

KARVIDĖS ORO TARŠA KENKSMINGOMIS DUJOMIS IŠ ĮVAIRIŲ ŠALTINIŲ

Rolandas Bleizgys, Indrė Bagdonienė, Vilma Naujokienė

Aleksandro Stulginskio universitetas, Akademija, LT-53361 Kauno r.

tel. (8-37) 75 22 40; el. paštas: rolandas.bleizgys@asu.lt; indre.bagdoniene@asu.lt; vilma.naujokiene@asu.lt

Santrauka. Tyrimų tikslas – nustatyti kenksmingų dujų iš įvairių šaltinių emisijos dėsninumus karvidėje ir įvertinti jų įtaką oro taršai. Atlikti teoriniai bei eksperimentiniai tyrimai gamybinėse karvidėse ir laboratoriniame stende. Įvairiose karvidėse nustatyti ir įvertinti pagrindiniai dujų emisijos šaltiniai, o laboratorinėmis sąlygomis nustatytas dujų emisijos intensyvumas. CO₂ emisija iš tiršto mėšlo yra didžiausia – 4065±59 mg/(m²·h), iš pusiau skysto – 2340±39 mg/(m²·h), iš skysto – 1490±34 mg/(m²·h). Didžiausia amoniako emisija – iš skysto mėšlo – 194±6 mg/(m²·h), mažiausia – iš tiršto – 85±4 mg/(m²·h). Nustatyta, kad CO₂ iš mėšlu užterštų tvarto konstrukcinių medžiagų ilgiausiai sklinda iš betono – 99 val., iš medienos – nuo 25 iki 71 val. (priklausomai nuo apdirbimo), nuo guminio kilimėlio paviršiaus – tik 8 val. Pagal sudarytas regresijos lygtis galima prognozuoti CO₂ emisijos intensyvumą iš mėšlu užterštų statybinių medžiagų, taip pat gyvybinių procesų trukmę jose, laikant ir džiovinant medžiagas natūraliomis sąlygomis. Pagrindinis karvidės oro taršos šaltinis amoniaku yra mėšlas, o anglies dvideginis – karvė. Naudojantis pateiktomis dujų emisijos reikšmėmis iš įvairių karvidės emisijos šaltinių, oro taršą kenksmingomis dujomis galima prognozuoti įvairių tipų karvidėse.

Raktažodžiai: amoniakas, anglies dvideginis, emisija, mėšlas, konstrukcinės medžiagos.

THE STUDY ON COW FARM AIR POLLUTION FROM DIFFERENT POLLUTION SOURCES

Rolandas Bleizgys, Indrė Bagdonienė, Vilma Naujokienė

Aleksandras Stulginskis University

Studentų str. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas distr., Lithuania. Tel. +37037752240

E-mail: rolandas.bleizgys@asu.lt; indre.bagdoniene@asu.lt; vilma.naujokiene@asu.lt

Summary. The objective of this study was to determine the sources and intensity of cow farms air pollution from different air pollution sources. The main gas emission sources in cow farms were estimated, samples were taken and under laboratory conditions gas emission intensity was determined. The highest CO₂ emission was found in solid manure – 4065 ± 59 mg / (m² · h). In semi-liquid and liquid manure amount of CO₂ was significantly lower – 2340 ± 39 mg / (m² h) and 1490 ± 34 mg / (m² · h), respectively. The highest ammonia emission was estimated in liquid manure – 194 ± 6 mg / (m² · h) and the lowest in solid manure - 85 ± 4 mg / (m² · h). The time of gas excretion was significantly dependent on the materials of farm construction, e.g. from concrete gases were excreted for 99 h, from different sources of wood from 25 to 71 hours and from rubber coverage only for 8 hours. It was determined, that according to the regression equation is possible to predict the intensity and duration of CO₂ emission from the different construction materials contaminated with manure. It was concluded, that in order to reduce gas emission in the cow farm, it is inappropriate to use concrete waterproofing layer on the surface.

Keywords: ammonia, carbon dioxide, emission, manure, construction, cow farm.

Įvadas. Gyvulininkystei plėtoti Lietuvoje sąlygos yra palankios. Laikantis aplinkosauginių reikalavimų, daugelyje šalies savivaldybių gyvulininkystė gali būti plėtojama 80–973 proc. nuo šiuo metu registruojamo ūkinių gyvūnų skaičiaus (Mikaliūnienė, Česonienė, 2011). Tačiau negalima pamiršti, kad gyvulininkystė yra ir svarbus aplinkos oro taršos šaltinis. Tvirtuose ribojama kenksmingų dujų (CO₂ – anglies dioksido, NH₃ – amoniako, H₂S – sieros vandenilio) koncentracija, nes ir nedidelė ji kenksminga žmogui bei gyvūnams (Bakutis, Monstvilienė, 2001). Anglies dioksidas yra medžiagų apykaitos produktas, kurį iškvėpuoja gyvuliai, dalis dujų susidaro irstant mėšlui, šlapimui, pašarų likučiams. Esant didelei CO₂ koncentracijai tvartuose (5500 mg/m³), gyvulių organizme susilpnėja oksidacijos procesai, pakyla arterinis kraujospūdis, padažnėja kvėpavimas ir pulsas

(Skurdenienė ir kt., 2007). Šios dujos didina šiltnamio efektą. Amoniakas yra pagrindinis atmosferos teršalas, kuris skatina dirvožemio ir paviršinio vandens rūgštėjimą, eutrofikaciją, miškų nykimą (Wulf et al., 2002; Pereira et al., 2010). Jis susidaro pūvant mėšlui, šlapimui ir pašarų likučiams. Tvirtu ore esant net nedidelei NH₃ koncentracijai (10 mg/m³), pablogėja gyvulio sveikatingumas. Didelė H₂S koncentracija tvarto ore (10 mg/m³) taip pat pavojinga, nes sutrikdomas normalus gyvulio organizmo funkcionavimas, pablogėja gyvulio sveikata ir produktyvumas (Caenegem et al., 2000). H₂S dujos išsiskiria pūvant baltymų turinčioms medžiagoms, kurių sudėtyje yra sieros. Dėl išsiskiriančio mažo kiekio šios dujos didelės žalos gamtai nedaro. S. Mikulionienė ir kiti mokslininkai (2003) teigia, kad tvartų oras veikia ne tik gyvūnų, bet ir juos aptarnaujančių žmonių sveikatą.

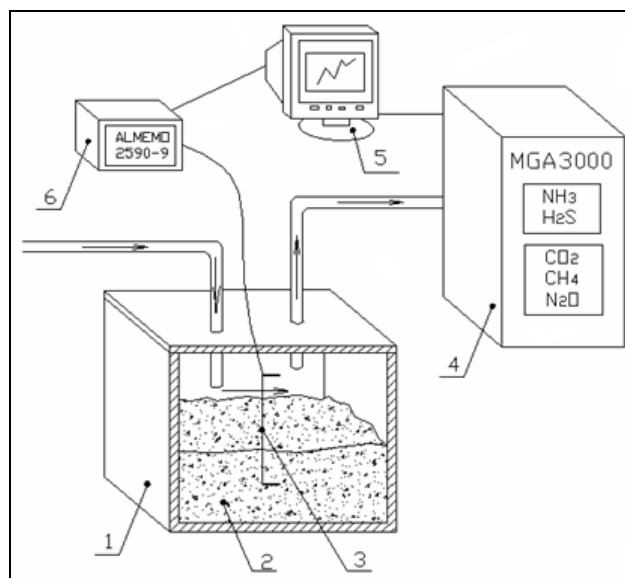
Taigi jei amoniako koncentracija yra didesnė nei 20 mg/m^3 , reikia nedelsiant imtis priemonių padėčiai keisti. Amoniako emisijos į aplinką procesų tyrimams dėmesio skiriama daugiau nei kitoms dujoms. Užsienio šalių duomenimis (Šveicarija, Švedija, Vokietija, Olandija, Danija), žemės ūkyje 80–90 proc. aplinkos oro teršalų išskiriama amoniako pavidalu (Reidy et al., 2008; Sutton et al., 2000; Mosquera et al., 2005; Hutchings et al., 2001). Užsienio mokslininkai (Seedorf, Hartung, 1999) melžiamų galvijų tvartuose nustatė vidutinę $6,4 \text{ ppm}$ amoniako koncentraciją, mėsinių galvijų tvartuose – $4,7 \text{ ppm}$, veršidėse – $3,7 \text{ ppm}$. Kitų tyrėjų duomenimis, įvairiuose galvijų tvartuose vidutinė amoniako koncentracija yra 8 ppm (Koerkamp et al., 1998). Užsienyje rekomenduojama ir dažniausiai taikoma amoniako ribinė koncentracija yra 20 ppm , tačiau taikoma ir 15 ppm . Amoniako garavimo intensyvumas karvidėje, priklausomai nuo gyvulių laikymo technologijos, esti įvairus: Lietuvoje jis kinta nuo 5 iki 14 kg per metus vienai gyvulio vietai, Vokietijoje – $3,5\text{--}17,0 \text{ kg}$ per metus, Nyderlanduose – apie $13,9 \text{ kg}$ per metus, o iš mėšlidės – tik apie $7,9 \text{ kg}$ per metus (Mosquera et al., 2006). Bendroji amoniako emisija iš gyvulininkystės fermų Vokietijoje yra $1\,000\,000 \text{ t}$ per metus. Neoficialus maksimalus amoniako emisijos intensyvumas yra $8,8 \text{ kg}$ karvei per tvartinį 190 dienų laikotarpį (Swiestra et al., 2001).

Norint kenksmingų dujų emisiją sumažinti, pirmiausia reikia ieškoti būdų emisijai mažinti iš tvartų, nes ši sudaro daugiau kaip 35 proc. bendros emisijos. Pasirenkant gyvulių laikymo technologiją, galima daryti ženkliai įtaką ir dujų emisijai. Laikymo technologija, tvarto vidaus įranga, mėšlo šalinimo sistemos labai veikia mėšlo rūšį ir sudėtį, mėšlu užteršiamus plotus, aplinkos temperatūrą etc., nuo kurių priklauso dujų emisijos intensyvumas. Priklausomai nuo tvarto suplanavimo, naudojamos įrangos bei konstrukcinių medžiagų, keisis ir dujų emisijos šaltiniai. Kiekvienoje karvidėje bus kitokia mėšlo sudėtis, juo teršiami plotai bei statybinės medžiagos. Nors atlikta daug tyrimų nustatant dujų emisijos intensyvumą iš mėšlo, pateikti rezultatai labai skirtingi. Pvz., amoniako emisija iš vienos karvės vietos per metus kinta nuo $3,5$ iki $17,0 \text{ kg}$. Tą sąlygoja skirtinga mėšlo sudėtis, skirtingos tyrimų sąlygos, tyrimų metodika, naudojama įranga. Pasigendama platesnių tyrimų vertinant emisiją iš įvairių šaltinių tvarte. Nerasta rezultatų apie dujų emisiją iš mėšlu užterštų tvartuose naudojamų konstrukcinių medžiagų. Norint parinkti ir taikyti aplinkai draugiškiausią gyvulių laikymo technologiją, pirmiausia reikia įvertinti dujų emisiją iš įvairių šaltinių karvidėje – gyvulio, mėšlo, užterštų konstrukcinių medžiagų.

Darbo tikslas – nustatyti kenksmingų dujų emisijos dėsninumus iš įvairių šaltinių karvidėje (karvės, mėšlo, mėšlu užterštų konstrukcinių medžiagų) ir įvertinti jų įtaką oro taršai.

Tyrimų objektas ir metodika. Atlikti teoriniai bei eksperimentiniai tyrimai gamybinėse karvidėse ir laboratoriniame stende. Pasirinktos trys skirtingos karvidės (saitinė, boksinė, pusiau gili), kuriose skirtingos mėšlo šalinimo technologijos. Saitinėje karvidėje laikoma

130 karvių, jų guoliavietė gausiai kreikiama šiaudais. Iš guoliavietės mėšlas rankiniu būdu nustumiamas į atvirą mėšlo taką, iš kurio šalinamas grandikliniu transporteriu. Boksinėje karvidėje taikoma bekrakė technologija, bokasai iškloti guminiiais kilimėliais, vaikščiojimo takuose įrengtos grotelės. Tvarte laikoma 230 karvių. Skystas mėšlas iš kanalų šalinamas kasdien recirkuliaciniu būdu. Pusiau gilioje karvidėje laikoma 140 karvių, kurių pakratams per dieną sunaudojama beveik 2 tonos šiaudų. Mėšlas iš guoliavietės šalinamas mobilia technika vieną kartą per mėnesį, o iš tako prie ēdzių – kas $3\text{--}4$ dienas. Karvidėse nustatyti ir įvertinti pagrindiniai dujų emisijos šaltiniai ir laboratorinėmis sąlygomis nustatytas dujų emisijos intensyvumas iš jų. Dujų emisijos intensyvumo tyrimai atlikti su šviežiu galvijų mėšlu (skystu, pusiau skystu, tirštu), paimtu iš pusiau gilos karvidės. Šiuo mėšlu taip pat buvo užteršiamos įvairios tvartuose naudojamos konstrukcinės medžiagos, mėnesį laikomos skystame mėšle.



1 pav. Dujų emisijos tyrimų eksperimentinio stendo schema: 1 – kamera; 2 – dujų emisijos šaltinis (mėšlas arba mėšlu užterštos statybinės medžiagos); 3 – termoporus; 4 – dujų analizatorius MGA 3000; 5 – kompiuteris (programa MGA 3000); 6 – matuoklis „Almemo 2590 – 9“

Kenksmingų dujų emisijos iš įvairių šaltinių intensyvumui nustatyti naudojamas standas (1 pav.). Sandarioje kameroje ($0,265 \times 0,160 \times 0,145 \text{ m}$) talpinamas emisijos šaltinis – mėšlas, statybinės medžiagos (2) ir, palaikant pastovią aplinkos temperatūrą, nustatomas dujų emisijos intensyvumas. Kameros viršuje įmontuoti du vamzdeliai, pro kuriuos vyksta oro apykaita (tyrimų metu buvo pastovi – $0,06 \text{ m}^3/\text{h}$): pro vieną vamzdelį į kamerą patenka švarus aplinkos oras, pro kitą užterštas oras tiekiamas į dujų analizatorių MGA 3000 (4). Analizatoriuje įmontuoti elektrocheminiai ir lazeriniai jutikliai. Elektrocheminiais jutikliais nustatoma dviejų rūšių dujų koncentracija – NH₃ (matavimo ribos $0\text{--}100 \text{ ppm}$) ir H₂S ($0\text{--}50 \text{ ppm}$), lazeriniais jutikliais – trijų rūšių

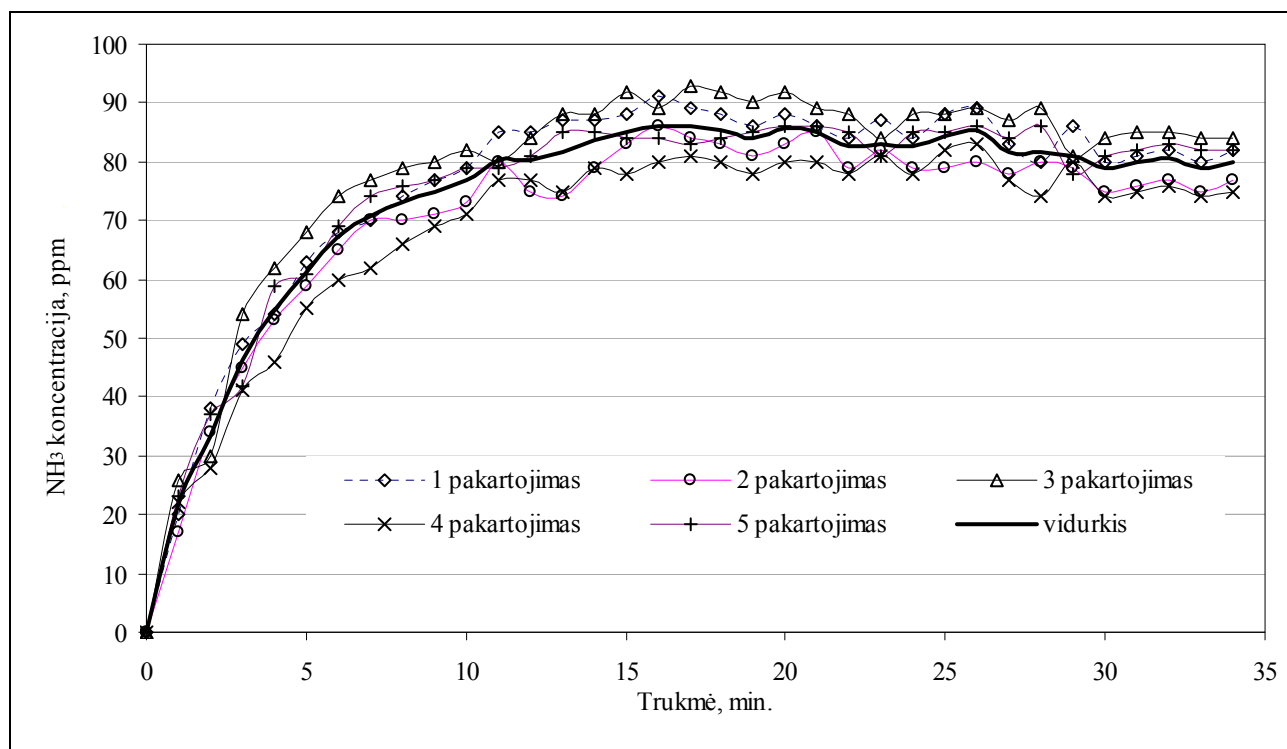
dujų koncentracija – CO₂ (0–3000 ppm), CH₄ (0–10 proc.) ir N₂O (0–100 ppm). Šio prietaiso tikslumas – ±2 proc. Dujų analizatorius užprogramuotas fiksuoti duomenis kas 1 min. Duomenys kaupiami ir apdorojami kompiuteryje (5) programa ADC. Prieš tyrimus analizatorius kalibruojamas naudojant specialias dujas (ML-800). Kiekvienoms dujoms skirta celė kalibruojama atskirai, nustatant nulinę ir maksimalią matavimo reikšmę. Termoporumis (3) matuojama mėšlo ir į kamerą patenkančio oro temperatūra, duomenys kaupiami „Almemo 2590-9“ įrenginyje.

Žinodami kameros (1) vėdinimo intensyvumą G ir dujų koncentraciją į kamerą įeinančiame C_i ir iš jos šalinamame ore C_k , dujų emisijos intensyvumą apskaičiuojame pagal 1 formulę (Amon et al., 1997):

$$E = (C_k - C_i) G. (1)$$

Stende buvo atliekami tyrimai su mėšlu, paimtu įvairiose tvarto vietose (skystu, pusiau skystu, tirštu). Mėšlas kameroje supilamas 4–5 cm storio sluoksniu, su juo atliekami tyrimai, kurie kartojami 5–8 kartus. Tyrimai buvo atlikti ir su pagrindinėmis tvarte naudojamomis bei mėšlu užterštomis statybinėmis medžiagomis – mediena, guminiu kilimėliu, betonu. Medžiagos mėnesį laikytos tame pačiame skystame galvijų mėšle. Iš kameros (1) pašalinus mėšlą ir nuvalius prilipusį mėšlą nuo medžiagų, jos padėtos į kamerą ant 2 cm aukščio sulenktų metalinių plokštelių.

Tyrimų rezultatai įvertinti statistinės analizės metodu, naudojant „Statistica“ programinio paketo ANOVA kompiuterinę programą. Duomenų patikimumas pagrįstas Stjudento kriterijumi. Standartinės paklaidos ir mažiausio patikimumo skirtumo riba apskaičiuotos statistinio reikšmingumo $p < 0,05$ lygmeniu.



2 pav. NH₃ dujų koncentracijos kameroje kaita, kai mėšlas skystas

Rezultatai ir jų aptarimas. Nuo mėšluotų paviršiaus plotų tvarte priklauso kenksmingų dujų garavimo intensyvumas. Skirtingose tvartų zonose atliekama skirtinga veikla, todėl ir jų užterštumas mėšlu skiriasi. Įvertinus mėšlu užterštus plotus, svarbu ištirti jų įtaką tvarto oro užteršimui kenksmingomis dujomis. Priklausomai nuo karvių laikymo technologijos, tvartuose susidaro įvairių rūšių mėšlas, skirtingi plotai juo užteršiami. Pusiau gilioje karvidėje tirštu mėšlu guoliavietė užteršiama 5,7 m² gyvuliui, o pusiau skystu – 0,8 m² take prie ėdžių. Boksiniėje karvidėje skystu mėšlu užteršiami vaikščiojimo takai, kurių apie 4,6 m² tenka vienai karvei. Saitinėje karvidėje tirštu mėšlu užterštų plotų tenka 1,9 m². Iš mėšlo sklinda įvairios dujos ir teršiamas tvarto oras. Tačiau ir pašalinus mėšlą iš tvartų,

mėšlu lieka užterštos tvarto konstrukcinės medžiagos – betonas, guma, mediena ir kt., nuo kurių sklindančiomis kenksmingomis dujomis taip pat teršiamas oras. Nustačius atskirų technologinių zonų užterštumą ir kenksmingų dujų emisijos intensyvumą, galima prognozuoti įvairių tipų tvartų užterštumą ir kenksmingų dujų emisiją gyvulininkystės pastatuose.

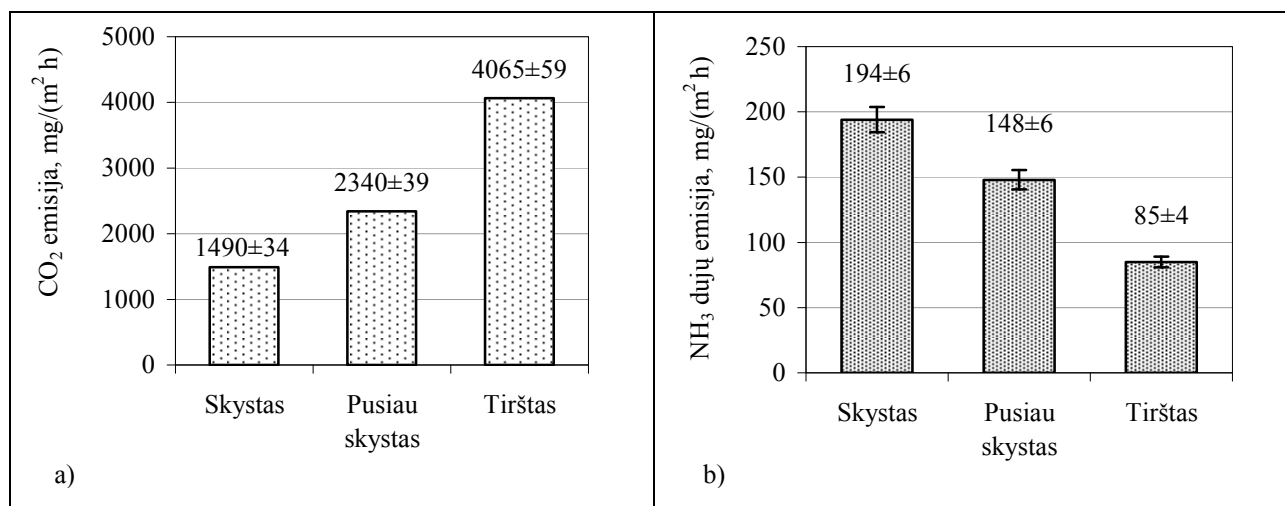
Eksperimentiniais tyrimais stende (1 pav.) nustatyta kenksmingų dujų emisija iš šviežio karvių mėšlo (skysto, pusiau skysto, tiršto). Atliekant tyrimus vidutinė aplinkos temperatūra kito nuo 14,3°C iki 17,5°C. Tyrimų metu mėšlo temperatūra buvo 16,2–17,1°C. Po 10–17 min., nusistovėjus dujų emisijos procesams tiriamojoje kameroje, buvo fiksuojama išsiskirianti iš mėšlo CO₂ ir NH₃ dujų koncentracija ir pagal ją apskaičiuojamos dujų

emisijos reikšmės. Kitų kenksmingų dujų (N_2O , H_2S , CH_4) koncentracija buvo artima 0, todėl detaliau neanalizuojama. 2 pav. pateikta NH_3 dujų koncentracijos kaita, kai kameroje supiltas skystas mėšlas.

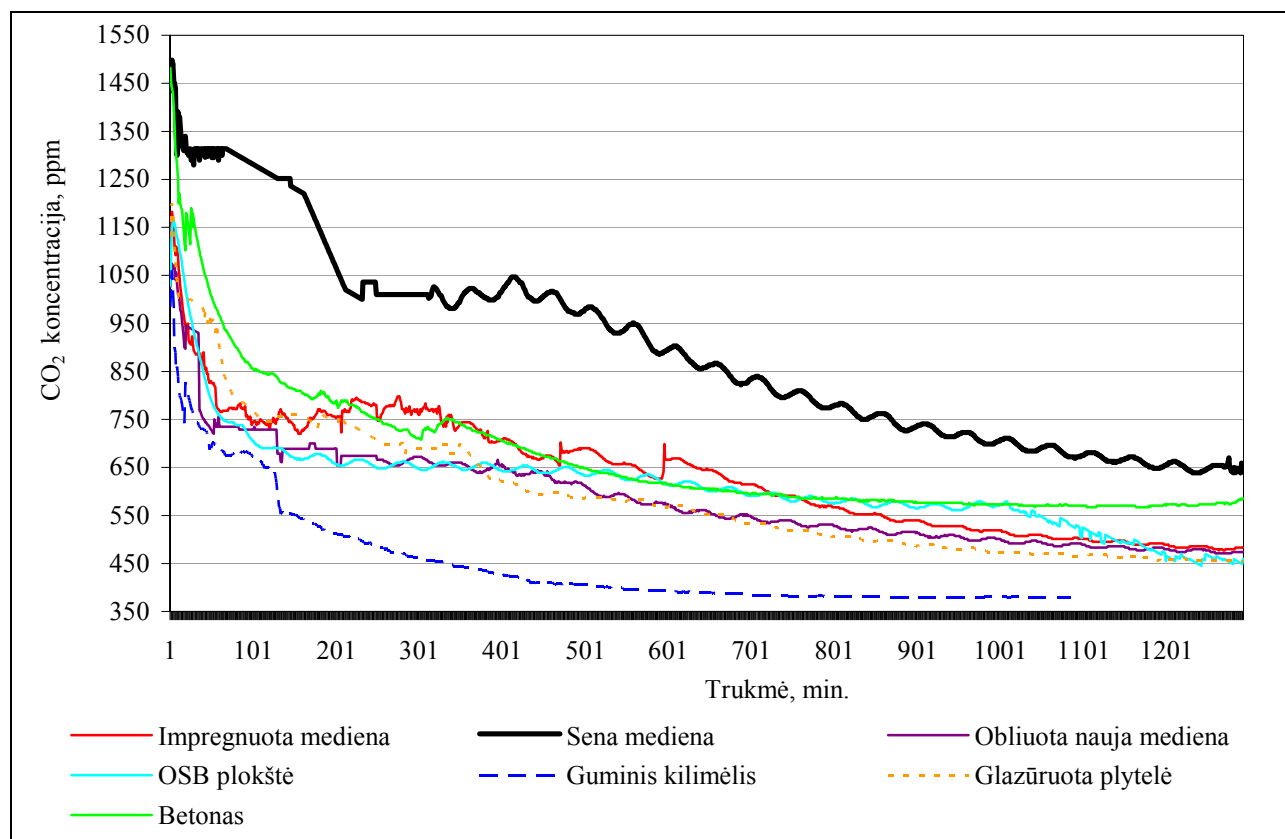
Tyrimų metu amoniakas intensyviausiai garavo pirmąsias 10–15 min. Esant šviežiam mėšlui, užfiksuotos didžiausios amoniako koncentracijos reikšmės, o po 15–20 min. pradėjo tolygiai mažėti.

Įvertinę anglies dioksido ir amoniako dujų

koncentraciją kameroje su įvairiu mėšlu, apskaičiavome dujų emisijos intensyvumą iš mėšlo. Nustatyta ($p \leq 0,05$) CO_2 emisija iš tiršto mėšlo buvo 4065 ± 59 $mg/(m^2 \cdot h)$, iš pusiau skysto – 2340 ± 39 $mg/(m^2 \cdot h)$, iš skysto – 1490 ± 34 $mg/(m^2 \cdot h)$. Didžiausia amoniako emisija buvo iš skysto mėšlo ($p \leq 0,05$) – 194 ± 6 $mg/(m^2 \cdot h)$, mažiausia – iš tiršto – 85 ± 4 $mg/(m^2 \cdot h)$ (3 pav.).



3 pav. Dujų emisijos intensyvumas iš įvairių rūšių mėšlo: a – anglies dvideginio dujų emisija; b – amoniako dujų emisija



4 pav. CO_2 koncentracijos kaita kameroje, laikant įvairias užterštas mėšlu medžiagas

Mėšlas nėra vienintelis oro taršos šaltinis karvidėje, nes, išvalius jį tvarte, pasilieka užterštos konstrukcijos (grindys, pertvaros, sienos ir kt.). Kai oras labai drėgnas, o temperatūra sumažėjusi, amoniakas ištirpsta vandens kondensate, jį absorbuoja statybinės konstrukcijos, kraikas. Kylant temperatūrai ir esant sumažėjusiam atmosferos slėgiui, amoniakas išsiskiria į orą. Tyrimais nustatyta, kad mėšlu užterštose konstrukcinėse medžiagose dar ilgai vyksta gyvybiniai procesai, iš jų sklinda CO₂ dujos. Tyrimams buvo naudojamos įvairios medžiagos, mėnesį laikytos galvijų mėšle. Vėliau, medžiagoms džiūstant natūraliomis sąlygomis, buvo tiriama iš jų dujų emisija (oro temperatūra kito nuo 15,2 iki 18,7°C, santykinis oro drėgnis – nuo 64 iki 73 proc.). Atlikus anglies dioksido dujų emisijos iš mėšlu užterštų pagrindinių tvarte naudojamų konstrukcinių medžiagų tyrimus, pastebėta, kad, laikant ir natūraliai džiovinant mėšlu užterštą medžiagą ilgiau, išsiskiriantis iš jų CO₂ kiekis mažėja, todėl mažėja ir dujų koncentracija kameroje (4 pav.). Dujų emisija iš medžiagų kinta skirtingu intensyvumu (5 pav.), nes dujų emisijos šaltinių paviršiaus šiurkštumas, tankis, poringumas, struktūra bei skysčių (srutų) migracija į vidinius medžiagos sluoksnius yra skirtingi.

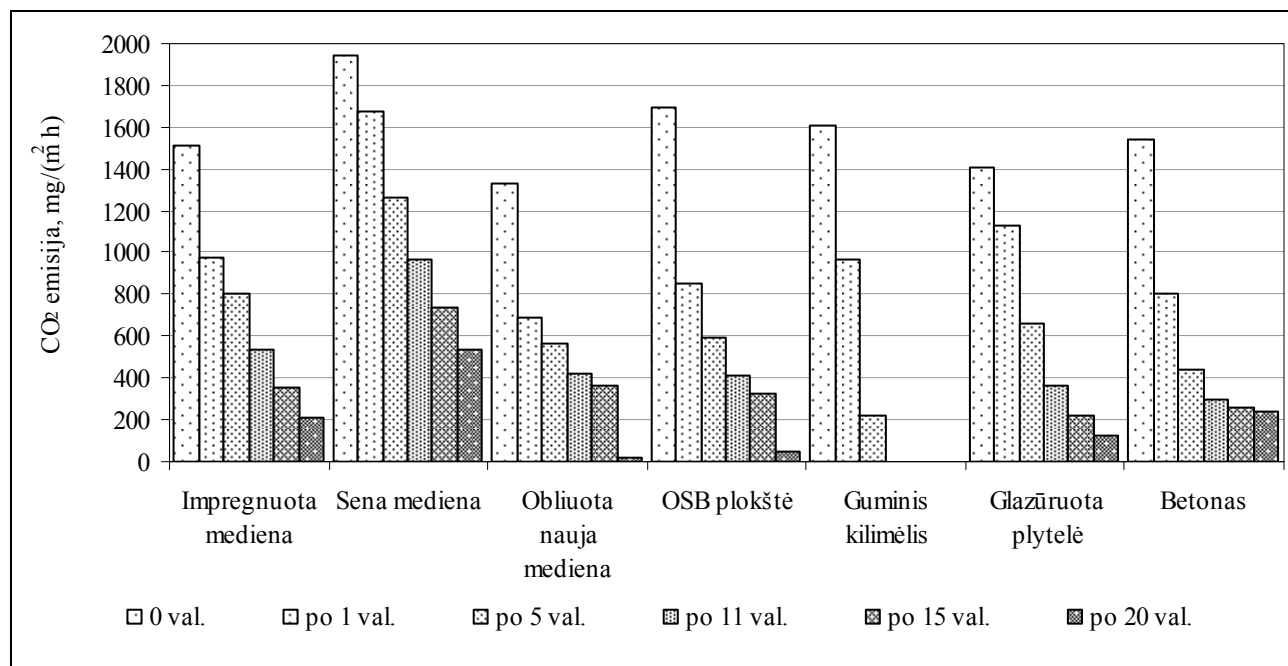
Greičiausiai emisija mažėja iš medžiagų, nelaidžių skysčiams. Per 5 val. emisija nuo guminio kilimėlio

sumažėjo nuo 1609 mg/(h·m²) iki 219 (mg/h·m²), t. y. daugiau kaip 7 kartus. Tuo tarpu emisija iš senos medienos sumažėjo tik apie 1,5 karto – nuo 1940 mg/(h·m²) iki 1260 mg/(h·m²). Įvairios medžiagos įmirko skirtingai, nuo guminio kilimėlio dujos sklido tik tol, kol išdžiūvo mėšlu užterštas medžiagos paviršius, o į betoną ar medieną mėšlas (šlapimas) įsiskverbė giliau, todėl gyvybiniai procesai suaktyvėjo ir gilesniuose medžiagos sluoksniuose.

Pagal lentelėje pateiktas regresijos lygtis galima prognozuoti CO₂ dujų emisijos intensyvumą iš mėšlu užterštų statybinių medžiagų, taip pat gyvybinių procesų trukmę jose, medžiagas laikant ir džiovinant natūraliomis sąlygomis.

Kai CO₂ dujų koncentracijos skirtumas į kamerą patenkančiame ir pašalinamame ore buvo mažesnis kaip 10 ppm, dujų emisija iš medžiagos nevyko. Įvertinus trukmę, per kurią nustoja sklirti dujos (6 pav.), nustatyta, jog gyvybiniai procesai ilgiausiai trunka mėšlu užterštame betone – beveik 100 val.

Iš senos medienos CO₂ dujos nustoja sklirti vidutiniškai po 70, o nuo guminio kilimėlio – tik po 8 val. Tačiau jei konstrukcinės medžiagos įmirkusios mėšle ar srutose ir nėra galimybių joms džiūti, kenksmingos dujos sklis kelis arba net keliolika kartų ilgiau.



5 pav. CO₂ emisijos intensyvumas iš įvairių mėšlu užterštų medžiagų, džiovinamų natūraliomis sąlygomis

Nustatyta, koks CO₂ kiekis išsiskyrė iš įvairių mėšlu užterštų medžiagų per visą tiriamąjį laikotarpį, kol nustojo sklirti dujos. Daugiausia anglies dioksido dujų per tiriamąjį 71 val. laikotarpį išsiskyrė iš senos medienos – 84,3 g/m², o iš betono – mažiau – 55,9 g/m² per 99 val. Užterštose medžiagose susisiekančių indų principu skysčiai migruoja į gilesnius medžiagos sluoksnius, todėl, nuvalius statybinės medžiagos paviršius, dujos sklinda dar ilgai. Nuotekos iš mėšlo giliai įsiskverbia į medžiagas,

plinta jų viduje, ir taip didėja užteršto paviršiaus plotas, nuo kurio sklindančios dujos teršia aplinką.

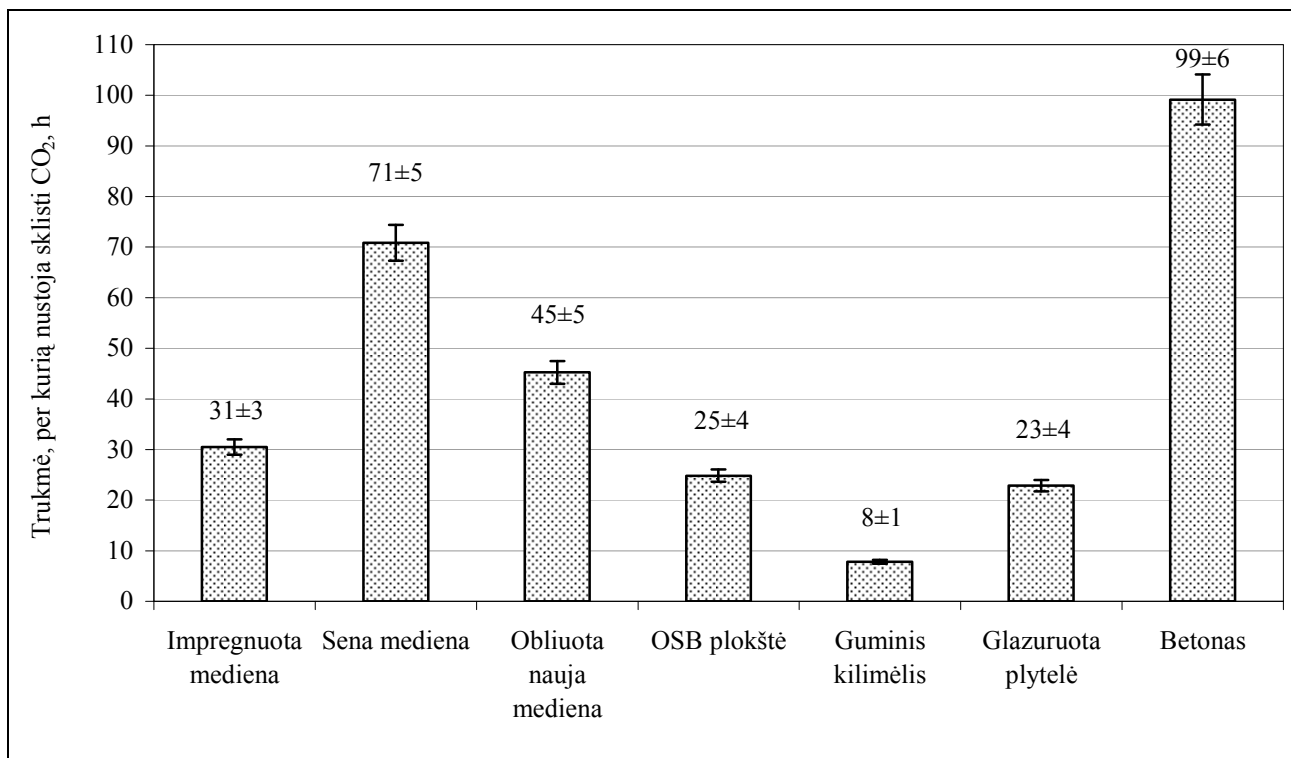
Teoriniais skaičiavimais įvertinsime iš karvės išsiskiriančių CO₂ dujų intensyvumą. Karvės išskirtą anglies dvideginio kiekį I_{CO_2} , l/h apskaičiuojame pagal formulę (Caenegem, Wechsler, 2000):

$$I_{CO_2} = 0,163 Q_b, (2)$$

čia Q_b – gyvulio bendrosios šilumos srautas, W.

Lentelė. Anglies dvideginio dujų emisijos iš mėšlu užterštų medžiagų intensyvumo priklausomybė nuo medžiagos laikymo trukmės

Medžiaga	Regresijos lygtis: $y - CO_2$ emisija, $mg/(h \cdot m^2)$ x – medžiagos laikymo trukmė, min.
Impregnuota mediena	$y = 0,0003x^2 - 1,0009x + 1038; R^2 = 0,913$
Sena mediena	$y = 0,0007x^2 - 1,9147x + 1904; R^2 = 0,966$
Obliuota nauja mediena	$y = 0,0015x^2 - 1,6843x + 965,8; R^2 = 0,905$
OSB plokštė	$y = 0,027x^2 - 8,2468x + 1431; R^2 = 0,898$
Guminis kilimėlis	$y = 0,0051x^2 - 5,2217x + 1325; R^2 = 0,946$
Glazūruota plytelė	$y = 0,0008x^2 - 1,8141x + 1162; R^2 = 0,939$
Betonas	$y = 0,0025x^2 - 2,2804x + 962; R^2 = 0,916$



6 pav. Gyvybinių procesų trukmė įvairiose mėšlu užterštose medžiagose ($p \leq 0,05$)

Gyvulio išskiriamą šilumos srautą apskaičiuojame pagal šilumos balanso lygtį, kuria nustatomi šilumos mainai su aplinka. Apibendrinus įvairių mokslininkų

atliktą gyvūnų šilumos balanso analizę (Bartussek, 1984; Büscher, 1992; Sallvik, 1998; Stolpe, 1985), karvės šilumos balansą analizuojame pagal tokią lygtį:

$$Q_b = Q_{lv} + Q_{sl} + Q_{kt} = (Q_k + Q_s + Q_l) + (Q_g + Q_{kv}) + (Q_o + Q_v + Q_{eks}), \quad (3)$$

čia Q_b – bendrosios šilumos atidavimas;
 Q_{lv} – laisvosios šilumos atidavimas;
 Q_{sl} – slaptosios šilumos atidavimas;
 Q_{kt} – kiti šilumos nuostoliai;
 Q_k – konvekciniš šilumos atidavimas;
 Q_s – šilumos atidavimas spinduliavimu;
 Q_l – šilumos atidavimas laidumu (grindys,

kūnas/guoliavietė);
 Q_g – slaptosios šilumos atidavimas su vandeniu per odą (prakaitui garinti);

Q_{kv} – slaptosios šilumos atidavimas su vandeniu per kvėpavimo sistemą;

Q_o – šilumos nuostoliai įkvėpiamam orui pašildyti;

Q_v – šilumos nuostoliai geriamajam vandeniui pašildyti;

Q_{eks} – šilumos nuostoliai su ekskrementais.

Gyvūnų šilumos balanse didžiausią dalį sudaro laisvosios ir slaptosios šilumos atidavimas, kurios dalis bendrame šilumos sraute priklauso nuo aplinkos temperatūros. Kiti šilumos nuostoliai (vandeniui, pašarui pašildyti ir kt.) sudaro nedidelę šilumos balanso dalį, todėl skaičiuojant neįvertinami (Gebremedhin, Wu, 2003).

Bendrą karvių atiduodamą šilumą į aplinką Q_b , esant aplinkos temperatūrai 20°C, galima apskaičiuoti pagal įvairias lygtis (Bartussek, 1984):

J. Landis siūlo lygtį $Q_b' = 5,52 m^{0,75} + 23,4 Y$, (4)

J. M. Bruce – $Q_b' = 6,36 m^{0,73} + 22,2 Y + 12,5 e^{0,01p}$, (5)

S. Eriksson – $Q_b' = 6,6 m^{0,73} + 21,7 Y + 1,6 \times 10^{-5} p^3$, (6)

J. S. Strom – $Q_b' = 5,2 m^{0,75} + 30 Y + 1,6 \times 10^{-5} p^3$, (7)

čia m – karvės masė, kg;

p – diena po sukergimo;

Y – primilžis iš karvės per parą, kg.

Ludo Van Caenegem (2000) siūlo taikyti šią lygtį:

$$Q_b' = 5,6 m^{0,75} + 22 Y + 1,6 \times 10^{-5} p^3 \quad (8)$$

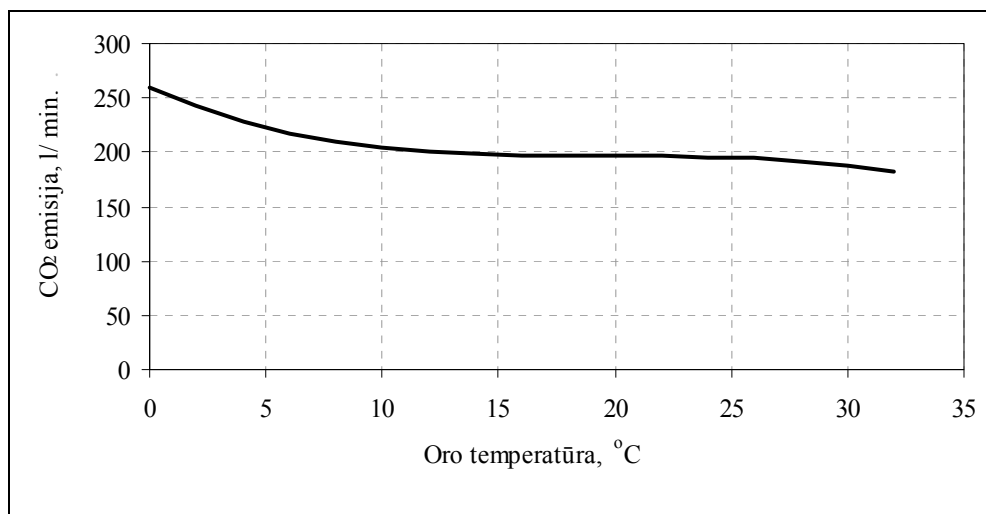
Apibendrinę šias lygtis matome, kad geriausiai įvairių mokslininkų pateiktąsias atitinka L. V. Caenegem siūloma, pagal kurią rekomenduotina skaičiuoti karvės bendrosios šilumos atidavimą į aplinką. Kai aplinkos temperatūra žemesnė arba aukštesnė už 20°C, bendrasis

šilumos atidavimas turi būti koreguojamas pagal lygtį (Caenegem, Wechsler, 2000), kuri tinka esant aplinkos temperatūrai nuo 0°C iki 32°C:

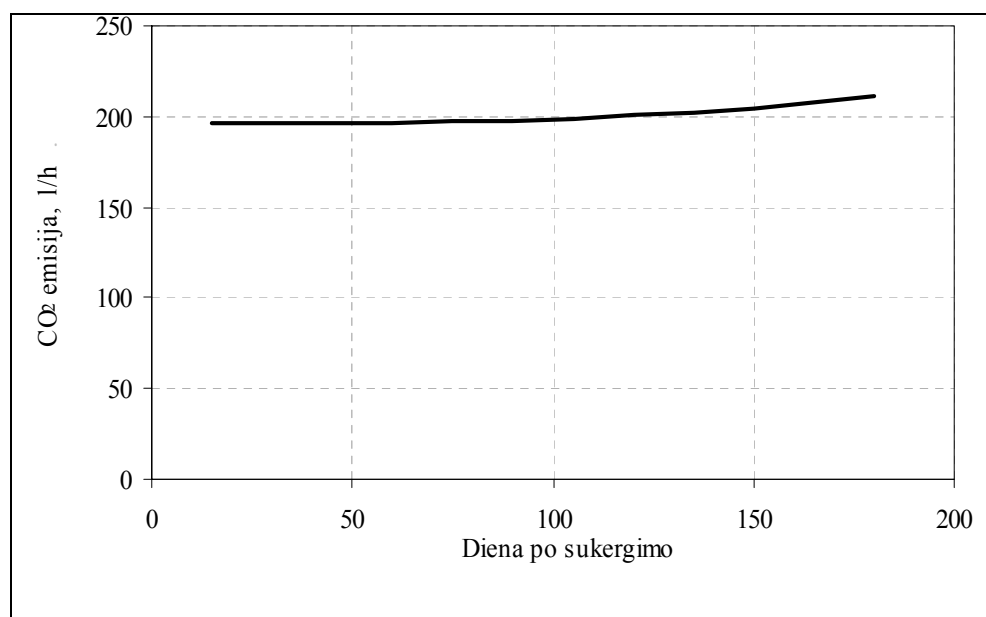
$$Q_b = Q_b' [4 \times 10^{-5} (20 - T_o)^3 + 1], \quad (9)$$

čia T_o – aplinkos oro temperatūra, °C.

Išanalizavę veiksnius, darančius įtaką šilumos mainams tarp karvės ir aplinkos, nustatėme, kad karvės išskiriamam į aplinką anglies dioksido kiekiui didžiausią įtaką turi karvės aktyvumas, aplinkos temperatūra, karvės masė bei produktyvumas. Pagal 2 lygtį apskaičiavę karvės išskirtą anglies dvideginio kiekį, 7 pav. pateikiame temperatūros, o 8 pav. – dienos po sukergimo įtaką karvės išskiriamam CO₂ kiekiui.



7 pav. Karvės (masė 700 kg, produktyvumas – 20 l pieno per parą) išskiriamas anglies dvideginio kiekis priklausomai nuo aplinkos temperatūros



8 pav. Karvės (masė 700 kg, produktyvumas – 20 l pieno per parą, aplinkos temperatūra 20°C) išskiriamas anglies dvideginio kiekis priklausomai nuo dienos po sukergimo

Didžiausią įtaką emisijos intensyvumui turi aplinkos temperatūra. Esant aukštesnei aplinkos oro temperatūrai, karvė išskiria mažiau CO₂. 700 kg sverianti ir 20 l pieno per parą duodanti karvė išskiria 260 l/h CO₂ dujų esant 0°C temperatūrai, o temperatūrai pakilus iki 30°C, dujų emisija sumažėja iki 188 l/h. Išskiriamas CO₂ dujų kiekis didėja didėjant karvės produktyvumui: kai produktyvumas 10 kg pieno per parą, CO₂ dujų emisija – 210 l/h, o produktyvumui padidėjus iki 40 kg, CO₂ emisija siekia net 360 l/h (esant aplinkos temperatūrai 0 °C). Kuo karvės masė ir jos aktyvumas didesni, tuo ir anglies dioksido emisija didesnė.

Apibendrinus rezultatus galima teigti, kad vidutinės masės (650 kg) ir produktyvumo (20 l pieno per parą) karvė CO₂ išskirs apie 190 l/h (22500 g/h). Šiuos duomenis palyginę su anglies dvideginio sklaidimo intensyvumu iš mėšlo, matome, kad, priklausomai nuo mėšlu užterštų plotų karvidėje vieno gyvulio vietai, karvė išskiria 800–1900 kartų daugiau CO₂ į aplinką, nei šių dujų išskiria iš mėšlo. Amoniakui oras labiausiai teršiamas iš skysto mėšlo.

Išvados.

1. Nustatyta CO₂ emisija iš tiršto mėšlo yra 4065±59 mg/(m² h), iš pusiau skysto – 2340±39 mg/(m² h), iš skysto – 1490±34 mg/(m² h). Didžiausia amoniako emisija iš skysto mėšlo – 194±6 mg/(m² h), mažiausia – iš tiršto – 85±4 mg/(m² h).

2. Nustatyta, kad ilgiausiai gyvybiniai procesai mėšlu užterštose medžiagose vyksta betone – 99 val., medienoje – nuo 25 iki 71 val. (priklausomai nuo apdirbimo), guminio kilimėlio paviršiuje – tik 8 val.

3. Pagrindinis karvidės oro taršos šaltinis amoniaku yra mėšlas, o anglies dvideginis – karvė.

4. Vykstant technologiniams mėšlo tvarkymo procesams, karvidėje keičiasi dujų emisijos šaltiniai. Nustatyta, kad iš mėšlo sklindančiomis kenksmingomis dujomis oras teršiamas kelis kartus labiau nei iš mėšlu užterštų konstrukcinių medžiagų, todėl rekomenduotina taikyti mėšlo tvarkymo inžinerines sistemas, kuriose emisijos šaltinis būtų užterštos konstrukcinės medžiagos, o ne mėšlas.

5. Naudojantis pateiktomis dujų emisijos reikšmėmis iš įvairių karvidės emisijos šaltinių, oro taršą kenksmingomis dujomis galima prognozuoti įvairių tipų karvidėse.

Literatūra

1. Amon B., Boxberger J., Amon Th., Zaussinger A., Pollinger A. Einsatz eines mobilen Emissionsmessraumes zur Emissionsratenbestimmung umwelt- und klimarelevanter Gase aus der Rinderhaltung (Stall, Festmistlagerung und –kompostierung) / Bau, Technik und Umwelt in der Landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Beiträge zur 3. Internationalen Tagung. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Kiel. 1997. S. 344–351.

2. Bakutis B., Monstvilienė E. Ekologinės gyvulininkystės problemos. Veterinarija ir zootechnika. 2001. T. 15 (37). P. 7–10.

3. Bartussek H. Report of Working Group on Climatization of Animal Houses. International Commission of Agricultural Engineering. Aberdeen, 1984. P. 72.

4. Büscher W. Experimentelle Untersuchungen zur Luftführung in Stallanlagen / Bericht (15) über das Forschungsvorhaben des Institutes für Landtechnik der Universität Bonn. Bonn. 1992. S. 264.

5. Caenegem L. V., Wechsler B. Stallklimawerte und ihre Berechnung. FAT. Tānikon TG. 2000. S. 89

6. Gebremedhin K. G., Wu B. X. Characterization of flow field in a ventilated space and simulation of heat exchange between cows and their environment. Journal of Thermal Biology. 2003. Vol. 28. P. 301–319.

7. Hutchings N. J., Sommer S. G., Andersen J. M., Asman W. A. H. A detailed ammonia emission inventory for Denmark. Atmospheric Environment. 2001. Vol. 35. P. 1959–1968.

8. Koerkamp P. W. G., Metz J. H. M., Uenk G. H. 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.

9. Mikaliūnienė J., Česonienė L. Gyvulininkystės vystimosi tendencijos Lietuvoje apibrėžtais aplinkosauginiais dirvos biogeninių medžiagų ir paviršinių vandens telkinių kokybės reikalavimais. Veterinarija ir zootechnika (*Vet Med Zoot*), 2011. T. 53 (75). P. 37–44.

10. Mikulionienė S., Būdvytis S., Povilaitis G. Amoniakos emisija pavienėse įvairių tipų karvidėse. Veterinarija ir zootechnika. 2003. T. 24 (46). P. 109–114.

11. Mosquera J., Hol J. M. G., Monteny G. J. Gaseous emissions from a deep litter farming system for dairy cattle. International Congress Series. 2006. Vol. 1293. P. 291–294.

12. 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.

13. Pereira J., Misselbrook T. H., Chadwick D. R., Coutinho J., Trindade H. Ammonia emissions from naturally ventilated dairy cattle buildings and outdoor concrete yards in Portugal. Atmospheric Environment. 2010. Vol. 44 (28). P. 3413–3421.

14. Reidy B., Dämmgen U., Döhler H., Eurich-Menden B., Evert van F. K., Hutchings N. J., Luesink H. H., Menzi H., Misselbrook T. H., Monteny G. J., Webb J. Comparison of models used for national agricultural ammonia emission inventories in Europe: Liquid manure systems. Atmospheric Environment. 2008. Vol. 42 (14). P. 3452–3464.

15. Sallvik K. Environment for Animals. Cigr Handbook of Agricultural Engineering, Animal Production. Volume II. Publisher by: American Society of Agricultural Engineers. 1998. P. 32-54.

16. Seedorf J., Hartung J. Survey of ammonia concentrations in livestock buildings. Journal of Agricultural Science. 1999. Vol. 133. P. 433-437.

17. Skurdenienė I., Ribikauskas V., Bakutis B. Ekologinio ūkio privalumai gyvulininkystėje. Kaunas, 2007. 155 p.

18. Stolpe J. Stallklimagestaltung. Tierphysiologische Grundlagen und Normative. VEB Gustav Fischer Verlag Jena. 1985. S. 164.

19. Sutton M. A., Dragosits U., Tang Y. S., Fowler D. Ammonia emissions from non-agricultural sources in the UK. Atmospheric Environment. 2000. Vol. 34 (6). P. 855-869.

20. Swiestra D., Bram C. R., Smits M. C. Grooved floor system for cattle housing: ammonia emission reduction and good slip resistance. American Society of Agricultural Engineers. 2001. Vol. 17 (1). P. 85-90.

21. Wulf S., Maeting M., Clemens J. Application Technique and Slurry Co-Fermentation Effects on Ammonia, Nitrous Oxide, and Methane Emissions after Spreading: I. Ammonia Volatilization. Published in J. Environ. Qual. 2002. Vol. 31. P. 1789-1794.

Gauta 2011 04 28

Priimta publikuoti 2011 11 15