



ASU

ALEKSANDRO STULGINSKIO UNIVERSITETAS

TVIRTINU:
Direktorius Robertas Mantuška
UAB „EkoAgro Probiotikai“

EKOINOVACIJOS ORO TARŠOS MAŽINIMUI GYVULININKYSTĖJE

Mokslo projektas vykdomas pagal 2014 m. rugsėjo mėn. 30 d. sutartį Nr. I-06-80/14

A T A S K A I T A

Projekto vadovas Rolandas Bleizgys

Projekto vykdytojų sąrašas

Vardas, pavardė	Pedagoginis mokslo vardas, mokslo laipsnis	Institucija	Ruoštas ataskaitos skyrius
Rolandas BLEIZGYS	Doc. dr.	ASU	1; 2; 3
Vilma NAUJOKIENĖ	Doktorantė	ASU	1; 2; 3

TURINYS

AIŠKINAMASIS ŽENKLŲ, SIMBOLIŲ IR SANTRUMPŲ SĄRAŠAS.....	4
ĮVADAS.....	5
1.....	MOKSLINIŲ
TYRIMŲ APŽVALGA.....	6
1.1. Amoniako įtaka aplinkos oro taršai.....	6
1.2. Oro taršos kontrolė žemės ūkyje.....	9
1.3. Biologinių preparatų panaudojimas dujų emisijai mažinti	12
2.....	TYRIMŲ
METODIKA.....	14
2.1. Tyrimų sąlygos ir eiga	14
2.2. Dujų emisijos tyrimų metodas.....	16
2.3. Amoniako dujų emisijos tyrimų metodika ir įranga	16
2.4. Statistinis duomenų vertinimas	19
3. BIOLOGINIŲ PREPARATŲ POVEIKIS AMONIAKO EMISIJAI IŠ GALVIJŲ	
MĖŠLO	20
3.1. Amoniako emisijos šaltiniai karvidėse ir veiksnių, įtakančių emisiją, kaita.	20
3.2. Mėšlo drėgnumo įtaka amoniako emisijai	24
3.3. Amoniako dujų emisija iš biopreparatu apdoroto galvijų mėšlo	26
3.4. Amoniako emisija kintančio vėdinimo intensyvumo aplinkoje.....	35
IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS	37
LITERATŪROS SĄRAŠAS	39

AIŠKINAMASIS ŽENKLŲ, SIMBOLIŲ IR SANTRUMPŲ SĄRAŠAS

Simboliai

C	dujų koncentracija, mg m^{-3}
C_a	amoniako koncentracija aplinkos oro sraute virš mėšlo, mg m^{-3}
C_e	dujų koncentracija į kamerą įeinančiame ore, mg m^{-3}
C_o	dujų koncentracija šalinamame ore, mg m^{-3}
E	bendrasis dujų emisijos intensyvumas, $\text{mg m}^{-2}\text{s}^{-1}$
G	vėdinimo intensyvumas, $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$

Santrumpos ir terminai

CH_4	metanas
CO_2	anglies dioksidas
Dujų emisija	natūraliai ar dirbtinai bet kokios dujinės medžiagos išleidimas į atmosferą
FAO	jungtinių tautų maisto ir žemės ūkio organizacija (<i>angl. food and agriculture organization of the United Nations</i>)
Garavimas	medžiagos virsmas iš skystos į dujinę agregatinę būseną
HELCOM	Baltijos jūros aplinkos apsaugos komisija (<i>angl. the Baltic marine environment protection commission</i>)
H_2S	sieros vandenilis
IPPC	tarpyvyriausybė klimato kaitos komisija (<i>angl. intergovernmental panel on climate change</i>)
JT	Jungtinės tautos
Koncentracija	dalis kiekis visumoje
Mikroklimatas	patalpos terminų, oro švaros, apšviestumo, triukšmo ir kt. rodiklių visuma
OECD	ekonominio bendradarbiavimo ir plėtros organizacija (<i>angl. organisation for economic co-operation and development</i>)
Ppm	cheminės koncentracijos matavimo vienetas, milijoninė dalis (<i>angl. parts per million</i>)
Pusskystis mėšlas	mėšlas, turintis 12–20 % sausųjų medžiagų
SG	sutartinis gyvulys
Skystasis mėšlas	mėšlas, turintis ne daugiau kaip 12 % sausųjų medžiagų
Srutos	skystis, susidedantis iš gyvūnų šlapimo, kritulių ir kitokių iš mėšlo ištekantių ar nuo mėšlinų paviršių nutekantių nuotekų
TIPK	taršos integruota prevencija ir kontrolė
Tirštasis mėšlas	mėšlas, turintis ne mažiau kaip 20 % sausųjų medžiagų
Tvartas	pastatas ūkiniams gyvūnams, išskyrus bites, laikyti
Ureazė	fermentas, skaidantis karbamidą į amoniaką ir anglies dioksidą
Urėja	karbamidas

IVADAS

Tvartų aplinka teršiama specifiniais kvapais, dulkėmis ir mikroorganizmais. Tačiau didžiausią riziką aplinkai daro: amoniako (NH_3), metano (CH_4), azoto suboksido (N_2O), sieros vandenilio (H_2S) dujos. Gyvulininkystės ūkiuose vis labiau ribojamas amoniako, ir kitų kenksmingų dujų sklidimas į aplinką, nes dujos rūgština kritulius, skatina šiltnamio efektą, ardo ozono sluoksnį, t. y. žaloja visą ekosistemą. Nustatyta (Swensson et. al., 2002), kad iš visų azoto (N) junginių, teršiančių atmosferą, 40% sudaro amoniakas, o apie 90 % šių dujų išgaruoja žemės ūkyje, iš kurių apie pusė laikant galvijus. Intensyviai vėdinant gyvulių tvartus, iš jų NH_3 išgaruoja net 18–37 %. Amoniako emisija gali vykti visuose srutų bei mėšlo susidarymo, saugojimo bei paskleidimo etapuose, o emisijos intensyvumas priklauso nuo aplinkos veiksnių – temperatūros, oro judėjimo greičio, sezoniškumo, vėdinimo intensyvumo, mėšlo pH, ūkininkavimo sistemos (ganyklos, gyvulių laikymo, atliekų tvarkymo), azoto kiekio pašaruose ir mėšle, anglies ir azoto santykio mėšle, mėšluoto paviršiaus ploto.

Taigi vis griežtėjanti kontrolė lokalizuota oro tarša amoniaku, apribojant maksimalias emisijas iš gyvulio vietos, didina svarbą mažinti amoniako emisiją iš galvijų tvartų, nes apie 37 % amoniako išgaruoja iš tvartų, o laikant galvijus, amoniako emisija sudaro net apie 50 % nuo bendrosios emisijos.

Siekiant mažinti kenksmingų dujų sklaidą iš stacionarių ūkinės veiklos objektų, tarp jų ir gyvulininkystės fermų, jų neigiamą poveikį aplinkai ir išvengti teršalų permetimo iš vienos aplinkos terpės į kitą, būtina įtvirtinti integruotos taršos prevencijos ir kontrolės sistemas, sujungiant vandens, oro ir žemės apsaugos bei atliekų tvarkymo priemones. Atsižvelgiant į ES aplinkosaugos veiksmų programos tikslus, oro kokybė turi neleisti pasireikšti neigiamam poveikiui ir nekelti pavojaus žmonių sveikatai ir aplinkai, neviršyti jokios natūralios aplinkos kritinės apkrovos ir lygių. Norint išvengti neigiamo teršalų poveikio žmogui, gyvūnijai ir augalijai, nepalankios epideminės situacijos, būtinais reikia žinoti ne tik gyvulininkystės pastatuose, bet ir gyvulininkystės objektų teritorijose išsiskiriančias teršalų koncentracijas.

Tyrimų tikslas - nustatyti probiotinės plataus spektro mikroorganizmų kompozicijos - SCD

Odor Away grupės įtaką amoniako garavimui iš mėšlo ir parengti rekomendacijas probiotiko naudojimui galvijų laikymo patalpose.

Uždaviniai:

- ištirti probiotinės plataus spektro mikroorganizmų kompozicijos - SCD Odor Away grupės poveikį amoniako garavimui iš mėšlo;
- įvertinti probiotiko panaudojimo galimybes galvijų laikymo patalpose.

1. MOKSLINIŲ TYRIMŲ APŽVALGA

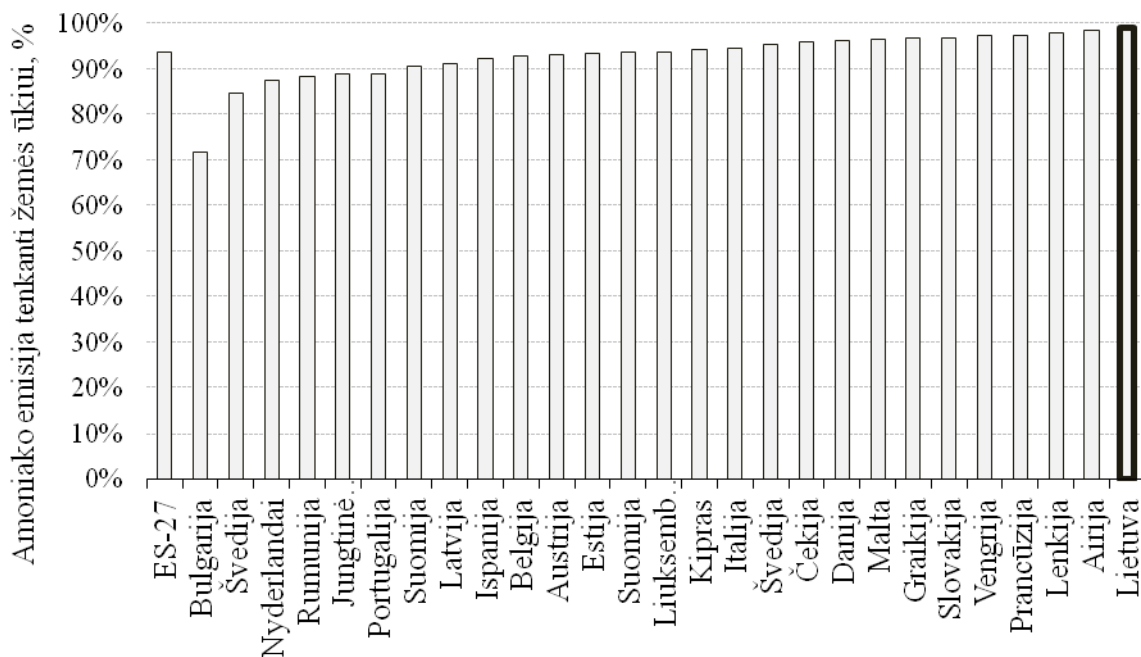
1.1. Amoniakio įtaka aplinkos oro taršai

Iš gyvulininkystės pastatų ir mėšlidžių sklinda daugiau kaip 100 rūšių dujų, į aplinką patenka 136 dujiniai junginiai, ore gali būti nustatomos 23 dujų koncentracijos (Hartung et al., 1994), tačiau amoniako emisijos į aplinką procesų tyrimams dėmesio skiriama daugiau nei kitoms dujoms. Šios dujos teršia atmosferą, labai žalingos tvartuose laikomiems gyvuliams, dirbantiems žmonėms. Tvarto ore esant net nedidelei NH_3 koncentracijai (10 mgm^{-3}), pablogėja gyvulio sveikatingumas, pažeidžiama viršutiniai kvėpavimo takai, akių gleivinės, didėja kraujo spaudimas, kenkia širdžiai, mažėja atsparumas infekciniams susirgimams, taip pat sumažėja gyvulių produktyvumas, atsparumas ligoms, be to, tam tikrais atvejais gyvuliai rimtai suserga dėl apsinuodijimo kenksmingu oru (Bakutis ir kt., 2003). Kai koncentracija viršija 50 ppm , gali būti pažeidžiami plaučiai. Taigi jei amoniako koncentracija yra didesnė nei 20 mg m^{-3} , reikia nedelsiant imtis priemonių padėčiai keisti.

Dėl žemės ūkio veiklos Lietuvoje per metus išgaruoja 25000 t, Vokietijoje – 1000000 t, Danijoje 51000 t amoniako (HELCOM, 1998; Hutchings et al., 2001). Remiantis mokslininkų tyrimais, žemės ūkyje gyvulininkystė yra didžiausias atskiras antropogeninio amoniako šaltinis. 25% azoto, galvijų išskiriamo su šlapimu ir išmatomis, arba 20% viso gaunamo azoto yra netenkama amoniako pavidalu. Gyvulininkystėje amoniako į aplinką išsiskiria 83–91% nuo bendrosios emisijos žemėje (t.y. apie 8–9 mln. tonų per metus) (Brose, 2000; Sanz et al., 2010). Pagal kitus duomenis Amerikoje iš žemės ūkio į aplinką patenka 50 %, Šveicarijoje – 88 %, Švedijoje– 90 %, Olandijoje – 95 % amoniako (Sutton et al., 2000; Mosquera et al., 2005; Reidy et al., 2008).

ES-27 valstybėse amoniako emisijos dalis tenkanti iš žemės ūkio sektoriaus parodyta 1.1 paveiksle. Daugelyje ES–27 valstybių narių žemės ūkyje išmetama daugiau kaip 90% bendroje amoniako emisijoje (European ..., 2012).

2010 metais ES–27 valstybėse, žemės ūkio sektorius išmetė 3364 kilotonų bendro amoniako (1.1 lentelė). Išmetamo amoniako kiekis žemės ūkio sektoriuje sumažėjo 30%, palyginus su 1990 m. Tai daugiausia dėl sumažėjusių gyvulių skaičiaus (ypač galvijų) visoje Europoje, taip pat dėl organinio mėšlo tvarkymo ir mažesnio naudojimo azoto trąšų visoje ES–27 valstybėse regionuose. Didžiausias emisijos mažėjimas 1990–2010 metų laikotarpiu buvo Nyderlanduose (–68%), Latvijoje (–66%), Bulgarijoje (–66%) ir Lietuvoje (–64%). Tik Ispanijoje (15%) ir Kipre (0,1%) amoniako kiekis padidėjo (European ..., 2012).

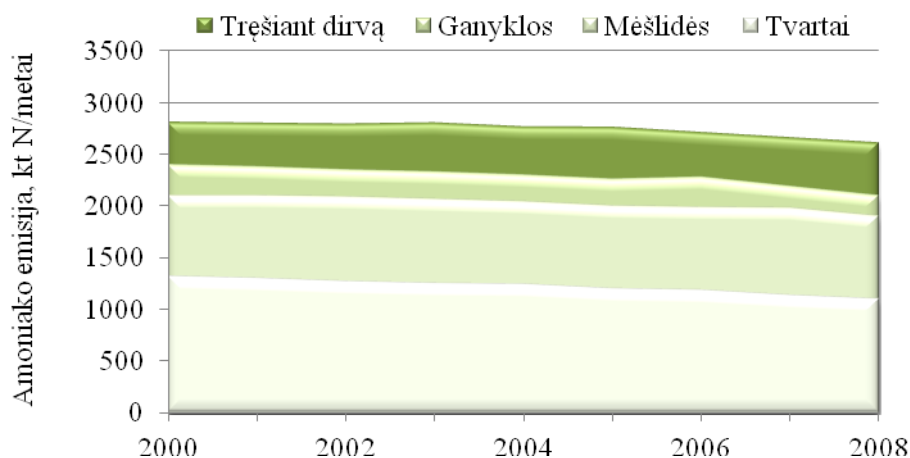


1.1 pav. ES–27 valstybėse amoniako emisijos iš žemės ūkio sektoriaus dalis bendroje emisijoje

1.1 lentelė. Amoniako emisija žemės ūkyje 1990–2010 metų laikotarpiu ES–27 valstybėse (European..., 2012)

	Amoniako emisija iš žemės ūkio sektoriaus			
	1990	2010	Pokytis 1990–2010	Tenkanti dalis ES–27
	kilotonomis			%
ES–27	4,790	3,364	-29,8	100
Belgija	113	64	-43,1	1,9
Bulgarija	106	36	-65,8	1,1
Čekija	156	66	-57,7	2,0
Danija	113	72	-36,7	2,1
Vokietija	663	513	-22,5	15,3
Estija	24	10	-60,0	0,3
Airija	107	105	-1,8	3,1
Graikija	85	62	-26,3	1,9
Ispanija	299	343	14,8	10,2
Prancūzija	693	628	-9,4	18,7
Italija	457	358	-21,7	10,7
Kipras	5	5	0,1	0,1
Latvija	47	16	-66,2	0,5
Lietuva	83	30	-64,3	0,9
Liuksemburgas	5	4	-9,4	0,1
Vengrija	121	64	-47,2	1,9
Malta	2	1	-20,0	0,0
Nyderlandai	334	107	-68,1	3,2
Austrija	61	58	-4,2	1,7
Lenkija	491	266	-45,9	7,9
Portugalija	51	43	-16,7	1,3
Rumunija	273	143	-47,7	4,2
Slovėnija	20	17	-16,1	0,5
Slovakija	63	24	-62,5	0,7
Suomija	36	34	-5,7	1,0
Švedija	49	44	-10,6	1,3
Jungtinė Karalystė	335	253	-24,5	7,5

Europos aplinkos agentūros duomenimis, ES–27 valstybėse daugiausia NH_3 patenka į atmosferą iš tvartų (~ 1200ktN arba 44% nuo bendros emisijos), mėšlidžių (29%), tręšiant dirvą (19%), o mažiausiai iš ganyklų (8%), (1.2 pav.).



1.2 pav. NH_3 emisija ES–27 valstybėse iš įvairių šaltinių gyvulininkystėje: tvartų, mėšlidžių, ganyklų ir tręšiant dirvą (Statistics..., 2012)

1.2 paveiksle pateiktiems duomenims, mažai prieštarauja ir įvairiais laikotarpiais mokslininkų pateikiami tyrimų rezultatai (Zahner et al., 2005; Swensson et al., 2002; Eurich–Menden, 1993; Velthof et al., 2012). Apibendrinus jų rezultatus, amoniako emisijos gyvulininkystėje struktūra yra tokia: iš tvartų sudaro vidutiniškai 37 %, tręšiant dirvą laukuose – 38%, iš mėšlidžių – 21%, ganyklose – 4%.

Daugiausia amoniako išsiskiria į aplinką laikant galvijus (apie 50% bendrosios amoniako emisijos žemės ūkyje), kiaules – 20–22 %, paukščius – 7–21 %, naudojant mineralines trąšas – 9–18 %, o laikant arklius, avis ir kitus gyvūnus – 3–9 % (Eurich–Menden, 1993; Dedl, 2007). Daugiausia amoniako sklinda iš galvijų tvartų dėl organinių komponentų bakterinio ir fermentinio skaidymosi ekskrementuose (Burton et al., 2003). Laikant galvijus į aplinką patenka apie pusė bendrosios amoniako emisijos žemės ūkyje.

Amoniako emisijos iš mėšlo procesas yra labai sudėtingas, kurį įtakoja daug veiksnių: temperatūra, oro drėgnis, oro greitis, mėšle esančių baltymų kiekis, mėšlo drėgmė ir pH, vandens garavimo intensyvumas iš mėšlo ir kt.

Amoniako emisijos intensyvumas karvidėje, priklausomai nuo gyvulių laikymo technologijos, esti įvairus: Lietuvoje jis kinta nuo 5 iki 14 kg pertvartinį laikotarpį (220 d.), vienai gyvulio vietai, Vokietijoje – 3,5–17,0 kg pertvartinį laikotarpį (190 d.), Nyderlanduose – apie 13,9 kg per tvartinį laikotarpį (190 d.), o iš mėšlidės – tik apie 7,9 kg per metus (Mosquera et al., 2006; Kavolėlis ir kt., 2004). Amoniako garavimo intensyvumas Lietuvos ir užsienio tvartuose iš gyvulio vietos skirtingose karvidėse pateikiamas 1.2 lentelėje.

1.2 lentelė. Amoniako emisijavairiose karvidėse

<i>Mokslinių tyrimų autoriai</i>	<i>Amoniako emisija iš vienos karvės vietos karvidėje</i>
Hartung, Brose (Junglbluth et al., 2001).	15,8 kg/per tvartinį laikotarpį (190 d.) – palaido laikymo karvidėje, 4 kg/per tvartinį laikotarpį (190 d.) – saitinėje karvidėje.
Ogink(Melse et al., 2005).	6,1 kg/per tvartinį laikotarpį (190 d.) – saitinėje karvidėje.
Cole,Parker(Shi et al., 2001) Groenestein (Groenestein, 1993).	8,9 kg/per tvartinį laikotarpį (190 d.) – palaido laikymo karvidėje.
Charles (Charles, 1994).	16 kg/per tvartinį laikotarpį (190 d.) – palaido laikymo karvidėje, 4,5 kg/per tvartinį laikotarpį (190 d.) – saitinėje karvidėje.
Junglbluth, Hartung (Brose et al., 1996).	2,4 kg/per tvartinį laikotarpį (190 d.) – bekrakėje, boksinėje karvidėje.
Kavolėlis (Kavolėlis, 2004).	6,4kg/per tvartinį laikotarpį (220 d.) – boksinėje su grotelinėmis grindimis karvidėje, 3,8kg/per tvartinį laikotarpį (220 d.) – neapšiltintoje boksinėje karvidėje, 3,7 kg/per tvartinį laikotarpį (220 d.) – neapšiltintoje boksinėje karvidėje, 6,4 kg/per tvartinį laikotarpį (220 d.) – apšiltintoje boksinėje karvidėje.
Neoficialus standartinis NH ₃ emisijos intensyvumas (Kavolėlis, 2004).	8,8 kg/per tvartinį laikotarpį (190 d.).
Metz , Uenk, Phillips, Holden, Sneath, Short, White, Hartung, Seedorf (Groot Koerkamp et al., 1998).	1,1–8,6kg/per tvartinį laikotarpį (190 d.) – boksinėje su grotelinėmis grindimis karvidėje.
Burgess, Short, Phillips, Clark, Wathes (Demmerset al., 1998); Strøm, Li, Rom, Morsing, Dahl, Wang (Zhanget al., 2005).	1,2–6,1 kg/per tvartinį laikotarpį (190 d.) – neapšiltintoje boksinėje karvidėje.

Daugelis užsienio mokslininkų pripažįsta, kad amoniako dujų išsiskyrimo kiekis gali skirtis vieno regiono nuo kito, nes tai priklauso ne tik nuo valdymo sistemos, bet taip pat dėl skirtingų pastatų tipo, gyvulių laikymo technologijos, mėšlo šalinimo sistemos, mėšlo užteršiamų plotų, skirtingų klimato sąlygų (vėjo greitis, vėjo kryptis, temperatūra, santykinis oro drėgnumas), (Groot Koerkamp et al., 1998; Snell et al., 2003).

1.2. Oro taršos kontrolė žemės ūkyje

Lietuvos Respublikos ilgalaikės gyvulininkystės plėtros strategijos iki 2020 metų koncepcijoje numatoma, kad gyvulininkystė Lietuvoje yra svarbi žemės ūkio sritis. Šios srities plėtrai šalyje yra palankios gamtinės sąlygos, susiformavusios gyvulių auginimo tradicijos, sukaupta patirtis. Gyvulininkystė (ypač galvijininkystė) yra reikšminga aprūpinant Lietuvos vartotojus įvairiais maisto produktais ir svarbus Lietuvos eksporto šaltinis. Gyvulininkystės produktai sudaro apie pusę žemės ūkio produkcijos (2010 m. – 52,5 %).

Tačiau gyvulininkystėje yra vienas iš didžiausių taršos šaltinių – mėšlas. Jo kaupimas bei utilizavimas reglamentuojamas aplinkos apsaugos reikalavimais (Aplinkosaugos..., 2005), kurie privalomi visiems ūkiams, turintiems daugiau kaip 10 sutartinių gyvulių (SG). Kai kurios atskiros reikalavimų nuostatos galioja net ir mažiau gyvulių laikantiems ūkininkams. Vienas sutartinis gyvulys atitinka mėšlo šaltinį, kurio per metus išskiriamame mėšle yra 100 kg azoto. Tvarkant mėšlą ūkyje, ypač stambiame, siekiama diegti geriausias žemės ūkio produkcijos gamybos būdus. Naujos ar senos, laiko patikrintos mėšlo kaupimo technologijos yra geros, jei efektyviai mažina azoto nuostolius ir aplinkos taršą. Jei mėšlidė netvarkinga, neįrengta srutų kaupykla, dalis maisto medžiagų išteka su lietaus vandeniu iš mėšlidės. Neatsiejamas ir Nitratų direktyvos (91/676/EEB) įgyvendinimas, kuris pirmiausiai yra nukreiptas mažinti gruntinių vandenų taršą nitratais. Nitratų direktyvos įgyvendinimui yra numatytos fiskalinės priemonės, kuriomis remiami žemės ūkio subjektai įgyvendinantys priemones mažinančias aplinkos taršą azotiniais junginiais. Prie Nitratų direktyvos įgyvendinimo taip pat galima priskirti pažangaus ūkininkavimo taisyklių ir patarimų vykdymą, kuriose nurodoma kaip vykdyti subalansuotą žemdirbystę, o taip pat optimizuoti medžiagų, patenkančių į dirvą kiekį (ypatingai azotinių junginių), (Europos..., 1991).

Pastaraisiais dešimtmečiais vis akivaizdžiau pasireiškianti klimato kaita kelia grėsmę aplinkai, ūkinei veiklai ir kartu pasaulio ekonomikos vystymuisi. Lietuvoje vykstantys klimato svyravimai yra neatsiejama viso Žemės rutulio klimato sistemoje vykstančių procesų dalis. Lietuva yra neapsaugota tiek nuo pasaulinių klimato pokyčių, tiek nuo jų padarinių, todėl Lietuvai aktuali Jungtinių Tautų bendroji klimato kaitos konvencija (Jungtinių..., 1995), Valstybinė aplinkos monitoringo programa (Valstybinė..., 1998), Europos Bendrijos Tarybos direktyva 91/676/EEB dėl vandenų apsaugos nuo taršos nitratais iš žemės ūkio šaltinių (Europos..., 1991), Europos Bendrijos Tarybos direktyva 98/58/EB dėl ūkinės paskirties gyvūnų apsaugos (Europos..., 1998), Europos Bendrijos Tarybos direktyva 91/629/EEB nustatanti būtiniausias veršelių apsaugos reikalavimus (Europos..., 1991), Jungtinių tautų bendrosios klimato kaitos Konvencijos Kioto Protokolas (Jungtinių..., 1997). Baltijos jūros aplinkos apsaugos (Helsinkio arba HELCOM) komisija paruošė rekomendacijas, skirtas oro apsaugai (HELCOM, 1998).

Siekiant apsaugoti gyvulius ir aplinką, parengta daug svarbių teisės aktų: Aplinkosaugos reikalavimai mėšlui tvarkyti (Aplinkosaugos..., 2005), Galvijų pastatų technologinio projektavimo taisyklės ŽŪ TPT 01:2009 (Galvijų..., 2009), Sanitarinių apsaugos zonų ribų nustatymo ir režimo taisyklės (Sanitarinių..., 2004), Nuotekų tvarkymo reglamentas (Nuotekų..., 2006), Geros ūkininkavimo praktikos reikalavimai (Geros..., 2004), Pažangaus ūkininkavimo taisyklės ir patarimai (Pažangaus..., 2007). Taip pat kuriamos tarptautinės

organizacijos, kurių tikslas yra skatinti vienodų tarptautinių maisto standartų (CAC) priėmimą, įskaitant ir tuos, kurie susiję su žemės ūkio chemikalų (pesticidų) likučiais. Ekonominio bendradarbiavimo ir plėtojimo organizacija (OECD) skatina, globoja tarptautinį bendradarbiavimą aplinkos apsaugos klausimais, įskaitant žemės ūkį ir taršą.

Europos Parlamento 2006 m. nutarime, skirtame oro taršai mažinti, teigiama, kad oro tarša yra pagrindinė Europos gyventojų mirčių ir ligų priežastis. Dėl to kiekvieno asmens statistinė vidutinė gyvenimo trukmė sumažėja vidutiniškai 8 mėnesiais. Žemės ūkyje svarbiausia tarša yra amoniakas, kuris žaloja ekosistemas. Oro tarša pakenkė 55% Europos ekosistemų. Dėl NH₃ kyla rūgštėjimo problemos. Pagal galiojančius teisės aktus, amoniako emisija iki 2020 m. turi sumažėti 4%, o Europos parlamentas siūlo sumažinti emisiją 27%.

Lietuva įgyvendinant Tolimųjų tarpvalstybinių oro taršalų pernašų konvenciją (Tolimųjų..., 2001) ir Tolimųjų tarpvalstybinių oro teršalų pernašų konvencijos Geteborgo protokolą, dėl rūgštėjimo, eutrofikacijos ir pažemio ozono mažinimo turi užtikrinti, kad Lietuvoje metinė amoniako emisija 2010 m. ir kiekvienais vėlesniais metais neviršys 84 000 tonų (Tolimųjų..., 2004). Jungtinių Tautų Europos Ekonomikos komisijos Amoniako emisijos ekspertų grupė pasiūlė visoms Europos valstybėms įgyvendinti NH₃ emisijos monitoringą bei sumažinti NH₃ emisiją žemės ūkyje, rekomendavo visose valstybėse parengti ir paskelbti konkrečius patarimus taršai mažinti (UN/ECE, 2000). Tarptautinėmis nuostatomis suformuluotos tik bendriausio pobūdžio rekomendacijos amoniako emisijai gyvulininkystėje mažinti, visose valstybėse reikia įvertinti jų aplinkosauginį, ekonominį efektyvumą bei pagrįsti naujas priemones amoniako emisijai mažinti.

Daugelyje valstybių seniai ribojama dujų kenkiančių gyvuliams ir žmonėms koncentracija tvarto ore. Leistiną amoniako dujų koncentraciją tvarto ore kiekviena valstybė reglamentuoja teisiniais aktais, rekomendacijomis (Horntvedt, 2001; Caenegem et al., 2000). Daugelyje Europos šalių, atsižvelgiant į dirginančias amoniako savybes, didžiausia koncentracija tvarte nustatyta 25 ppm per 8 valandų darbo dieną. Švedija yra vienintelė išimtis, nes šioje šalyje didžiausia koncentracija yra nustatyta 10 ppm (Groot Koerkamp et al., 1998). Atsižvelgiant į kumuliacinį efektą ir kitus kenksmingus faktorius (t.y. dulkes ir endotoksinus), žmonėms gali būti nustatoma 7 ppm ribinė amoniako koncentracija. Lietuvoje galvijų pastatų technologinio projektavimo taisyklės iki 3 mėn. amžiaus veršelių patalpose riboja amoniako koncentraciją iki 15 ppm, o prieauglio ir suaugusių galvijų tvartuose – iki 20 ppm (1.3 lentelė).

Žemės ūkis yra vienas iš didžiausių amoniako sukeltos taršos šaltinių. Todėl Europos Parlamentas siūlo mažinti amoniako emisiją gyvulininkystėje, intensyviai ūkininkaujant, naudojant trąšas bei pasinaudoti žemės ūkio subsidijomis sprendžiant amoniako taršos mažinimo problemą.

1.3 lentelė. Kontroliuojamų amoniako dujų koncentracija tvarto ore (Galvijų..., 2009)

Dujos	Rekomenduotina koncentracija		Didžiausia leistina koncentracija	
	ppm	mg m ⁻³	ppm	mg m ⁻³
NH ₃	< 10	< 7	20	15

Europos valstybėse kvapų sklidimas iš gyvulininkystės objektų pradėtas kontroliuoti prieš 40 metų, amoniako – prieš 30 metų. Dėl šios ir kitų priežasčių pastaraisiais metais suintensyvėjo gyvulininkystės technologijų vertinimas aplinkosauginiu požiūriu. Pradėta riboti maksimali amoniako emisija iš tvartų.

1.3. Biologinių preparatų panaudojimas dujų emisijai mažinti

Mikroorganizmams skaidant organiką ir esant anaerobinėms sąlygoms, vyksta biodegradacija dalyvaujant SRM (sierą redukuojantys mikroorganizmai). Šių mikroorganizmų metabolizmo procesų metu išsiskiria pavojingos medžiagos, priklausomai nuo proceso sąlygų skiriasi amoniakas ir kitos kenksmingos dujos.

Mažinti oro taršą galima naudojant įvairias prevencines (aeravimas, šarminimas, temperatūrinė higienizacija ir kt.), technologines (skruberiai, biofiltrai, ozonavimas, švitinimas), chemines priemones (sintetiniai eteriniai aliejai, terpenai, glikoliai, etileno oksidas ir kt.) ir metodus. Cheminės priemonės yra maskuojamosios ir pakeičia tik diskomforto ribą, tačiau nepašalina nemalonių kvapų atsiradimo priežasčių. Dezodoravimo metu susidarančių junginių kenksmingumas nėra nustatytas. Kiti cheminiai preparatai, kurie skirti dezinfekuoti taršos objektą, yra toksiški ir sunaikina tiek patogeninę, tiek probiotinę mikroflorą, o jų likutiniai produktai gali išlikti toksiški ilgą laiką. Todėl ūkininkaujant inovatyviai reikia rasti kuo natūralesnius būdus sumažinti kenksmingą dujų sklidimą į aplinką.

Norint nenuvalinti dirvų, jas reikia tręšti mėšlu. Pažangaus ūkininkavimo taisyklėse ir patarimuose teigiama, kad 1 t humuso susidaryti reikia 12–15 t gero mėšlo (20–25 proc. sausosios medžiagos). Tačiau mėšlas, atsižvelgiant į mėšlo ir srutų tvarkymo aplinkosaugos reikalavimus, neturi lemti aplinkos taršos, nes paskleistas mėšlas kartu su srutomis gali nutekėti į miškus, pamiškes, vandens telkinius, užteršti šaltinius ar net šulinius.

Taigi gyvulių mėšlas, atsižvelgiant į jo laikymą, perdirbimą ir panaudojimą, gali būti pagrindinis dirvos gerinimo šaltinis, subalansuotos trąšos bei augimą skatinančios mikrofloros šaltinis. Tačiau jis gali būti ir dirvos, paviršinių vandenų teršėjas, patogeninės mikrofloros platintojas ir kt.

Vienas svarbiausių veiksnių, lemiančių dirvos kokybę, yra jos mikrobiologinė sudėtis. Optimalus mėšlo naudojimo rezultatas yra dirvos praturtinimas humusinėmis medžiagomis ir mineralizacijos procesų dirvoje skatinimas. Taigi svarbus yra ne tik mikroorganizmų, dalyvaujančių mėšlo perdirbimo procesuose, kiekis, bet ir jų sudėtis bei galimybės skatinti dirvos humifikacijos procesus.

Neapdorotame mėšle nėra humusinių medžiagų, kraiko organinės medžiagos yra augalams neprieinamos būklės. Dirvoje paskleistas šviežias mėšlas trumpam gali sukelti net denitrifikacijos procesus arba užkrėsti dirvą patogenine mikroflora, piktžolių sėklomis ir t. t. Jeigu mėšle nėra arba trūksta atitinkamos mikrofloros, minėti destruktiniai procesai gali vykti labai lėtai. Todėl mėšlui tvarkyti ir paruošti jį kaip dirvos gerinimo priemonę bei aukštos kokybės pailginto veikimo trąšą tiekėjų siūloma naudoti biopreparatus.

Neapdorojant mėšlo ir srutų maistingosios medžiagos išgaruoja ir teršia orą, supuvusios srutos tampa ėsdinančiomis, susidaro plaukiojančios plutos ir kanalų kamščiai, dėl mėšlo drėgnumo ir lipnumo, jo valymas gali tapti komplikuotas.

Keičiant biopreparatų panaudojimo normą ir būdą, jie gali būti naudojami skirtingiems tikslams - tvartų ir melžimo aikštelių higienizavimui, srutų suskystinimui, mikrobinės taršos sumažinimui, kanalų kamščių ir plaukiojančių plutų pašalinimui bei srutų daubų apdorojimui.

Norint efektyviai naudoti biologinius preparatus, reikia vadovautis moksliskai pagrįstomis jų naudojimo rekomendacijomis, atitinkančiomis inovatyvias gyvulių laikymo technologijas.

2. TYRIMŲ METODIKA

2.1. Tyrimų sąlygos ir eiga

Tyrimai atlikti 2014–2015 m. Aleksandro Stulginskio universitete, Žemės ūkio inžinerijos fakultete, Energetikos ir biotechnologijų inžinerijos institute, Termoenerginų procesų ir emisijos laboratorijoje.

Tyrimams naudojome galvijų mėšlą, nes daugiausia amoniako išsiskiria į aplinką laikant galvijus (apie 50 %). Skystasis šviežias mėšlas paimtas iš aikštelės prie melžimo patalpos pusgilėje karvidėje. Karvidėje buvo imami mėšlo mėginiai į 40 l talpos kameras. Siekiant užtikrinti kameroje mėšlo homogeniškumą, mėšlas tvarte išmaišomas ir tada sukraunamas į kameras. Tyrimai atlikti nustatant amoniako emisiją iš laikomo mėšlo be priedų ir mėšlą apdorojus biologiniu preparatu BP Odor Away (2.1 pav.).



2.1 pav. Konservuota probiotinė kompozicija BP Odor Away

Įmonės EkoAgro Probiotikai diegiamas biopreparatas BP Odor Away (tyrimo metu dar SCD Odor Away), skirtas naudoti kaip inhibitorius siekiant paveikti redukuojančius mikroorganizmus bei kitus patogenus, kurių poveikyje ir susidaro kvapai. Šio produkto paskirtis yra šalinti kvapus ir mažinti jų susidarymą, taip pat higienizuoti įrangą, paviršius, pakratus, mėšlą ir t.t. Efektyviam šio probiotiko panaudojimui reikia vadovautis moksliskai pagrįstomis jo naudojimo sąlygomis, atitinkančiomis modernias gyvulių laikymo technologijas.

Probiotinė kompozicija BP Odor Away yra koncentruotas ir konservuotas biopreparatas. Prieš naudojimą turi būti skiedžiamas vandeniu, neturinčiu aktyvaus chloro. Tyrimų metu naudojama probiotinė kompozicija - BP Odor Away skirta sveikinti gyvūnus, atliekant higienizaciją. Daugumoje atvejų rekomenduojama naudoti tik koncentruotas probiotines kompozicijas jas skiedžiant vandeniu naudojimo vietose. Koncentruotoje probiotinėje kompozicijoje 1 cm³ yra apie 7 milijardai mikroorganizmų. Konservuotos probiotinės kompozicijos BP Odor Away naudojimo trukmė 18 – 24 mėnesiai. Probiotinės kompozicijos

mikroorganizmai koncentrate yra anabiozinėje būklėje, kurią sukelia žemas pH, t.y. apie 3,5. Produktai laikomi anaerobinėse sąlygose, t.y. visada hermetiškai uždaruose induose. Produktai laikomi ir transportuojami tik plastikinėje neperšviečiamoje taroje. Mikroorganizmai yra jautrūs saulės spindulių (ultravioletinių (UV)) spektrui, taigi probiotinių kompozicijų nerekomenduojama laikyti saulės apšviečiamoje vietoje. Rekomenduojama produktų transportavimo bei laikymo temperatūra yra 10 – 35°C.

Tyrimams naudotos dvi plastikinės 40 l talpos kameros (2.2 pav.), į kurias supilame mėšlą ir patalpiname vėjo tunelyje. Talpos su tiriamuoju objektu - mėšlu laikomos aerobinėmis sąlygomis.

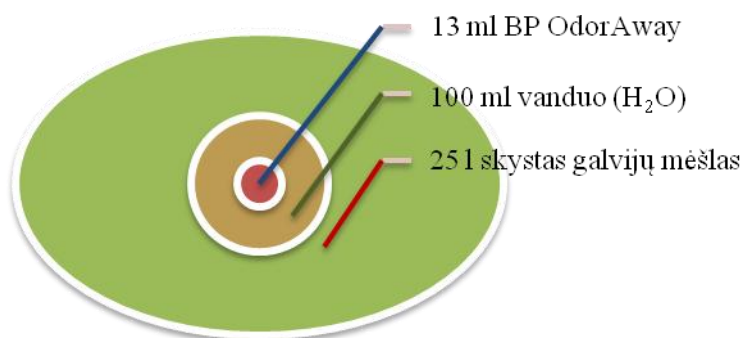


2.2 pav. Mėšlo kameros su mėšlu, kurios įdedamos į vėjo tunelį

Mėšlas tyrimams paruošiamas pagal 2.3 pav. pateiktą schemą. Naudojamos dvi kameros su mėšlu, pirmoje mėšlas apdorojamas biopreparatais, o antroje mėšlas be priedų.

Pirma kamera – skystasis galvijų mėšlas, apipurkštas vandens ir mikrobiologinės kompozicijos BP OdorAway tirpalu. Kameroje esančio turinio sudėtis:

- ⇒ 25 l skystas galvijų mėšlas;
- ⇒ 13 ml BP OdorAway;
- ⇒ 100 ml vanduo (H₂O).



2.3.pav. Biologinių preparatų mišinio paruošimas ir naudojimas

Antra kamera – skystas galvijų mėšlas: 25 l skystojo galvijų mėšlo.

Buvo atliekami tyrimai ir nustatoma amoniako emisija iš kontrolinio mėšlo (mėšlas be priedų) ir biologinių preparatų mišinio tirpalu apdoroto mėšlo, esant įvairiai mėšlo laikymo trukmei ir vėdinimo intensyvumui.

2.2. Dujų emisijos tyrimų metodas

Dujų koncentracijai matuoti naudojami įvairūs jutikliai: elektrocheminiai, lazerinės spektroskopijos ir kt. Žinant dujų koncentraciją uždaroje talpoje, galima nustatyti ir dujų emisiją. Tam yra taikomi keletas metodų: masės srauto, aerodinaminės kameros, statinės kameros, pagal indikatorinių dujų sklaidą patalpos ore.

Bendrajam dujų emisijos intensyvumui tirti gali būti taikomas masės srauto metodas. Žinant kameros vėdinimo intensyvumą G ($\text{m}^3 \text{h}^{-1}$) ir dujų koncentraciją į kamerą įeinančiame C_e (mg m^{-3}) ir iš jos šalinamame ore C_o , dujų emisijos intensyvumas apskaičiuojamas (Carlson et al., 1994):

$$E = (C_o - C_e)G \quad (2.1)$$

čia C_e dujų koncentracija į kamerą įeinančiame ore, mg m^{-3} ;

C_o dujų koncentracija iš kameros šalinamame ore, mg m^{-3} ;

G kameros vėdinimo intensyvumas, $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$.

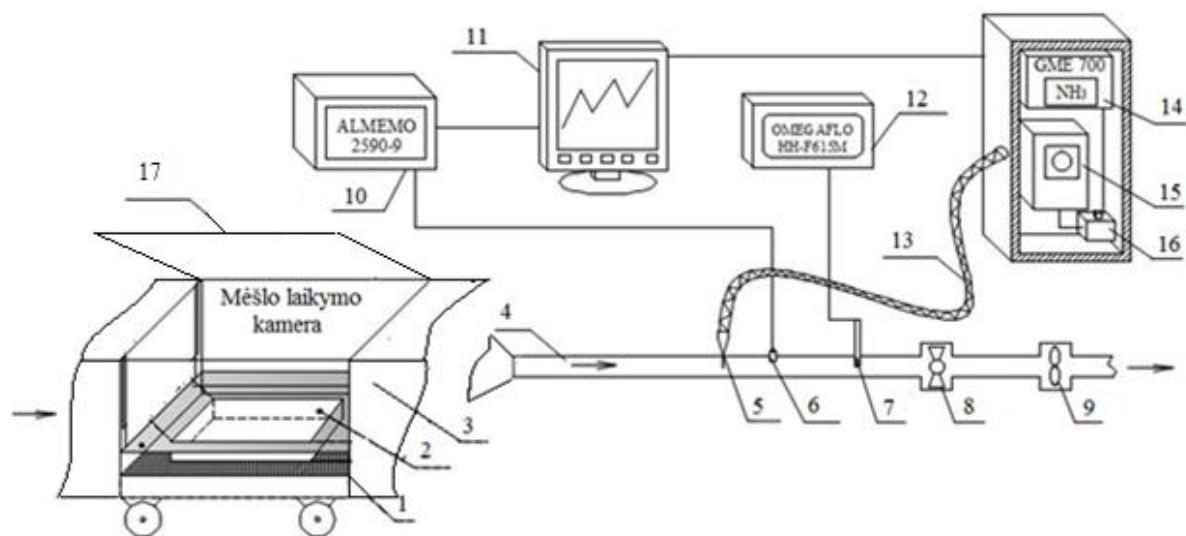
Išanalizavus dujų emisijos tyrimų metodus, įvertinus jų patikimumą ir taikymo galimybes, naudojome masės srauto metodą nustatyti dujų emisijos intensyvumą iš mėšlo.

2.3. Amoniako emisijos iš mėšlo tyrimų metodika ir įranga

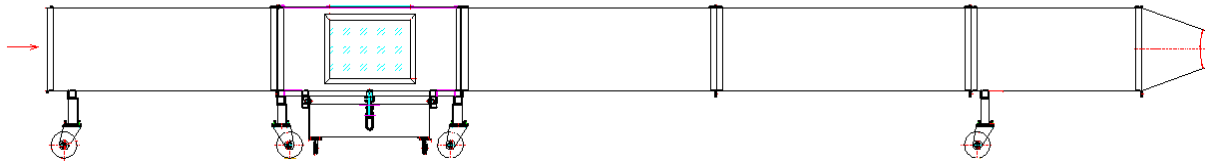
Amoniako emisijos iš mėšlo tyrimus atlikome stende pateiktame 2.4 paveiksle. Prieš tyrimus nustatyta mėšlo pH, sausųjų medžiagų kiekis. Mėšlas 40 litrų talpos kameroje (2) įdedamas į vėjo tunelį. Vėjo tunelio sekcija skirta mėšlui laikyti užsandarinama dangčiu (17). Ortakiu (4) oras siurbiamas iš vėjo tunelio ir virš mėšlo sluoksnio sukuriama kryptingas oro srautas. Oro ištraukimo ortakio (4) skersmuo 100 mm, ilgis 1500 mm. Ortakio ilgis iki oro mėginių paėmimo zondo yra 1000 mm, t.y. 10 kartų didesnis nei jo skersmuo. Toks ortakio ilgis užtikrina kad jame nusistovėtų laminarinis oro srautas. Vėjo tunelio vėdinimo intensyvumas keičiamas oro ištraukimo ortakyje (4) sumontuota sklende (8) keičiant ortakio skerspjuvio plotą ir dažnio keitikliu keičiant ventiliatoriaus (9) sūkius. Oro mėginiai iš ortakio paimami zondais (5) ir šildoma žarna (13) tiekiami į dujų analizatorių (14). Oras į analizatorių

tiekiamas nepertraukiamai siurbliu (16), kurio našumas 6 l min^{-1} . Kad oras nesikondensuotų, jis pašildomas žarnoje (13) ir elektra šildomose sklendėse (15) pakaitinamas iki 150°C . Pradedant tyrimus dujų analizatorius (14) užprogramuojamas fiksuoti amoniako dujų koncentracijos vertes kas 1 min. Emisijos intensyvumą galima apskaičiuoti pagal (2.1) lygtį.

Laboratoriniai tyrimai buvo atliekami 3 mėnesius. Mėšlas supilamas į plastikines kameras (2.2 pav.): pirmoje kameroje mėšlas sumaišomas su biologiniu preparatu, o antroje paliekamas mėšlas be priedų. Mėšlas abiejose kamerose laikomas tomis pačiomis aerobinėmis sąlygomis, esant pastoviai temperatūrai $18,7 \pm 0,2^\circ\text{C}$. Periodiškai kas 10 dienų kiekviena mėšlo kamera įdedama į vėjo tunelį ir nustatoma amoniako emisija iš mėšlo. Prieš atliekant tyrimą mėšlas išmaišomas medine mentele. Kiekvienas emisijos tyrimas vykdomas iki 1,5 valandos. Tyrimas atliekamas esant pastoviam oro srautui virš mėšlo ir pastoviai aplinkos temperatūrai. Oro greitis 100 mm skersmens ortakyje (2.4 pav.) prieš kiekvieną tyrimą nustatomas – $0,1 \pm 0,02 \text{ m s}^{-1}$. Analizuojant oro judėjimo greičio įtaką amoniako emisijai, tyrimai atlikti esant $0,1$ ir $0,7 \text{ m s}^{-1}$ oro greičiui.

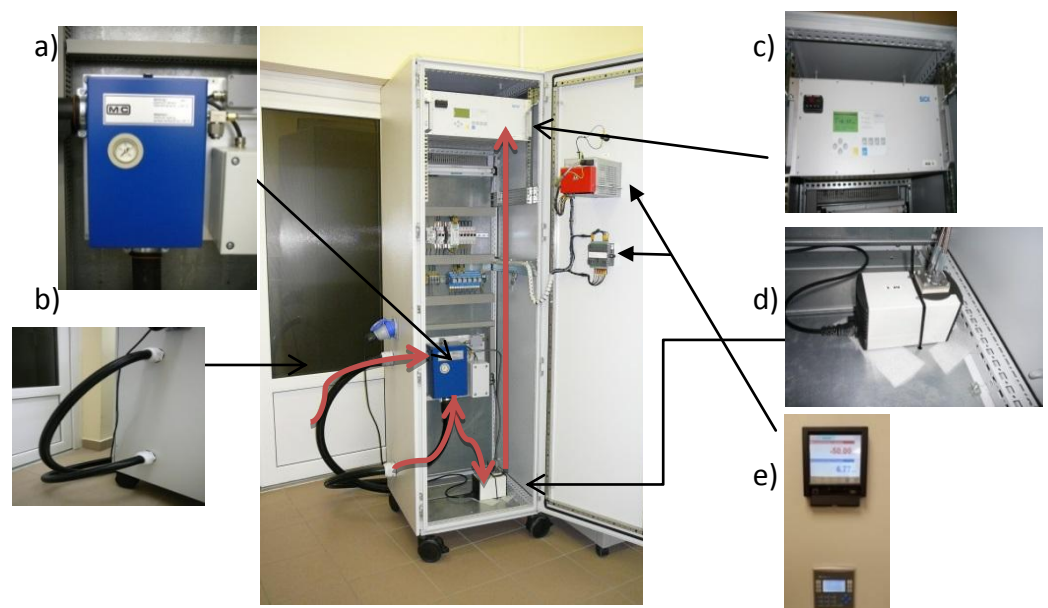


2.4 pav. Amoniako emisijos iš mėšlo tyrimų stendo schema: 1- padėklas su ratukais, ant kurio padedama mėšlo kamera; 2 – kamera mėšlui sudėti; 3 – sandari, iš skaidrios medžiagos pagaminta vėjo tunelio (2.5 pav.) kamera, 4 – oro ištraukimo ortakis; 5 – oro mėginių ėmimo zondas; 6 – termooanemometro jutiklis; 7 – temperatūros ir drėgnio jutikliai; 8 – sklendė; 9 – ventiliatorius su dažnio keitikliu; 10 – matuoklis-kaupiklis „Almemo 2590-9“; 11 – kompiuteris (programa AMR); 12–anemometras „OMEGAFLO HH-F615M“; 13 – šildoma oro tiekimo žarna; 14 – lazerinis dujų analizatorius „GME700“; 15 – elektra šildomos trikanalės sklendės; 16 – membraninis oro siurblys; 17 – dangtis.



2.5 pav. Vėjo tunelis (kanalas, kuriame įrengta viena sekcija mėšlui laikyti. Sekcija pagaminta iš skaidrios medžiagos)

Amoniakio (NH_3) dujų koncentracijai matuoti buvo naudojamas analizatorius GME700 (2.6 pav.). Matavimo ribos NH_3 nuo 0 ppm iki 2000 ppm. Šis prietaiso matavimo principas – lazerinė spektroskopija. Analizatoriuje įrengtas siurbiamų dujų pašildymas, todėl dujų kondicionavimo priemonėmis užtikrinama, kad celė nebūtų užteršta ir joje nesusidarytų kondensatas. Siekiant užtikrinti, kad darbinė temperatūra būtų didesnė už ėminio rasos taško temperatūrą, naudojamos elektra šildomos trikanalės sklendės. Darbo režimas: automatinis (nepertraukiamas arba ciklinis matavimas su duomenų kaupimu).



2.6 pav. Amoniakio dujų koncentracijos matavimo sistema lazeriniu analizatoriumi GME700: a) elektra šildomos trikanalės sklendės; b) šildomos oro tiekimo žarnos; c) lazerinis amoniako dujų analizatorius; d) membraninis oro siurblys; e) valdymo ir tikrinimo programinės įrangos blokas; **→** oro tiekimas į analizatorių.

Oro temperatūra ir drėgnis matuojamas temperatūros ir drėgnio jutikliais (6), sujungtais "Almemo 2590–9" sistemoje (10). Matavimo ribos: temperatūros nuo $-30\text{...}60\text{ }^\circ\text{C}$, santykinio oro drėgnio – $5\text{...}98\%$, prietaiso tikslumas $\pm 0,1\%$.

Anemometru OMEGAFLO HH–F615M (12) matuojamas oro judėjimo greitis, kuris perskaičiuojamas į oro srauto intensyvumą. Matavimo ribos $0\text{--}30\text{ m s}^{-1}$, tikslumas $\pm 0,1\text{ m s}^{-1}$.

2.5. Statistinis duomenų vertinimas

Kiekvienas matavimas yra neišvengiamai susijęs su tam tikru netikslumu. Matavimo rezultatų patikimumui didelę įtaką gali daryti atsitiktinės paklaidos. Jų priežastys yra atsitiktiniai ir eksperimento metu nekontroliuojami trikdžiai, kurių įtakos matavimo rezultatui tiesiogiai įvertinti negalima dėl to, kad trikdžių yra daug, jų prigimtis įvairi ir poveikis skirtingas. Jei atsitiktinės paklaidos yra tos pačios eilės arba gerokai didesnės už sistemingasias, tai, matuojant dydį kelis kartus, gaunamos skirtingos jo vertės. Tokiu atveju nuokrypio nuo tikrosios dydžio vertės ženklas ir absoliutusias didumas nuolat kinta. Tačiau daugkartinių matavimų atsitiktinėms paklaidoms galioja statistikos dėsniai, todėl atsitiktinę paklaidą galima ženkliai sumažinti tą patį dydį matuojant daug kartų.

Laboratoriniame stende tyrimai buvo pakartojami 4 - 6 kartus. Analizuojant tyrimų duomenis, apskaičiuoti rodiklių aritmetiniai vidurkiai, jų standartinės paklaidos. Statistinis duomenų patikimumas įvertintas pagal Stjudento kriterijų. Standartinės paklaidos ir mažiausio patikimumo skirtumo riba apskaičiuotos statistinio reikšmingumo $p < 0,05$ lygmeniu.

3.BIOLOGINIŲ PREPARATŲ POVEIKIS AMONIAKO EMISIJAI IŠ GALVIJŲ MĖŠLO

3.1. Amoniaکو emisijos šaltiniai karvidėse ir veiksnių, įtakojančių emisiją, kaita

Lietuvoje keičiasi karvių laikymo technologijos, besikuriančiuose ir rekonstruojamuose ūkiuose siekiama pritaikyti racionalius statybinius ir technologinius sprendimus. Apšiltintos saitinės karvidės dažnai rekonstruojamos į gilaus ar pusgilio kraiko, bei boksines karvides, kurių išorinės atitvaros neapšiltinamos arba apšiltinamos tik stogas. Daugiausia naujų karvidžių statoma šaltų ir boksinių. Esant mūsų krašto klimatui, palaidas karvių laikymas pusiau atviruose lengvų konstrukcijų pastatuose užtikrina geras, natūralesnes karvių laikymo sąlygas. Karvidėse taikomos skirtingos karvių laikymo technologijos, mėšlo tvarkymo, šėrimo sistemos, skirtingi vėdinimo techniniai sprendimai, įvairiai įrengiamos guoliavietės, naudojami skirtingi pakratai, o taip pat gyvuliai šeriami skirtingos sudėties pašarais. Todėl skirtinguose tvartuose bus skirtinga ne tik mėšlo sudėtis, bet skirsis ir juo užteršiamų paviršių plotai, tvartuose bus skirtinga oro temperatūra, santykinis drėgnis, oro judėjimo greitis.

Pagrindinis amoniako emisijos šaltinis tvartuose yra mėšlas. Mėšle azotas stipriai sujungtas ir jo perėjimas į amoniakinį azotą vyksta aerobinėmis sąlygomis urino bakterijoms lėtai ardant baltymus. Amoniako emisijos intensyvumą įtakoja daug veiksnių, kurie dažniausiai skiriasi įvairiose karvidėse. Nustatėme inžinerinių sistemų tvartuose labiausiai įtakojančių veiksnių kaitą karvidėse, kurie daro įtaką amoniako emisijai: sausųjų medžiagų kiekį mėšle, mėšlo laikymo tvarte trukmę, mėšlu užteršiamų paviršių plotus, oro temperatūrą, drėgnį.

Mėšlo rūšys ir mėšlu užterštų paviršių plotai tirtose karvidėse pateikti 3.1 lentelėje.

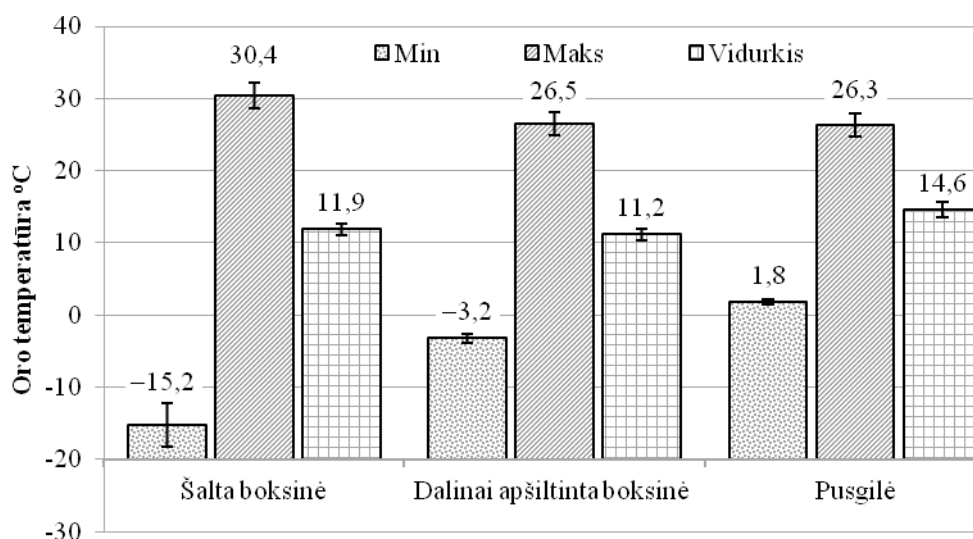
3.1 lentelė. Mėšlu užterštų paviršių plotai karvidėse

Karvidė	Mėšlo rūšis; sausųjų medžiagų kiekis, %	Mėšlu užterštas plotas, m ² karvei
Pusgilė	skystasis; 8,12±0,34	0,42
	pusskystis; 14,85±0,51	0,63
	tirštasis; 21,06±0,68	5,65
Šalta boksinė	pusskystis; 12,97±0,59	4,46
Dalinai apšiltinta boksinė	skystasis; 9,52±0,42	4,54

Karvidėse kaupiasi įvairus mėšlas, dalinai apšiltintoje boksinėje – kanaluose kaupiasi skystasis mėšlas (iš tvarto jis šalinamas kasdien); šaltoje boksinėje – mėšlo takuose būna pusskystis mėšlas (šalinamas 4 kartus per dieną); pusgilėje būna įvairus mėšlo: prie melžimo aikštelės kaupiasi skystasis mėšlas, ėdimo take prie ėdžių – pusskystis, o guoliavietėje – tirštasis. Tirštasis mėšlas iš pusgilės karvidės šalinamas vidutiniškai kartą per mėnesį,

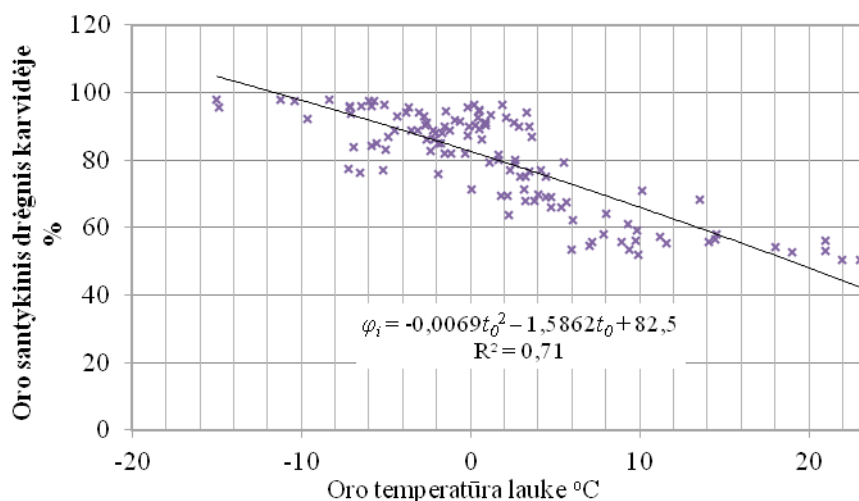
pusskystis – du kartus per savaitę. Skystasis mėšlas tvarte būna iki 24 val., o tirštasis iki 30 dienų.

Gyvulių laikymo sąlygos labai priklauso nuo patalpos oro drėgnio, jame esančių dujų koncentracijos, bei temperatūros, kurią apsprendžia tiek pastato šilumos balansas (galima temperatūra), tiek vandens garų nesikondensavimo ant išorinių atitvarų vidinio paviršiaus sąlyga (leistina temperatūra). Atlikti eksperimentiniai tyrimai 3 skirtingose karvidėse: pusgilėje, šaltoje boksinėje ir dalinai apšiltintoje boksinėje. Karvidės skiriasi laikymo technologija, tvarto statybine konstrukcija, tvarte sukaupiamo mėšlo rūšimis, bei kiekiais ir kt. veiksniais. Pusgilėje karvidėje taikoma tvartinė – ganyklinė sistema (ganymo metu tvarte karvės laikomos tik naktį), o kitose – tvartinė. Atlikus eksperimentinius tyrimus nustatyta karvidės mikroklimato veiksnių kaita įvairiais metų laikais, veiksnių tarpusavio ryšys (Bleizgys et al., 2014; Bagdonienė et al., 2014). Atliekant mikroklimato tyrimus karvidėse, oro parametrai lauke buvo panašūs: oro temperatūra lauke kito nuo $-22,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ iki $31,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tačiau oro temperatūros tvartuose jau skyrėsi ženkliai: šaltoje karvidėje ji buvo nukritus iki $-15,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, o pusgilėje tik iki $1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Aukščiausiai pakilusi temperatūra tvarte taip pat buvo šaltoje karvidėje – iki $30,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Įvertinus temperatūros kaitą įvairiais metų laikais, šilčiausia būna pusgilėje karvidėje. Joje vidutinė metinė oro temperatūra lygi $14,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, kitose karvidėse vidutinė temperatūra šiek tiek mažesnė: šaltoje boksinėje – $11,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, dalinai apšiltintoje boksinėje – $11,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (3.1 pav.).



3.1 pav. Metinės oro temperatūros įvairiose karvidėse Lietuvoje ($p < 0,05$)

Gautas silpnas koreliacinis ryšys tarp oro santykinio drėgnio tvarte ir oro parametrų lauke. Tą sąlygojo kintanti oro apykaita tvarte, kintant temperatūrai. Pastebėta, kad krentant oro temperatūrai, oro drėgnis ženkliai didėja (3.2 pav.).



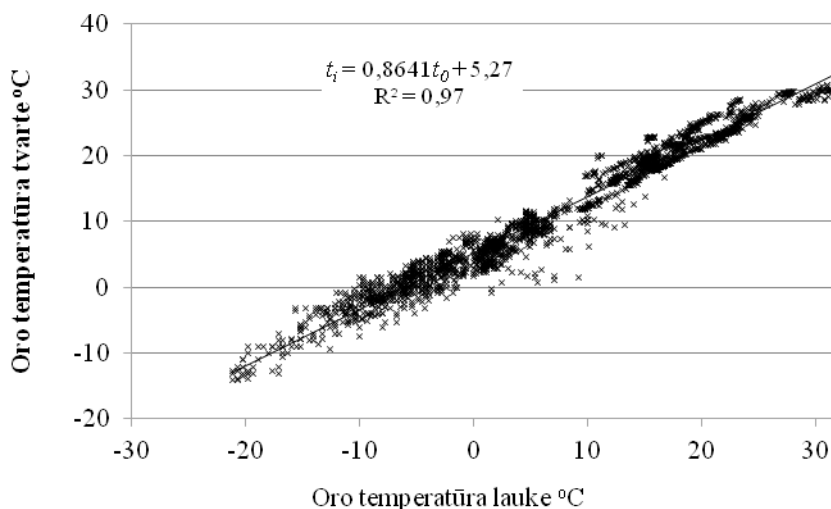
3.2 pav. Oro santykinio drėgno dalinai apšiltintoje boksinėje karvidėje priklausomybė nuo oro temperatūros lauke (vidutiniai paros duomenys)

Didelio oro drėgno karvidėse riežastis – per daug pridaryti arba visai uždaryti vėdinimo kanalai. Ši tendencija pastebima visose karvidėse, krentant oro temperatūrai lauke, dažnai per daug pridaromi vėdinimo plyšiai ir oro santykinis drėgnis padidėja. Mikroklimato parametrai šalčių metu buvo žymiai blogesni. Esant oro temperatūrai lauke žemiau 0 °C, santykinis drėgnis tvarte dažniausiai buvo didesnis kaip 90 %, t.y. didesnis nei maksimaliai leistinas. Taip yra todėl, kad siekiama palaikyti kuo aukštesnę temperatūrą tvarte ir per daug pridaromi vėdinimo kanalai.

Analizuojant įvairių konstrukcijų skirtingai apšiltintų tvartų mikroklimatą, labai svarbus veiksnys yra oro temperatūrų tvarte ir lauke skirtumas, kurį apsprendžia vandens garų kondensavimosi ant išorinių tvarto konstrukcijų sąlygos. Teoriniais tyrimais nustatyta (Kavolėlis ir kt., 2008), kad pakilus oro temperatūrai šaltame tvarte daugiau kaip 6,2 °C už lauko oro temperatūrą ant stogo ir sienų vidinių paviršių gali susidaryti kondensatas, kuris žalingas ne tik tvarto konstrukcijai, bet ir gyvulių sveikatai. Apšiltinus tvarto stogą – temperatūrų skirtumas gali padidėti iki 11 °C. Tyrimų laikotarpiu vidutinis temperatūrų skirtumas tvarte ir lauke ženkliai skyrėsi įvairiose karvidėse: šaltoje karvidėje buvo 4,32±2,63 °C; dalinai apšiltintoje boksinėje – 6,50±4,62 °C, o pusgilėje net 8,16±5,63 °C. Esant dideliame temperatūrų skirtumui, pastebimas vandens garų kondensavimasis net ant apšiltintų stogo konstrukcijų. Šiuose tvartuose sudaromos labai geros sąlygos bakterijų aktyviai veiklai, tvarte net ir šalčių metu būna šilta ir drėgna. Tai skatina ne tik ligų plitimą, bet ir dujų emisiją iš mėšlo.

Nustatytas stiprus koreliacinis ryšys tarp oro temperatūros tvarte ir lauke. Didėjant oro temperatūrai lauke, tiesiškai didėja temperatūra ir visose tirtose karvidėse (3.3 pav.). Prognozuoti oro temperatūrą įvairių konstrukcijų tvartuose priklausomai nuo oro temperatūros

lauke galima pagal 3.3 paveiksle pateiktas regresijos lygtis. Stipriausias koreliacinis ryšys yra šaltoje karvidėje, kuri pakankamai intensyviai vėdinama ir šalčių metu.



3.3 pav. Oro temperatūros šaltoje boksinėje karvidėje priklausomybė nuo oro temperatūros lauke

Kintanti temperatūros ir kt. veiksnių aplinka trijose karvidėse lėmė amoniako koncentracijos kitimą jose įvairiais metų laikais, bei ženklus rezultatų skirtumus lyginant skirtingas karvides. Nors amoniako koncentracija karvidėse įvairiais metų laikotarpiais kito plačiose ribose, tačiau nebuvo didesnė už maksimalią leistiną (20 ppm). Pagrindinė problema karvidėse yra didelis oro drėgnis. Tvirtuose kinta daug veiksnių įtakojančių amoniako emisiją iš mėšlo ir dujų koncentraciją ore. Veiksnių nuolatinė kaita lėmė, kad nustatytas tik silpnas koreliacinis ryšys tarp amoniako koncentracijos karvidėje ir oro temperatūros. Tačiau remiantis gautais rezultatais galima teigti, kad mažėjant temperatūrai karvidėje mažės ir amoniako koncentracija. Šaltoje boksinėje karvidėje oro temperatūrai nukritus iki 0 °C, amoniako koncentracija būna artima 0 ppm. Šiltėjant orui ir kylant oro temperatūrai tvirtuose, didėja ir amoniako koncentracija. Temperatūrai tvarte pakilus iki aukštesnės kaip 20 °C, amoniako koncentracija joje padidėja iki 6,0–7,1 ppm, o pusgilėje karvidėje net iki 11,3–13,2 ppm. Amoniako koncentracija žiemos metu, kai tvarte temperatūra žemesnė kaip 5 °C, buvo iki 2,5–3 kartų mažesnė nei šiltaisiais mėnesiais. Tyrimų laikotarpiu vidutinė amoniako koncentracija pusgilėje karvidėje buvo $7,65 \pm 0,96$ ppm (vidutinė temperatūra 10,9 °C), šaltoje boksinėje – $3,84 \pm 0,29$ ppm (vidutinė temperatūra 9,1 °C), dalinai apšiltintoje boksinėje – $5,72 \pm 0,63$ ppm (vidutinė temperatūra 9,6 °C).

Tyrimų metų esant karvidėse tokiai pačiai temperatūrai, amoniako koncentracija kiekvienoje karvidėje buvo skirtinga. Tokius rezultatus įtakojo kintantys veiksniai, nuo kurių priklauso amoniako emisijos intensyvumas iš mėšlo. Tai mėšlo sudėtis, mėšlu užteršti paviršių plotai, tvartų vėdinimo intensyvumas ir kt. Analizuojant oro temperatūrų, santykinio drėgnio

kaitą karvidėse, matome, kad vėdinimo intensyvumas turėjo lemiamą įtaką oro kokybiniam rodikliams, o taip pat ir amoniako koncentracijai. Temperatūrai esant ir žemai tvarte, ne visada amoniako koncentracija būna maža. Nes tuo metu labai pridaromi vėdinimo kanalai ir labai sumažėja vėdinimo intensyvumas, o tai įtakoja amoniako koncentracijos padidėjimą. Temperatūrai padidėjus, nevisada proporcingai padidėja ir amoniako koncentracija, nes kai lauke šilta, atidaromi vėdinimo kanalai ir tvartai vėdinami labai intensyviai.

Amoniakas išsiskiria iš mėšlo kaip ureazės aktyvumo rezultatas, kurį įtakoja mėšlo temperatūra, o mėšlo temperatūra labai priklauso nuo oro temperatūros. Amoniako koncentracijai natūraliai vėdinamuose boksiniuose tvartuose daugiausia įtakos turi oro temperatūra. Temperatūros augimas vasarą padidina ureazės aktyvumą, taip padidina ir amoniako emisiją iš mėšlo. Tačiau net ir esant labai intensyviai amoniako emisijai iš mėšlo, šių dujų koncentracija gali būti nedidelė labai suintensyvinus vėdinimą.

Apibendrinus galima teikti, kad tvarto oro mikroklimato veiksniai daro didelę įtaką amoniako koncentracijai tvarto ore. Detalesnei analizei amoniako emisijos proceso ir koncentracijos tvarto ore reikalingi duomenys apie temperatūros, drėgnio, vėdinimo intensyvumo įtaką amoniako emisijos procesui. Nustatyti šių veiksnių poveikį emisijai tvarte yra sudėtinga, nes visi veiksniai kompleksiskai kinta labai plačiose ribose, be to sudėtinga tiksliai nustatyti vėdinimo intensyvumą, natūraliai vėdinamuose tvartuose. Amoniako koncentracijų reikšmės labai skirtingos įvairiose karvidėse, tačiau jų kaitos tendencijos įvairiais metų laikotarpiais panašios į amoniako koncentracijas panašiuose tvartuose kitose ES šalyse. Reguluojant ir keičiant tvartų vėdinimo intensyvumą, temperatūrą galima ženkliai įtakoti amoniako koncentraciją ore, bei emisijos intensyvumą iš mėšlo. Esant mažai amoniako koncentracijai tvarto ore, dar negalima daryti išvados, kad bus maži ir dujų išmetimai į atmosferą. Esant labai intensyviai amoniako emisijai iš mėšlo, tvartą intensyviai vėdinant jame koncentracija bus maža, o dujų išmetimai į atmosferą labai dideli.

Amoniako koncentracija tvarto ore yra veiksnys, pagal kurį vertinama oro švara. Tačiau vien tik pagal jį negalima nustatyti amoniako išmetimus į atmosferą. Reikalingi duomenys apie oro srauto, temperatūros įtaką emisijos procesui. Amoniako įtaką gyvuliui, oro kokybei tvartuose, bei atmosferos taršai šiomis dujomis, tikslinga spręsti kompleksiskai, vertinant oro kokybę gyvulių laikymo patalpoje (dujų koncentraciją) ir amoniako išmetimus į atmosferą (emisijos intensyvumą). Šiems procesams didžiausią įtaką turi vėdinimo intensyvumas, kuris įtakoja oro švaros rodiklius tvarte, bei mikroklimato veiksnius, o taip pat turi didelę įtaką dujų teršalų išmetimams į atmosferą. Todėl norint užtikrinti geros kokybės orą tvarte ir sumažinti atmosferos taršą kenksmingomis dujomis, svarbu tinkamai valdyti tvarto vėdinimo intensyvumą.

3.2. Mėšlo drėgnumo įtaka amoniako emisijai

Vienas iš amoniako (NH₃) šaltinių gyvulių tvarte yra išmatos (Ahring, 2003). Iš išmatų azotas (N) transformuojasi į įvairias formas: ištirpusio molekulinio N₂, mineralinių amonio NH₄⁺, nitrito NO₂⁻ ir nitrato NO₃⁻, bei organinio azoto, įeinančio į amino rūgščių, baltymų ir kitų sudėtingų junginių sudėtį (Philippe et al., 2011). Amoniako difuziją mėšle į paviršių ir garavimą įtakoja cheminiai ir fizikiniai veiksniai (Hristov et al., 2011). Karbamido hidrolizę įtakoja ureazės aktyvumas, pH ir temperatūra.

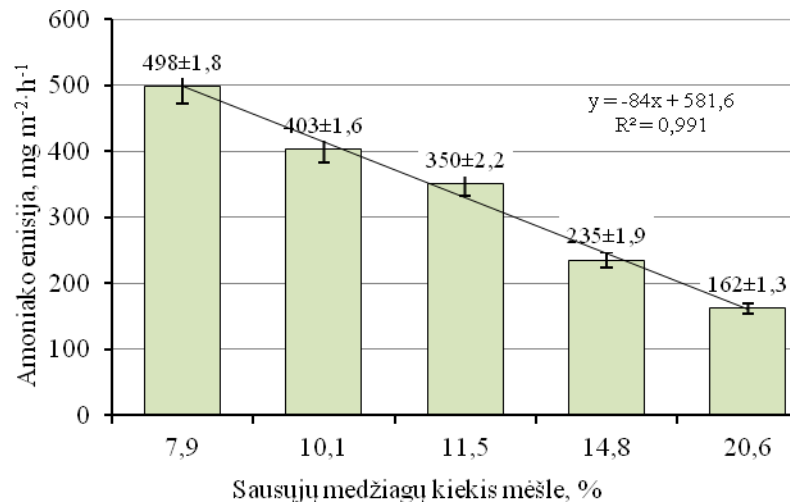
Priklausomai nuo mėšle esančių sausųjų medžiagų kiekio, mėšlas būna tirštasis, pusskystis ir skystasis. Mėšlo cheminė sudėtis priklauso nuo gyvulių ir paukščių rūšies, šėrimo raciono, kraiko rūšies, kiekio. Kuo pašaras yra labiau koncentruotas, tuo daugiau į mėšlą patenka fosforo ir azoto. Tirštosios ir skystosios išmatų frakcijos cheminė sudėtis taip pat yra nevienoda. Azoto daugiausia yra skystojoje frakcijoje (apie du trečdalius). Laikant mėšlą, jis aerobinėmis ir anaerobinėmis sąlygomis skaidosi, susidaro organinės rūgštys ir humusingos medžiagos. Aerobinėmis sąlygomis organinės medžiagos skaidomos daug sparčiau negu anaerobinėmis, o skaidymo greitis priklauso nuo mėšlo drėgnumo, temperatūros, cheminės sudėties ir deguonies kiekio. Skystąsias gyvulių išmatas sudaro šlapalas (karbamidas) CO(NH₂)₂, hipuro rūgštis C₆H₅CONHCH₂COOH ir šlapimo rūgštis C₅H₄N₄O₃. Iš jų greičiausiai skaidosi šlapalas, lėčiau – hipuro rūgštis ir lėčiausiai – šlapimo rūgštis. Veikiamas ureazės, kurią gamina urobakterijos, šlapalas greitai virsta amonio karbonatu:



Amonio karbonatas – nepatvarus junginys, lengvai skylantis į amoniaką, anglies dioksidą ir vandenį:



Nustatyta (Bagdonienė, 2013) didžiausia amoniako emisija iš skystojo mėšlo. Amoniako emisija iš padengto šlapimu mėšlo yra daug didesnė nei iš mėšlo be šlapimo, nes amoniakas intensyviau garuoja iš šlapimo, skylant jame esančiam karbamidui. Gausėnis kraiko sluoksnis sugeria drėgmę, o kuo mažiau drėgmės mėšlo paviršiuje, tuo mažiau garuoja ir amoniakas (3.4 pav.). Didžiausia amoniako emisija yra iš skysto mėšlo – 498±17 mg m⁻²·h⁻¹, pusskystio (sausųjų medžiagų 14,8 %) – 235±11 mg m⁻²·h⁻¹, iš tirštojo (sausųjų medžiagų 20,6%) – 162±8 mg m⁻²·h⁻¹. Pasirinkus tinkamą kraiko sluoksnį, galima sumažinti amoniako emisiją tiek tvarte, tiek aplinkoje. Gausėnis kraiko sluoksnis sugeria drėgmę, o kuo mažiau drėgmės, tuo mažiau garuoja amoniakas.



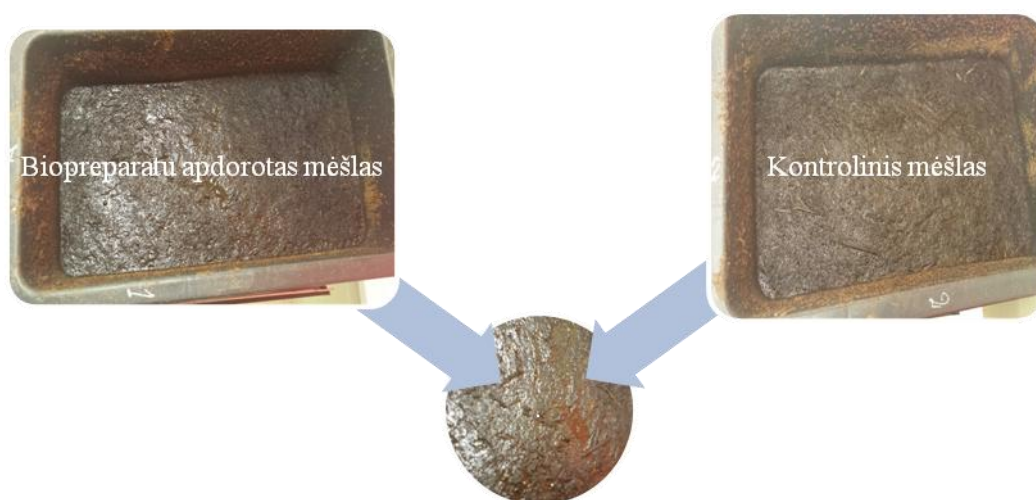
3.4 pav. Amoniakos emisijos intensyvumas iš įvairaus drėgnumo mėšlo

Įvertinus amoniako emisijos intensyvumą iš skirtingo drėgnumo mėšlo, rekomenduotina biopreparatus naudoti skystesniame mėšle, iš kurio dujų emisija ženkliai didesnė. Siekiant įvertinti probiotinės kompozicijos BP Odor Away panaudojimo galimybes amoniako emisijai mažinti, tikslinga atlikti tyrimus su skystuoju mėšlu, t.y. esant intensyviai amoniako garavimo procesui iš mėšlo. Tirštame mėšle taip pat problematiška tolygiai paskleisti biopreparatą visama mėšlo tūryje. Todėl rekomenduotina detalius tyrimus atlikti su skystuoju mėšlu, nustatant biologinių preparatų įtaką amoniako emisijai priklausomai nuo mėšlo laikymo trukmės ir kintant oro srautui virš mėšlo sluoksnio.

3.3. Amoniakos dujų emisija iš biopreparatu apdoroto galvijų mėšlo

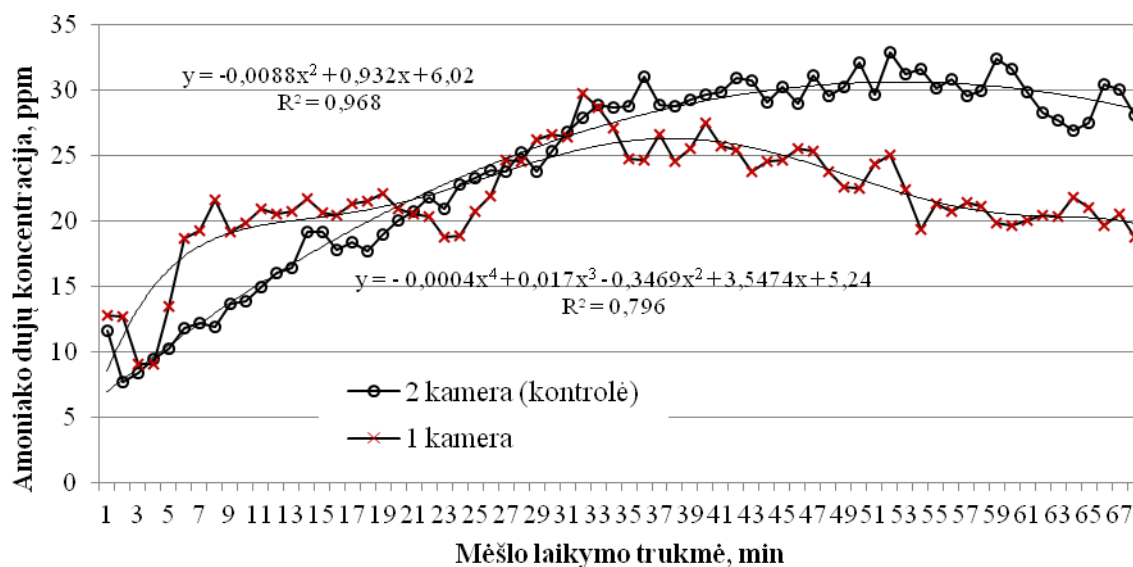
Vėjo tunelyje įdėjus mėšlą ir jame matuojant amoniako dujų koncentraciją, buvo analizuojamas amoniako garavimo intensyvumas iš mėšlo. Tyrimai truko beveik 3 mėnesius, reguliariai kas 10 dienas. Pirma kamera su mėšlu įdedama į vėjo tunelį, įjungiamas ventiliatorius ir esant pastoviam oro srautui kas 1 min. fiksuojama amoniako koncentracija vėjo tunelyje. Atlikus tyrimą, kuris trunka ilgiau kaip 60 min, pirma mėšlo kamera išimama ir įdedama antra kamera su kitu mėšlu. Tyrimas pakartojamas. Prieš kiekvieną tyrimą nustatomas pastovus – $0,1 \pm 0,02 \text{ ms}^{-1}$ oro greitis 100 mm skersmens ortakyje (2.4 pav.), kuriuo siurbiamas oras iš vėjo tunelio. Kameroje Nr. 1 buvo skysto galvijų mėšlo, vandens ir biologinio preparato BP Odor Away mišinys. 2 tyrimų kameroje buvo skystasis galvijų mėšlas. Analizuojant duomenis pateikiamos nusistovėjusios amoniako koncentracijos reikšmės, t.y. kai pradėjus tyrimą stabilizuojasi ir nusistovi stacionarus amoniako garavimo iš mėšlo procesas arba paskaičiuojamos vidutinės koncentracijos reikšmės per 60 min. tyrimų laikotarpį.

Stebint tiriamą objektą-mėšlą per visą tiriamąjį laikotarpį buvo atlikti ir vizualūs palyginimai, pateikti 3.5 pav.



3.5 pav. Vizualus kamerų su mėšlu palyginimas

Prieš pradėdant analizuoti biologinių preparatų įtaką amoniako dujų emisijai iš mėšlo, nustatyta emisija iš mėšlo abiejose kamerose esant šviežiam mėšlui be priedų ir palygintas emisijos intensyvumas tarp kamerų (3.6 pav.). Amoniako emisija iš mėšlo abiejose kamerose buvo panaši prieš išpurškiant biopreparatą BP Odor Away, amoniako vidutinė koncentracija vėjo tunelyje lygi $23,97 \pm 2,34$ ppm.

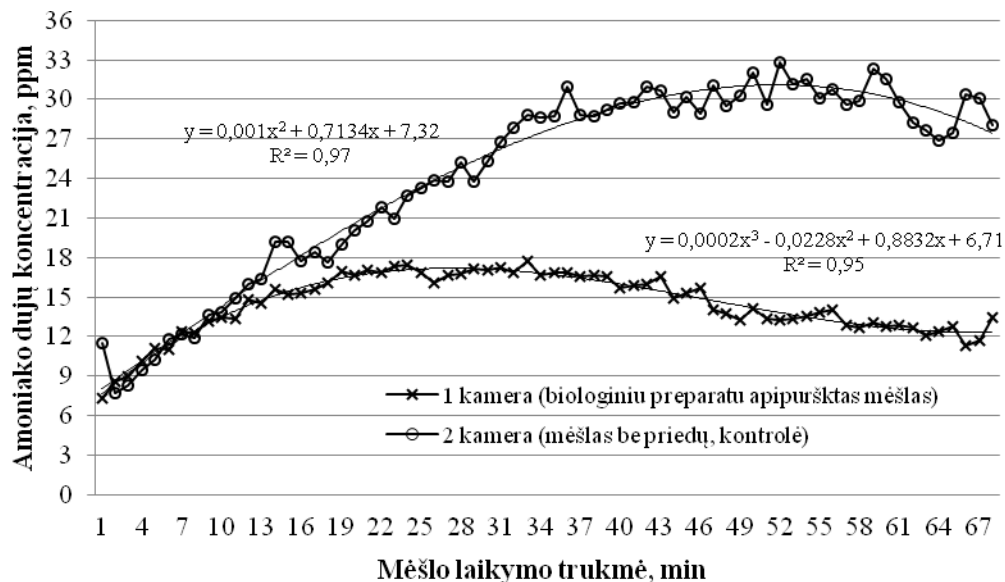


3.6 pav. Amoniako koncentracijos vėjo tunelyje kaita, įdėjus į jį pirmą kamerą su šviežiu skystu galvijų mėšlu ir antrą (kontrolinę) kamerą su šviežiu mėšlu

Tolimesniuose grafikuose pateikti apibūdinti amoniako dujų emisijos duomenys iš kontrolinio ir biologiškai paveikto mėšlo. Kadangi aktualiausia palyginti amoniako emisiją iš

mėšlo apdoroto biopreparatais ir iš mėšlo be priedų, gautus tyrimų rezultatus detaliai pateikiame 3.7 – 3.12 pav.

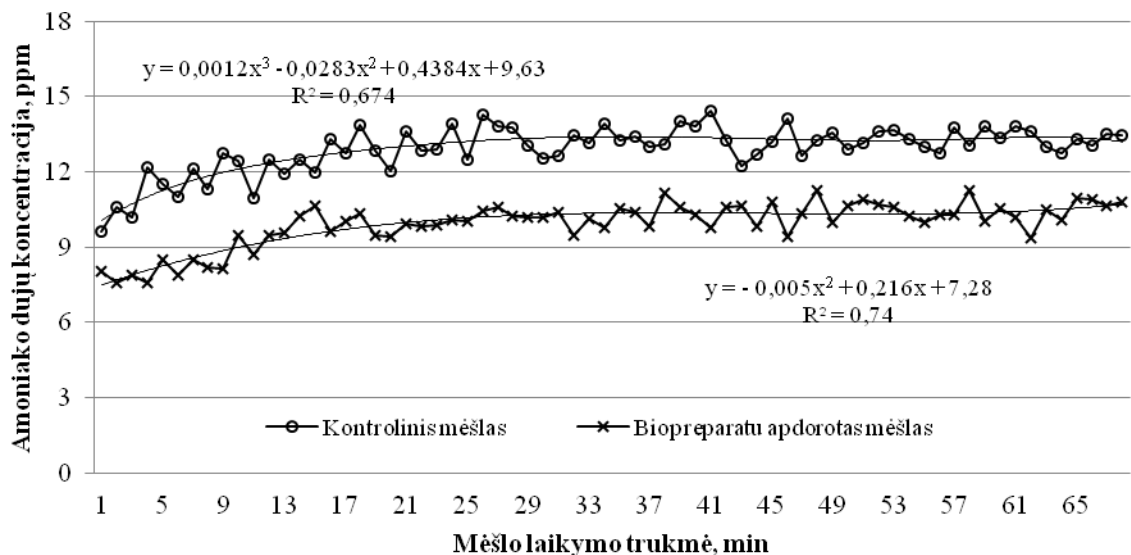
Mėšlas buvo apipurkštas biopreparatu BP Odor Away ir iškarto atliktas amoniako emisijos palyginamieji tyrimai iš abiejų rūšių mėšlo, kurių rezultatai pateikti 3.7 pav.



3.7 pav. Amoniako koncentracijos kaita vėjo tunelyje, įdėjus į jį mėšlą apipurkštą biopreparatu BP Odor Away (biopreparatu apdorotas mėšlas) ir mėšlą be priedų (kontrolė)

Biologiniu preparatu BP Odor Away apipurškus mėšlo paviršių (3.7 pav.), nustatytas ženklus amoniako koncentracijos reikšmių skirtumas vėjo tunelyje. Tyrimų eigoje koncentracija kito nuo 7 iki 33 ppm. Nustatytų verčių persipynimas tyrimo pradžioje netolygus. Tyrimo pradžioje pastebėtas amoniako emisijos didėjimas iš abiejų kamerų, kuris išlieka beveik visą tyrimo laikotarpį ir vėliau stabilizuojasi iš kontrolinio mėšlo (mėšlo be priedų). Po 21-25 minučių amoniako emisija iš biopreparatu apdoroto mėšlo polinomiškai mažėja ir po valandos vėjo tunelyje koncentracija lygi mažiau nei 12 ppm. Nustatytas ženklus (1,5 karto) amoniako sklidimo iš biopreparatu apdoroto mėšlo sumažėjimas. Atsižvelgiant į šio matavimo rezultatus, galima teigti, kad biologiniu preparatu BP Odor Away apdorojus mėšlą amoniako emisija sumažėjo, todėl ir koncentracija vėjo tunelyje sumažėjo vidutiniškai nuo $21,69 \pm 0,9$ iki $14,43 \pm 1,5$ ppm. Tyrimų metu (per 70 min) vidutinė amoniako koncentracija vėjo tunelyje įdėjus kontrolinį mėšlą buvo 24,3 ppm, o įdėjus biopreparatu apipurkštą mėšlą tik - 14,5 ppm, t.y. 40% mažesnė.

Praėjus 10 dienų, buvo atliktas pakartotinas amoniako emisijos tyrimas, nemaišius mėšlo abiejose kamerose, palaikant pastovų $0,1 \text{ ms}^{-1}$ oro judėjimo greitį ortakyje. Rezultatai pateikti 3.8 pav.

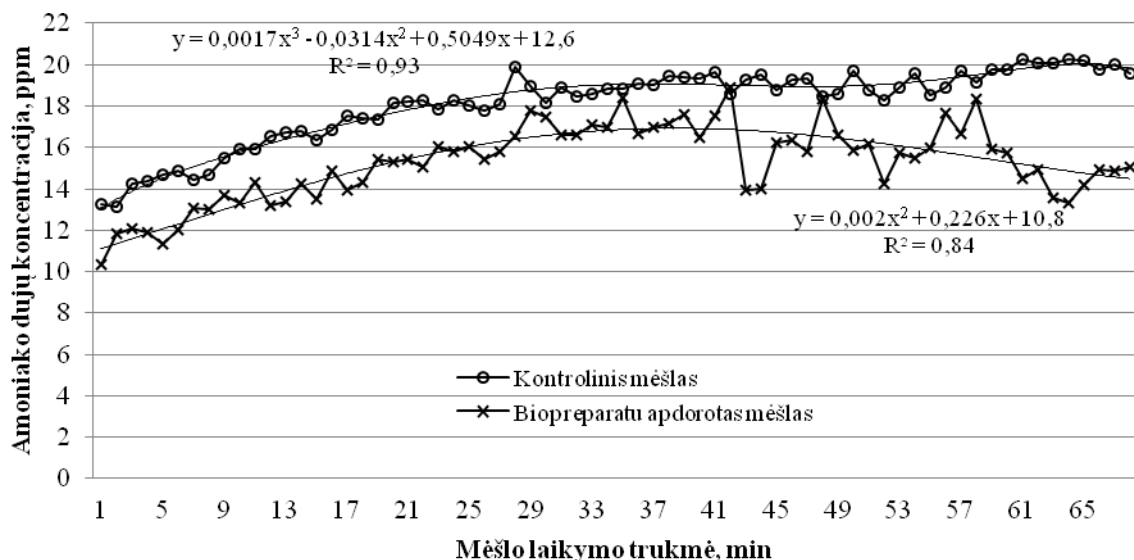


3.8 pav. Amoniaکو koncentracijos kaita vėjo tunelyje, įdėjus į jį biopreparatu apdorotą mėšlą ir mėšlą be priedų-kontrolė (praėjus 10 dienų po biopreparato panaudojimo, mėšlas nemišytas)

Atsižvelgiant į 3.8 pav. pateiktus biologiniu preparatu paveikto ir kontrolinio mėšlo pokyčius, vertinant amoniako dujų sklaidimo intensyvumą po 10 dienų, nustatytas beveik tolygus ir neženklus dujų koncentracijos kitimas abiejose tyrimų kamerosė, vertinant lygiagrečiai. Amoniaکو emisija iš abiejų rūšių mėšlo kito neženkliai: vėjo tunelyje esant kontroliniam mėšlui koncentracija kito nuo 9 iki 15 ppm, o esant biopreparatais paveiktam mėšlui, nuo 7 iki 11 ppm, t.y. amoniako emisija buvo 23,2% mažesnė. Biologiniu preparatu BP Odor Away apipurškus galvijų mėšlą, po 10 dienų amoniako emisija iš apdoroto mėšlo sumažėjo vidutiniškai 2 kartus, iš mėšlo be priedų, nustatytas amoniako emisijos sumažėjimas iki 1,89 karto. Taigi reikšminio skirtumo tarp nustatytų amoniako emisijos reikšmių nebuvo pastebėta.

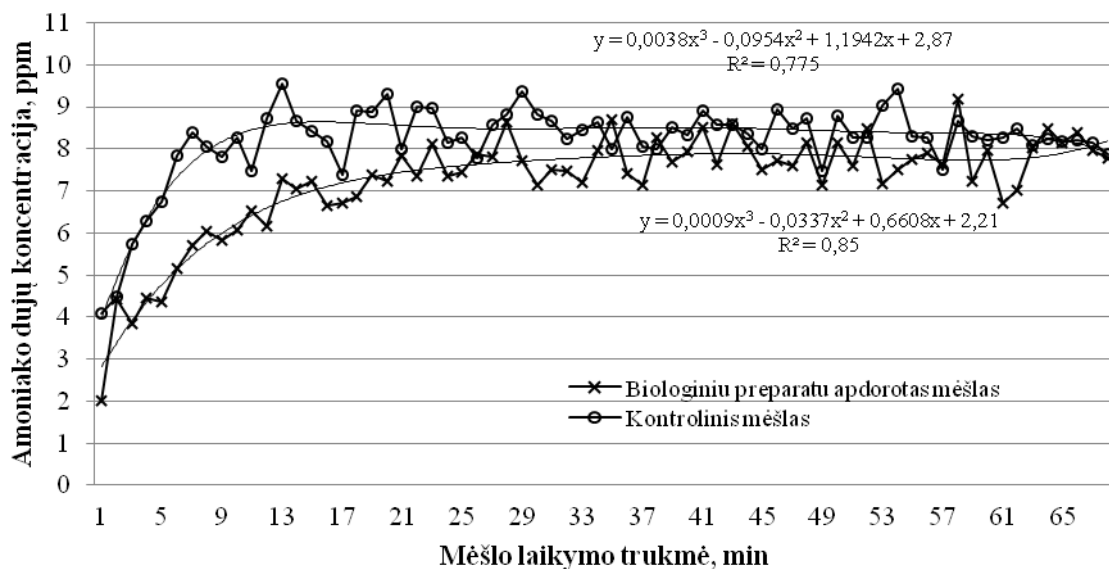
Mėšlas buvo išmaišytas abiejose kamerosė ir pakartoti amoniako emisijos palyginamieji tyrimai. Rezultatai pateikti 3.9 pav. Išmaišius mėšlą amoniako emisijos intensyvumas iš abiejų mėšlo rūšių skyrėsi mažiau. Vėjo tunelyje esant kontroliniam mėšlui vidutinė per 70 min amoniako koncentracija buvo 18,1 ppm, o esant biopreparatais paveiktam mėšlui – 15,3 ppm, t.y. amoniako emisijos intensyvumas skyrėsi 15,4 %.

Praėjus 44 dienoms po biopreparato pirmo išpurškimo ant mėšlo paviršiaus buvo pakartotinai išpurškta biopreparatu BP Odor Away ir praėjus 10 dienų po antro išpurškimo, atlikti amoniako emisijos palyginamieji tyrimai iš kontrolinio ir biopreparatu apdoroto mėšlo. Tyrimai atlikti padidinus kameros vėdinimo intensyvumą, oro judėjimo greitis ortakyje (2.4 pav.) padidintas iki 0,7 m/s. Amoniaکو koncentracijos kaita vėjo tunelyje įdėjus 55 dienas laikytą mėšlą, pateikta 3.10 pav.



3.9 pav. Amoniakos koncentracijos kaita vėjo tunelyje, įdėjus į jį biopreparatu apdorotą mėšlą ir mėšlą be priedų-kontrolė (praėjus 10 dienų po biopreparato panaudojimo, mėšlas išmaišytas)

Prieš emisijos tyrimus mėšlas kameroje išmaišytas. Tyrimų pradžioje amoniako emisija iš abiejų rūšių mėšlo didėjo ir po 13-15 min. emisijos procesas stabilizavosi ir toliau kito nežymiai: vėjo tunelyje esant kontroliniam mėšlui vidutinė amoniako koncentracija buvo 8,2 ppm, o biopreparatu apdorotam mėšlui – 7,3 ppm, skirtumas – 11,0% .

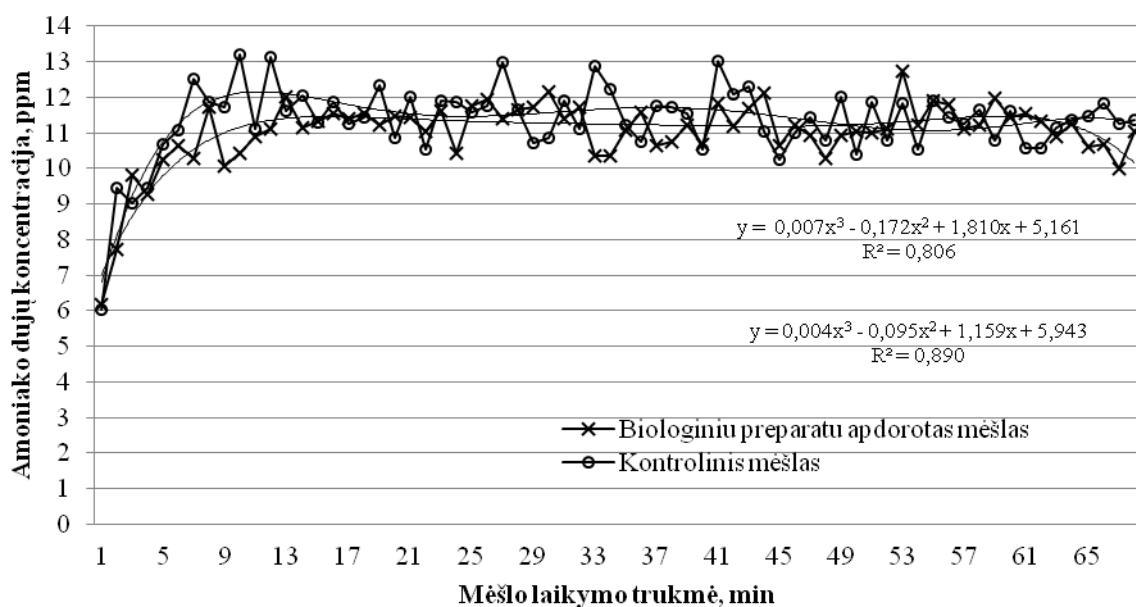


3.10 pav. Amoniakos koncentracijos kaita vėjo tunelyje, įdėjus į jį biopreparatu apdorotą mėšlą ir mėšlą be priedų-kontrolė (praėjus 55 dienoms po biopreparato panaudojimo, mėšlas išmaišytas)

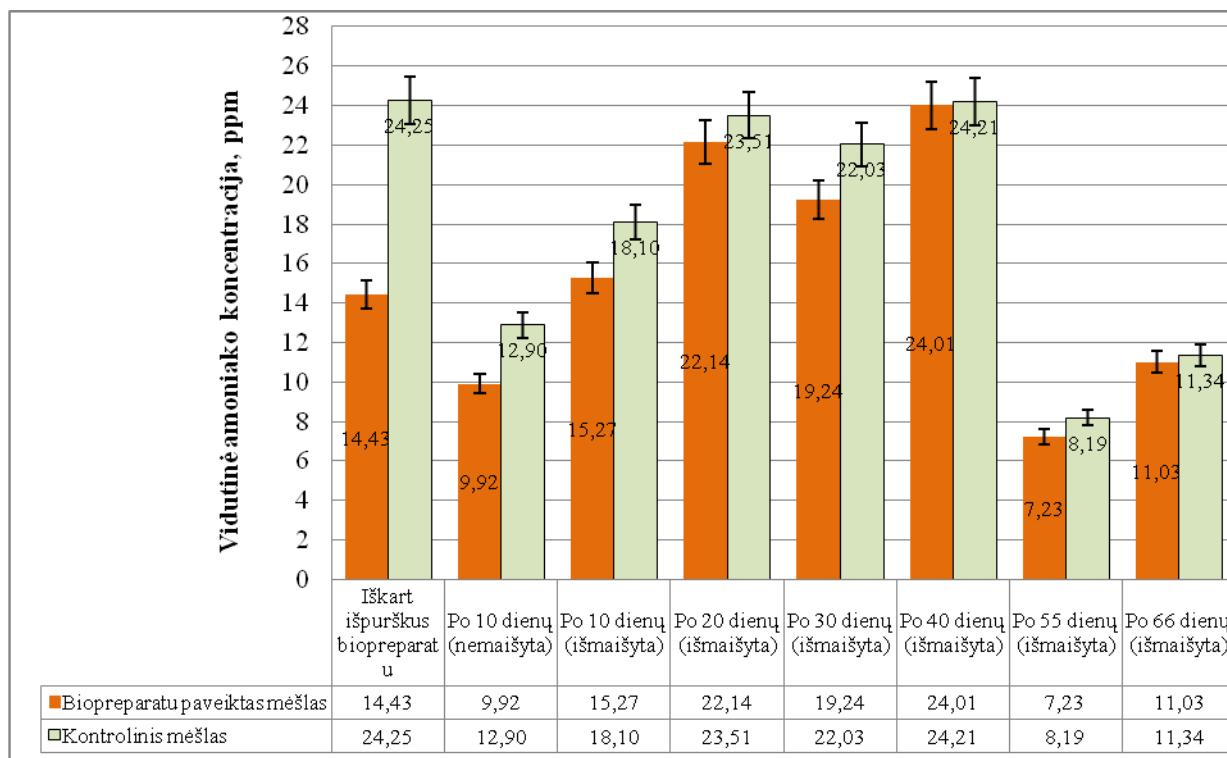
Panašūs rezultatai gauti ir po 66 dienų (3.11 pav.).

Pagal 3.12 pav. pateiktus apibendrintus amoniako emisijos iš biologiškai apdoroto mėšlo ir mėšlo be priedų (kontrolinis), nustatyti ženklūs reikšmių skirtumai tik tam tikrais

laikotarpiais. Ženklus amoniako emisijos sumažėjimas iš biopreparatu apdoroto mėšlo išskirtinas iškart išpurškus biopreparatą ir padidinus oro judėjimo greitį po 55 mėšlo laikymo dienų, o iš mėšlo be priedų po 10 dienų ir taip pat padidinus kameros vėdinimo intensyvumą. Lyginant amoniako emisiją iš mėšlo be priedų ir apdorojus mėšlą biopreparatais, nustatytas didžiausias skirtumas tik išpurškus biopreparatą ir taip pat nemišant mėšlo.

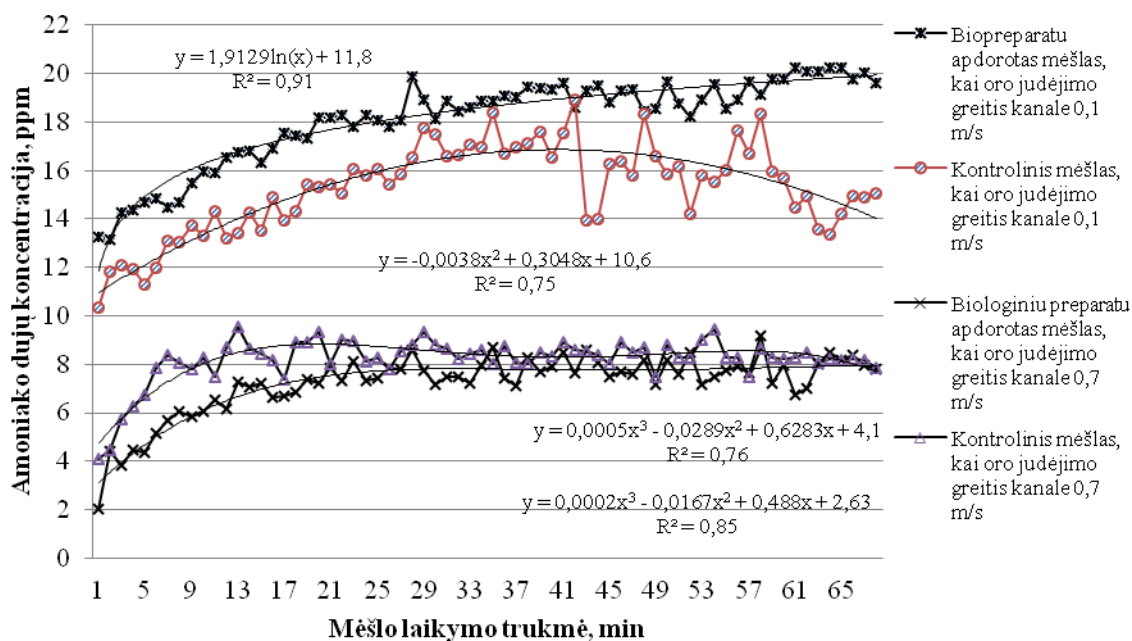


3.11 pav. Amoniako koncentracijos kaita vėjo tunelyje, įdėjus į jį biopreparatu apdorotą mėšlą ir mėšlą be priedų-kontrolė (praėjus 66 dienoms po biopreparato panaudojimo)



3.12 pav. Vidutinės per 60 min. amoniako koncentracijos vėjo tunelyje, įdėjus į jį mėšlą be priedų (kontrolė) ir mėšlą su biopreparatais, priklausomai nuo mėšlo laikymo trukmės

3.13 pav. pateikta amoniako emisijos iš biologiškai apdoroto mėšlo ir mėšlo be priedų kaita. Nustačius amoniako garavimo intensyvumą iš biologiškai apdoroto ir kontrolinio mėšlo, akivaizdus reikšmių suvienodėjimas ir persipynimas pateiktų rezultatų. Viso tyrimo metu biopreparatais apdoroto mėšlo kameroje amoniako koncentracija didėjo ir pasiekė didesnes reikšmes nei ankstesnio tyrimo tyrimo po 55 mėšlo laikymo dienų metu. Galima būtų prognozuoti biopreparatų veikimo prislopimą. Didėjančią amoniako dujų koncentraciją galėjo įtakoti ir kiti veiksniai (urobakterijų suaktyvėjimas ureazės gamybai, cheminės sudėties pokyčiai).



3.13 pav. Amoniako koncentracijos kaita vėjo tunelyje, įdėjus į jį biopreparatu apdorotą mėšlą ir mėšlą be priedų-kontrolė

Pateiktuose tyrimų rezultatuose amoniako dujų koncentracijos reikšmės vėjo tunelyje esant abiejoms rūšims mėšlo per visą tiriamąjį laikotarpį kito 80% lygiagrečiai tolygiai. Nustatytos dujų koncentracijos reikšmės buvo vidutiniškai lygios 16 ± 1 ppm ($v=0,1$ m/s) ir 7 ± 2 ($v=0,7$ m/s). Reikšminės pokyčio didėjimo ar mažėjimo tendencijos šiuo bandymu nebuvo užfiksuota.

Apibendrinti tyrimų rezultatai pateikti 3.2 lentelėje.

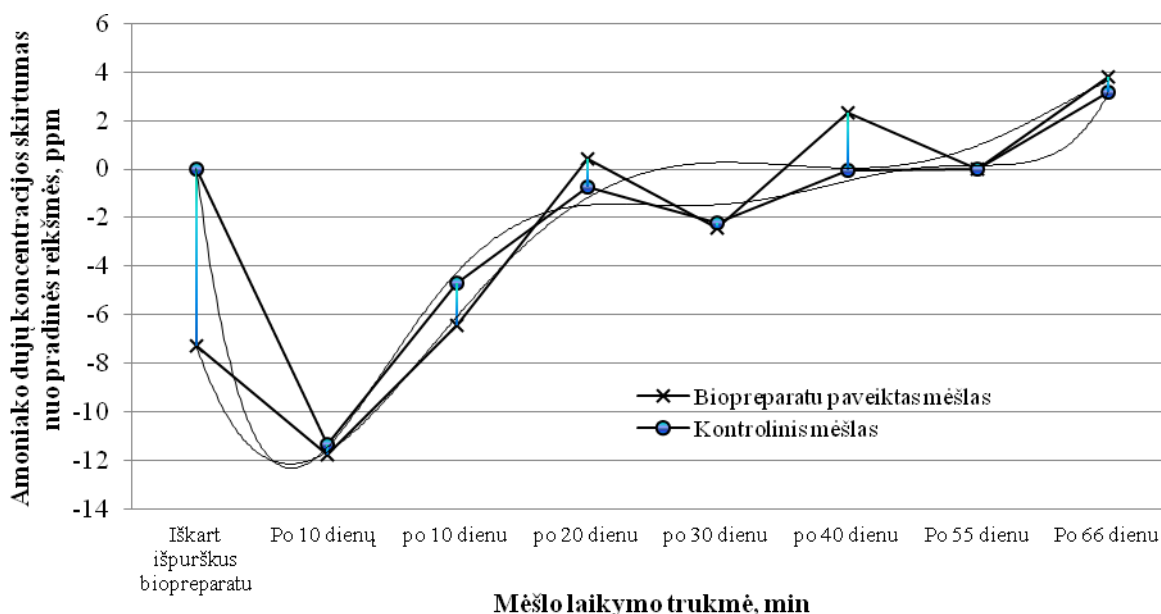
Vidutinės per 60 min. amoniako koncentracijos vėjo tunelyje pokytis lyginant su koncentracija tyrimų pradžioje su šviežiu mėšlu, kai naudojamas mėšlas be priedų (kontrolė) ir mėšlas su biopreparatais, priklausomai nuo mėšlo laikymo trukmės po biopreparato panaudojimo, pateiktos 3.14 pav.

3.2 lentelė. Vidutinė per 60 min. amoniako koncentracija vėjo tunelyje, įdėjus į jį mėšlą be priedų (kontrolė) ir mėšlą su biopreparatais

Mėšlo laikymo trukmė po biopreparato panaudojimo	Biopreparatu paveiktas mėšlas	Kontrolinis mėšlas
Šviežias mėšlas	23,69	24,25
Mėšlas apipurkštas biopreparatu, $v=0,1$ m/s	14,43	24,25
Po 10 d., mėšlas nemaišytas $v=0,1$ m/s	9,92	12,90
Po 10 d., mėšlas išmaišytas $v=0,1$ m/s	15,27	18,10
Po 20 d., mėšlas išmaišytas $v=0,1$ m/s	22,14	23,51
Po 30 d., mėšlas išmaišytas $v=0,1$ m/s	19,24	22,03
Po 40 d., mėšlas išmaišytas $v=0,1$ m/s	24,01	24,21
Po 55 d., mėšlas išmaišytas $v=0,7$ m/s	7,23	8,19
Po 66 d., mėšlas išmaišytas $v=0,7$ m/s	11,03	11,34

P.S. v – oro judėjimo greitis kanale.

Įvertinus amoniako koncentracijos skirtumus vėjo tunelyje, į jį įdėjus mėšlo kameras priklausomai nuo mėšlo laikymo trukmės ir lyginant su pradine dujų koncentracija, kai buvo įdėtas šviežias mėšlas be biopreparatų, galima teigti, kad per visą tiriamąjį laikotarpį amoniako koncentracija virš biopreparatais paveikto mėšlo, lyginant su pradine reikšme, mažėjo.



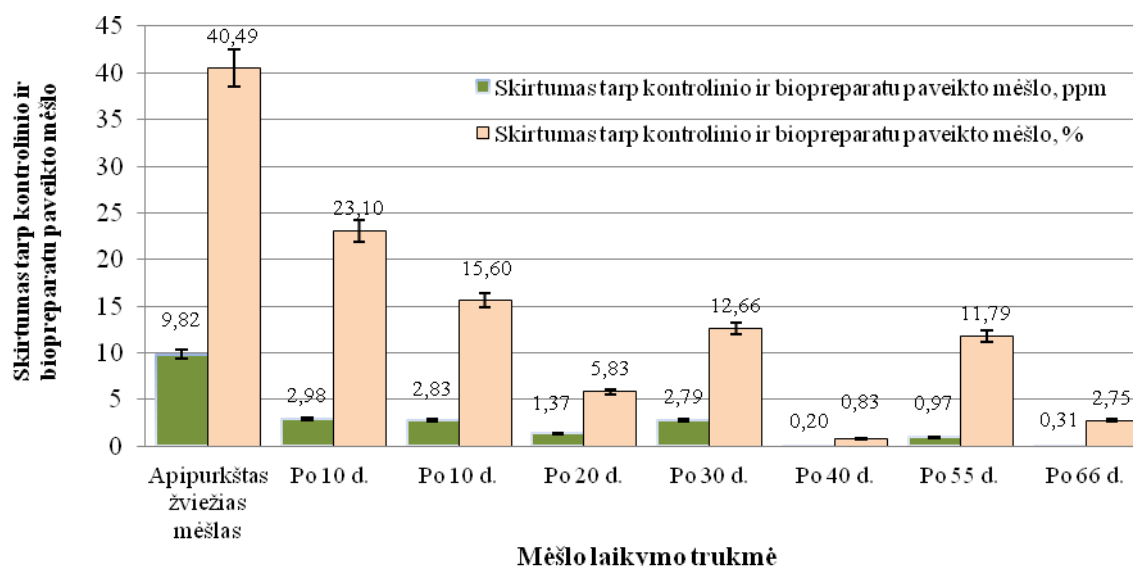
3.14 pav. Vidutinės per 60 min. amoniako koncentracijos vėjo tunelyje pokytis lyginant su koncentracija tyrimų pradžioje su šviežiu mėšlu, kai naudojamas mėšlas be priedų (kontrolė) ir mėšlas su biopreparatais, priklausomai nuo mėšlo laikymo trukmės po biopreparato panaudojimo

Norint parodyti didžiausią pokytį nuo pradinės amoniako koncentracijos, reikėtų atkreipti dėmesį į mėšlo laikymo 10 dieną. Pagal pokyčio rezultatus, įdėjus kontrolinę kamerą su mėšlu be priedų, matomas amoniako koncentracijos didėjimas tam tikrais laikotarpiais, o maksimalus sumažėjimas – 11 ppm, deja nesiekė pasiektų geriausių rezultatų su biopreparatais paveikti mėšlu (3.3 lentelė).

3.3 lentelė. Vidutinės amoniako koncentracijos vėjo tunelyje, į jį įdėjus biologiškai apdorotą ir mėšlą be priedų (kontrolinį), pokyčio įvertinimas, lyginant su koncentracija tyrimų pradžioje

Mėšlo laikymo trukmė nuo tyrimų pradžios	2 kamera (mėšlas be priedų-kontrolė)	1 kamera (mėšlas su biopreparatais)	Skirtumas tarp kamerų (ppm)	Skirtumas tarp kamerų (%)
$v=0,1$ m/s				
Apipurkštas šviežais mėšlas	24,25	14,43	9,82	40,49
Po 10 d. (mėšlas nemaišytas)	12,90	9,92	2,98	23,10
Po 10 d. (mėšlas išmaišytas)	18,10	15,27	2,83	15,6
Po 20 d. (mėšlas išmaišytas)	23,51	22,14	1,37	5,83
Po 30 d. (mėšlas išmaišytas)	22,03	19,24	2,79	12,66
Po 40 d. (mėšlas išmaišytas)	24,21	24,01	0,20	0,83
$v=0,7$ m/s				
Po 55 d. (mėšlas išmaišytas)	8,19	7,23	0,97	11,79
Po 66 d. (mėšlas išmaišytas)	11,34	11,03	0,31	2,75

P.S. v – oro judėjimo greitis kanale.



3.15 pav. Vidutinių amoniako koncentracijos reikšmių skirtumas vėjo tunelyje (ppm ir %), įdėjus į jį mėšlą be priedų (kontrolė) ir mėšlą su biopreparatais, priklausomai nuo mėšlo laikymo trukmės

Amoniakos koncentracijos skirtumai vėjo tunelyje (ppm ir proc.) konkrečiu laikotarpiu lyginant kontrolinę skysto mėšlo kamerą ir kamerą su biologiškai apdorotu mėšlu, neatsižvelgiant į nustatytus pirminius tyrimų rezultatus, pateikti 3.15 pav. Matoma daugiausia netolygiai kintančios reikšmės, tai parodo, jog biopreparatais paveiktame ir kontroliniame mėšle vyko skirtingi mėšlo skaidymo procesai. Nustatyti mažiausi amoniako koncentracijos skirtumai išlaikius mėšlą 40 dienų (3.15 pav.) ir to paaiškinimas galėtų būti biopreparatų veiksmingumo sumažėjimas.

Amoniakos emisijos skirtumai iš kameros su kontroliniu mėšlu ir iš mėšlo su biopreparatais po tam tikrų laikotarpių patvirtina anksčiau gautus rezultatus ir parodo biopreparatų BP Odor Away veiksmingumą, siekiant įtakoti tikslingai procesus vykstančius mėšle ir siekiant sumažinti amoniako dujų sklaidimą į aplinką.

3.4. Amoniakos koncentracija kintančio vėdinimo intensyvumo aplinkoje

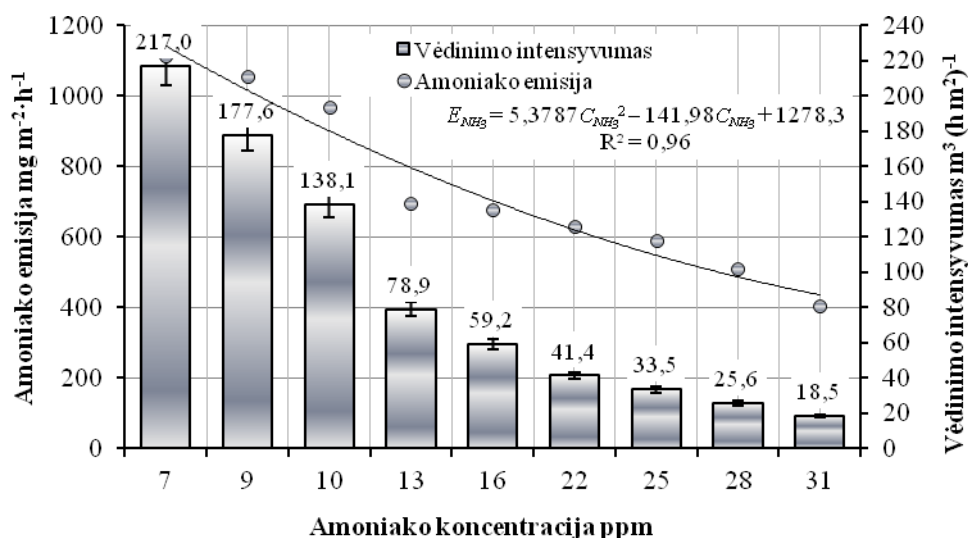
Teoriniais tyrimais nustatyta, kad amoniako garavimo iš mėšlo procesą įtakoja daug kintančių ir tarpusavyje susijusių veiksnių, iš kurių vienas svarbiausių yra oro judėjimo greitis. Oro greičiui kintant rekomenduotinoje ribose karvidėse (iki 2 m s^{-1} vasarą), amoniako emisija kinta dar ženkliau. Padidėjus oro greičiui nuo $0,1$ iki $2,0 \text{ m s}^{-1}$, amoniako emisija padidėja net apie 10 kartų. Didėjant oro greičiui, jo įtaka emisijai mažėja. Oro greičio intervale $0\text{--}0,5 \text{ m s}^{-1}$, padidėjus greičiui $0,1 \text{ m s}^{-1}$, amoniako emisija padidėja vidutiniškai 39,4 %, o greičio intervale $1,5\text{--}2,0 \text{ m s}^{-1}$, padidėja atitinkamai tik 4,7 %.

Džiūstant mėšlui, ant išorinio jo sluoksnio susidaro pluta, kuri veikia kaip apsauga nuo amoniako difuzijos. Amoniakos difuzija į aplinką smarkiai įtakoja oro greitis. Vykstant intensyviai vėdinimui, amoniako koncentracija ore virš mėšlo būna nedidelė, o tai skatina intensyvesnę amoniako garavimą. Tačiau esant stipriam oro srautui, gali intensyviau džiūti mėšlo viršutinis sluoksnis, o dėlto sumažės ir amoniako garavimas.

Nustatyta oro vėdinimo intensyvumo įtaka amoniako emisijai iš mėšlo. Gauti rezultatai patvirtina kitų mokslininkų teiginius (Philippe et al., 2011; Samer et al., 2012; Blanes–Vidal et al., 2008; Kang et al., 2008; Bagdonienė, 2013), kad didėjant vėdinimo intensyvumui amoniako koncentracija patalpoje mažėja, o emisija neproporcingai didėja. Taigi atsižvelgiant į ankstesnius atliktus mokslininkų tyrimus, padidėjus vėdinimo intensyvumui 4,5 karto, NH_3 koncentracija kameroje sumažėja 1,9–2,4 karto, o emisija padidėja 1,7–2,5 karto ($P < 0,05$). Tačiau norint tiksliai palyginti emisijos faktines reikšmes su kitų autorių tyrimų rezultatais, reikia įvertinti visus veiksnius (oro srautas, sausųjų medžiagų kiekis mėšle, mėšlo cheminė

sudėtis, baltymų kiekis mėšle, temperatūra, mėšlo laikymo trukmė ir mėšlo paviršiaus džiūvimas), nuo kurių priklauso vėdinimo intensyvumo poveikis dujų emisijai iš mėšlo.

Didėjant vėdinimo intensyvumui, amoniako koncentracija kameroje mažėja, o emisija greitai didėja (Bagdonienė, 2014). Vėdinimo intensyvumui padidėjus nuo $18,5 \text{ m}^3 (\text{h m}^2)^{-1}$ iki $217,0 \text{ m}^3 (\text{h m}^2)^{-1}$, amoniako koncentracija sumažėja nuo 31 ppm iki 7 ppm, o emisija padidėja nuo $406,4 \text{ mg m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ iki $1124,2 \text{ mg m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$. Mokslininkų nustatytas patikimas koreliacinis ryšys tarp amoniako emisijos intensyvumo iš mėšlo ir amoniako koncentracijos virš mėšlo, kuris išreiškiamas antro laipsnio polinomo funkcija ($R^2=0,96$) (3.16 pav.).



3.16 pav. Amoniako emisijos iš skystojo galvijų mėšlo priklausomybė nuo amoniako koncentracijos, esant įvairiam vėdinimo intensyvumui

Didėjant vėdinimo intensyvumui, amoniako koncentracija kameroje mažėja, o emisija greitai didėja. Atlikus tyrimus su įvairius laikotarpius laikytu mėšlu, kurio paviršius prieš suardant buvo skirtingai padžiūvęs ir atsiradusi pluta, nustatyta skirtinga amoniako emisija iš mėšlo, bei skirtingas vėdinimo intensyvumo poveikis amoniako emisijai.

IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS

1. Amoniaکو emisija laikant galvijus sudaro apie 50 % nuo bendrosios emisijos. Jos mažinimas taps dar aktualesnis norint padidinti gyvulių skaičių. Nors dėl mažėjančių gyvulių skaičiaus bendri amoniako išmetimai mažėja, tačiau ateityje bus labiau kontroliuojama ir apribojama lokalizuota oro tarša amoniaku, apribojant maksimalias emisijas iš gyvulio vietos. Svarbu mažinti emisiją iš tvartų, nes apie 37-40 % amoniako išgaruoja iš tvartų.
2. Pagrindinis amoniako emisijos šaltinis tvarte yra skystasis mėšlas, iš kurio amoniako garavimo intensyvumas 2 ir 3 kartus didesnis nei iš tirštojo ar pusksyčio mėšlo.
3. Karvidėse sudaromos skirtingos mikroklimatinės sąlygos. Šilčiausia būna pusgilėje karvidėje (vidutinė metinė oro temperatūra lygi 14,6 °C), šaltoje boksinėje – 11,9 °C, dalinai apšiltintoje boksinėje – 11,2 °C. Amoniako koncentracija karvidėse dažniausia neviršija maksimalios leistinos reikšmės (20 ppm). Nustatyta, kad mažėjant temperatūrai karvidėje mažėja ir amoniako koncentracija.
4. Biologiniu preparatu BP Odor Away apipurškus mėšlą, amoniako emisija iš jo sumažėjo net 40%.
5. Biologiniu preparatu BP Odor Away apipurškus galvijų mėšlą, po 10 dienų amoniako emisija iš apdoroto mėšlo sumažėjo vidutiniškai 2 kartus, o iš mėšlo be priedų, nustatytas amoniako emisijos sumažėjimas iki 1,89 karto.
6. Vertinant amoniako dujų sklidimo intensyvumą po 10 dienų išpurškus biopreparatą ir nemaišius mėšlo, amoniako emisija iš abiejų rūšių mėšlo kito neženkliai: vėjo tunelyje esant kontroliniam mėšlui koncentracija kito nuo 9 iki 15 ppm, o esant biopreparatais paveiktam mėšlui, nuo 7 iki 11 ppm, t.y. amoniako emisija buvo 23,2% mažesnė.
7. Mėšlą periodiškai maišant, amoniako emisijos intensyvumas iš abiejų mėšlo rūšių skyrėsi mažiau. Vėjo tunelyje esant kontroliniam mėšlui vidutinė amoniako koncentracija buvo 18,1 ppm, o esant biopreparatais paveiktam mėšlui – 15,3 ppm, t.y. amoniako emisijos intensyvumas skyrėsi 15,4 %.
8. Įvertinus didžiausią pokytį nuo pradinio amoniako emisijos intensyvumo, ženklus amoniako emisijos sumažėjimas iš biopreparatu apdoroto mėšlo matomas iškart išpurškus biopreparatą ir padidinus vėdinimo intensyvumą.
9. Gauti mažiausi amoniako emisijos skirtumai iš abiejų rūšių mėšlo po 40 dienų, nustatyta beveik identiška amoniako emisijos kitimo tendencija iš abiejų kamerų. Tai parodo biopreparato tirpalo ilgiausią galimą veiksmingumo trukmę.

10. Norint sumažinti amoniako emisiją ir oro taršą tvartuose, rekomenduotina mėšlą apipurkšti biopreparatu BP Odor Away. Biopreparato poveikis bus didesnis šiltuoju metu laikotarpiu, ypač esant aukštesnei kaip 20 °C temperatūrai.
11. Įvertinus amoniako emisijos intensyvumą iš skirtingo drėgnumo mėšlo, rekomenduotina biopreparatus naudoti skystesniame mėšle, iš kurio dujų emisija ženkliai didesnė. Rekomenduotina biopreparatą - BP Odor Away naudoti amoniako emisijai mažinti bekrakėse karvidėse, kur kaupiasi skystasis mėšlas. Jo panaudojimas dera su karvidžių šiuolaikinėmis modernizavimo tendencijomis - diegti bekrakes, skystojo mėšlo technologijas.
12. Valdant mikroklimatinius veiksnius mėšlo aplinkoje, galima įtakoti procesus, vykstančius mėšlo paviršiuje ir sulėtinti amoniako garavimo procesą iš mėšlo, intensyvinant plutos formavimąsi ir mažinant amoniako koncentracijos gradientą vertikalėje virš mėšlo.
13. Mažinant amoniako emisijos iš mėšlo proceso intensyvumą, labai svarbu tinkamai valdyti procesus vykstančius mėšlo paviršiuje, o taip pat plutos formavimąsi mėšlo paviršiuje, darančius įtaką mėšlo paviršiaus drėgniui ir deguonies patekimui virš mėšlo. Naudojant biopreparatą galima įtakoti cheminius ir fizikinius veiksnius, kurie įtakoja amoniako difuziją mėšle į paviršių ir garavimą. Gaunamas biopreparato didesnis poveikis amoniako garavimui kai mėšlas nemaišomas.
14. Tiriant amoniako garavimo iš mėšlo procesą, įvertinta probiotinės plataus spektro mikroorganizmų kompozicijos BP Odor Away biopreparato nauda sumažinant kvapus, padidinant organikos skaidymosi tempus, bendrą patalpų ir aplinkos higienizavimą. Pagal gautus rezultatus galima geriau panaudoti probiotinę plataus spektro mikroorganizmų kompoziciją, neutralizuojant amoniako dujų sklidimą. Naudojant didesnes biopreparato išpurškimo normas, bus pasiekti dar geresni amoniako sklaidos slopinimo rezultatai.
15. Amoniako garavimo procesas iš mėšlo yra labai sudėtingas. Jis priklauso nuo daugelio veiksnių: temperatūros, oro judėjimo greičio, vėdinimo intensyvumo, pH, ūkininkavimo sistemos (ganyklos, gyvulių laikymo, atliekų tvarkymo), azoto kiekio pašaruose ir mėšle, anglies ir azoto santykio mėšle, mėšluoto paviršiaus ploto. Siekiant kuo efektyvesnio biologinių preparatų panaudojimo, reikia atlikti daugiau išsamesnių eksperimentinių tyrimų, įvertinant įvairių skirtingų parametru įtaką mėšlo ir biopreparatų sąveikos procesams.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Ahring, B. K. Perspectives for anaerobic digestion. *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology*. 2003. Vol. 81, p. 1–30.
2. Aguerre, M. J.; Wattiaux, M. A.; Powell, J.M. Emissions of ammonia, nitrous oxide, methane, and carbon dioxide during storage of dairy cow manure as affected by dietary forage-to-concentrate ratio and crust formation. *Journal of Dairy Science*. 2012. Vol. 95(12), p. 7409–7416.
3. Aplinkosaugos reikalavimai mėšlui tvarkyti. Patvirtinta Lietuvos Respublikos aplinkos ministro ir Lietuvos Respublikos žemės ūkio ministro 2005 liepos 14 d. įsakymu Nr. D1–367/3D–342., (Žin., 2005, Nr. 92–3434).
4. Bakutis, B. Ekologinio ūkio gyvulininkystė. Kaunas: Terra Publica, 2003. 90 p.
5. Bagdonienė, I. Amoniakų emisija iš galvijų mėšlo kintančių mikroklimato veiksnių aplinkoje. Disertacija. Aleksandro Stulginskio universitetas. Akademija. Kauno r. 2013. 91 p.
6. Bagdonienė, I.; Bleizgys, R. Ammonia emissions from dairy cattle manure under variable ventilation rates. *Annals of animal science*. 2014. Vol. 14, Is. 1, p. 141-151.
7. Blanes-Vidal, V., et al. Emissions of ammonia, methane and nitrous oxide from pig houses and slurry: Effects of rooting material, animal activity and ventilation flow. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2008. Vol. 124, p. 237–244.
8. Bleizgys, R.; Čėsna, J. Research of Microclimate in Dairy Cattle and Pig Buildings. *Rural development 2013*. 2013, Vol. 6, b. 3, p. 20-24.
9. Bleizgys, R.; Bagdonienė I.; Baležentienė, L. Reduction of the Livestock Ammonia Emission under the Changing Temperature during the Initial Manure Nitrogen Biomineralization. *The Scientific World Journal*. 2013, Vol. 2013, p. 1-7.
10. Bleizgys, R.; Baležentienė, L. Assessments of biogenic gas emission processes in cowsheds. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2014, Vol. 23, No. 4, p. 1107-1114.
11. Brose, G. Emission von klimarelevanten gasen, ammoniak und geruch aus einem milchviehstall mit schwerkraftlüftung. Dissertation. Universität Hohenheim. Stuttgart. 2000. S.136
12. Burton, C. H.; Turner, C. Manure Management. Bedford: silsoe research institute. 2003. 451 p.
13. Caenegem, L. V.; Wechsler, B. Stallklimawerte und ihre Berechnung. FAT. Tänikon TG. 2000. S. 89
14. Dedl, H. Das ammoniak-delemma. *Delacon Dossier*. 2007. Nr. 1, S. 10.
15. Demmers, T.G.M., et al. First experiences with methods to measure ammonia emissions from naturally ventilated cattle buildings in the UK. *Atmospheric Environment*. 1998. Vol. 32, p. 285–293.
16. Eurich-Menden, B. Ammoniak-emissionen in der landwirtschaft mindern. KTBL. Hannover, 1993, S. 74.
17. Europos parlamento ir tarybos direktyva dėl taršos integruotos prevencijos ir kontrolės. Priėmė ES Ministrų taryba, 1996–09–24. Nr. 96/61/EC, 2008/1/EB. p.24
18. Galvijų pastatų technologinio projektavimo taisyklės ŽŪ TPT 01:2009, patvirtintos Lietuvos Respublikos žemės ūkio ministro 2009 m. rugpjūčio 21 d. įsakymu Nr. 3D–602.
19. Gilliama, R. C.; Hogrefeb, C.; Raoa, S. T. New methods for evaluating meteorological models used in air quality applications. *Atmospheric Environment*. 2006. Vol. 40, p. 5073–5086.
20. Groenestein, C. M. Animal-waste management and emission of ammonia from livestock housing systems: field studies. *Livestock Environment. Fourth International Symposium*, University of Warwick Michigan, USA: American Society of Agricultural Engineers. 1993. p. 1169–1175.
21. Groot Koerkamp, P. W. G., et al. Concentrations and emissions of ammonia in livestock buildings in Northern Europe. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 1998. Vol. 70(1), p. 79–95.
22. Hartung, J.; Philips, V. R. Control of gaseous emissions from livestock buildings and manure stores. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 1994. Vol. 57(3). p. 173–189.
23. HELCOM. Agenda 21 for the Baltic Sea Region, sector report – Agriculture. 1998. Vol. 2(98), p.116.
24. Horntvedt, R. Norwegian lines for keeping of cattle and swine. *Animal Husbandry*. 2001. Vol. 38, p. 67–74.
25. Hristov, A. N., et al. Review: Ammonia emissions from dairy farms and beef feedlots. *Canadian Journal of Animal Science*. 2011. Vol. 91, p. 1–35.
26. Hutchings, N.J., et al. A detailed ammonia emission inventory for Denmark.

- Atmospheric Environment*. 2001. Vol. 35, p. 1959–1968.
27. Jungbluth, T.; Hartung, E.; Brose, G. Greenhouse gas emissions from animal houses and manure stores. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 2001. Vol. 60(1–3). p. 133–145.
 28. Jungtinių tautų bendroji klimato kaitos konvencija. Patvirtinta Lietuvos Respublikos Aplinkos apsaugos ministerijos 1992 birželio 22 d. (Žin., 1995–03–15, Nr. 23–521)
 29. Jungtinių tautų bendrosios klimato kaitos konvencijos Kioto protokolas. 1997. 32 p. (Žin., 2002–12–31, Nr. 126–5735).
 30. Kang, J. H.; Lee, S.J. Improvement of natural ventilation in a large factory building using a louver ventilator. *Building and Environment*. 2008. Vol. 43(12), p. 2132–2141.
 31. Kavolėlis, B. Tvarto mikroklimatas. Akademija. 2003. p. 53.
 32. Kavolėlis, B. Amoniako emisija karvidėse. *Žemės ūkio mokslai*. 2004. Nr.1, p. 46.
 33. Kavolėlis, B.; Bleizgys, R.; Čėsna J. Natural ventilation of animal sheds due to thermal buoyancy and wind. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*. 2008. Vol. 16(4), p.188–194.
 34. Menzi H., et al. Ammonia emissions from agriculture – changing perceptions and research priorities in time: case study in Switzerland. *International Congress Series*. 2006. Vol. 1293, p. 276–286.
 35. Melse, R.W.; Ogink, N.W.M. Air scrubbing techniques for ammonia and odor reduction of livestock operations: review of on – farm research in the Netherlands. *Transactions of ASAE. American Society of Agricultural Engineers*. 2005. Vol. 48(6), p. 2303–2313.
 36. Mosquera, J.; Monteny, G. J.; Erisman, J.W. Overview and assessment of techniques to measure ammonia emissions from animal houses: the case of the Netherlands. *Environmental pollution*. 2005. Vol. 135(3), p. 381–388.
 37. Nacionalinė klimato kaitos valdymo politikos strategija. Patvirtinta Lietuvos Respublikos Seimo 2012 m. lapkričio 6 d. įsakymu Nr. XI–2375 (Žin., 2012–11–17, Nr. 133–6762).
 38. Nuotekų tvarkymo reglamentas. Patvirtintas Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2006 gegužės 17d. įsakymu Nr. D1–236. (Žin., 2006, Nr. 59–2103).
 39. Pažangaus ūkininkavimo taisyklės ir patarimai. Lietuvos žemės ūkio ministerija. Vilainiai. 2007. 38 p.
 40. Pereira, J., et al. Ammonia emissions from naturally ventilated dairy cattle buildings and outdoor concrete yards in Portugal. *Atmospheric Environment*. 2010. Vol. 44(28), p. 3413–3421.
 41. Petherick, A. Nature Climate Change2. 2012. p.705–706.
 42. Philippe, F.; Cabaraux, J.; Nicks, B. Ammonia emissions from pig houses: Influencing factors and mitigation techniques. *Ecosystems & Environment*. 2011. Vol. 141(3–4). p. 245–260.
 43. Reidy, B., et at. Comparison of models used for national agricultural ammonia emission inventories in Europe: liquid manure systems. *Atmospheric Environment*. 2008. Vol. 42(14). p. 3452–3464.
 44. Ribikauskas, V.; Vaičionis, G. Atviro ir uždaro tipo galvijų tvartų oro užterštumas amoniaku ir mikrobais. *Gyvulininkystė*. 2003. Nr. 42. p. 130–138.
 45. Samer, M., et al. Moisture balance and tracer gas technique for ventilation rates measurement and greenhouse gases and ammonia emissions quantification in naturally ventilated buildings. *Building and Environment*. 2012. Vol. 50, p. 10–20.
 46. Sanz, A., et al. Use of an inverse dispersion technique for estimating ammonia emission from surface–applied slurry. *Atmospheric Environment*. 2010. Vol. 44, p. 999–1002.
 47. Shi, Y., et al. Surface amendments to minimize ammonia emissions from beef cattle feedlots. *Transactions of the ASAE. American Society of Agricultural Engineers*. 2001. Vol. 44(3), p.677–682.
 48. Snell, H. G. J; Seipelt, F.; Van den Weghe, H.F. A. Ventilation rates and gaseous emissions from naturally ventilated dairy houses. *Biosystems Engineering*. 2003. Vol. 86(1), p. 67–73.
 49. Statistics explained archive. Agriculture, environment, energy and transport statistics. 2012. Vol. 4, 1260 p.
 50. Sutton, M. A., et al. Ammonia emissions from non–agricultural sources in the UK. *Atmospheric Environment*. 2000. Vol. 34(6), p. 855–869.
 51. Svensson, L.; Ferm, M. Mass transfer coefficient and equilibrium concentration as key factors in a new approach to estimate ammonia emission from livestock manure. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 1993. Vol. 56(1), p. 1–11.
 52. Swensson, Ch. Effect of manure handling system, N fertilizer use and area of sugar beet on N

- surpluses from dairy farm in Southern Sweden. *Journal of Agricultural Science*. 2002. Vol.138, p. 403–413.
53. Tolumųjų tarpvalstybinių oro taršalų pernašų konvencija (Žin., 2001, Nr. 29–919).
 54. Tolumųjų tarpvalstybinių oro teršalų pernašų konvencijos protokolas dėl rūgštėjimo, eutrofikacijos ir pažemio ozono mažinimo, ratifikuotas Lietuvos Respublikos 2004 m. vasario 5 d. įstatymu Nr. IX–2008 (Žin., 2004, Nr. 44–1438).
 55. Velthof, G.L., et al. A model for inventory of ammonia emissions from agriculture in the Netherlands. *Original Research Article Atmospheric Environment*. 2012. Vol. 46, p. 248–255.
 56. Zähler, M.; Keck, M. Ammoniak–emissionen von rindviehställen. Minderung beim bau und management / FAT–Berichte. Ettenhausen. 2005. Vol. 641, S. 12.
 57. Zhang, G., et al. Emission effects of three different ventilation control strategies – a scale model study. *Biosystems Engineering*. 2008. Vol. 100(1), p. 96–104.