

CŪKU MĒSLU DIGESTĀTA PASKĀBINĀŠANAS IETEKME UZ AMONJAKA EMISIJU APJOMIEM ZIEMAS RAPŠA SĒJUMOS

AMMONIA EMISSION REDUCTION EFFECT ON ACIDIFICATION OF SWINE MANURE DIGESTER APPLIED IN WINTER RAPESEED FIELDS

Jovita Pilecka^{1, 2}, Inga Grīnfelde^{1, 2}

¹LLU Vides un būvzinātņu fakultāte, Vides un ūdenssaimniecības katedra, ²LLU Meža un ūdens resursu zinātniskā laboratorija
jovita.pilecka@llu.lv

Abstract. Agriculture is the main source of global ammonia emissions. It generates about 75% of global ammonia emissions into the atmosphere and soil fertilization accounts for half of agricultural emissions. Fresh air is a basic human need for both health and the immune system. Air pollution can be defined as a moment when concentration of gases in the air reaches such a large amount that plants, animals and ecosystems are directly or indirectly affected. Ammonia emissions have a negative impact on ecosystems and human health, as they accumulate both as solid particles and as an ingredient of acid rain. Measures of ammonia emissions mitigation can be divided into three large groups: the first group refers to measures of ammonia emission mitigation in animal housing, the second group refers to ammonia emission mitigation measures during the storage of manure and the third group is ammonia emission mitigation measures for fertilizer application. One of mitigation measures is acidification of pig slurry digestate in the field. Measurements of ammonia emissions were made in Jaunbērze parish on 30 April and 1 May, 2018. Sulphate (NS 21:24) and pig manure digestate were used for fertilization. The Picarro G2508 used to conduct the study allows real-time measurements of ammonia concentrations at 1 second intervals, with measuring time of 400 seconds. The volume of the measurement chamber is 60 l connected to the Picarro G2508 using a 10 m long Teflon tube. When measuring ammonia emissions, 3 iterations were performed for each measurement, the reference error was less than 5%. Emissions after digestate application were measured at different time intervals: the first measurement session was immediately after the digestate application, the second measurement session was measured after 2 hours, the third measurement session was measured after 4 hours and the fourth was the measurement after 24 hours. The highest emission immediately after digestate dispersal of 4500 g h⁻¹ ha⁻¹ was detected on the plot without vegetation. The increased ammonia emission is explained by the high pH 7.9 digestate. The lowest ammonia emission at 710 g h⁻¹ ha⁻¹ was detected in the sample plot where acidified digestate was dispersed and where there was winter rape plantation which could be explained by reduced pH 6.4 and the ability of winter rapeseed to absorb ammonia. The result of ammonia emissions in the digestate without vegetation was about twice as high as in the digestate with vegetation. Acidified digestate with vegetation showed three times higher reduction of ammonia emissions in comparison with acidified digestate without vegetation. Ammonia emissions without digestion after 24 hours was 13 kg ha⁻¹, acidified digestate without vegetation 8.5 kg ha⁻¹, but acidified digestate with vegetation within 24 hours reached 2.5 kg h⁻¹ ammonia emissions, which was five times lower than digestate without vegetation.

Key words: Picarro G2508, action to reduce GHG.

Ievads

Lauksaimniecība rada 75% no globālajām amonjaka emisijām atmosfērā, tādējādi tā ir galvenais amonjaka emisiju avots (Amann *et al.*, 2013). Puse no lauksaimniecības emisijām rodas augšņu mēslošanas rezultātā (Beusen *et al.*, 2008). Amonjaka emisijas negatīvi ietekmē ekosistēmas un cilvēku veselību, jo tās spēj uzkrāties gan kā cietās daļiņas, gan kā skābo lietu sastāvdaļa (Stokstad, 2014). Amonjaka emisiju samazinošos pasākumus var iedalīt 3 lielās grupās: 1. grupa – amonjaka samazinošie pasākumi dzīvnieku mītnēs; 2. grupa – amonjaka samazinošie pasākumi kūtsmēslu uzglabāšanas laikā; 3. grupa – amonjaka samazinošie pasākumi mēslojuma iestrādes laikā, pie kuras pieder skābināšanas pasākumi.

Augsne ir tikai viens no amonjaka emisiju avotiem, jo emisijas no tās izdalās tikai tad, ja ir veikta slāpekļa mēslojuma pievienošana augsnei. Ir vairāki faktori, kas var ietekmēt NH₃

iztvaikošanu no augsnes. Ūdens iztvaikošanas laikā, kas atrodas augsnē, ūdens tvaiki sev līdzīgi nes arī NH_4^+ un HCO_3^- jonus, kas palielina NH_3 gāzu koncentrāciju augsnes virsējā slānī. Augsnei drenējoties, ūdens pārvietojas uz augsnes zemākajiem slāņiem, NH_4^+ un HCO_3^- joni tiek ienesti dziļāk augsnes profila zemākajos slāņos (Kirk, Nye, 1991). Latvijas ģeomorfoloģiskajos un klimatiskajos apstākļos nav testēta skābināšanas pasākumu ietekme uz amonjaka emisijām. Darbā izvirzīta hipotēze, ka skābināšanas pasākumi un veģetācija samazina amonjaka emisijas.

Pētījuma mērķis bija noskaidrot, vai un kā mainās amonjaka emisijas, ja cūku mēslu digestāts ir paskābināts, un – vai emisijas mainās atkarībā no veģetācijas esamības vai neesamības.

Materiāli un metodes

Mērījumi tika veikti ziemas rapša sējumos, kas atrodas Jaunbērzes pagastā. Tie notika 2018. gada 30. aprīlī un 1. maijā. Mērījumi veikti ar iekārtu „Picarro G2508”, kas savienota ar 60 litru tilpuma mērījumu kameru (skat. 1. att.), izmantojot teflona caurulītes.

Iekārtas „Picarro” ražotāji ir izstrādājuši augstas rezolūcijas zinātniskās iekārtas gāzu koncentrāciju noteikšanai. „Picarro G2508” vienlaikus var noteikt piecas gāzes – dislāpekļa oksīdu (N_2O), metānu (CH_4), ogļskābo gāzi (CO_2), amonjaku (NH_3) un ūdeni (H_2O) tvaika formā. Ūdens tvaika mērījums nodrošina N_2O , CO_2 un CH_4 gāzu sauso molekulāro koncentrāciju noteikšanu (Fleck *et al.*, 2013). Tehnoloģijas pamatu veido fakts, ka jebkurai mazas molekulas gāzei ir unikāls infrasarkanās gaismas absorbcijas spektrs pie spiediena, kas zemāks nekā atmosfērā. Šādos apstākļos gaismas absorbcijas spektrs sastāv no rindas tuvu izkārtotu, labi identificējamu, asu līniju, kur katrai ir savs raksturīgs viļņa garums. Tas ir priekšnoteikums šīs metodikas attīstībai, jo pēc absorbcijas stipruma, respektīvi, mērot konkrētu absorbcijas maksimumu, var noteikt jebkuras gāzes koncentrāciju. Tradicionālo infrasarkanā spektrometru nepilnība ir tāda, ka nav iespējams noteikt gāzu koncentrācijas gāzu zemā absorbcijas līmeņa dēļ, un mērinstruments ir spējīgs noteikt gāzu tilpuma miljonās daļas koncentrācijas gaisā (ppm). CRDS (Cavity Ring-Down Spectroscopy) tehnoloģija, ko izstrādāja „Picarro Ltd.”, samazina minimālo nosakāmo koncentrāciju līdz miljonai daļai (ppb), efektīvi izmantojot lāzera gaismas staru, kura ceļš var sasniegt pat daudzu kilometru garumu instrumenta mērījuma kamerā ar mērījumu biežumu pat vairākas reizes sekundē (Picarro, 2019). Staru kūli no vienas frekvences lāzerdiodes pa instrumenta mērījumu kameru virza 3 spoguļi, tādā veidā nodrošinot nepārtrauktu cirkulējošo lāzera kustību. Fotodetektors fiksē gaismas daudzumu, kas izplūst caur vienu no spoguļiem, kas ir proporcionāla intensitātei mērījumu kamerā. Momentā, kad fotodetektora signāls sasniedz sliekšņa līmeni (dažu desmitu mikrosekunžu laikā), nepārtrauktais lāzera stars pēkšņi tiek izslēgts. Gaismas stari, kas jau ir instrumenta mērījuma kamerā, turpina atstaroties pret spoguļiem (aptuveni 100 000 reizes). Tā kā spoguļiem atstarošanās spēja ir zemāka par 100% (99.99%), gaismas intensitāte mērījuma kamerā pakāpeniski sarūk un eksponenciāli samazinās līdz 0. Šo lēcieni uz leju laika vienībā fiksē fotometrs (Picarro, 2019).

Iepriekš tika aprakstīta situācija tukšā instrumenta mērījumu kamerā, taču brīdī, kad tiek ievadīts gāzu maisījums, kura koncentrācijas ir jānosaka, gāze instrumenta mērījumu kamerā paātrina lāzera stara nodzēšanās laiku pēc lāzera diodes darbības pārtraukšanas. Atbilstoši lāzera dzēšanas laikam „Picarro” ir izstrādājis aprēķinu algoritmu koncentrāciju noteikšanai konkrētām gāzēm (Picarro, 2019).

Amonjaka mērījumi ar šo multispektrometru kopā ar ūdens tvaika mērījumiem ir sarežģītāk interpretējami nekā CO_2 , NH_4 un N_2O . Amonjaks NH_3 var nogulsnoties gan caurulītēs, gan uz citām instrumenta virsmām (Fleck *et al.*, 2013).



1. att. Amonjaka mērījumi ar „Picarro G2508” un 60 l mērījumu kameru.

Fig. 1. Ammonia measurements with Picarro G2508 and 60 l chamber.

Skābināšanai tiek izmantots traktors ar piemontētu viena kubikmetra tilpuma konteineru, kas pildīts ar sērskābi (skat. 2. att.). Šī sistēma ir pieslēgta pie digestāta cisternas, uz kuras atrodas skābes iestrādes maisītājs, kas iestrādā skābi digestātā. Iekārtai ir sensors, kas nepārtraukti mēra pH līmeni, to automātiski uzturot 6.4 pH līmenī. Sērskābe kopā ar digestātu tiek novadīta uz mēslojamās platības ar izkliedētāju, kuram ir nokarenās caurules.

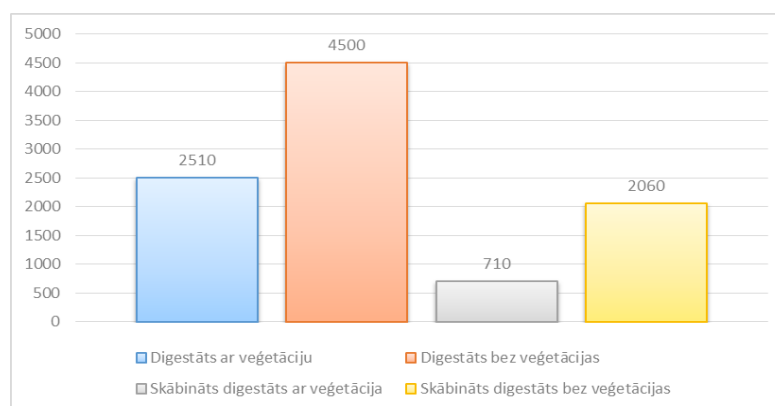


2. att. Šķidrmēsļu izkliede ar nokarenajām caurulēm.

Fig. 2. Dispersion of slurry with hanging hoses.

Rezultāti un diskusijas

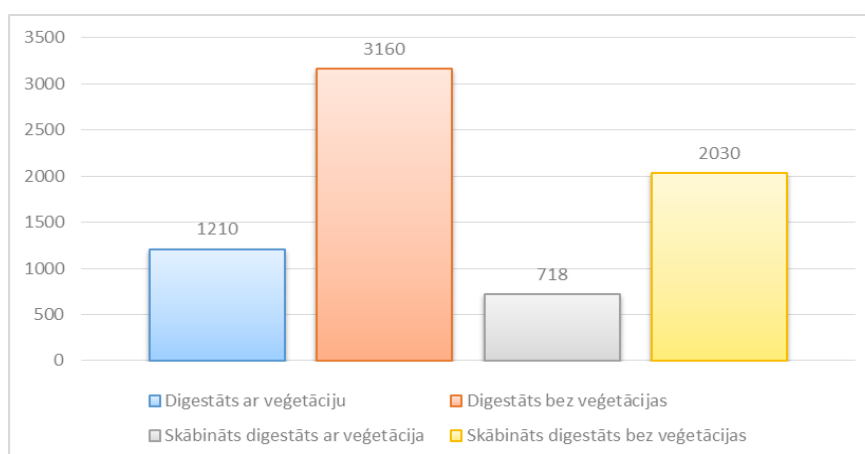
Veicot amonjaka emisiju mērījumus, katrai tehnoloģijai tika veikti koncentrāciju mērījumi 3 atkārtojumos, standartklūda ir mazāka par 5%. Amonjaka emisijas pie dažādām iestrādes tehnoloģijām uzreiz pēc digestāta izkļiedes ir atspoguļotas 3. attēlā. Visaugstākā emisija $4500 \text{ g h}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ tika konstatēta parauglaukumā bez veģetācijas. Paaugstinātās amonjaka emisijas izskaidrojamas ar augsto 7.9 pH līmeni digestātā. Zemākā amonjaka emisija $710 \text{ g h}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ tika konstatēta parauglaukumā, kur tika izkliedēts skābināts digestāts un bija ziemas rapša stādījumi, kas izskaidrojams ar pazemināto 6.4 pH līmeni un ziemas rapšu spēju absorbēt amonjaku. Bez veģetācijas digestāts uzrādīja aptuveni divas reizes augstāku amonjaka emisiju nekā digestāts ar veģetāciju. Skābināts digestāts ar veģetāciju uzrāda trīskāršu amonjaka emisiju samazinājumu pret skābinātu digestātu bez veģetācijas.



3. att. Amonjaka emisijas pēc digestāta izkliedes $\text{g h}^{-1} \text{ha}^{-1}$ pie dažādām iestrādes tehnoloģijām.

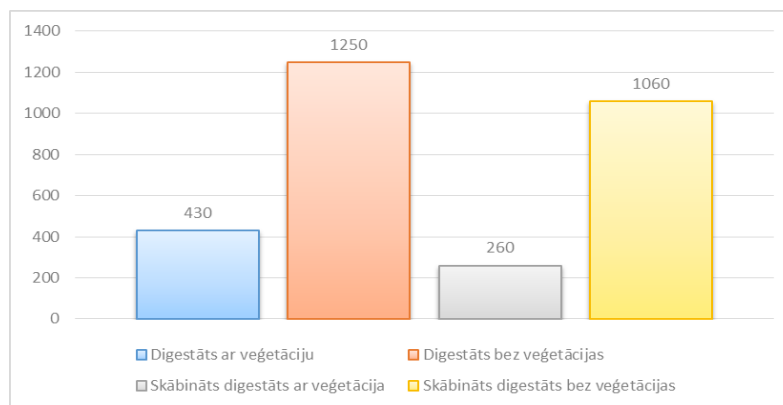
Fig. 3. Ammonia emissions after digestate dispersion $\text{g h}^{-1} \text{ha}^{-1}$ with different incorporation technologies.

Amonjaka emisijas pie dažādām iestrādes tehnoloģijām divas stundas pēc digestāta izkliedes ir parādītas 4. attēlā. Visaugstākā emisija $3160 \text{ g h}^{-1} \text{ha}^{-1}$ tika konstatēta parauglaukumā bez veģetācijas. Zemākā amonjaka emisija $718 \text{ g h}^{-1} \text{ha}^{-1}$ tika konstatēta parauglaukumā, kur tika izkliedēts skābināts digestāts un bija ziemas rapša sējumi. Bez veģetācijas digestāts uzrādīja aptuveni pusotru reizi augstākas amonjaka emisijas nekā digestāts ar veģetāciju. Skābināts digestāts ar veģetāciju uzrāda divkārtu amonjaka emisijas samazinājumu pret skābinātu digestātu bez veģetācijas. Salīdzinot ar emisiju apjomu tūlīt pēc digestāta iestrādes, skābināts digestāts uzrāda tādu pašu emisiju apjomu. Četras stundas pēc digestāta iestrādes amonjaka emisiju apjoms ir samazinājies visās tehnoloģijās (skat. 4. att.), tomēr saglabājas būtiskas atšķirības starp iestrādes tehnoloģijām (skat. 5. att.). Divdesmit četru stundu laikā (skat. 6. att.) amonjaka emisijas bija par 30 reizēm samazinājušās, taču šo faktu var izskaidrot ar spēcīgu lietu nakts laikā starp mērījumiem.



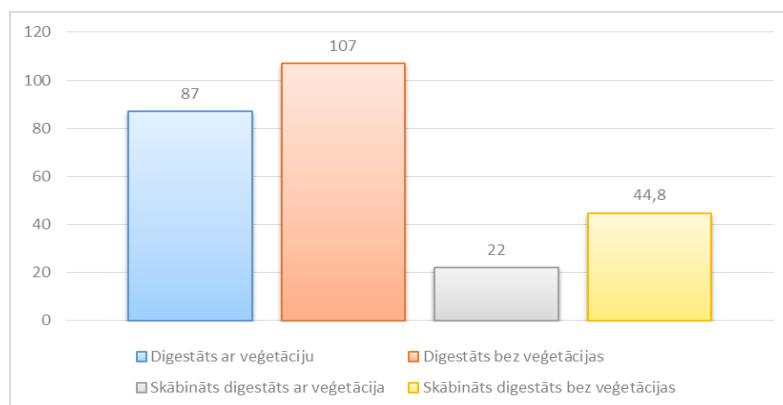
4. att. Amonjaka emisijas divas stundas pēc digestāta izkliedes $\text{g h}^{-1} \text{ha}^{-1}$ pie dažādām iestrādes tehnoloģijām.

Fig. 4. Ammonia emissions two hours after digestate dispersion $\text{g h}^{-1} \text{ha}^{-1}$ with different incorporation technologies.



5. att. Amonjaka emisijas četras stundas pēc digestāta izkliedes $g\ h^{-1}\ ha^{-1}$ pie dažādām iestrādes tehnoloģijām.

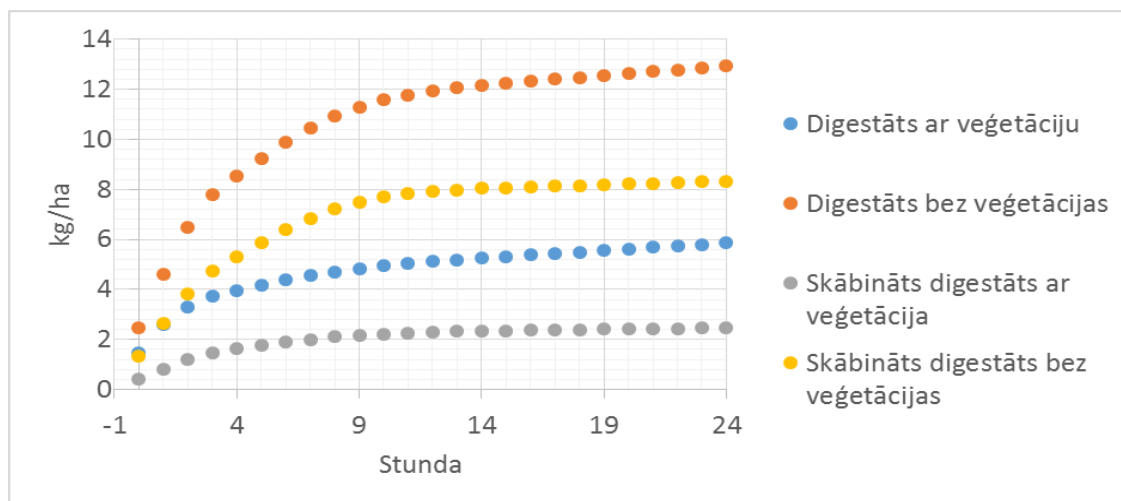
Fig. 5. Ammonia emissions four hours after digestate dispersion $g\ h^{-1}\ ha^{-1}$ with different incorporation technologies.



6. att. Amonjaka emisijas divdesmit četras stundas pēc digestāta izkliedes $g\ h^{-1}\ ha^{-1}$ pie dažādām iestrādes tehnoloģijām.

Fig. 6. Ammonia emissions twenty-four hours after digestate dispersion $g\ h^{-1}\ ha^{-1}$ with different incorporation technologies.

Kumulatīvā amonjaka emisija pa stundām ir atspoguļota 7. attēlā, kur redzams, ka amonjaka emisijas digestātam bez veģetācijas rādītāji 24 stundu laikā sasniedz $13\ kg\ ha^{-1}$, skābinātam digestātam bez veģetācijas tie veido $8.5\ kg\ ha^{-1}$, savukārt skābināts digestāts ar veģetāciju 24 stundu laikā sasniedz $2.5\ kg\ ha^{-1}$ amonjaka emisiju, kas ir piecas reizes zemāka nekā digestātam bez veģetācijas.



7. att. Amonjaka kumulatīvās emisijas divdesmit četrus stundu laikā pēc digestāta izkliedes kg ha^{-1} pie dažādām iestrādes tehnoloģijām.

Fig. 7. Cumulative emissions of ammonia within twenty-four hours after digestate dispersion in kg ha^{-1} with different incorporation technologies.

Secinājumi

Amonjaka emisiju mērījumiem ir iespējams izmantot iekārtu „Picarro G2508” – ar nosacījumu, ka mērījumu kameras rādiusa un augstuma attiecība ir vismaz 1:20.

Skābināšanas pasākumi sniedz būtisku amonjaka emisiju samazinājumu no 40–90% atkarībā no mēslojuma veida (digestāts u.c.), audzētās kultūras, klimatiskajiem un augsnes agroķīmiskajiem apstākļiem.

Lai noskaidrotu skābināšanas tehnoloģijas ietekmi uz amonjaka emisiju samazinājumu, nepieciešams veikt papildu pētījumus, kuros tiek testētas dažādas augsnes un dažādas skābināšanas tehnoloģijas.

Pateicība

Pētījums īstenots ar „Interreg” projekta „Šķidro kūtsmēsļu paskābināšana Baltijas jūras reģionā”, SIA „Latvijas Lauku konsultāciju un izglītības centrs” un SIA „Lauku Agro” finansiālu atbalstu.

Izmantotā literatūra

1. Amann M., Klimont Z., Wagner F. (2013) Regional and global emissions of air pollutants: Recent trends and future scenarios. *Annual Review of Environment and Resources*. Vol. 38, p. 31–55.
2. Beusen A.H.W., Bouwman A.F., Heuberger P.S.C., Van Drecht G., Van Der Hoek K.W. (2008) Bottom-up uncertainty estimates of global ammonia emissions from global agricultural production systems. *Atmospheric Environment*, Vol. 42, p. 6067–6077.
3. Stokstad E. (2014) Air pollution. Ammonia Pollution From Farming May Exact Hefty Health Costs. *Science*, Vol. 343, p. 238.
4. Kirk G. J. D., Nye P. H. (1991). A model of ammonia volatilization from applied urea. V. The effects of steady-state drainage and evaporation. *Journal of Soil Science*, Vol. 42 Issue 1 p. 103–113.
5. Fleck D., Y. He C. Alexander G. Jacobson Cunningham K. (2013). Simultaneous soil flux measurements of five gases – N_2O , CH_4 , CO_2 , NH_3 , and H_2O – with the Picarro G2508. Picarro Appl. Note AN034.
6. Picarro. Tehnoloģija. Cavity Ring-Down Spectroscopy (CRDS). [Tiešsaiste][skatīts 11.01.2019.] Pieejams: <https://www.picarro.com/company/technology/crds>