininkais, veterinarijos gydytojais, pašarus tiekiančių įmonių specialistais). Daugiausia informacijos apie ŠESD ir amoniako mažinimo priemones gauna iš mokslininkų, konsultantų, valstybinių institucijų ir žiniasklaidos priemonių. Apie 50 proc. ūkininkų mano, kad žemės ūkis daugiau ar mažiau prisideda prie ŠESD ir NH₃ dujų emisijų (beveik visi apie šią problemą yra girdėję). 1 lentelėje pateikti projekte dalyvaujančių ūkių/ūkininkų apklausos rezultatai, pagal atskiras šalis, kurie atspindi ūkininkų žinių lygį apie ŠESD ir amoniako dujų emisijas.

1 lentelė. Ūkininkų žinių apie ŠESD ir amoniako dujų emisijas lygmens įvertinimas.

	Vokietija	Italija	Lietuva	Latvija	Olandija	Lenkija	Škotija
ŠESD emisijos	83	14	4	6	50	31	79
Amoniako dujų emisijos	100	79	63	69	63	63	100
Bendras žinių lygis	92	46	31	38	56	47	89

Interviu metu buvo išsiaiškinta, kad ūkiuose ankstesniais metais buvo atlikta nemažai atnaujinimų: fermų pastatų (67 proc.), pievų ir ganyklų (22 proc.), šėrimo įrangos (22 proc.). Pagrindinės priežastys, paskatinusios atlikti pokyčius (atnaujinimus) ūkyje buvo: gyvūnų sveikatos/gerovės gerinimas (38 proc.), išlaidų mažinimas (29 proc.), produktyvumo didinimas (29 proc.), poveikio aplinkai mažinimas (24 proc.), efektyvumo didinimas (22 proc.). 2 lentelėje pateikti duomenys apie ūkiuose atliktus ir planuojamus atlikti pokyčius/atnaujinimus, siekiant sumažinti ŠESD ir amoniako dujų emisijas.

2 lentelė. Atlikti ir numatomi pokyčiai /atnaujinimai ūkiuose, proc.

	Vokietija	Italija	Lietuva	Latvija	Olandija	Lenkija	Škotija
Pokyčiai, padaryti siekiant sumažinti ŠESD	100	57	75	75	100	86	86
Pokyčiai, padaryti siekiant sumažinti NH3	100	66	100	71	10	71	86
Planuojami pokyčiai siekiant sumažinti ŠESD, bet šios idėjos atsisakyta	33	43	25	25	88	50	86
Planuojami pokyčiai siekiant sumažinti ŠESD per ateinančius 5 metus	100	71	50	50	100	71	86
Planuojami pokyčiai siekiant sumažinti NH3 per ateinančius 5 metus	100	83	75	57	100	57	86

Ateityje ūkininkai planuoja tvarkyti pievas (24 proc.), įdiegti atsinaujinančios energijos šaltinius (11 proc.). Palyginus su anksčiau atliktais pokyčiais, planuojami būsimi pokyčiai yra gerokai mažesni nei buvo atlikta anksčiau. 49 proc. ūkių gauna valstybės išmokas už veiklų tvarumą, 50 proc. ūkių turi sutartinių įsipareigojimų dėl ūkių tvarumo vertinimo (dažniausiai su pieno supirkėjais). Apie 20 proc. ūkių dalyvaujančių projekte yra ekologiniai ūkiai, 2/3 ūkių dalyvauja įvairiose moksliniuose projektuose.

Ūkininkams buvo užduoti klausimai ir apie tai, ką jie žino ir kokią nuomonę turi apie skirtingų technologinių sprendinių panaudojimą ir jų efektyvumą, siekiant sumažinti ŠESD emisijas. Šie duomenys pateikti 3 lentelėje.

3 lentelė. Ūkininkų nuomonės apie ŠESD emisijų mažinimo technologijų taikymą, proc.

	Nesu girdėjęs apie šią technologiją	Nauduju šią technologiją	Planuoju panaudoti per artimiausius penkerius metus	Naudojau šią technologiją anksčiau bet nebenoriu toliau jos naudoti	Nenaudojau šios technologijos ir neplanuoju naudoti per artimiausius 5 metus
Karvių produktyvumo didinimas	-	78	9	13	-
Gyvulių amžiaus ilginimas	2	87	9	2	-
Dobilų mišiniuose įsėjimas ganyklose	2	62	9	-	27
Tręšimo efektyvumo didinimas	-	78	20	-	2
Mėšlo separavimas	13	36	20	4	24
Išauginamo pašarų kiekio iš ha padidinimas	2	73	13	4	7
Pašarų su mažesniu žalių baltymų kiekiu panaudojimas	24	36	7	2	29
Pašarų su didesniu riebalų kiekiu panaudojimas	18	36	11	4	27
Raciono priedų panaudojimas	13	42	20	7	16
Mėšlidžių vėsinimas	53	-	4	-	42
Mėšlo rūgštinimas	33	4	18	2	42
Mėšlo praskiedimas	29	27	7	9	24
Mėšlo kompostavimas	11	38	18	2	31
Dirvožemio organinių medžiagų didinimas	-	73	18	2	2
Anaerobinis mėšlo skaidymas	13	9	16		62
Metano iš mėšlidžių surinkimas ir deginimas arba išgryninimas	42	4	9		44
Visos taikomos priemonės	16	43	13	3	24

Iš pateiktų duomenų matyti, kad didžioji dalis ūkininkų jau naudoja įvairias technologijas, padedančias mažinti ŠESD emisijas, iš kurių plačiausiai naudojamos karvių produktyvumo didinimas, gyvulių amžiaus ilginimas, tręšimo efektyvumo didinimas, išauginamo pašarų kiekio iš ha padidinimas. Dalis ūkininkų planuoja įdiegti kai kurias technologijas per artimiausius 5 metus, iš kurių dažniausiai planuojami pokyčiai susiję su mėšlo tvarkymo technologijomis. Kai kurias technologijas, naudotas iki šiol ūkyje, ateityje numato nebenaudoti (mėšlidės vėsinimas ir

dobilų mišiniuose įsėjimas ganyklose). Mažiausiai pasitikėjimo ūkininkams kelianti technologija yra anaerobinis mėšlo skaidymas, 62 proc. ūkininkų nenaudoja šios technologijos ir neplanuoja jos naudoti artimiausius penkerius metus.

4 lentelėje pateikta informaciją apie ūkyje vykdomų veiklų svarbos įvertinimą. Ūkininkų nuomone svarbiausia tinkamai valdyti bendras ūkines veiklas tokias kaip gyvūnų šėrimas, gyvūnų sveikatingumas, žolynų ir ganyklų tvarkymas. Kaip svarbiausia veiklą, siekiant sumažinti ŠESD emisijas, ūkininkai įvardija gyvulių laikymo ir mėšlo tvarkymo technologijas.

4 lentelė. Ūkio veiklų svarbos įvertinimas

Rodikliai	Bendras	ŠESD emisijų sumažinimas
Gyvūnų šėrimas	1	2
Gyvūnų veisimas	2	2
Gyvūnų sveikatingumas	1	2
Gyvulių laikymo ir mėšlo tvarkymo technologijos	2	1,2
Trąšų ir mėšlo panaudojimas, dirvožemio priežiūra	2	2
Drėkinimas ir/ar drenažas	3	2
Žolynų ir ganyklų tvarkymas	1	2
Pasėlių auginimo aspektai	2	2
Technika ir kuro naudojimas	2	2
Technologijos ir automatika	2	2

Pagrindinės priežastys, dėl kurių imamasi ŠESD mažinimo praktikos yra: gerinti ūkio ekonominius rodiklius (38 proc.), padidinti efektyvumą (22 proc.), gerinti kitus aplinkosauginius rezultatus (18 proc.), iš jų ŠESD emisijų mažinimas ir anglies sekvestracija kartu sudaro 13 proc. Iš viso ūkininkai nurodo 16 kategorijų priežasčių, dėl kurių imasi ŠESD emisijų mažinimo praktikų.

Pagrindinės priežastys, dėl kurių imamasi NH₃ emisijų mažinimo praktikos nurodomos šios: efektyvumo didinimas (44 proc.), aplinkosauginių rezultatų gerinimas (18 proc.), teisinių reikalavimų laikymasis (13 proc.). Iš viso ūkininkai nurodo 10 kategorijų priežasčių dėl kurių ūkyje imasi NH₃ emisijų mažinimo praktikų.

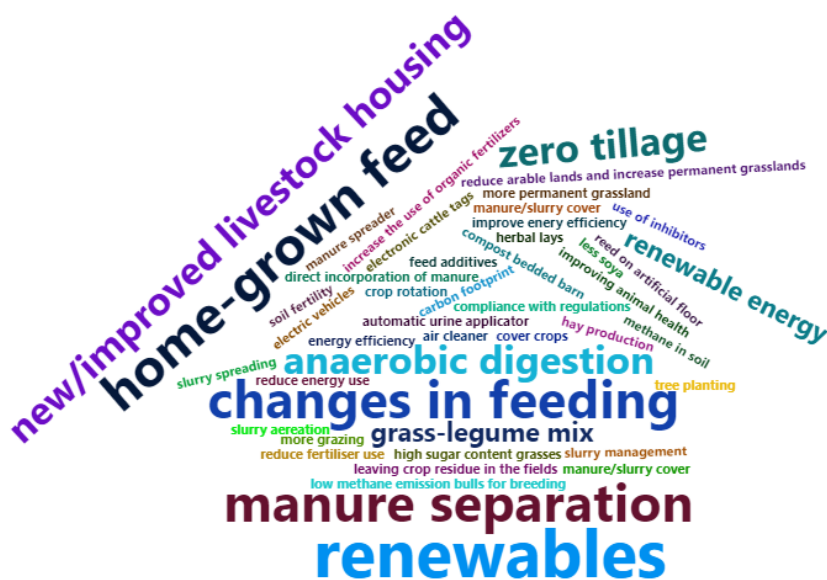
Apibendrinant visą analizę galima teigti, kad projekte dalyvavusių ūkių didžiąją dalį sudaro ūkininkai, pasirengę dirbti su mokslininkais (dažnai su jais dirbę praeityje), yra jaunesni nei vidutiniai ūkininkai ir daug geriau išsilavinę. Todėl galime daryti prielaidą, kad šie ūkininkai geriau išmano technologijas, kurios gali sumažinti ūkininkavimo daromą žalą aplinkai ir yra pasirengę faktiškai pritaikyti daugiau inovacijų. Iš tiesų, beveik visi respondentai buvo girdėję apie šiltnamio efektą sukeliančias dujas, anglies pėdsaką ir amoniako išmetimą ir daugiau nei 40% jų jau buvo atlikę anglies dioksido auditą. Vykdam patobulinimus savo ūkiuose, per pastaruosius penkerius metus dauguma ūkininkų investavo į gyvulininkystės pastatų tobulinimą,

o kiek mažiau nei ketvirtadalis dirbo gerindami pievų tvarkymą, šėrimo infrastruktūrą, veisimą ir pašarų racionus. Pagrindinės šių pokyčių priežastys buvo susijusios su gyvūnų geroje ir sveikata, poveikiu aplinkai ir finansiniais bei efektyvumo aspektais. Dauguma ūkininkų tikėjosi svarbių politikos, klimato ir makroekonominės aplinkos pokyčių ateityje, o jų planuoti veiksmai prisitaikyti prie šių aplinkybių buvo labai įvairūs. Tik pievų tvarkymui buvo skiriamas didelis dėmesys, dešimtadalis ūkininkų minėjo atsinaujinančią energiją ir gamybos struktūrą (pvz., keičiant gyvulių rūšį, taikant ekologinius metodus).

Ūkininkai vidutiniškai priėmė šešias švelninimo priemones iš 16 apie kurias buvo klausiama. Tai buvo: pieno produkcijos vienai karvei didinimas, gyvulių ilgaamžiškumo didinimas, žolių ir dobilų mišinio naudojimas, tręšimo efektyvumo didinimas, stambių pašarų gamybos plote didinimas ir dirvožemio organinių medžiagų didinimas. Tačiau atkreipiant dėmesį į šiuos atsakymus reikia nepamiršti, kad faktinis tokių priemonių įgyvendinimas gali neatitikti geriausios išmetamųjų teršalų mažinimo praktikos (pvz., ūkininkas gali pasakyti, kad žolynuose naudoja dobilus, tačiau dobilų kiekis gali būti nepakankamas iš esmės sumažinti azoto trąšų naudojimą). Keletas klimato kaitos švelninimo būdų ūkininkams nebuvo gerai žinomi, tai: mėšlidžių vėsinimas, metano surinkimas ir deginimas, mėšlo rūgštinimas, mėšlo skiedimas ir baltymų kiekio pašaruose mažinimas. Šios priemonės dažniausiai nepadidina efektyvumo, bet yra labiau orientuotos į taršos mažinimą.

Apibūdinant šiltnamio efektą sukeliančių dujų ir NH₃ mažinimo veiksmus, kuriuos jie įgyvendino, jų pačių žodžiais tariant, išryškėjo labai įvairios praktikos, ypač dėl ŠESD. Dažniausiai minima ŠESD mažinimo priemonė buvo saulės kolektorių įrengimas, po to mėšlo saugojimo pagerinimas, anaerobinė fermentacija, sumažintas energijos suvartojimas, nauja technika, sumažintas trąšų naudojimas, sumažintas žemės dirbimas ir genetinis gyvulių gerinimas. Ūkininkų NH₃ emisijų mažinimo veiksmai buvo ne tokie įvairūs, sąraše dominavo mėšlo tvarkymo technologijų pakeitimai. Ūkininkai kaip abejotinas praktikas, turinčias teigiamą poveikį šiltnamio efektą sukeliančių dujų ar NH₃ dujų emisijoms minėjo: koncentratų kiekio sumažinimą, daugiau žolės panaudojimą gyvulių šėrimui, skystų trąšų ir sрутų priedų panaudojimą, daugiau išauginamų baltymingų augalų savo ūkiuose, sojos atsisakymo naudoti šėrimui, mėšlo atskyrimo bei kompostinių pakratų panaudojimą. Visa tai kelia klausimą, ar ūkininkai yra pakankamai informuoti apie galimą valdymo priemonių pasirinkimo poveikį aplinkai, ar kad reikia iš esmės pagerinti ūkininkų, konsultantų ir mokslininkų bendradarbiavimą. Kalbant apie ūkininkų ateities planus, galima daryti prielaidą apie lėtą priemonių priėmimo procesą ateityje: tik ¾ jų teigė, kad per ateinančius penkerius metus planuoja taikyti šiltnamio efektą sukeliančių dujų mažinimo praktiką (8 paveikslas) ir tiek pat apie NH₃ emisijų mažinimo praktiką (9 paveikslas). Šie atsakymai buvo susiję su bet kokia praktika (ne tik su konkrečia).

•



00
00
00-00
00-00



9 paveikslas. Planuojami pakeitimai, siekiant sumažinti NH₃ dujų emisijas

Apskritai tyrimas atskleidė, kad vis dar yra didelis žinių apie ūkininkavimo praktikų poveikį šiltnamio efektą sukeliančių ir NH₃ dujų emisijoms trūkumas. Tai pabrėžia, kad kur kas daugiau žinių šioje srityje reikia turėti ir pramonės atstovams, įtraukiant tuos agentus, su kuriais ūkininkai dažniausiai konsultuojasi ūkiniais klausimais (pašarų konsultantai, veterinarai), o ne tik aplinkosaugos patarėjus. Kita svarbi žinia, yra ta, kad tolesnių priemonių priėmimas greičiausiai bus labai lėtas. Ūkininkai pabrėžė, kad jiems reikia pasiekiamų tikslų, o ne per greitų pokyčių, taip pat aukštesnio visuomenės pripažinimo dėl jų pastangų. Kaip svarbiausias paskatas jie įvardijo finansinę kompensaciją (tiek subsidijų, tiek didesnę gaminio kainą už ekologiškesnius gaminius) ir poreikį gerinti švietimą, orientavimą ir konsultavimo paslaugas

3.3. Dujų emisijų tyrimai ūkiuose.

Siekiant įvertinti išskiriamo į aplinką metano ir kitų teršiančių dujų kiekius, buvo atlikti tyrimai visuose ūkiuose keturiais metų sezonais (pavasari, vasarą, rudenį ir žiemą), kaip ir buvo numatyta darbiniam pakete WP2. Ūkiuose surinktuose oro mėginiuose buvo tiriamos CH₄, CO₂, N₂O, NH₃ dujų koncentracijos, kurios pateiktos 5 lentelėje.

5 lentelė. Taršių dujų koncentracijos oro mėginiuose skirtingais metų sezonais tiriamuose ūkiuose

Ūkis	Sezonai	Dujų koncentracija							
		CH ₄ (ppm)		CO ₂ (ppm)		N ₂ O (ppb)		NH ₃ (ppm)	
		Tvarte	Lauke	Tvarte	Lauke	Tvarte	Lauke	Tvarte	Lauke
LT1KAK	Pavasaris	76,54	2,45	1243,36	446,39	355,91	351,82	0,75	0
	Vasara	51,46	2,27	1002,36	422,2	386,89	362,83	0,5	0
	Ruduo	62,26	2,22	1093,83	422,99	334,45	329,01	1	0
	Žiema	61,40	2,10	1105,47	460,36	412,41	346,04	1	0
	Metų	62,91	2,26	1111,25	437,98	372,41	347,42	0,81	0

	vidurkis								
LT2KIN	Pavasaris	32,87	2,03	758,15	438,68	352,52	350,43	0,25	0
	Vasara	24,07	1,91	661,73	422,15	366,27	360,28	0,5	0
	Ruduo	28,59	1,98	744,18	416,09	337,23	327,56	0,5	0
	Žiema	43,30	2,10	899,83	455,35	423,22	375,87	0,25	0
	Metų vidurkis	32,20	2,00	765,97	433,06	369,81	353,53	0,37	0
LT3ZAL	Pavasaris	31,20	2,12	782,83	425,76	442,48	352,52	0,25	0
	Vasara	27,08	1,90	717,62	421,09	365,6	357,95	0,25	0
	Ruduo	102,88	1,96	1667,67	422,18	345,82	328,41	0,75	0
	Žiema	76,10	2,00	1226,97	436,56	430,06	392,70	0,5	0
	Metų vidurkis	59,31	1,99	1098,77	426,39	395,99	357,89	0,43	0
LT4BGI	Pavasaris	46,31	5,87	932,25	486,78	350,86	342,07	0,25	0
	Vasara	28,04	3,91	713,62	444,5	365,71	359,17	0,25	0
	Ruduo	124,37	2,61	1933,45	422,29	347,39	330,95	0,75	0
	Žiema	67,10	2,10	1138,88	429,71	355,07	338,78	0,25	0
	Metų vidurkis	66,45	3,62	1179,55	445,82	354,75	342,74	0,37	0

Kaip parodė tyrimai, visuose ūkiuose (LT1KAK, LT2KIN, LT3ZAL, LT4BGI) mažiausias metano dujų kiekis buvo nustatytas vasaros sezono metu, o didžiausi šių dujų kiekiai buvo nustatyti pavasario, žiemos ir rudens sezonais. Apskaičiavus metų vidurkius matome, kad visų ūkių tvartų ore metano koncentracija buvo labai panaši, išskyrus LT2KIN ūkį, kuriame metano koncentracija buvo apie 2 kartus arba 27,11 - 34,25 ppm mažesnė negu kituose ūkiuose. Matomai tam turėjo įtakos, kad šis ūkis tyrimų metu naudojo probiotikus, kurie galėjo įtakoti mažesnes metano dujų koncentracijas tvartuose.

Analizuojant CO₂ dujų koncentracijas, matoma ta pati tendencija kaip ir su CH₄ dujomis. Vasaros sezono metu šių dujų kiekiai buvo mažiausi, o didžiausi jų kiekiai nustatyti pavasarį, žiemą ir rudenį. Žiūrint pagal metų vidurkius visuose ūkiuose apskaičiuotas CO₂ kiekis buvo panašus, išskyrus tą patį LT2KIN ūkį, kuriame CO₂ dujų koncentracija buvo apie 1,5 karto arba skirtumas 332,8 - 413,58 ppm mažesnė negu kituose ūkiuose.

N₂O kiekiai ore palyginus su CH₄ ir CO₂ buvo maži. Pagal metų vidurkius visų ūkių duomenys panašūs, didelių skirtumų nerasta.

NH₃ dujų koncentracijos tvartų oro mėginiuose tyrimai parodė kitokius rezultatus, kur buvo nustatyta, kad dujų koncentracijos skirtinguose ūkiuose skyrėsi skirtingais sezonais. LT1KAK ūkyje didžiausia amoniako koncentracija buvo nustatyta rudens ir žiemos sezonu, LT2KIN ūkyje – vasaros ir rudens, o LT3ZAL ir LT4BGI ūkiuose – rudens sezonu. Nagrinėjant NH₃ dujų koncentracijų metų vidurkius ūkiuose, matome, kad trijuose ūkiuose (LT2KIN, LT3ZAL, LT4BGI) šių dujų koncentracija buvo labai panaši, tačiau LT1KAK ūkyje buvo nustatyta apie 2 kartus arba 0,38 - 0,44 ppm didesnė NH₃ dujų koncentracija negu kituose ūkiuose. Didesnės NH₃ dujų koncentracijas šiame ūkyje galėjo įtakoti klimatinės sąlygos oro mėginių rinkimo dieną (didesnis santykinis oro drėgnis ir žemesnis atmosferos slėgis). Visuose ūkiuose visais metų sezonais nebuvo užfiksuota NH₃ dujų lauko oro mėginiuose.

Analizuojant duomenis pagal galvijų laikymo būdą (6 lentelė), buvo apskaičiuoti ŠESD ir amoniako dujų vidurkiai tvartuose.

6 lentelė. Taršių dujų koncentracijos oro mėginiuose skirtingais metų sezonais, analizuojant pagal galvijų laikymo būdą

Sezonai	Galvijų laikymo būdas	Dujų koncentracija							
		CH ₄ (ppm)		CO ₂ (ppm)		N ₂ O (ppb)		NH ₃ (ppm)	
		Tvarte	Lauke	Tvarte	Lauke	Tvarte	Lauke	Tvarte	Lauke
Pavasaris	Palaidas	54,70	2,24	1000,75	442,53	354,21	351,12	0,5	0
	Saitinis	38,75	3,99	857,54	456,27	396,67	347,29	0,25	0
Vasara	Palaidas	37,76	2,09	832,04	422,17	376,58	361,55	0,5	0
	Saitinis	27,56	2,90	715,62	432,79	365,65	358,56	0,25	0
Ruduo	Palaidas	45,42	2,1	919,005	419,54	335,84	328,28	0,75	0
	Saitinis	113,62	2,28	1800,56	422,23	346,60	329,68	0,75	0
Žiema	Palaidas	52,35	2,1	1002,65	457,85	417,81	360,95	0,62	0
	Saitinis	71,6	2,05	1182,92	433,13	392,56	365,74	0,37	0
Metų vidurkis	Palaidas	47,56	2,13	938,61	435,52	371,11	350,48	0,59	0
	Saitinis	62,88	2,80	1139,16	436,10	375,37	350,31	0,40	0

Kaip matome iš 6 lentelėje pateiktų duomenų tiek palaido boksinio tiek saitinio galvijų laikymo būdo tvartuose mažiausia metano dujų koncentracija buvo nustatyta vasarą, o didžiausia pavasarį ir rudenį. Analizuojant pagal metų vidurkius CH₄ dujų koncentracija buvo nustatyta 15,32 ppm arba 1,3 karto mažesnė palaido boksinio galvijų laikymo būdo tvartuose. Tačiau analizuojant atskirais metų sezonais stebime, kad CH₄ dujų koncentracija saitinio galvijų laikymo tvartuose buvo 1,4 -2,5 karto didesnė negu palaido laikymo tvartuose šaltesniuose metų laikotarpiu t.y. rudenį ir žiemą. Tačiau pavasario ir vasaros sezonais saitinio galvijų laikymo tvartuose CH₄ dujų koncentracija buvo 1,4 karto mažesnė negu palaido laikymo tvartuose.

Panašios tendencijos matomos ir analizuojant CO₂ dujų koncentracijas tvartuose. Tiek palaido boksinio, tiek ir saitinio laikymo tvartuose vasaros sezonu šių dujų koncentracijos buvo mažiausios, o didžiausi jų kiekiai nustatyti žiemą ir rudenį. Tai galėjo įtakoti, kad šaltuoju metų laikotarpiu, ypač esant vėjui orui, saitinio laikymo patalpos buvo uždaromos, o palaido boksinio laikymo būdo - pridengiamos atitvarais ar nuleidžiant užuolaidas. Analizuojant pagal metų vidurkį CO₂ dujų koncentracija buvo nustatyta 200,55 ppm arba 1,2 karto mažesnė palaido boksinio galvijų laikymo būdo tvartuose.

Nedidelės N₂O dujų koncentracijos buvo nustatytos visų laikymo būdų tvartuose, jokių didelių skirtumų tarp taikomų laikymo būdų nerasta.

Didžiausia amoniako koncentracija tiek palaido boksinio, tiek saitinio laikymo būdo tvartuose buvo nustatyta rudens sezonu. Pavasario ir vasaros sezonais dvigubai mažesnė NH₃ koncentracija buvo nustatyta saitinio galvijų laikymo būdo tvartuose. Panaši tendencija matoma ir žiemos sezono metu. Saitinio galvijų laikymo būdo tvartuose amoniako koncentracija buvo 0,25 ppm arba 1,6 karto mažesnė negu palaido boksinio galvijų laikymo būdo tvartuose. Nagrinėjant amoniako koncentracijas pagal metų vidurkius, galima stebėti, kad saitinio galvijų laikymo būdo tvartuose ji yra 0,19 ppm arba 1,47 karto

mažesnė negu palaido boksinių galvijų laikymo būdo tvartuose. Tačiau skirtumai yra nedideli ir nereikšmingi. Visuose ūkiuose visais metų sezonais nebuvo užfiksuota NH₃ dujų lauko oro mėginiuose.

3.4. Ūkio veiklos tvarumo įvertinimas. Visuose projekto ūkiuose surinkus duomenis apie pagrindinius gamybinės veiklos rezultatus, naudojamus resursus ir technologijas, biologinį turtą ir taikomas priemones ir apdorojus juos programomis-skaičiuoklėmis ANCA, CAP'2ER ir AgreCalc, buvo įvertintas ūkių gamybos ciklo aplinkosauginis veiksmingumas.

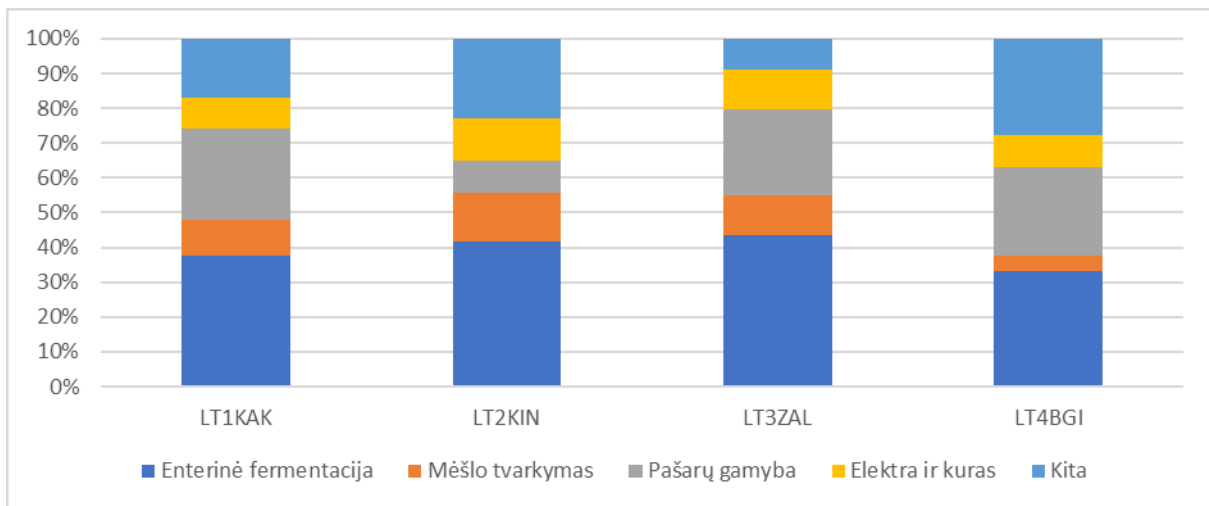
Atlikus skaičiavimus, buvo apskaičiuotos kiekvieno ūkio bendros metinės šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) emisijos, susidarančios iš visos ūkio vykdomos veiklos. Gautos reikšmės pateiktos 7 lentelėje. Kaip matyti iš lentelės duomenų ANCA programa-skaičiuokle apskaičiuotos ŠESD emisijos visuose ūkiuose buvo didesnės 28-32 % nei šios reikšmės apskaičiuotos programa-skaičiuokle AgreCalc.

7 lentelė. Bendros metinės ŠESD emisijos iš viso ūkio, skaičiuojant ANCA ir AgreCalc programomis-skaičiuoklėmis, kg CO₂ ekv.

Ūkis	Programos-skaičiuoklės	
	ANCA	AgreCalc
LT1KAK	1963201	1419740
LT2KIN	1799664	1270970
LT3ZAL	644386	443808
LT4BGI	5623247	4093297

Naudojant programą ANCA buvo įvertintas pagrindinių emisijos šaltinių indėlis į bendrą ŠESD kiekį kiekviename ūkyje. Didžiausią emisijų dalį sudarė emisijos iš galvijų virškinimo procesų (enterinė fermentacija), kuri skirtinguose ūkiuose svyravo nuo 33 iki 44 % (11 paveikslas). ŠESD emisijos iš mėšlo tvarkymo sistemų ūkiuose sudarė tik 4-14 %, o iš pašarų gamybos nuo 9 iki 26 %. Nemaža emisijų dalis susidarė iš pirktų pašarų, pašarų priedų, trąšų, o visos kitos emisijos sudarė net 9 - 28 % ir daugiausia skyrėsi atskiruose ūkiuose. Didžiausi skirtumai ūkiuose buvo nustatyti pagal emisijas susidarančias iš pirktų pašarų, trąšų, bei pašarų gamybos proceso.

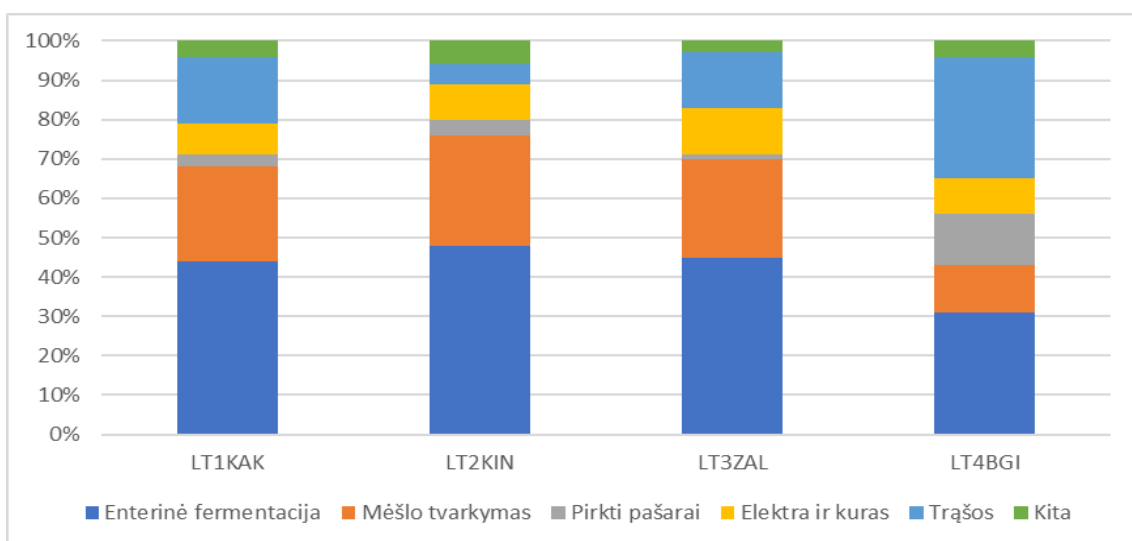
Skirtingų emisijų šaltinių indėlis į bendrą metinį ŠESD kiekį kiekviename ūkyje taip pat buvo įvertintas programa AgreCalc (12 paveikslas). Didžiausią emisijų dalį visuose ūkiuose sudarė emisijos iš galvijų enterinės fermentacijos (31-48 %). ŠESD emisijos iš mėšlo tvarkymo sistemos ūkiuose sudarė 12-28 %. Reikšminga dalis emisijų (iki 31%) susidarė iš panaudotų trąšų, pirktų pašarų (iki 13%), o sunaudota elektra ir kuras sudarė (iki 12 %).



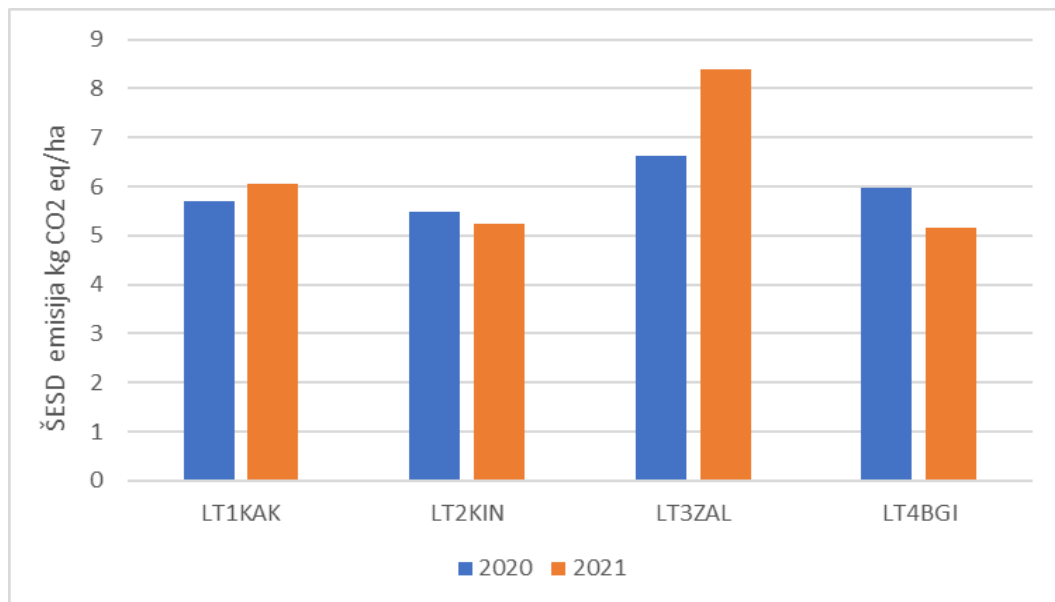
11 paveikslas. Bendra ŠESD emisijų struktūra ūkiuose (ANCA)

Naudojant Agrecalc programą buvo paskaičiuota kiekvieno ūkio ŠESD emisija susidaranti iš hektaro žemės (13 paveikslas). Didžiausios emisijos nustatyta LT3ZAL ūkyje, kurios sudarė 6,62 kg CO₂ ekv/ha 2021 metais ir 8,39 kg CO₂ ekv/ha 2022 metais. Likusiuose ūkiuose ŠESD emisijos buvo panašios ir svyravo nuo 5,16 iki 6,06 CO₂ ekv/ha. Lyginant ŠESD emisijas pagal gyvulių laikymo būdą ūkiuose jos šiek tiek didesnės buvo paskaičiuotos saitinio laikymo tvartuose.

Pagrindinės ŠESD dujos yra anglies dvideginis, metanas ir diazoto oksidas. AgreCalc programos pagalba buvo apskaičiuota kiek šių dujų išsiskiria kiekviename ūkyje. Didžiausia dalis emisijų beveik visuose ūkiuose teko metanui, kuris 2020 metais svyravo nuo 34 iki 65 %, o 2021 metais nuo 37 iki 66 % (14 paveikslas). Pagrindiniai metano šaltiniai ūkiuose enterinė fermentacija ir emisijos iš mėšlo tvarkymo. Viename ūkyje labiausiai prie emisijų prisidėjo anglies dvideginis sudaręs 39 %, likusiuose ūkiuose jis sudarė 18-24 % 2020 metais ir 17-29 % 2021 metais. Anglies dvideginio emisijas galima



12 paveikslas. Bendra ŠESD emisijų struktūra ūkiuose (AgreCalc)

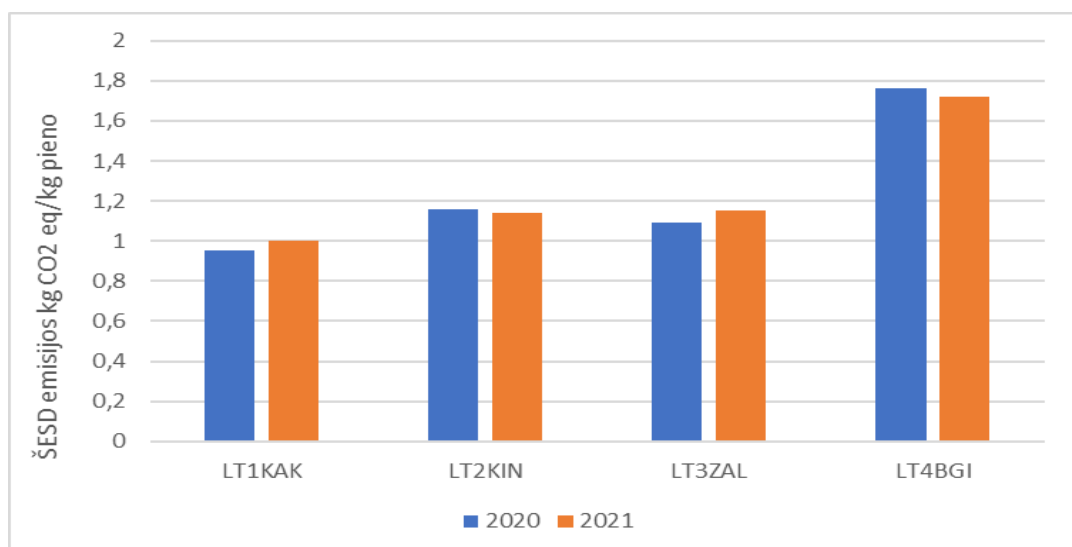


13 paveikslas ŠESD dujų emisija ūkiuose iš hektaro (AgreCalc)

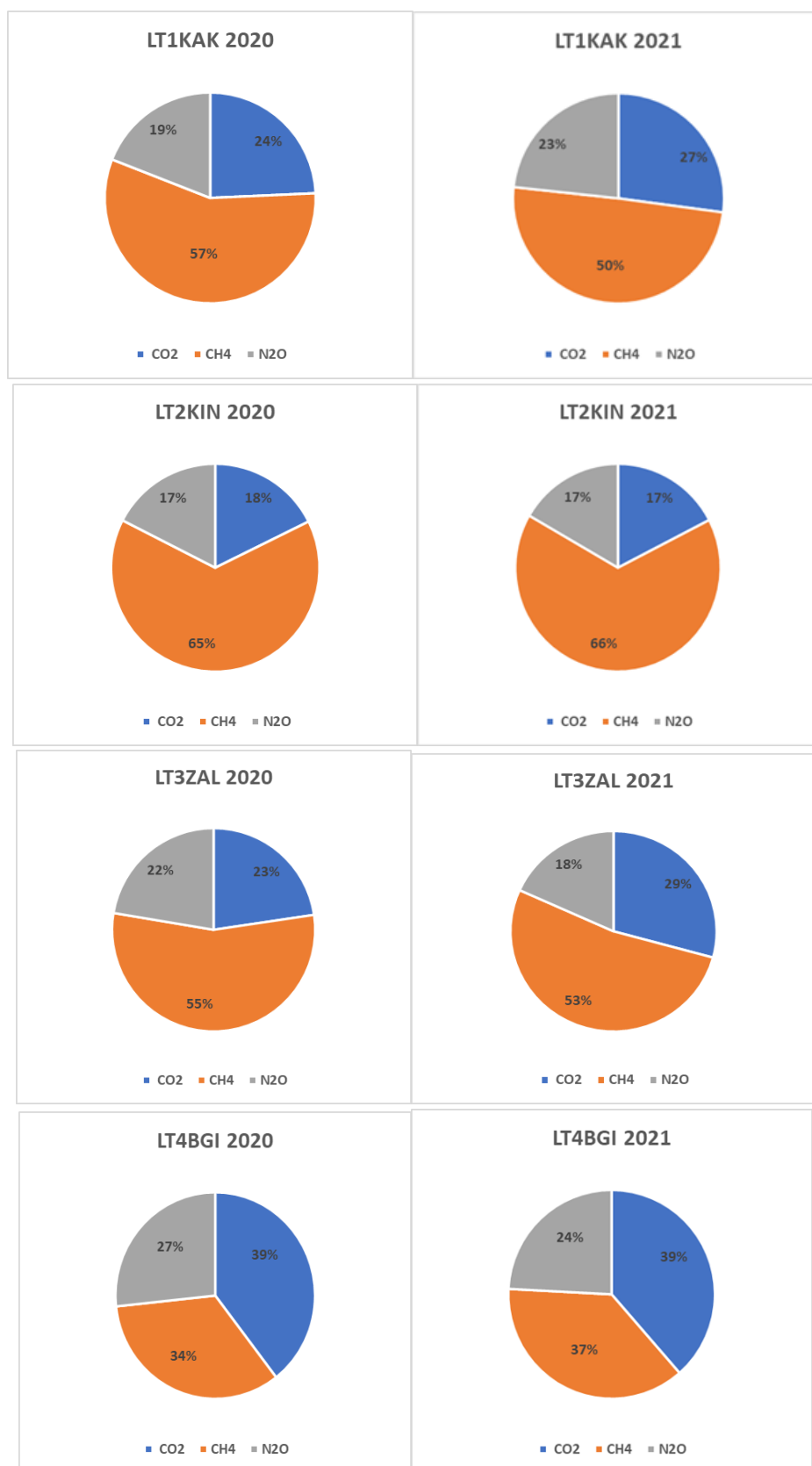
suskirstyti į tiesiogines (elektros sąnaudos, kuras) ir netiesiogines (trąšos, kalkės, pesticidai, pašarai, pakratai, atliekos). Tiesioginės CO₂ emisijos ūkiuose sudarė nuo 22 iki 53 % nuo bendros CO₂ emisijos 2020 metais ir nuo 24 iki 43 % 2021 metais. Netiesioginės CO₂ emisijos sudarė 48-78 % 2020 metais ir 57-76 % 2021 metais. Diazoto oksidas ūkiuose sudarė 17-27 % nuo bendrų ŠESD emisijų. Pagrindiniai N₂O šaltiniai ūkiuose yra tręšimas mėšlu ir neorganinėmis trąšomis, pasėlių liekanos, mėšlo tvarkymas.

Skaičiuoklių pagalba taip pat buvo paskaičiuota ŠESD emisijos išreikštos kg CO₂ ekvivalento kg pieno. Kaip parodė skaičiavimai, rezultatai apskaičiuoti ANCA programa-skaičiuokle buvo šiek tiek didesni (12 paveikslas), nei apskaičiuoti AgreCalc programa-skaičiuokle (13 paveikslas).

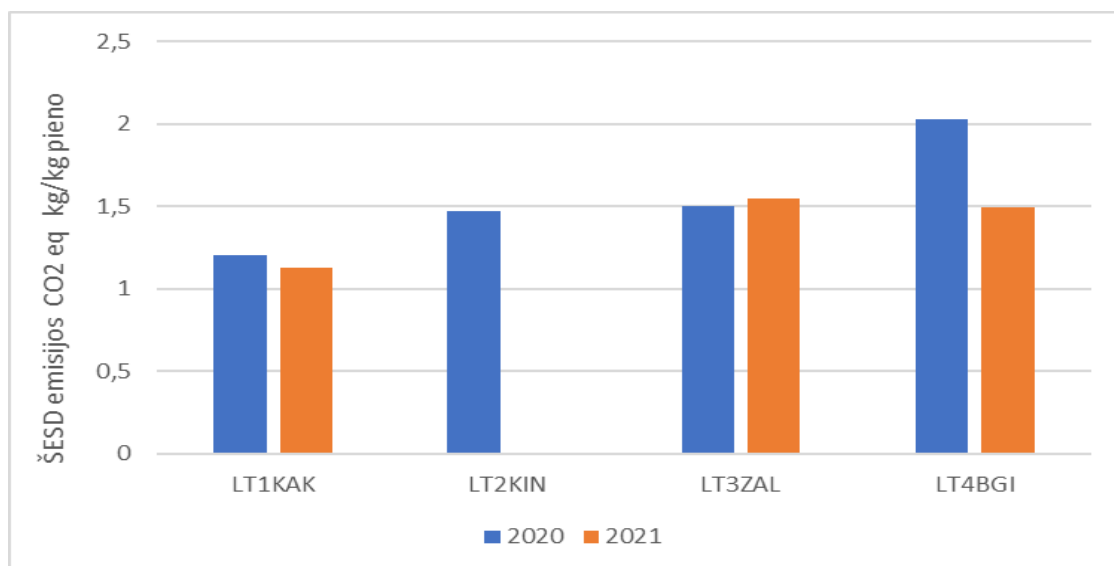
AgreCalc apskaičiuotos reikšmės svyravo nuo 0,95 iki 1,76 kg CO₂ ekv kilogramui pieno (15 pav.), ANCA apskaičiuotos – 1,12 iki 2,02 kg CO₂ ekv. kilogramui pieno (16 paveikslas). Didžiausios ŠESD emisijos nustatytos LT4BGI ūkyje, kuriame kartu su aukšto produktyvumo banda laikomos ir mažo produktyvumo senųjų nacionalinių saugomų veislių karvės.



14 paveikslas ŠESD dujų emisijos pagal dujų sudėtį ūkiuose 2020 ir 2021 metais



15 paveikslas. ŠESD dujų emisija paskaičiuota kilogramui pieno (AgreCalc).



16 paveikslas ŠESD dujų emisija paskaičiuota kilogramui pieno (ANCA).

Taikytos skaičiuoklės parodė apskaičiuotų emisijų skirtumus. Dujų emisijas apskaičiuojant ANCA skaičiuokle gautos didesnes vertės nei apskaičiuojant jas AgreCalc ir CAP2^{ER} skaičiuoklėmis. ŠESD ir amoniako emisijas ūkiuose apskaičiuojant CAP2ER skaičiuokle, buvo remiamasi ir oro mėginių tyrimų duomenimis. Taip pat buvo įvertinta oro temperatūra ir oro cirkuliacija tvarte, nes šie rodikliai taip pat įtakoja ŠESD ir amoniako dujų išsiskyrimą. Remiantis šia skaičiuokle kiekvienam ūkiui buvo paruošti informaciniai bukletai, kuriuose yra pavaizduota, kaip atrodo ūkio pagrindiniai rodikliai lyginant su kitais projekto ūkių rezultatais (8 šalys, 60 ūkių), pagal ūkio dydį, skiriamą plotą gyvuliui, primelžiamo pieno kiekį ir t.t. Taip pat pateikta informacija apie pagrindinius aplinkosauginius rodiklius: metano (CH₄), azoto suboksido (N₂O), amoniako emisijas (NH₃), anglies dioksido (CO₂) emisijas, kurios buvo perskaičiuotos vienai karvei per dieną ir išreikštos CO₂ ekv. litrai pieno. Analizuojant pagal šiuos rodiklius, taip pat galima pasižiūrėti kurioje vietoje yra konkretus ūkis lyginant su kitais projekte dalyvavusiais ūkiais. Ūkių bukletai pateikti 2 priede.

Kaip parodė analizė, LT1KAK ūkyje oro temperatūra tyrimų laikotarpiu svyravo nuo -1,4 iki 16 °C, o oro ventiliacija nuo 280 iki 780 m³ per valandą karvei. Apskaičiuotos amoniako emisijos ūkyje buvo nuo 3 iki 13 g karvei per dieną, metano emisijos nuo 0,4 iki 0,6 kg karvei per dieną, azoto suboksido emisijos nuo 0,04 iki 2 g karvei per dieną. ŠESD emisijos ir išreikštos kg CO₂ ekvivalento litrai pieno, buvo nuo 0,3 iki 0,4 kg CO₂ ekv. litrai pieno. LT2KIN ūkyje oro temperatūra tyrimų laikotarpiu buvo nustatyta nuo -0,2 iki 23 °C, o oro ventiliacija tvarte nuo 510 iki 1900 m³ per valandą karvei. Amoniako emisijos ūkyje buvo nustatytos nuo 2 iki 16 g karvei per dieną, metano emisijos - nuo 0,4 iki 0,6 kg karvei per dieną, azoto suboksido emisijos - nuo 0,09 iki 2 g karvei per dieną. Šiame ūkyje ŠESD emisijos sudarė nuo 0,3 iki 0,6 kg CO₂ ekv. litrai pieno. LT3ZAL ūkyje oro temperatūra taip pat buvo panaši ir svyravo nuo -0,2

iki 25°C, o oro ventiliacija tvarte nuo 170 iki 1400 m³ per valandą karvei. Paskaičiuotos amoniako emisijos ūkyje buvo nuo 2 iki 7 g karvei per dieną, metano emisijos - nuo 0,4 iki 0,5 kg karvei per dieną, o azoto suboksido emisijos - nuo 0,02 iki 5 g karvei per dieną. Perskaičiuotos ŠESD emisijos CO₂ ekv. buvo nuo 0,3 iki 0,4 kg CO₂ ekv. litrai pieno.

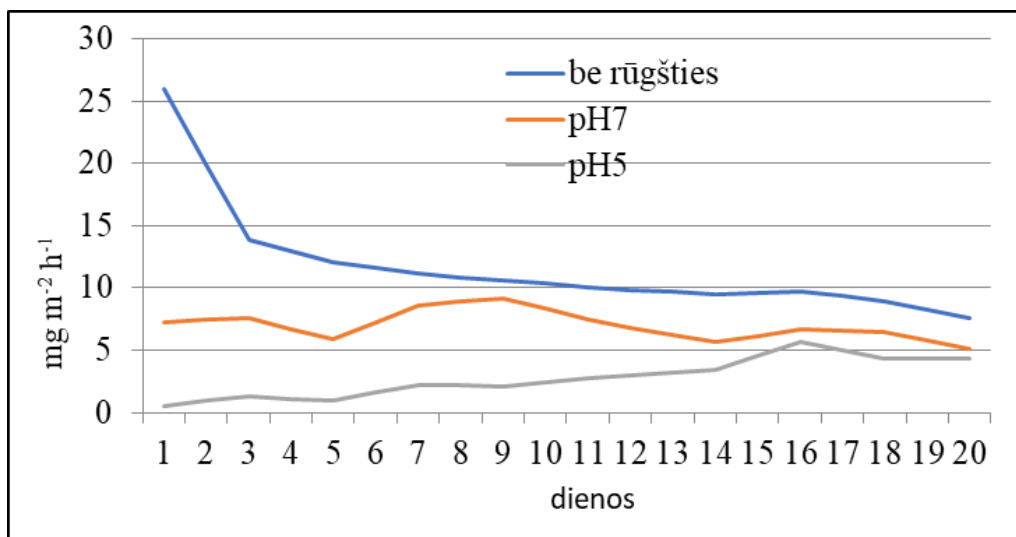
LT4BGI ūkyje oro temperatūra tyrimų laikotarpiu svyravo nuo -3,2 iki 21 °C, o oro ventiliacija tvarte - nuo 140 iki 1600 m³ per valandą karvei. Apskaičiuotos amoniako emisijos ūkyje buvo nuo 1 iki 8 g karvei per dieną, metano emisijos - nuo 0,4 iki 0,6 kg karvei per dieną, o azoto suboksido emisijos – nuo 0,02 iki 0,6 g karvei per dieną. Perskaičiuotos ŠESD emisijos svyravo ribose nuo 0,3 iki 0,5 kg CO₂ ekv. litrai pieno.

Visuose Lietuvos ūkiuose amoniako ir azoto suboksido emisijos buvo mažesnės nei vidutinės apskaičiuotos vertės visiems projekte dalyvavusiems ūkiams, o metano emisijų vertės buvo artimos vidutiniams rodikliams kitų ūkių ir visai būdingos pieninėms karvėms. Palyginus projekte dalyvavusius Lietuvos ūkius su kitų šalių ūkiais, galime pastebėti, kad daugumoje mūsų projekte dalyvavusių ūkių laikoma 70-200 melžiamų karvių, išskyrus vieną mažesnį ūkį (LT3ZAL). Tokio dydžio ūkiai projekte sudaro apie 55 % visų ūkių. Didžiausiuose kitų šalių ūkiuose laikoma virš 600 karvių. Pagal pieno primilžį, Lietuvos ūkiuose karvės davė nuo 20-30 litrų per dieną, ir pagal šį rodiklį pateko į 55% karvių iš projekte dalyvavusių ūkių. Lietuvos ūkių karvių svoris vidutiniškai buvo 650 kg, jos pateko į 600-700 kg svorio intervalą, kuris sudarė apie 70 % visų karvių iš projekte dalyvavusių ūkių. Pagal sausų medžiagų kiekį sušeriamame pašare, Lietuvos ūkiai pateko į ūkių intervalą, kuriame karvės gauna 15-20 kg per dieną, o tai sudaro apie 35 % nuo visų ūkių. Pagal duodamų koncentratų kiekį karvėms buvo sušeriama 5-8 kg, išskyrus vieną ūkį (LT4BGI), kuriame sušeriama 2-5 kg. Palyginus su kitais projekto ūkiais, toks koncentratų kiekis buvo sušeriama 30% karvių iš visų ūkių. Pagal tvarto plotą 2 ūkiai (LT1KAK ir LT4BGI) pakliuvo į kategoriją nuo 1500 iki 2500 m², o dviejuose (LT2KIN ir LT3ZAL) plotas buvo mažesnis – 500-1500 m². Pagal plotą tenkantį vienai karvei ūkiai pateko į 5-10 m² intervalą. Toks ploto dydis, skiriamas vienam gyvuliui buvo būdingas ir pusei kitų šalių ūkių (50 %).

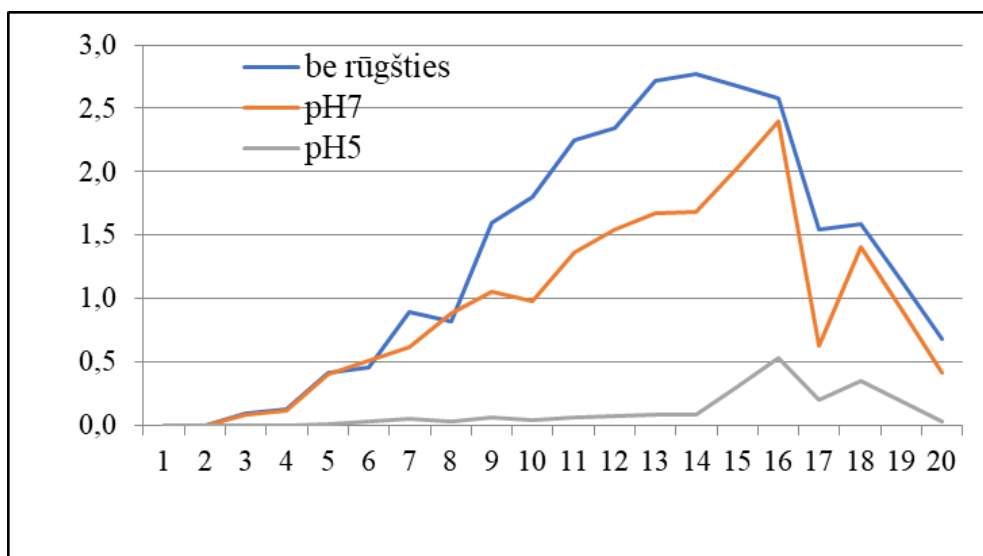
3.5. Naujų mėšlo tvarkymo technologijų ir priemonių efektyvumo dujų emisijų mažinimui įvertinimas.

Siekiant nustatyti įvairių priemonių panaudojimo efektyvumą ŠESD ir amoniako dujų emisijų mažinimui iš mėšlo tvarkymo sistemų buvo atlikti specializuoti tyrimai LSMU Gyvulininkystės instituto eksperimentinėje bazėje. Tyrimų metu buvo įvertintas mėšlo rūgštinimo ir probiotikų panaudojimo efektyvumas taršių dujų emisijoms iš mėšlo. Taip pat atlikti lauko tyrimai norint įvertinti parūgštintų sрутų poveikį pasėlių derliui, naudojant sрутų parūgštinimą įterpimo į dirvą metu.

Siekiant ištirti mėšlo parūgštinimo poveikį NH_3 ir kitoms ŠESD emisijoms, LSMU Gyvulininkystės institute buvo atliktas tyrimas eksperimentiniuose mėšlo rezervuaruose ir dujų koncentracijų matavimui pritaikant pasyvosios kameros metodą. Atliktas tyrimas parodė, kad iš neparūgštinto galvijų mėšlo taršių dujų emisijos buvo sekančios: NH_3 - 11,6, CH_4 - 1,33 ir CO_2 - 251,9 $\text{mg}/(\text{m}^2/60\text{s})$ (14, 15, 16 paveikslai).



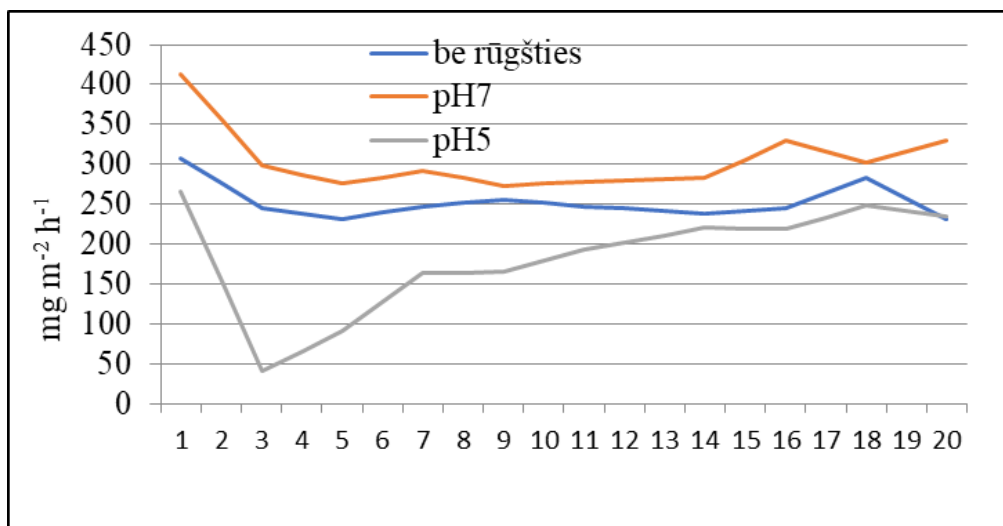
17 paveikslas. Galvijų mėšlo parūgštinimo poveikis amoniako dujų emisijai



18 paveikslas. Galvijų mėšlo parūgštinimo poveikis metano dujų emisijai

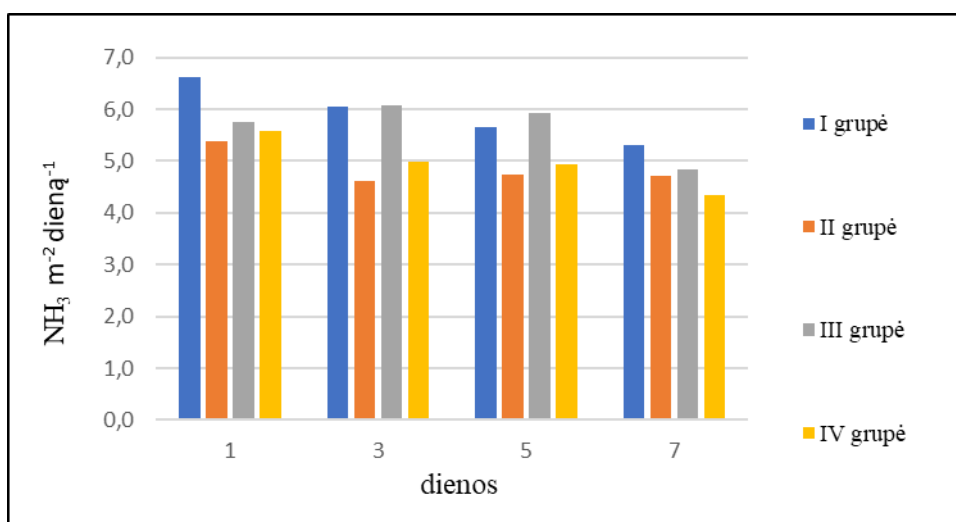
Parūgštinus mėšlą iki pH7, NH_3 emisija sumažėjo 39,6%, (18 paveikslas), o CH_4 – 29,5 % (15 paveikslas). Didesnis mėšlo parūgštinimo lygis (pH5) davė dar geresnius emisijų mažinimo rezultatus: NH_3 dujų emisija sumažėjo 75,6 %, CH_4 dujų emisija net 91,8 %.

Tačiau buvo gauti skirtingi CO_2 emisijos rezultatai (16 paveikslas), kurie parodė, kad šių dujų emisija gali būti net 22,2 % didesnė, kai mėšlo pH7, ir 27,8 % mažesnė, kai pH5.



19 paveikslas. Galvijų mėšlo parūgštinimo poveikis anglies dioksido dujų emisijai

Tyrimai su mikrobiologiniu priedu parodė, kad jis neturėjo statistiškai patikimo poveikio mėšlo sudėties rodikliams. Pirmą tyrimų dieną žymiausias - $1,23 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ mikrobiologinio preparato poveikis amoniako emisijai nustatytas 2 grupėje (20 paveikslas). Į mėšlą įterptas mikrobiologinis priedas amoniako emisiją paveikė mažiau, nuo 1 grupės skyrėsi tik $0,87 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$.



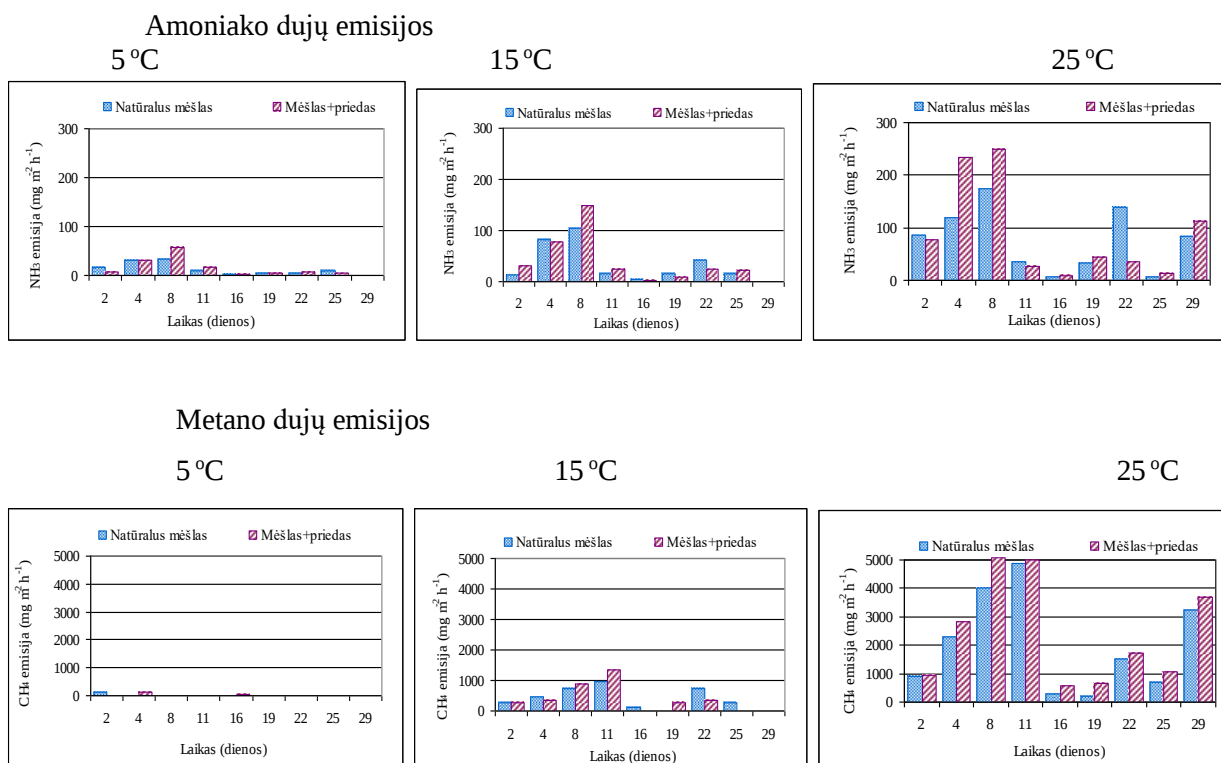
20 paveikslas. Mikrobiologinio priedo įterpimo į mėšlą būdų įtaka amoniako dujų emisijai, $\text{g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$

Trečia tyrimų dieną ant 2 grupės mėšlo paviršiaus išpurkštas biopreparatas skirtumą tarp 1 ir 2 grupių padidino iki $0,56 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$. Mikrobiologinio priedo poveikio trečią tyrimo dieną 3 grupėje nenustatyta. Penktą tyrimų dieną amoniako emisija mažėjo iš 1 grupės mėšlo, o iš 2 ir 3 grupių, paveiktų mikrobiologiniu priedu, pradėjo didėti. Tyrimų pabaigoje emisija, lyginant su penktąja tyrimų diena, mažėjo 2,5 - 18,5% 2 ir 3 grupėse. Amoniako emisija iš 4 grupės mėšlo, purkšto mikrobiologiniu priedu tvartuose taip pat nuosekliai mažėjo per visą tyrimų laikotarpį.

Per septynių dienų laikotarpį mikrobiologinis priedas turėjo teigiamą poveikį amoniako emisijos sumažėjimui. Emisijos skirtumas tarp 1 ir 2 grupių mėšlo buvo $3,9 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ($P=0,022$), o tarp 1 ir 4 grupių - $3,8 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ($P=0,046$).

Siekiant nustatyti mikrobiologinio priedo įtaka dujų emisijoms iš galvijų mėšlo skirtingose aplinkos temperatūrose buvo atlikti tyrimai panaudojant 3 temperatūrinius režimus - 5, 15 ir 25 °C.

Nustatyta, kad visose mėšlo laikymo temperatūrose, amoniako emisija iš galvijų mėšlo piką pasiekė 4-8 laikymo dieną (21 paveikslas). Amoniako emisija buvo didesnė aukštesnėje temperatūroje.



21 paveikslas. Mikrobiologinio priedo įtaka dujų emisijoms skirtingose aplinkos temperatūrose

Vidutinis NH_3 emisijos intensyvumas iš galvijų mėšlo be priedo buvo atitinkamai 2,4 ir 5,4 karto didesnis negu iš mėšlo su mikrobiologiniu priedu (lyginant tokias pačias temperatūras). Mėšlą laikant 5°C temperatūroje metano emisija buvo nežymi. Tačiau, 15°C ir 25°C temperatūrose metano emisija ženkliai išaugo ir intensyviausia buvo 8-11 d. ir 25-29 d. Vidutinis CH_4 emisijos intensyvumas iš galvijų mėšlo svyravo tarp 13,92 ir 2038,17 $\text{mg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$. CH_4 emisija iš mėšlo be priedo laikyto 5°C ir 25°C buvo atitinkamai 1,5 ir 1,2 karto mažesnis, nei iš mėšlo su priedais. Tuo tarpu 15°C temperatūroje skirtumas buvo nežymus.

Parūgštintų srutų poveikio pasėlių derliui tyrimas. Lauko bandymai, inovatyvią srutų rūgštinimo technika SATs (*in-field*), parodė, kad srutų parūgštinimas gali turėti teigiamos įtakos pasėlių derliui. Patręšus laukus parūgštinomomis galvijų srutomis buvo gautas 13,1 % didesnis miežių derlingumas, ir 3,43 % didesnis baltymų kiekis, palyginus su miežiais išaugintais laukuose, kurie buvo tręšti neapdorotomis

srutomis, ir 14,1 % didesnis derlingumas ir 9,15 % didesnis baltymų kiekis, palyginus su miežiais išaugintais laukuose, kurie buvo tręšti mineralinėmis trąšomis (8 lentelė).

8 lentelė. Skirtingo tręšimo būdo įtaka miežių derlingumui ir kokybei

Tręšimo būdas	Derlingumas, t/ha	Drėgmės kiekis, %	Baltymai, % (SM)
Mineralinės trąšos (NPK 20-10-10)	4,26	13,5	10,32
Srutos	4,31	12,9	10,97
Parūgštintos srutos	4,96	13,9	11,36

Mažesni skirtumai buvo gauti vasarinių kviečių laukuose, kur parūgštintos srutos atitinkamai davė 3,7 ir 4,9 % didesnę derlių palyginus su miežiais išaugintais laukuose, kurie buvo tręšti neapdorotomis srutomis ir mineralinėmis trąšomis (9 lentelė).

9 lentelė. Skirtingo tręšimo būdo įtaka vasarinių kviečių derlingumui ir kokybei

Tręšimo būdas	Derlingumas, t/ha	Drėgmės kiekis, %	Baltymai, % (SM)
Mineralinės trąšos (NPK 20-10-10)	4,87	13,7	15,89
Srutos	4,93	12,8	15,95
Parūgštintos srutos	5,12	13,2	16,02

Apibendrinant galima daryti išvadą, kad švelnus galvijų srutų parūgštinimas įterpimo į dirvą metu gali būti sėkmingas sprendimas, padedantis ūkininkams sumažinti NH₃, CO₂ ir CH₄ emisijas ir tuo pačiu pagerinti srutų tręšimo vertę.

3.6. Inovatyvių technologijų ir priemonių kūrimas ir vertinimas.

Gyvulių laikymo tvartų sistema turi didelę įtaką ūkio veiklos rezultatams ir valdymo organizavimui. Šeštajame ir aštuntajame dešimtmetyje sukurtas palaido laikymo boksinis (cubicle) tvartas buvo didelis laimėjimas gerinant darbo efektyvumą ir karvių judėjimo erdvę. Atsiradęs boksinis tvartas pakeitė ir mėšlo kokybę. Nuo 2010 m. Nyderlanduose buvo pradėti kurti laisvo gyvulių judėjimo (freewalk) tvartai, kurie buvo be boksų, o juose suderintos pasivaikščiojimo ir gulėjimo zonos. Tai buvo šiek tiek panašu į gilaus kraiko tvartą, tačiau jame buvo skiriama daugiau ploto (m²) vienai karvei ir kraikas galėjo būti kitoks nei šiaudai. Šiuose tvartuose pakratai galėjo būti iš organinių medžiagų, iš kurių buvo gaunamas geros kokybės organinis mėšlas, arba iš sintetinių medžiagų ar neorganinio smėlio, kurie buvo naudojami padėti atskirti išmatas ir šlapimą tvarte.

Kuriant ir tobulinant toliau inovatyvias galvijų laikymo sistemas turi būti atkreiptas dėmesys į tai kad jos turi atitikti gyvulio, augintojo ir aplinkos poreikius (Galama ir kt., 2009). Pagrindiniai akcentai į ką reikia atkreipti dėmesį kuriant inovacijas, yra šie:

Galvijams:

- Daug erdvės natūraliai gyvulių elgsenai gulint ir stovint
- Geros grindys vaikščiojimo erdvėje
- Geras sveikatingumas
- Gera oro kokybė.

Ūkininkams:

- Patraukli gyvenamoji aplinka darbui
- Prailgintas gyvulių ilgaamžiškumas
- Rizikų pašalinimas kalbant apie pieno kokybę
- Mažos investicijos ir metinės išlaidos.

Aplinkai:

- Patrauklus kraštovaizdis
- Mažos amoniako, ŠESD emisijos ir kvapai
- Mėslo kokybė tinkama preciziniam tręšimui ir organinių medžiagų dirvožemyje didinimui.

Tokiose tvartuose yra labai svarbios grindų sistemos, nuo kurių priklauso mėšlo kokybė, gyvulių judėjimo galimybės ir galimas dujų emisijų sumažinimas. Gerinant oro kokybę, sukuriama žmonėms ir gyvūnams maloni aplinka, tuo pačiu sumažinamas išmetamų teršalų kiekis iš tvarto. Surinkus amoniaką ir galbūt metaną iš tvartų oro ir jį filtruojant arba oksiduojant, galima sumažinti išmetamų dujų kiekius, nekeičiant gyvūnų šėrimo ar veisimo.

Vykdant projektą „Geresnis tvartas, geresnis mėšlas, geresnis derlius (BSMO)“ buvo ištirtas įvairių ekskrementų atskyrimo sistemų ir kitų inovacijų efektyvumas (Boxmeer van, et al. 2023). Šiame projekte buvo bandoma įvertinti inovatyvių technologijų ir priemonių panaudojimo įtakos emisijų mažinimui efektyvumą. Šalia įprastinių tyrimo metodų emisijų matavimui iš ūkių buvo pasitelkti ir dronai. Paskutiniame etape taip pat buvo atliktas įvairių praktikų ir metodų integruoto poveikio įvertinimas, taikant daugiakriterinę analizę ir įvertinant jų poveikį ūkio rodikliams bei aplinkai. Daugiakriterinė analizė ir galutinis optimalių ūkininkavimo sistemų nustatymas buvo aiškiai apibrėžtas erdvėje, pasirinkant specialiai pritaikytą modelį, leidžiantį regioniniu mastu numatyti valdymo intervencijas, kurios gali padėti pasiekti geriausius ekonominius, socialinius ir aplinkosaugos rezultatus.

Vykdant projektą buvo vertinamos šios inovacijos:

Karvių tualetas (Cowtoilet)



Karvių tualetas yra automatinė šlapimo surinkimo sistema. Karvei stimuliuojamas natūralus nervinis refleksas tarp uodegos ir tešmens užpakalinės dalies, todėl karvė pradeda šlapintis. Kai karvė šlapinasi, šis šlapimas surenkamas į rezervuarą ir ištraukiamas į saugyklą. Taip neleidžiama šiam šlapimui patekti ant grindų ir surenkama švari šlapimo frakcija. Kai karvė šlapinasi už karvės tualetu ribų, tas šlapimas patenka ant grindų ir vėliau surenkamas į mėšlo saugyklą. Todėl mėšlo saugykloje būna srutų, tačiau jų yra žymiai mažiau negu įprastinėje praktikoje. Tyrimai parodė, kad amoniako emisija šiuo atveju sumažėja net iki 30–35 proc.

Ši technologija dar yra tobulinama tačiau kartu pradedama diegti jau keliose ūkiuose Nyderlanduose.

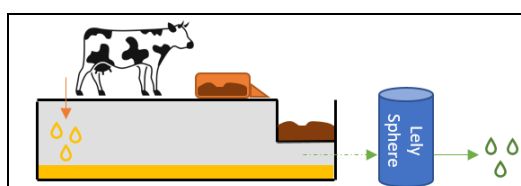
Pralaidžios dirbtinės grindys



Boksiniuose tvartuose ant grotelių grindų užklojamos dirbtinės grindys - pralaidžios plokštės. Šlapimas per grindis patenka į žemiau esančią saugyklą, o išmatos lieka ant grindų. Tada išmatos surenkamos mėšlo grandikliu ar kita įranga ir vežamos į mėšlo saugyklą. Tokios laidžios dirbtinės

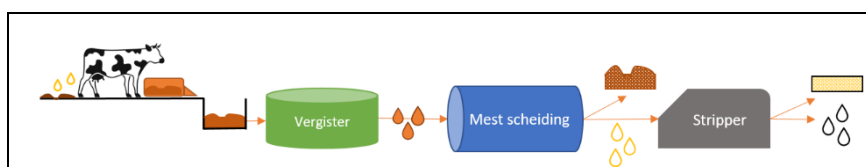
grindys vis dar yra kūrimo etape ir tobulinamos. Vykdytų tyrimų metu buvo nustatyta, kad gana didelė amoniako koncentracija susidaro saugykloje, kurioje buvo nustatytas ir aukštas pH (8,5–9). Todėl dabar atliekami tyrimai, siekiant ištirti šlapimo parūgštinimo saugykloje iki tikslingo pH 4,5–5 poveikį amoniako ir metano emisijoms. Grindys buvo patobulintos, kad šlapimas lengvai perbėgtų per jas į saugyklą. Be to, buvo atlikti tyrimai, kuriuose grindys buvo nuplaunamos parūgštintu šlapimu iš saugyklos, siekiant, kad šlapimas nuo grindų greičiau pasišalintų. Parūgštintus šlapimą ir nuplaunant grindis parūgštintu šlapimu, amoniako emisija sumažėjo daugiau nei 60 proc. Kitas patobulinimas buvo išbandytas purškiant grindis vandeniu ir papildomai pridodant ureazės inhibitorių. Tai padėjo sumažinti amoniako emisiją beveik 50 proc.

Lelysphaera



LelySphere sistema yra ekskrementų atskyrimo ir oro ištraukimo iš saugyklos derinys. Į grindų grotelių plyšius dedamos perforuotos metalinės juostos. Per šiuos plyšius šlapimas suteka į žemiau esančią saugyklą, o išmatos lieka ant grindų. Mėšlo robotas surenka išmatas ir sudeda jas į atskirą saugyklą. Toliau oras iš saugyklos yra ištraukiamas LelySphere N-Capture įranga, iš saugyklos ir dėl to, kad mėšlo saugykloje yra sifonas, saugykloje susidaro neigiamas slėgis. Todėl grindyse esančios skylės atsidaro šlapimo nutekėjimui, o oras, esantis virš grindų, taip pat ištraukiamas. Šioje sistemoje gaunami trys mėšlo produktai: išmatos, kuriose gausu fosfatų ir organinių medžiagų, srutos, kuriose gausu kalio, ir šliuzo vanduo, kuriame gausu azoto. Amoniako emisija iš tvarto taikant šią technologiją sumažėja daugiau nei 70 proc.

Greita mėšlo fermentacija ir pašalinimas



Išmatos ir šlapimas nukrenta ant kietų grindų ir mėšlo robotas juos surenka kas valandą. Srutos nusodinamos ir gabenamos į mono-fermentatorių. Fermentacijos proceso metu susidaro digestatas, kuris vėliau mechaniškai atskiriamas į kietą ir skystą frakcijas. Kietoji frakcija gali būti vėl naudojama pakratams guoliavietėse, o skystąją frakciją galima panaudoti kaip kaliau turtingas trąšas pievoms.

Betoninės grotelinės grindys

Tokiose betoninėse grindyse yra plyšiai su skylėmis srutomis. Šlapimas pro plyšių skylutes nuteka į saugyklą ar lataką po grindimis, o išmatos lieka ant grindų ir surenkamos mėšlo grandikliu arba robotu.

Praktikoje taikomi du variantai:

1 variantas. Šlapimas nuteka į lataką, o kasdienis latakų praplovimas vandeniu iš tvarto nuleidžia šlapimą. Likusios išmatos atskiriamos mechanškai. Kietoji frakcija po mechaninio atskyrimo sumaišoma su šiaudais ir paskleidžiama ant žemės. Šlapimas ir skystoji frakcija po mechaninio atskyrimo laikomi mėšlo maiše. Susidarius pakankamai dujų, jos suspaudžiamos mobiliu įrenginiu, išvalomos, metanas kaupiamas dujų balionuose. Tai yra nebrangi pasyvaus mėšlo fermentavimo sistema.

2 variantas. Per lataką su skylutėmis grindyse subėgęs šlapimas kaupiamas. Atskirtos išmatos specialiu maišytuvu sumaišomos su šiaudais, kalkėmis, moliu ir fermentacijos skysčiu ir šis mišinys toliau fermentuojamas uždengtose tranšėjose (bokashi).

BeddingCleaner

Daug dėmesio toliau skiriama dirbtinių grindų ir smėlio pakloto tobulinimui. Todėl ypač svarbu tapo sukurti išmatų surinkimo įrangą. Paskutiniaisiais metais tokia įranga buvo sukurta Nyderlanduose pavadinta BeddingCleaner.

Pirmosios dirbtinės grindys buvo taip pat išbandytos Nyderlanduose, kurias įrengiant tvartuose kartu buvo pasodinti medžiai, tikintis kad tai padės sumažinti ŠESD ir amoniako dujų emisijas tvarte. Tačiau tyrimai parodė, kad tai nepasiteisino emisijos nesumažėjo.



Laisvo gyvulių judėjimo (freewalk) sistema.



Šioje sistemoje skiriama daug ploto gyvuliui, kad jis galėtų laisvai judėti ir nereikia jokių gulėjimo boksų, gulėjimo ir pasivaikščiojimo zonos yra tiesiog sujungtos. Kaip parodė gyvulių elgsenos stebėjimai, freewalk tvartuose gyvuliai jaučiasi labai gerai, yra visiškai atsipalaidavę. Šioje sistemoje svarbų vaidmenį vaidina pakratai, kurie turi būti reguliariai papildomi, o viršutinis sluoksnis kiekvieną dieną kultivuojamas. Išbandyti buvo medžio drožlių pakratai, tačiau geriausius rezultatus parodė smėlio pakratai. Ši technologija vadinama „Free-Living Barn“ ir sparčiai plinta Nyderlanduose, Italijoje, Slovėnijoje, Izraelyje ir kitose šalyse. Gyvulių šlapimas per smėlį patenka į drenažo vamzdį, kur yra kaupiamas centralizuotai. Išmatos lieka ant smėlio ir surenkamos BeddingCleaner įranga. Šlapas smėlio dalis surenka BeddingCleaner, o sausas smėlis vėl tarnauja kaip pakratai. Tokiuose tvartuose tik šėrimo zonoje yra grotelinės grindys, kur surenkamos srutos, kurios vėliau patenka į rezervuarus. Šioje vietoje taip pat galima naudoti mažai emisijų išskiriančias grindis.

3.7. Ūkių planų simuliacija programiniais įrankiais – skaičiuoklėmis.

Viena iš projekto svarbių veiklų buvo kiekvienam projekte dalyvaujančiam ūkiui parengti ūkio planus, kuriuose aprašyti tolimesnius ūkio veiksmus, siekiant sumažinti ŠESD emisijas ir užtikrinti ūkio tvarumą. Pasirenkant švelninimo priemones buvo daug diskutuota su ūkininkais. Ūkininkams pasirinkus konkrečias priemones, jos buvo modeliuojamos ANCA, ir Agrecalc programiniais įrankiais – skaičiuoklėmis. Ši simuliacija leido įvertinti numatomų taikyti priemonių efektyvumą emisijų mažinimui ir jų ekonominį efektyvumą. Skaičiavimuose buvo remtasi realia ūkio situacija. Dviejų ūkių simuliacija buvo paskaičiuota ANCA skaičiuoklės pagalba, kitų dviejų – Agrecalc skaičiuokle. Visi ūkių planai yra pateikti 3 priede.

LT1KAK ūkio savininkas domisi technologijų plėtra ir stengiasi savo ūkyje diegti naujoves. Norėdamas išspręsti mėšlo laikymo problemas, ūkininkas įsidiegė mėšlo separavimo technologiją, įsigijo išmaniąją dirvos tręšimo įrangą. Siekia pagerinti pašarų virškinamumą.

Skaičiuoklės Agrecalc pagalba buvo atlikta simuliacija pasirinktų švelninimo priemonių įvertinimui. Ūkininkas pasirinko energijos taupymą ir atsinaujinančius energijos šaltinius (saulės kolektorius). 5000 kWh energijos sutaupymui planuojama investuoti 1200 Eur. Saulės baterijų įsigijimas ir pastatymas ūkiui kainuotų 70000 Eur (tarnavimo laikas – 20 metų). Taip pagamintos energijos vertė būtų 1kWh – 0,12 Eur, per metus susidarytų 3066 Eur. Apskaičiuota, kad pradėjus naudoti energiją taupančią įrangą ir atsinaujinančius energijos šaltinius (saulės kolektorius), labiausiai sumažėtų ŠESD emisijos skaičiuojant CO₂ ekvivalentu kilogramui pieno.

LT2KIN ūkio savininkas labai domisi naujovėmis ir jas diegia savo ūkyje. Ūkyje naudojami melžimo ir šėrimo robotai, mėšlo separavimo įranga. Šiais metais ūkininkas pradėjo naudoti atsinaujinančios energijos šaltinius (saulės kolektorius). Ūkininkas pasirinko ateityje savo ūkyje naudoti pašarų priedus su metano inhibitoriumi 3-nitrooksipropanoliu (3–NOP) (20 g karvei per dieną), kuris pagerintų karvių medžiagų apykaitą ir tuo pačiu sumažintų metano emisijas. Šią priemonę nesunku įgyvendinti, nors priedas per metus kainuotų net 9490 Eur. Tyrimais nustatyta, kad kai kurie priedai gali sumažinti metano emisijas, bet pablogėja pašarų suvartojimas, pieno sudėtis. Tačiau naudojant priedą 3–NOP nėra nustatyta jokių neigiamų produktyvumo pokyčių. Taip pat ūkyje planuojama naudoti mėšlo rūgštinimo mėšlidėse ir tręšimo metu technologiją, tuo siekiant sumažinti azoto nuostolius. Mėšlo rūgštinimui reikalinga įranga kainuotų 10000 Eur, sieros rūgštis 1322 Eur, dirvožemio kalkinimas – 991 Eur, tačiau mėšle sukauptas azotas leistų sutaupyti 4086 Eur, tad ši priemonė būtų neutrali. Mėšlidės uždengimas leistų sumažinti metano emisijas, o metano dujų panaudojimas elektros gamybai galėtų būti pelningas. 2100 m³ mėšlo rezervuaro uždengimas specialia danga kainuotų 6350 Eur (dangos tarnavimo laikas 7 metai). Neleidžiant išgaruoti azotui, reikėtų mažiau naudoti mineralinių trąšų ir per metus būtų sutaupyta 4657 Eur. ANCA skaičiuoklės pagalba buvo apskaičiuota, kad pritaikius pašarų priedo naudojimą, būtų sumažintos iš viso ūkio išsiskiriančio ŠESD emisijos, 8 proc., o mėšlidės uždengimas leistų sumažinti ŠESD emisijas 2 proc.

LT3ZAL ūkio savininkas dalyvauja keliuose projektuose, skirtuose aplinkosaugos problemoms spręsti ir yra patenkintas jų rezultatais. Tačiau projektams pasibaigus, ūkininkas negalvoja apie inovatyvių technologijų naudojimą dėl finansinių priežasčių. Ūkininkas iš ŠESD švelninimo priemonių pasirinko priemonę - padidinti pašarų efektyvumą ir naudoti energijos taupymą. Taikant pirmąją priemonę, daroma prielaida kad tam pačiam pieno kiekiui pagaminti reikės mažiau pašarų, kiekvienai karvei 5-10 proc. bus sumažintas energijos kiekis. Šėrimo plano parengimas metams kainuotų 118 Eur, o papildomas darbas preciziškai atiduodant pašarus kainuos 18 Eur. Pasikeitus pašarų kokybei, pagerėtų ir galvijų sveikata. Pašarų taupymas suteiktų 2862 Eur naudą ir sumažintų išlaidas veterinaro paslaugoms 450 Eur. Agrecalc skaičiuoklės

pagalba buvo apskaičiuota, kad padidinus pašarų efektyvumą, bendras iš ūkio išsiskiriantis CO₂ kiekis sumažėtų apie 2,0 proc.

LT4BGI – šiame ūkyje vykdomi moksliniai tyrimai ir ūkis dalyvauja nykstančių senųjų gyvūnų veislių išsaugojimo programoje. Melžiamos karvės laikomos saitinio tipo tvarte, todėl artimiausiu metu ketinama atnaujinti karvių laikymo patalpas. Ūkis daug dėmesio skiria aplinkai draugiškų sistemų diegimui. Dalyvaudamas INTERREG projekte ūkis įsigijo modernią srutų rūgštinimo įrangą, mažinančią amoniako emisijas ir nemalonus kvapus. Įranga leidžia sumažinti kenksmingų teršalų išmetimą tręšimo metu. Šiuo metu bandoma rasti geriausius būdus, kaip naudojant įrangą sumažinti ne tik emisijas, bet ir pagerinti srutų tręšiamąsias savybes, kurios būtų optimalios pasėliams. Ūkis pasirinko švelninimo priemones - didinti pašarų efektyvumą, padidinant pašarų virškinamumą ir tuo pačiu sumažinant pašarų nuostolius. Ši priemonė nereikalauja didelių investicijų ir tikimasi kad prisidės prie ŠESD emisijų mažinimo ir padės sutaupyti 17520 Eur per metus. Antra planuojama priemonė – mėšlidės uždengimas. Tikimasi kad tai padėtų 47 proc. sumažinti metano ir iki 80 proc. amoniako emisijų iš mėšlidės. 5000 m³ mėšlidės danga kainuotų 60000 Eur. Danga tarnautų 7 metus. Kita siūloma priemonė – anaerobinė fermentacija. Ši priemonė leistų taupyti brangius energijos išteklius ir išspręstų mėšlo tvarkymo klausimus. ANCA skaičiuoklės pagalba buvo apskaičiuota kiek sumažėtų emisijos pritaikius šias priemones.

4. IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS

Apibendrinant ūkiuose surinktą informaciją galima teigti, kad projekte dalyvavusių ūkių didžiąją dalį sudaro ūkininkai, pasirengę dirbti su mokslininkais, yra jaunesni nei vidutiniai ūkininkai ir daug geriau išsilavinę. Kalbant apie ūkininkų ateities planus, galima daryti prielaidą apie lėtą priemonių priėmimo procesą ateityje: tik ¾ jų teigė, kad per ateinančius penkerius metus planuoja taikyti šiltnamio efektą sukeliančių dujų mažinimo praktiką ir tiek pat apie NH₃ emisijų mažinimo praktiką. Dažniausiai minimi būsimi emisijų mažinimo pokyčiai buvo atsinaujinantys energijos šaltiniai, mėšlo frakcijų atskyrimas ir srutų saugyklų uždengimas. Kita svarbi žinia, yra ta, kad tolesnių priemonių priėmimas greičiausiai bus labai lėtas. Ūkininkai pabrėžė, kad jiems reikia pasiekiamų tikslų, o ne per greitų pokyčių, taip pat aukštesnio visuomenės pripažinimo dėl jų pastangų. Kaip svarbiausias paskatas jie įvardijo finansinę kompensaciją (tiek subsidijų, tiek didesnę gaminių kainą už ekologiškesnius gaminius) ir poreikį gerinti švietimą, orientavimą ir konsultavimo paslaugas.

Gauti rezultatai naudojant ANCA ir AgreCalc skaičiuokles parodė, kad pagrindiniai ŠESD šaltiniai ūkiuose yra enterinė fermentacija, mėšlo tvarkymas, pirkti pašarai ir trąšos. Emisijų apskaičiavimui naudojant ANCA skaičiuoklę gaunamos didesnės emisijų vertės negu skaičiuojant AgreCalc skaičiuokle. Tam turi įtakos kai kurie skirtingi rodikliai skirtingose šalyse,

prie kurių yra adaptuotos skaičiuoklės. Norint pritaikyti kurį nors iš projekte naudotų skaičiuoklių, ją reikėtų kruopščiai peržiūrėti ir adaptuoti, kad kuo tiksliau atitiktų mūsų šalies sąlygas.

Analizuojant ŠESD ir amoniako dujų koncentracijas pagal ūkyje taikomą galvijų laikymo būdą, nustatyta, kad tiek palaido tiek saitinio galvijų laikymo tvartuose mažiausios metano ir anglies dvideginio dujų koncentracijos tvartuose būna vasarą. Tuo tarpu amoniako koncentracija tirtuose saitinio galvijų laikymo tvartuose buvo 1,5 karto mažesnė palyginus su palaido boksinių galvijų laikymo tvartais.

Atlikti tyrimai, siekiant nustatyti mikrobiologinių priedų ir mėšlo rūgštinimo įtaką ŠESD ir amoniako dujų emisijų mažinimui parodė, kad šių priemonių naudojimas mėšlo tvarkymo sistemose gali būti sėkmingas sprendimas, padedantis sumažinti NH_3 , CO_2 ir CH_4 dujų emisijas. Parūgštinus mėšlą iki pH7, NH_3 emisija sumažėja 39,6%, CH_4 – 29,5 %. Didesnis mėšlo parūgštinimo lygis (pH5) duoda dar geresnius emisijų mažinimo rezultatus: NH_3 dujų emisija sumažėja net 75,6 %, CH_4 dujų emisija iki 91,8%. Tačiau kitokie rezultatai gaunami tiriant CO_2 koncentracijas, kur buvo nustatyta, kad šių dujų emisija gali būti net 22,2 % didesnė, kai mėšlo pH7, nors kai mėšlas parūgštintas iki pH5, dujų emisija buvo 27,8 % mažesnė. Galvijų srutų parūgštinimas iki pH6 gali padėti ne tik sumažinti emisijas, bet ir pagerinti srutų tręšiamąją vertę.

Siekiant mažinti ŠESD ir amoniako emisijas toliau kuriamos ir tobulinamos įvairios inovatyvios galvijų laikymo technologijos bei technologinės priemonės, kuriose didelis dėmesys skiriamas ir gyvulių gerovei, naudojamų medžiagų kokybei, nepamirštant ir ekonominio priimtumo ūkininkams. Tačiau tai ilgas procesas, kuriame vyksta nuolatinis tobulinimas.

Parengti ūkių planai yra rekomendacinio pobūdžio ūkiams taikyti konkrečias švelninimo priemones, siekiant sumažinti dujų emisijas ir užtikrinti ūkio darnumą.

5. PROJEKTO VEIKLŲ VALDYMAS IR VIEŠINIMAS

Vykdant projektą buvo organizuota 16 darbinių konsorciūmo narių posėdžių, kurių metu buvo pristatoma informacija apie atliktus darbus, derinami planuojamu darbų atlikimo grafikai ir apžvelgiami atliktų tyrimų rezultatai. Dėl susiklosčiusios nepalankios COVID-19 pandemijos situacijos 12 posėdžių vyko nuotoliniu būdu ir tik 4 posėdžiai vyko gyvai kontaktiniu būdu Vageningeno universitete Nyderlanduose, INRA institute Prancūzijoje ir Florencijos universitete.

Projektas ir jo metu vykdomos veiklos bei gauti rezultatai buvo pristatomi įvairiuose renginiuose. EAAP 2022 kongreso metu, vykusio Porte, Portugalijoje, CCCFarming projekto mokslinė grupė kartu su EAAP ir ADSA moksliniais komitetais suorganizavo 3 jungtines mokslines sesijas, kurios buvo apjungtos į seminarą „Galvijų laikymo technologijų ateitis“ ir kurių metu buvo pristatyta 12 pranešimų iš projekto veiklų. 2023 metai vykusiame Pasaulio gyvulininkystės asociacijos (WAAP), Europos gyvulininkystės federacijos (EAAP) ir ICAR jungtiniame kongrese taip pat kartu su ADSA buvo suorganizuotos 3 mokslinės sesijos, kuriose visų projekto partnerių atstovai pristatė mokslinius

pranešimus. Informacija apie projektą buvo paskelbta populiariame leidinyje “Ave Vita” 2023 lapkričio 8 d. Nr 37, psl. 7-8 (4 priedas).

Visa informacija apie projekte vykdomas veiklas yra pastoviai pateikta internetinėje projekto svetainėje <https://cccfarming.eu>

5.1. Rezultatų viešinimas nacionalinėse ir tarptautinėse konferencijose.

Projekto veiklos ir rezultatai buvo pristatyti Lietuvoje vykusiose renginiuose:

- 2019 m. gruodžio mėn. 18 d - LSMU Gyvulininkystės institute, Baisogaloje;
- 2020 metų spalio mėn. 14 d. - LSMU Gyvulininkystės institute, Baisogaloje;
- 2020 m. lapkričio mėn. 20 d - Žemės ūkio mokslo tarybos posėdyje, Vilniuje ;
- 2020 m. lapkričio mėn. 20 d - LSMU Gyvulininkystės institute, Baisogaloje;
- 2021 m. rugsėjo mėn. 22 d.- LSMU Veterinarijos akademijoje Kaune;
- 2021 m. spalio mėn. 3 d . - LRT televizijos laidoje „Atspindžiai“;
- 2022 m. gegužės mėn. 20 d.- LSMU Gyvulininkystės institute, Baisogaloje.

Tarptautinėse konferencijose:

1. Diana Ruska, Violeta Juškienė, Adam Cieślak. Reply from Central-Eastern European perspective in Latvia, Lithuania, Poland. WEBINAR Climate Care Cattle farming, 16th of April 2021.
2. . Juskiene, Assessment of cattle manure acidification effects on ammonia and GHG emissions and crop yield 73rd Annual Meeting of EAAP, September 5- 9, 2022, Porto, Portugal
3. V. Juskiene. Report on effect of designs and techniques of manure storages and handling at experimental stations and pilot farms on emissions. July, 2023, Florence Italy.
4. V. Juskiene, Impact of sorbent application on NH₃ and CO₂ and CH₄ gas emissions from dairy cattle manure. 74th Annual Meeting of EAAP, 26 August – 1 September, 2023, Lyon, France

Paskelbtos publikacijos tarptautiniuose leidiniuose:

1. V. Juskiene, R. Juska, A. Siukscius, R. Juodka. Assessment of cattle manure acidification effects on ammonia and GHG emissions and crop yield 73rd Annual Meeting of EAAP// European Association for Animal Production Book of Abstracts : Book of Abstracts of the 73rd Annual Meeting of the European Federation of Animal Science (EAAP 2022) : 5-9 September, 2022, Porto, Portugal / European Federation of Animal Science. Wageningen (The Netherlands) : Wageningen Academic Publishers. ISSN 1382-6077, 2022, vol. 28, p. 309, doi:10.3920/978-90-8686-937-4
2. Vergé, Xavier; Robin, Paul; Nadège, Edouard; Becciolini, Valentina; Cieslak, Adam; Szumacher, Malgorzata; Fehmer, Lena; Galama, Paul; Juškienė, Violeta; Kadžienė, Gitana; Ruska, Diana. Development of a screening method for GHG and NH₃ measurements – first

results based on a European study // Italian Journal of Animal Science : ASPA 25th Congress Book of Abstract : The 25th congress of the Animal Science and Production Association “Animal Production Science: Innovations and sustainability for future generation” : Monopoli, Italy, June 13–16, 2023

3. Groot Koerkamp, Peter; Ruska, Diāna; Cieslak, Adam; Koenig, Sven; Juškieñė, Violeta; Edouard, Nadège; Verge, Xavier; Barbari, Matteo; Galama, Paul; Kuipers, Abele. Climate care cattle farming initiative // European Association for Animal Production Book of Abstracts : Book of Abstracts of the 73rd Annual Meeting of the European Federation of Animal Science (EAAP 2022) : 5-9 September, 2022, Porto, Portugal / European Federation of Animal Science. Wageningen (The Netherlands) : Wageningen Academic Publishers. ISSN 1382-6077, 2022, vol. 28, p. 311-311. doi:10.3920/978-90-8686-937-4.
4. 2. Juškieñė, Violeta; Juška, Remigijus; Šiukščius, Artūras; Juodka, Robertas. Assessment of cattle manure acidification effects on ammonia and GHG emissions and crop yield // European Association for Animal Production Book of Abstracts : Book of Abstracts of the 73rd Annual Meeting of the European Federation of Animal Science (EAAP 2022) : 5-9 September, 2022, Porto, Portugal / European Federation of Animal Science. Wageningen (The Netherlands) : Wageningen Academic Publishers. ISSN 1382-6077, 2022, vol. 28, p. 404-404. doi:10.3920/978-90-8686-937-4.
5. 4. Verge, Xavier; Robin, Paul; Becciolini, Valentina; Cieslak, Adam; Edouard, Nadège; Fermer, L; Galama, Paul; Hargreaves, Paul; Juškieñė, Violeta; Kadžienė, Gitana; Schilder, Henk; Leso, Lorenzo; Lissy, Anne-Sophie; Priekulis, Juris; Rees, Bob; Ruska, Diāna; Szumacher-Strabel, Malgorzata. First results of a screening method for GHG emission measurements in European dairy cattle barns // European Association for Animal Production Book of Abstracts : Book of Abstracts of the 73rd Annual Meeting of the European Federation of Animal Science (EAAP 2022) : 5-9 September, 2022, Porto, Portugal / European Federation of Animal Science. Wageningen (The Netherlands) : Wageningen Academic Publishers. ISSN 1382-6077, 2022, vol. 28, p. 314-314. doi:10.3920/978-90-8686-937-4.

6. LITERATŪROS ŠALTINIŲ SĄRAŠAS

1. Awasthi M.K., Wang Q., Ren X., Zhao J., Huang H., Awasthi S.K., Lahori A.H., Li R., Zhou L., Zhang Z. 2016. Role of biochar amendment in mitigation of nitrogen loss and greenhouse gas emission during sewage sludge composting. Bioresource Technology. 219. 270–280.

2. Boxmeer van, E, N. Verdoes, H. Schilder, P. Galama, G. Kupers. 2023. Samenstelling mestproducten uit innovatieve stalsystemen in de melkvee-, varkens- en kalverhouderij. Wageningen Livestock Research rapport in kader van project Beter Stal, betere Mest, betere Oogst (BSMO).
3. Burbi, S., Baines, R.N. & Conway, J.S. (2016) Achieving successful farmer engagement on greenhouse gas emission mitigation. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 14, 466-483.
4. Cain, M., Lynch, J., Allen, M.R. *et al.* Improved calculation of warming-equivalent emissions for short-lived climate pollutants. *npj Clim Atmos Sci* 2, 29 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41612-019-0086-4>.
5. Dooren van, H. J., K. Blanken, P. H. R. van Valkengoed, H. R. Kamstra-Brouwer, P. J. Galama. 2023 in prep. Ammonia emissions of the Cowtoilet for use in dairy barns. Case control measurements at Dairy Campus
6. Dooren, H. J. C. van, J.M.G. Hol, K. Blanken, and P.J. Galama. 2019. Gasvormige emissies uit vrijloopstallen met houtsnipperbodems. Ammoniak-, lachgas en methaanemissie op stalniveau. Wageningen Livestock Research.
7. Galama P. J., W. Ouweltjes, M.I. Endres, J.R. Sprecher, L. Leso, A. Kuipers, M. Klopčič. Symposium review: Future of housing for dairy Cattle. 2020. *Journal of Dairy Science*. Volume 103, Issue 6, Pages 5759-5772
8. Hurley, P., Lyon, J., Hall, J., Little, R., Tsouvalis, J., White, V. & Rose, D.C. (2022) Co-designing the environmental land management scheme in England: The why, who and how of engaging 'harder to reach' stakeholders. *People and Nature*, n/a.
9. Jantke, K., Hartmann, M.J., Rasche, L., Blanz, B. & Schneider, U.A. (2020) Agricultural greenhouse gas emissions: Knowledge and positions of German farmers. *Land*, 9, 130.
10. Konrad, M.T., Nielsen, H.O., Pedersen, A.B. & Elofsson, K. (2019) Drivers of farmers' investments in nutrient abatement technologies in five Baltic Sea countries. *Ecological Economics*, 159, 91-100.
11. Kavanagh, I., Burchill, W., Healy, M. G., Fenton, O., Krol, D. J., & Lanigan, G. J. (2019). Mitigation of ammonia and greenhouse gas emissions from stored cattle slurry using acidifiers and chemical amendments. *Journal of Cleaner Production*, 237, 117822.
12. A., Yang, W.Z., Tricarico, J., Kebreab, E., Waghorn, G.C., Dijkstra, J. & Oosting, S. (2013) Mitigation of greenhouse gas emissions in livestock production - A review of technical options for non-CO₂ emissions. In: Gerber, P., Henderson, B. & Makkar, H. FAO: Rome, Italy, 1-231.
13. Mao, H., Zhang, H., Fu, Q., Zhong, M., Li, R., Zhai, B., & Zhou, L. (2019). Effects of four additives in pig manure composting on greenhouse gas emission reduction and bacterial community change. *Bioresource Technology*, 292, 121896.
14. Matulaitis, R., Juškieienė, V., & Juška, R. (2015). Measurement of methane production from pig and cattle manure in Lithuania. *Zemdirbyste-Agriculture*, 102(1).

15. Montes, F., Meinen, R., Dell, C., Rotz, A., Hristov, A. N., Oh, J., & Dijkstra, J. (2013). SPECIAL TOPICS—mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: II. A review of manure management mitigation options. *Journal of animal science*, 91(11), 5070-5094.
16. Rey, J., Atxaerandio, R., Ruiz, R., Ugarte, E., González-Recio, O., Garcia-Rodriguez, A., & Goiri, I. (2019). Comparison between non-invasive methane measurement techniques in cattle. *Animals*, 9(8), 563.
17. Golston, L.M.; Aubut, N.F.; Frish, M.B.; Yang, S.; Talbot, R.W.; Gretencord, C.; McSpirtt, J.; Zondlo, M.A. Natural gas fugitive leak detection using an unmanned aerial vehicle: Localization and quantification of emission rate. *Atmosphere* 2018, 9, 333. [CrossRef] 40. Olaguer, E.P.; Jeltema, S.; Gauthier, T.; Jermalowicz, D.; Ostaszewski, A.; Batterman, S.; Xia, T.; Raneses, J.; Kovalchick, M.; Miller, S.; et al. Landfill Emissions of Methane Inferred from Unmanned Aerial Vehicle and Mobile Ground Measurements. *Atmosphere* 2022, 13, 983. [CrossRef]
18. Kupper, T., Häni, C., Neftel, A., Kincaid, C., Bühler, M., Amon, B. & VanderZaag, A. (2020) Ammonia and greenhouse gas emissions from slurry storage - A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 300, 106963.
19. Leip, A., WEISS, F., Lesschen, J.P. & WESTHOEK, H. (2014) The nitrogen footprint of food products in the European Union. *The Journal of Agricultural Science*, 152, 20-33.
20. Poore, J. & Nemecek, T. (2018) Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360, 987.

SUDERINTA:

Tyrimų priežiūros komisijos pirmininkas

(Vardas, Pavardė)

(Data)

PRIEDAI