



NÁRODNÉ POĽNOHOSPODÁRSKE
A POTRAVINÁRSKE CENTRUM
VÝSKUMNÝ ÚSTAV ŽIVOČÍŠNEJ
VÝROBY NITRA

Produkcia emisií škodlivých plynov z chovov hovädzieho dobytká a jej znižovanie

Metodika pre prax (e-book)

Prof. Ing. Jan Brouček, DrSc. a kol.

Október 2014

TITULNÝ LIST

Riešiteľské pracovisko: **Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum
Výskumný ústav živočíšnej výroby Nitra**

**Názov: Produkcia emisií škodlivých plynov z chovov hovädzieho dobytká a jej
znižovanie**

Autorský kolektív:

prof. Ing. Jan Brouček, DrSc.

Ing. Andrea Strmeňová

Ing. Jana Švenková, PhD. (SPU Nitra)

Ing. Ľubomír Botto, CSc.

Doc. Ing. Jana Lendelová, PhD. (SPU Nitra)

Ing. Vojtech Brestenský, CSc.

MVDr. Zuzana Palkovičová, PhD.

MVDr. Rastislav Jurčík, PhD.

Ing. Anton Hanus

Ing. Igor Bôžik

Technická spolupráca: Ľudmila Šabíková, Oľga Francúzová, Zuzana Bencová

Autor fotografií: Ing. Andrea Strmeňová

Vydal: Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum

Výskumný ústav živočíšnej výroby Nitra

Generálny riaditeľ: prof. Ing. Štefan Mihina, PhD.

Dátum vydania: október 2014

Vydanie: prvé

ISBN 978-80-89418-37-4

EAN 9788089418374

Táto publikácia bola napísaná za podpory Projektu APVV-0632-10 „Vplyv vnútorných a vonkajších faktorov na emisie a koncentrácie škodlivých plynov v ustajnení ošípaných, kurčiat a dojníc“.

O B S A H

1. Úvod	1
2. Amoniak	1
2.1 Tvorba amoniaku	3
2.2 Vplyv ustajnenia na amoniak	4
2.3 Emisné faktory amoniaku	5
2.4 Znižovanie emisií amoniaku	6
3. Zápachové a prachové emisie	9
4. Skleníkové plyny	10
4.1 Metán	11
4.2 Oxid uhličitý	13
4.3 Oxid dusný	13
5. Odporúčania pre chovateľov	14
6. Záver	17

1. Úvod

Jedným zo základných predpokladov trvalo udržateľného rozvoja krajiny je zníženie znečistenia ovzdušia. Emisie plynov z poľnohospodárskej činnosti totiž výrazne ovplyvňujú životné prostredie. Poľnohospodárstvo je nielen významným producentom toxického amoniaku, ale vzniká aj celý rad ďalších plynov, najmä metán, CO₂, CO, N₂O, NO_x, H₂S a ďalšie zápachové plyny. Hlavným producentom týchto plynov je chov hospodárskych zvierat a na neho nadväzujúca manipulácia, skladovanie a aplikácia organických odpadov – maštalného a tekutého hnoja. V rastlinnej výrobe je to najmä používanie pesticídov a herbicídov, ale tiež proces dlhodobého kompostovania.

Nebezpečie kyslých dažďov sa už úspešne odstraňuje. Za posledných 15 rokov sa emisie síry znížili o 80 %. Pribúdajú ale iná riziká v podobe zlúčenín dusíka, aerosólov a prízemného ozónu. Problém sa posunul aj geograficky, v severnej Amerike a Európe emisie týchto kyslých látok už klesli, v Ázii a južnej Amerike ale ďalej rastú. Aj u nás sa v posledných rokoch, najmä vplyvom poklesu stavov zvierat, emisie čpavku výrazne znížili. Aj napriek úsiliu pre posilnenie obnoviteľných zdrojov dodávok energie a opatrení na zvýšenie energetickej účinnosti, globálne emisie v roku 2011 vzrástli o 3,2 % oproti roku 2010. Čína prispela k celosvetovému rastu najväčším príspevkom - 720 miliónmi ton emisií, alebo 9,3 %, a to predovšetkým v dôsledku vyššej spotreby uhlia. India je dnes štvrtým najväčším producentom hneď za Čínou, USA, a EÚ.

V zahraničí sú prijímané náročné programové úlohy zamerané na redukcii emisií v podmienkach intenzívneho chovu zvierat. Uvedený proces však vyžaduje nové investície na modernizáciu systémov chovu a riešenie technických opatrení zameraných na redukcii a zmiernenie dopadu chovu zvierat na prostredie. Treba uviesť, že výskumy sú finančne vysoko náročné. Preto sa v uvedenej oblasti venuje pozornosť teoretickému výskumu formou simulačných metód a matematického modelovania emisných faktorov. Ochrana prostredia sa stáva vo svete vážnym hospodársko-politickým problémom a predmetom dlhodobého základného a aplikačného výskumu. Významné miesto je venované amoniaku a metánu a emisiám zápachov z objektov pre chov hospodárskych zvierat.

Znečisťovanie ovzdušia znamená vypúšťanie (emisiu) znečisťujúcich látok do atmosféry. Tieto látky priamo alebo po chemických zmenách nepriaznivo ovplyvňujú životné prostredie. Z hľadiska vzniku rozlišujeme primárne znečisťovanie (emisie) a sekundárne znečisťovanie, ktorým rozumieme chemické zmeny niektorých látok, prebiehajúce pri šírení exhalátov. Miera znečistenia ovzdušia (vyjadrená okamžitou alebo priemernou koncentráciou škodlivín na danom mieste) závisí od emisie škodlivín a od procesov, ktorým sú tieto emisie v ovzduší podrobené.

2. Amoniak

Poľnohospodárstvo je najvýznamnejším antropogénnym zdrojom amoniaku. Množstvo amoniaku emitovaného zo zemského povrchu sa v globálnom meradle odhaduje na 54 mil. ton ročne, z ktorého 22 mil. ton pochádza z chovu hospodárskych zvierat. Najvýznamnejším znečisťujúcim plynom z chovu hospodárskych zvierat je amoniak. Poľnohospodárstvo je najväčším producentom emisií amoniaku v celosvetovom meradle. Odhaduje sa, že vo svete sa produkuje 22-35 mil. ton amoniaku, z toho poľnohospodárstvo produkuje 90 %. Z poľnohospodárskej produkcie amoniaku pripadá na živočíšnu výrobu asi 90 %. V roku 2011 produkovalo poľnohospodárstvo na Slovensku okolo 24 tis. ton emisií amoniaku, z toho živočíšna výroba vyprodukovala okolo 20 tis. ton. Najväčším producentom je hovädzí dobytok, ktorý produkuje na Slovensku asi 50 % z produkcie živočíšnej výroby, ovce len 5 %. Mliekový a mäsový dobytok emitujú v USA približne 50 % NH₃ do životného prostredia.

Bolo dokázané, že úprava zloženia krmív má vplyv na zloženie hnoja a vylučovanie emisií NH_3 .

Je potrebné, aby snížila jeho produkciu a vylučovanie do prostredia na minimálnu udržateľnú úroveň. Odborné práce, týkajúce sa bilancie dusíka na úrovni fariem, sa sústreďujú na vylučovanie tohoto prvku výkalmi a močom a často nezohľadňujú ďalšie spôsoby unikania do prostredia. Obsah dusíka v hnoji závisí najmä na postupoch manipulácie a skladovania hnoja; potom je odhad množstva vylučovaného dusíka do prostredia premenlivejší a menej presný. V ovzduší maštalných priestorov bolo zistených 136 plynných zlúčenín, ktoré pochádzajú najmä z čerstvo vylúčených a uskladnených exkrementov, krmiva, ale aj zvierat samotných.

Amoniak je zodpovedný za acidifikáciu (kyslé dažde) a eutrofizáciu (obohacovanie prírodných ekosystémov o živiny). Eutrofizácia je proces, ktorý je odrazom poľnohospodárskeho alebo komunálneho znečistenia, je veľmi častý v zavlažovacích a odvodňovacích kanáloch, rybníkoch, ale aj vo väčších vodných nádržiach. Zároveň je amoniak nepriamym činiteľom klimatickej zmeny, t. j. doplnkovým zdrojom N_2O po jeho depozícii a nitrifikácii.

Uvoľňovanie amoniaku do vzduchu je výsledkom spôsobu chovu zvierat, podmienok výživy, manipulácie s tekutým a maštalným hnojom, spôsobu jeho skladovania a aplikácie do pôdy. Pritom rozhodujúcim momentom pri znečisťovaní prostredia je technologická manipulácia s hnojom (v maštali, pri skladovaní a pri samotnom hnojení). Dôležité sú vlastnosti maštalného a tekutého hnoja a najmä technologické a stavebné riešenie hnojnej koncovky. Základ emisie je totiž treba hľadať ako dôsledok nedokonalého využitia N - látok vo výžive zvierat (v celom kolobehu sa využívajú dusíkaté látky len na 20-25 %).



Obr. 1 Amoniak v chovoch dojníc býva citeľný, avšak v otvorenom priestore je jeho vplyv na dojnice zanedbateľný.

2.1 Tvorba amoniaku

Vznik amoniaku má pôvod v látkovom metabolizme zvierat. Príčinou je to, že zviera nemá z krmiva k dispozícii plnohodnotnú bielkovinu, ktorá by obsahovala všetky nepostrádateľné aminokyseliny v potrebnom pomere a množstve. Čím je väčšia zhoda štruktúry aminokyselinového zloženia skrmovaných bielkovín s požiadavkami konkrétneho druhu zvierat, tým väčšie množstvo bielkovín je zvierat'om vytvorených a zabudovaných do rastu svaloviny, či tvorby mlieka a menej aminokyselín je deaminovaných a vo forme močoviny (u cicavcov) alebo kyseliny močovej (u vtákov) vylúčených z organizmu.

Amoniak pritom vzniká pri bakteriálnom rozklade bielkovín a močoviny. Močovina sa rýchlo premieňa na amoniak za prítomnosti enzýmu ureáza, ktorý je produkovaný mikroorganizmami. Maximálne uvoľňovanie amoniaku nastáva za 1 až 2 hodiny po vylúčení.

Hnacou silou unikavosti amoniaku z tekutiny je rozdiel parciálnych tlakov (p_{NH_3}) tekutej zložky a parciálneho tlaku (p_{NH_3}) vzduchu nad tekutou zložkou. Medzi obidvoma tlakmi je rovnováha, ktorá je definovaná vysokou závislosťou Henryho konštanty na teplote. V prípade vyššieho parciálneho tlaku (p_{NH_3}) v plynnej fáze nad tekutou zložkou sa znižuje unikanie plynného amoniaku. Z uvedeného vyplýva nutnosť prekrytia nádrží na tekutý hnoj. Vplyv faktoru teploty vzduchu sa mení v priebehu dňa spolu s aktivitou zvierat. S nárastom teploty privádzaného vzduchu (od - 4 do 26 °C) stúpa amoniaková emisia lineárne. Vo všetkých systémoch chovu a pri všetkých zvieratách je vyjadrená v $0,2-2,7 \text{ g.h}^{-1}.\text{DJ}^{-1}$. Najvyššia je v chove nosníc, najnižšia je v ustajnení s priväzovaním v chove hovädzieho dobytká.

Chemické zloženie výkalov, na ktorom záleží pri tvorbe emisií, je výsledkom konverzie krmív, schopností jednotlivých druhov a kategórií zvierat využiť N-látky z krmnej dávky. Zvlášť významný pre potenciál emisií čpavku je podiel amóniových zlúčenín (NH_4^+) v tekutej zložke. Z porovnania tekutých hnojov vyšla najlepšie hnojovica hovädzieho dobytká. Hydinový hnoj totiž obsahuje 2 x viac amóniového dusíku na tonu v porovnaní s tekutým hnojom ošípaných a 3 x viac v porovnaní s tekutým hnojom dobytká. Unikanie NH_3 je tomu úmerné.



Nadmerné vylučovanie dusíkatých látok výkalmi a močom zapríčiňuje nadbytok dusíkatých látok v krmnej dávke, nadbytok bielkovín degradovateľných v bachore, alebo nesprávne vybilancované krmivo na bielkoviny, aminokyseliny alebo energiu. Veľká časť energie z krmív, obsahujúcich nadbytok bielkovín, je nevyužitelná pre tvorbu mlieka u dojníc, pretože energia krmiva sa využije na syntézu močoviny. Prebytočný amoniak vznikajúci pri rozklade krmiva je detoxikovaný syntézou močoviny. Močovina, ktorá nie je využitá v gastrointestinálnom trakte, je vylúčená močom.

Obr. 2 Roštová podlaha s ušľapaným hnojom

v chove dojníc

Unikavosť amoniaku z vodných roztokov sa určuje na základe fyzikálno-chemických vlastností. Pri definovaní funkčných závislostí emisných faktorov je preto potrebné sa zamerať na obsah dusíka v tekutej časti, teplotu prostredia, pH, tlak plynov v tekutej zložke a nad ňou, rýchlosť pohybu vzduchu a veľkosť hraničnej plochy medzi tekutou a plynnou

fázou. Pre emitované množstvo NH_3 za čas má popri koncentrácii amóniového dusíka v tekutej zložke veľký význam pH - hodnota, tým že ovplyvňuje celkový podiel NH_3 v tekutej zložke. Hodnota pH je hlavný faktor regulujúci rovnováhu medzi amóniovými iónmi NH_4^+ a plynným amoniakom NH_3 v hnojnom roztoku.

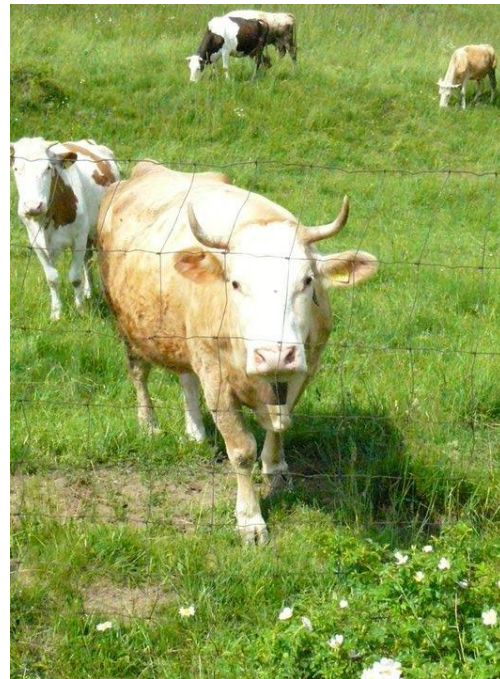
Pri zvyšovaní pH nad 7 silne narastá potenciál unikavosti amoniaku. Rovnomerné rozdelenie pomeru $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ vo vode je pri $\text{pH}=9,25$. Hodnota pH jednotlivých druhov tekutého hnoja je veľmi výrazne rozdielna. Šírka pásma je zvlášť veľká v chove nosníc a je podstatne ovplyvnená veľkosťou a zložením komponentov krmnej dávky, postupom odstraňovania, dobou skladovania a spôsobom ošetrovania. Najvyššia hodnota pH je u tekutého hnoja hovädzieho dobytku, u nosníc je najnižšia.

2.2 Vplyv ustajnenia na amoniak

V maštaliach pre chov hovädzieho dobytku sa amoniak tvorí najmä z močoviny obsiahnutej v moči. Prežúvavce nedokážu efektívne využiť dusík krmiva a preto je prebytok dusíka vylučovaný močom a výkalmi. Do mlieka sa uloží asi 25–35 % dusíka prijatého krmivom a takmer všetok zvyšný dusík je vylučovaný z organizmu exkrementami. Močom je odvádzaná približne polovica tohto dusíka, pričom asi 60 – 80 % sa nachádza vo forme močoviny.



Obr. 3 Väznú ustajnenie



Obr. 4 Výbeh – na paši



Obr. 5 Voľné ustajnenie

Amoniak sa začína tvoriť hneď po vylučovaní exkrementov zvieratami už v ustajňovacích priestoroch. Z celkových emisií amoniaku tvoria emisie z ustajňovacích priestorov pri hovädzom dobytku, ktorý sa pasie 30 % a ktorý sa nepasie 45 %. Veľkosť jeho emisií závisí od mnohých faktorov: plochy podlahy, na ktorú sú exkrementy vylučované, teploty a

rýchlosti prúdenia vzduchu nad plochou exkrementov, teploty a vlhkosti hnoja, konštrukcie podlahy, typu použitej podstielky a spôsobu odstránenia hnoja.

V lete sú emisie amoniaku vyššie ako v zime. Pri zvýšení vonkajšej teploty o 1°C sa emisie z ustajnenia kráv zvýšia o 2,6 %. Podstielka viaže na seba amoniak a znižuje jeho emisie. Kilogram slamy dokáže absorbovať 2-5 g amoniaku, v závislosti od jej fyzikálnej úpravy. Zväčšovaním povrch (rezaním, drvením) sa jej absorpcia zvyšuje. Pri podstielaní pilinami sú emisie z ustajňovacích priestorov menšie ako pri podstielaní slamou.

Pri stelivových systémoch chovu hovädzieho dobytku je potreba rešpektovať požiadavku na pristielanie dvakrát denne s požadovaným množstvom a kvalitou podstielky. Musí byť k dispozícii dostatočná kapacita hnojísk a nádrží. V zahraničí sa bežne požaduje skladovacia doba hnoja 6 mesiacov, čo je dostačujúce na prekrytie zimného obdobia. Ani počas vegetačného obdobia nemusia byť plochy vhodné na aplikáciu tekutého hnoja pri tak krátkom časovom období voľné. V súčasnosti je požiadavka na skladovanie maštalného hnoja až na 10 mesiacov, v závislosti na konkrétnych podmienkach a vybavenosti hnojiska vhodnou mechanizáciou na manipuláciu počas skladovania. Vo Veľkej Británii pochádza 42 % emisií NH₃ z chovu hovädzieho dobytku a ošípaných, ktoré sú ustajnené na slamenej podstielke. Doplnenie ďalšej slamy môže znížiť emisie NH₃ v súvislosti so zníženým prúdením vzduchu v povrchovej vrstve znečistenej močom, a imobilizácia amoniakálneho N. Cieľom britskej štúdie bolo kvantifikovať vplyv zvýšenia množstva podstielkovej slamy na emisie NH₃ z chovu hovädzieho dobytku. Prídavkom 33 % slamy, sa dosiahlo zníženie emisií NH₃ z hovädzieho dobytku o 50 %.

Je samozrejmé že pri častejšom odstraňovaní hnoja z maštale a čistejších podlahách sú emisie amoniaku nižšie. Preto pri skladovaní hnojovice v podroštových skladovacích priestoroch v maštali a hlbkej podstielke sú emisie amoniaku vyššie ako pri dennom odstraňovaní hnoja. Zmenšenie povrchu hnoja a zníženie prúdenia vzduchu, prípadne ochladzovanie hnojovice v podroštových kanáloch prispeje k nižším emisiám amoniaku. Oddelovanie moču od hnoja spomalí rýchlosť reakcie, ktorá vedie k tvorbe amoniaku. Spádovanie plochy pre exkrementy na odvod moču do kanalizácie prispeje k znižovaniu emisií amoniaku. Reakcia hnoja má významný vplyv na uvoľňovanie amoniaku. Pri reakcii nad pH 7 sa v hnoji zvyšuje koncentrácia amoniaku a tým aj rýchlosť jeho odparovania. Hodnota pH hnoja býva v rozsahu 7,5 až 8,5. Použitím okysľujúcich látok je možné znížiť emisie amoniaku z hnoja.

2.3 Emisné faktory amoniaku

V Českej republike sa považuje hodnota emisie NH₃ 1,2 kg na dojnicu/mesiac za referenčnú. Avšak pri rozdielnych spôsoboch odstraňovania výkalov a manipulácie s nimi sú samozrejme rozdielne výsledky. Napríklad pri splachovaní roštovej podlahy bola emisia iba 58 %. Podľa holandských autorov je referenčná hodnota emisie pri zasušených dojniciach 41,6 g amoniaku za hodinu. V ďalších prepočtoch publikovali holandskí autori emisiu na dojnicu a mesiac 1 kg NH₃. Emisia meraná simulačne z roštu a tekutého hnoja skladovaného pod roštom bola približne 650 mg NH₃.m⁻².h⁻¹. Emisia meraná na betónovej podlahe bola nepatrne nižšia. Odstraňovanie hnoja zhrňovacou lopatou zníži emisiu len minimálne.

Obr. 6 INNOVA Multi Gas Monitor - prístroj na meranie koncentrácií škodlivých plynov



Splachovanie znížilo emisiu o 70 %. Ročná produkcia amoniaku v chove jalovic predstavuje 2,82 kg NH₃ na 100 kg živej hmotnosti.

Dusík obsiahnutý v exkrementoch prežúvavcov pochádza z nestrávenej potravy, mikrobiálnych bielkovín, endogénnych bielkovín (tráviace enzýmy, črevné bunky), močoviny a amoniakálneho dusíka. 50 – 75 % dusíka môže uniknúť z hnoja vo forme plynného amoniaku ešte pred jeho nitrifikáciou, t. j. premenou na dusičnany.

Emisné faktory pre amoniak u prežúvavcov a koní (kg NH₃ na zviera a rok)

Druh a kategória zvierat	Ustajnenie	Sklad mimo ustajnenia	Povrchová aplikácia hnoja a hnojovice	Pasenie	Celkové emisie
Hovädzí dobytok					
- dojnice	8,7	3,8	12,1	3,9	28,5
- ostatný dobytok	4,4	1,9	6,0	2,0	14,3
Ovce	0,24		0,22	0,88	1,34
Kone	2,9		2,2	2,9	8,0

Výsledný emisný faktor je súčet čiastkových emisných faktorov pre ustajnenie, skladovanie mimo ustajnenia a aplikáciu hnoja, prípadne pasenie. Pri hovädzom dobytku sa vypočíta podľa celoročného podielu pobytu zvierat v maštali a na pastve.

2.4 Znižovanie emisií amoniaku

Vývoj opatrení na redukciiu dopadu živočíšnej výroby na životné prostredie vyžaduje lepšie pochopenie mechanizmu tvorby amoniaku, jeho emisie a rozkladu. Aby boli správne porozumené a napokon obmedzené negatívne účinky amoniakálnych emisií, je dôležité upresniť, za akých podmienok vznikajú. Najvyššie straty amoniaku pri dobytku, ovciach a koňoch sú pri aplikácii na pôdu (povrchová aplikácia + pastva), ktoré predstavujú pri dobytku 56 %, pri ovciach až 82 % a pri koňoch 64 % z celkových strát. Strata pri skladovaní hnoja dobytky je okolo 13 %.

Aké sú opatrenia na redukciiu emisií amoniaku? Základom má byť zamedzenie strát dusíka do hydrosféry a atmosféry. Technologická disciplína má svoje miesto nielen z hľadiska vlastného chovu, ale i z hľadiska zníženia strát amoniakom. Propagujú sa zakryté sklady hnoja. V experimentoch v Holandsku bolo zistené, že strata dusíka amoniakovou emisiou pri nekrytých skladoch je v rozsahu 25-30 % (2-2,5 kg N.m⁻²) za 3-6 mesiacov. Požiadavka na prekrytie hnojísk je uplatňovaná v súčasnosti i v Nemecku.

Opatrenia na znižovanie vplyvu chovu zvierat na prostredie sa nevzťahujú iba na manipuláciu s hnojom a jeho využívanie ale aj na minimalizovanie tvorby hnoja a znižovanie emisných látok v exkrementoch. Rozhodujúcim environmentálnym aspektom je to, že zvieratá metabolizujú na produkciu iba malú časť krmiva a nestrávenú časť vylučujú v exkrementoch. Dojnice na produkciu mlieka využijú 25-35 % dusíka prijatého v krmive. Proces spotreby, využívania a strát dusíka pri chove jatočných ošípaných je dobre známy a je znázornený na obrázku 1. Sú však literárne zdroje, ktoré udávajú vyššie využitie bielkovín z krmiva, až 56 %.

Hoci vylučovaniu dusíka dodávaného v krmivách sa nedá vyhnúť, riadeným kŕmením bielkovín a aminokyselín sa dá dosiahnuť zníženie množstva dusíka, ktorý skončí v exkrementoch a slúži ako zdroj emisií amoniaku. Účinné kŕmenie má za cieľ dodávať zvieratám potrebné množstvo čistej energie, dusíkatých látok, minerálov, stopových prvkov a vitamínov pre rast, produkciu a reprodukciu. Riadenou výživou je potrebné prispôsobiť krmivá požiadavkám zvierat v rôznych štádiách chovu a tým znižovať množstvo nestráveného

dusíka, ktorý sa potom vylučuje v exkrementoch. Používanie niektorých krmovínových prísad, ako sú enzýmy, môžu zvýšiť účinnosť krmív, čím sa zlepši zadržanie živín a zníži množstvo vylúčených živín v exkrementoch. Kŕmenie poskytuje nákladovo najúčinnejšie možnosti znižovania emisií amoniaku. Týmto opatreniami je možné znížiť jeho emisie do 50 %. Je dôležité si uvedomiť, že čím je vyššia koncentrácia močoviny v moči, tým je vyšší aj stupeň unikania amoniakálnych emisií do ovzdušia. Aj prostredníctvom výživárskych opatrení je možné ovplyvňovať tvorbu moču a koncentráciu močoviny v moči. Moč a výkaly samostatne emitujú len minimálne množstvo amoniaku, výrazné uvoľňovanie nasleduje až po kontaminácii mikroorganizmami nachádzajúcimi sa na znečistenej podlahe. Z výkalov dobytky sa uvoľňuje len zanedbateľné množstvo amoniaku (menej ako 1 %), vzhľadom na to, že obsahujú dusík prevažne v organickej forme. Obsah dusíka v moči závisí od zloženia krmív a výšky úžitkovosti. Prebytok degradovateľných bielkovín v krmive môže spôsobiť zvýšené množstvo dusíka vylúčeného močom.

Vo Vyhláske Ministerstva pôdohospodárstva, životného prostredia a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky 356/2010 Z. z., ktorou sa vykonávajú niektoré ustanovenia zákona o ovzduší sú tieto odporúčenia pre zníženie nadbytočných dávok proteínov: zloženie krmiva prispôbiť požiadavkám stavu jednotlivých zvierat, napríklad podľa veku a váhy zvierat, štádia chovu, náhrada časti čerstvej trávy vlákninou s nižším obsahom proteínov, napríklad kukuričnou silážou, senom, slamou, vylúčenie intenzívneho hnojenia trávnych porastov určených na skrmovanie, zvýšenie podielu pasenia, primiešavanie biotechnologických prípravkov do krmiva.

Nízkoemisnými technikami pre ustajnenie zvierat je možné emisie amoniaku znížiť. Vo vestníku MŽP SR 5/2008 sú uvedené nízkoemisné techniky pre ustajnenie zvierat a o koľko je možné týmito technikami znížiť emisie amoniaku oproti referenčným hodnotám:

Metóda znižovania	Zníženie do (%)
Čistenie hnoja niekoľkokrát denne	50
Roštová podlaha najviac do 50 %	20
Ošetrovanie podstielky biotechnologickými prípravkami	60
Ventilácia s rekuperáciou	25
Hnojový pás núteným sušením	80

Pri skladovaní v hnojisku, prípadne v nádržiach ďalšie straty dusíka vo forme amoniaku. Z celkovej emisie amoniaku sú emisie pri skladovaní hnoja od dobytky 13 % .

Aj pri skladovaní hnoja a hnojovice platí, že čím je väčšia emitovaná plocha, rýchlejšie prúdenie vzduchu nad ňou a vyššia teplota vzduchu tým sú vyššie emisie amoniaku.

Preto čím viac hnoja je uskladnené na menšej ploche tým sú z neho nižšie emisie amoniaku. Rovnako prekrytie hnoja či hnojovice zabraňuje emisiám. Čím je prekrytie tesnejšie tým sú emisie nižšie. Pevný kryt (trvalý betónový poklop) je účinnejší ako plávajúce kryty (nasekaná slama, plávajúca fólia, prípadne hexadlaždice), ktoré sú lacnejšie ale menej stále.

Pri skladovaní hnojovice v nádržiach sa pri každom jej pohybe zvyšujú emisie amoniaku. V kľude vytvorí prirodzenú kôru, ktorá báni uniku amoniaku. Preto by sa hnojovica mala miešať až pri vyvážaní na pole.

Vestník MŽP SR 5/2008 ponúka aj nízkoemisné techniky pre skladovanie hnoja:

Metóda znižovania	Zníženie do (%)
Pevný poklop alebo zastrešenie	80
Zakrytie povrchu nádrží fóliou	60
Pokrytie povrchu slamou, LECA alebo iným materiálom	40
Vytvorenie prírodnej krusty	35
Bioreaktory	85
Biotechnologické prípravky	40

Cieľom každého poľnohospodára by malo byť dostať rozmetaný hnoj, čo najrýchlejšie do pôdy, aby sa zabránilo uniku amoniaku. Tuhé hospodárske hnojivá by sa mali zapracovať do pôdy do 48 hodín a tekuté na ornej pôde do 24 hodín po aplikácii. Prvých 6 hodín po aplikácii unikne 50 % amoniaku, potom emisie klesajú.

Pri aplikácii sa hnoj rozhadzuje alebo rozstrekuje na pole a vytvára obrovskú emisnú plochu, z ktorej amoniak uniká. Jeho emisie sú najvyššie pri veternom a teplom počasí. Ďalej na veľkosť emisií pri aplikácii hnoja vplyva vlhkosť a priepustnosť pôdy. Pri priepustnejších piesčitých pôdach bývajú nižšie emisie pri aplikácii hnojovice, pretože tekutá časť kde je amoniak rozpustený rýchlo vsakuje do pôdy. Nižšie emisie amoniaku sú, keď sa hnojovica aplikuje do porastu. Porast tvorí nad aplikovaným hnojom kryt, znižuje prúdenie vzduchu nad hnojovicou, tvorí tieň a bráni odparovaniu amoniaku. Hnojovicu je najlepšie vypúšťať priamo na pôdu v pásoch za hadicou vlečenou na povrchu pôdy, bez rozstrekovania. Táto technika znižuje povrch aplikovanej hnojovice a tým emisie amoniaku. Ďalšou metódou je podpovrchové zapravenie injektážou do pôdy. Tu pripadajú do úvahy dve možnosti. Hnojovica sa vstrekuje do vytvorenej ryhy, ktorá sa nezatvára alebo do ryhy, ktorá sa uzatvorí. Podľa toho ako hlboko sa hnojovica aplikuje ako rýchlo sa prikryje zeminou je možné stratu amoniaku znížiť na minimum. Povrchová aplikácia je veľmi dôležitá.

Metóda aplikácie	Zníženie (%)
zaorávanie do 12 hodín	80
zaorávanie do 24 hodín	60
ťahané rozmetadlo	40
pásový postrek	30
injektáž - hĺbková	80
injektáž - brázdová	60

Množstvo vylúčeného moču súvisí s príjmom dusíka, draslíka a sodíka, ale závisí aj od zdravotného stavu. Dojnica vyprodukuje denne 10 – 40 litrov moču, frekvencia močenia sa pohybuje v rozmedzí 8 – 12-krát za deň. Koncentrácia močovínového dusíka je 2 až 20 g/l a močom sa vylúči dusíka 80 až 320 g za deň.

Ďalšie faktory ovplyvňujúce unikanie amoniaku sú teplota, prúdenie vzduchu, povrch podlahy, vlhkosť hnoja, pH a doba skladovania.



Obr. 7 a obr. 8 Prúdenie vzduchu zabezpečené sitovými záclonami, ktoré sú v prípade nevhodného počasia vytiahnuté nahor

Napríklad hnoj dobytká má pH mierne zásadité (7 – 8,5), čo je optimálne pre tvorbu a emisie amoniaku do prostredia. Naopak, v kyslom prostredí amoniak reaguje s vodíkovými iónmi (H^+) za vzniku neunikavého amóniového iónu (NH_4^+). Táto reakcia bráni stratám dusíka do ovzdušia. Vytvorený amoniak (NH_3) môže vstupovať do prostredia buď ako plynná emisia, alebo môže byť premenený na dusičnany počas nitrifikácie alebo na plynný dusík po denitrifikácii.

3. Zápachové a prachové emisie

Neprijemným výsledkom chovu zvierat je zápach. Vzniká v spolupôsobení rozdielnych vlastností jednotlivých zložiek, v závislosti na mieste a spôsobe ich vzniku, ich rozpustnosti; ďalej je závislý od bodu varu jednotlivých substancií ako i ich mernej hmotnosti. Zápachová emisia sa zvyšuje s pribúdajúcou teplotou vzduchu.

Dobytok produkuje podstatne menej zápachu ako hydina a ošípané. Podľa vedcov z Wisconsinkej univerzity v USA je treba dodržať na zníženie zápachu z fariem nasledovné zásady: je potrebné minimalizovať prevetrávanie povrchu nádrží na uloženie tekutého hnoja; obmedziť prístup vzduchu, vrátane použitia ponoreného sacieho potrubia a miešania odpadu pod hladinou nádrže; ak sa používa hnojný digestor, je na zníženie zápachu z hnojných nádrží treba minimalizovať čas, počas ktorého je v ňom hnoj zachytený; pokrytie hnojnej nádrže nepriepustným krytom môže znížiť zápach až o 100 %, zatiaľ čo priedušný kryt môže znížiť zápach len o 70 %; udržiavať skladované krmivo čisté a suché; mokré krmivo zapácha a znižuje sa jeho kvalita; použiť na podstielku separovaný pevný hnoj, to zníži zápach o 25 %; udržiavať nízku hustotu zvierat v objektoch; vzdialenosť farmy od intravilánu je účinný nástroj na znižovanie zápachu, preto je dôležité nájsť také miesto pre ustajnenie dobytká, alebo na uskladnenie hnoja v nádržiach, ktoré je čo najviac vzdialené od obytných zón.

Prachové častice rozptýlené vo vzduchu sú problémom pri ich zvýšenej koncentrácii nielen vo vnútri maštali, ale i v okolí týchto objektov. Zo všetkého najviac sú zdrojom zápachu, pretože na povrchu prachových častíc sú viazané niektoré plyny. Zdrojmi prachu v zariadeniach na chov hospodárskych zvierat sú predovšetkým krmivo (jemné častice spracovaných obilnín a sušené rastliny), časti zvieracej kože, kryštály moču a pevné časti

hnoja. Koncentrácia tohto prachu nie je konštantná, ale mení sa v priebehu rokov a závisí od ročného obdobia. Najvyššia koncentrácia sa dosahuje zvyčajne na jar a najnižšia v lete a zime.

Častice prachu pri vyššej koncentrácii spôsobujú respiračné ťažkosti zvierat i ľudí a sú čiastočne nositeľmi zápachu a mikroorganizmov, spôsobujúcich ochorenia zvierat (*Salmonella enterica*, endotoxíny). Účinok prachových častíc na organizmus je závislý od ich zloženia, tvaru a veľkosti. Častice s veľkosťou nad 10 μm , sa do dýchacieho systému dostanú ťažšie, poprípade zostanú v horných dýchacích cestách, ale menšie častice, môžu mať negatívne dôsledky na hlbšie časti dýchacieho systému, najmä na samočistiace mechanizmy pľúc. Na základe súčasných vedeckých poznatkov, nie je možné určiť bezpečné prahové koncentrácie prašného aerosolu bez škodlivých účinkov na organizmus.

Výsledky epidemiologických štúdií naznačujú, že zdravotné účinky sú úzko spojené s koncentraciou prachu 10 mikrónov, ako aj s koncentraciou celkových prašných častíc. Vedci zistili, že týchto prachových častíc z farmy dojníc bolo 69,9 g/rok na jedno zviera, vo výkrme býkov to predstavovalo 30,5 g/rok na jedno zviera.

Variabilita emisií prachových častíc je okrem klimatických podmienok ovplyvnená ventilačným systémom v priestoroch maštali. Zvýšená úroveň ventilácie zvyšuje ich koncentráciu. Ich distribúcia v ustajňovacích priestoroch je tiež ovplyvnená turbulenciou vzduchu. Zníženie objemu ventilácie zvyšuje koncentráciu prachových častíc a škodlivých plynov. Zápach je do istej miery ovplyvnený prašnosťou. Koncentrácia prachu v týchto objektoch je ovplyvnená kategórií zvierat a ich životnými aktivitami, podstielkou a ročným obdobím. Najväčším zdrojom prachu sú zvieratá a ich exkrementy. Najvýznamnejšieho zníženie prašnosti vnútri objektu bolo dosiahnuté postrekovaním zmesou vody a oleja. Používa sa tiež ionizácia vzduchu. Nepreukazné výsledky sa zistili pri vlhčení podstielky (aj v kombinácii s olejmi) či použitie biologických filtrov.

4. Skleníkové plyny

Skleníkové plyny predstavujú menej ako 0,1 % atmosférického objemu, ale majú výrazný vplyv na zemskú klímu. Po dopade slnečných lúčov na zemský povrch sa svetelná energia mení na energiu tepelnú, ktorá je vyžarovaná späť do atmosféry. Skleníkové plyny umožňujú prechod slnečného žiarenia, ale blokujú únik tepelnej energie v spodnej časti atmosféry a udržiavajú teplotu Zeme v znesiteľných medziach. Bez skleníkového efektu by bola priemerná povrchová teplota Zeme namiesto 15 °C asi -20 °C. Z celkového množstva slnečnej energie, ktorá preniká zemskou atmosférou (342 $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$), sa priemerne 31 % odráža späť do vesmíru a zvyšok je absorbovaný atmosférou, oceánmi, zemským povrchom a organizmami.

Ludská zodpovednosť na globálnu tepelnú zmenu je nepopierateľná. Globálna teplota je už asi o 1,5 °C vyššia, ako pred priemyselnou revolúciou, v 19. storočí. Veľa vedcov tvrdí, že aj keby boli odstránené všetky zdroje emisií na zemi (vykurovanie, autá...) je možné, že teplota by sa aj tak zvyšovala. Dôvodom majú byť malé atmosférické častice aerosoly (častice morskej soli alebo sadze z spaľovania fosílnych palív), ktoré odrážajú slnečné svetlo späť do atmosféry. Je dôležité zastaviť radiačné pôsobenie aerosolov.

Vyššia koncentrácia skleníkových plynov však zvyšuje množstvo dlhovlnného žiarenia zachyteného v spodnej časti atmosféry a povrchová teplota Zeme sa zvyšuje. Mnohí varujú, že sa kráti čas, aby sa zabránilo katastrofálnej zmene klímy. Správa IEA ukázala že emisií CO_2 zo spaľovania fosílnych palív sa uvoľnilo v roku 2011 až 31,6 gigaton, pričom znížením na jednu tonu, máme 50 % šancu, že dôjde k ovplyvneniu zvyšujúcej sa teploty. Oxid uhličitý (CO_2), metán (CH_4) a oxid dusný (N_2O) sú plyny, ktoré spôsobujú klimatické problémy. Tieto plynné látky majú schopnosť zvyšovať skleníkový efekt, podieľajú sa na vzniku kyslých dažďov a môžu tiež porušovať stratosférický ozón. Dusíkatá depozícia má škodlivý účinok na živinovo-senzitívne ekosystémy.

Celosvetovo má poľnohospodárstvo na celkových antropogénnych emisiách skleníkových plynov podiel asi 10 %. Na Slovensku je tento podiel zhruba 8 %. Emisie skleníkových plynov zo živočíšnej výroby a poľnohospodárskej pôdy sú najvyššie v krajinách s vysokou hustotou hospodárskych zvierat (Holandsko, Belgicko).

4.1 Metán

Metán je emitovaný pri výrobe a doprave uhlia, zemného plynu a ropy, ale tiež pri chove dobytka a iných poľnohospodárskych postupoch a rozpade organického odpadu v komunálnych skládkach pevného odpadu. Chov hospodárskych zvierat sa výrazne podieľa nielen na amoniakovej, ale aj na metánovej emisii. Z celkovej produkcie metánu je poľnohospodárstvo zodpovedné jednou tretinou množstva. Podľa ďalších autorov sa z celkovej produkcie metánu vytvára produkciou zvierat poľnohospodárskou činnosťou 40 % až 50 % a z toho je cca 1/2, t.j. 20 - 25 % zapríčinených zvieratami. Materiály FAO uvádzajú, že hovädzí dobytok je zodpovedný za 18 % všetkých emisných skleníkových plynov. Metán je najvýznamnejším skleníkovým plynom na mliečnych farmách. FAO odhaduje, že 52 % všetkých skleníkových plynov z odvetví mliekarského priemyslu je vo forme metánu.

Keďže emisie CH₄ rastú priamo úmerne so zvyšujúcim sa počtom hospodárskych zvierat, potom sa očakáva, že do roku 2030 sa produkcia metánu zvýši o 60 %. Avšak, zmeny v kŕmnych postupoch a tiež pri manipulácii s hnojom môžu zmierniť tento nárast prírodné procesy v pôde a chemické reakcie v atmosfére dokonca pomôžu odstrániť CH₄ z atmosféry.

Tento plyn má negatívne dôsledky na globálnu klímu. Má mnohonásobne vyšší účinok na skleníkový efekt ako oxid uhličitý. Najväčšiu produkciu metánu z hospodárskych zvierat má hovädzí dobytok. Množstvo emitovaného metánu závisí od kategórie dobytka, hmotnosti a veku zvieraťa, množstva krmiva a jeho kvality, energetického výdaja, typu zažívacieho traktu.

V súčasnosti je vysoký medziročný nárast koncentrácie metánu v atmosfére až o jedno percento a v podstate proporcionálne kopíruje prírastok obyvateľstva. Významným faktorom je nesprávna aplikácia exkrementov na pole.

Hlavné zdroje metánu sú črevná fermentácia u prežúvavcov a ryžové polia (anaerobné podmienky v zamokrených pôdach), kým anaerobná fermentácia živočíšnych odpadov predstavuje iba 8 %. V bachore prežúvavcov sa tvorí asi 87 % metánu a zvyšok v črevnom trakte. Produkcia črevného metánu v tráviacom trakte prežúvavcov je základný proces pri odstraňovaní bachorového vodíka, ale zároveň predstavuje stratu stráviteľnej energie a je hlavným zdrojom poľnohospodárskych emisií tohto skleníkového plynu.

Metán vzniká teda ako priamy produkt látkovej výmeny u bylinožravcov (enterická fermentácia) a ako produkt odbúravania živočíšnych exkrementov. Emisie CH₄ pochádzajúce z enterickej fermentácie sú produkované bylinožravcami v ich tráviacom trakte, pričom sa zložené uhl'ohydráty štiepia za pomoci mikroorganizmov na jednoduchšie molekuly. Zatiaľ čo v žalúdočnej sfére dochádza najmä k vzniku a uvoľňovaniu metánu a oxidu uhličitého a u prežúvavcov v bachorovom úseku dokonca i amoniaku, je oblasť čreva (hrubého) masívnym zdrojom predovšetkým amoniaku a metánu a ďalších menej významných plynov a prchavých látok. Tieto sa podieľajú na pachovej špecifikácii exkrementov. V hrubom čreve sa pri premene potravovej hmoty na použiteľné živiny prostredníctvom súboru enzýmov a tiež prostredníctvom mikrobiálnej aktivity uvoľňuje oxid uhličitý, metán, vodík, dusík a pachovo dobre rozpoznateľný sírovodík (sulfan).

Fermentačná činnosť v organizme zvierat prebieha počas spracovávania prijatej potravy v žalúdku, a tiež pri jej ďalšom prechode tráviacou trubicou. Podstatne sa líši charakter a priebeh gastroenterálnej fermentácie u monogastrických a u polygastrických živočíchov. Veľmi špecifické znaky, vlastnosti a neskoršie aj produkty tráviaceho procesu vykazuje kategória vtákov (hrabavá aj vodná hydina). U monogastrických druhov dochádza v žalúdku k

tráveniu sacharidov, škrobu aj bielkovín. Na tomto procese sa podieľajú nielen enzýmy, ale aj špecifická a často druhovo významne rozdielna mikroflóra. Jej biochemická aktivita je sprevádzaná tvorbou celej skupiny organických plynov. Tie za normálnych okolností plynulo odchádzajú obidvomi koncami zažívacej trubice, ale u hovädzieho dobytku najmä dychom). V patologických prípadoch (meteorizmus pri búrlivom metánovom kvasení obsahu bachora, prípadne hrubého čreva) musí byť ich odvod veterinárne upravený.

Prežúvavce prijímajú väčšie kvantá krmiva, ktoré spracovávajú v zložitej štruktúre predžalúdkov a vlastného žalúdka. Až následne, a v relatívne menšej miere, dochádza k tráveniu v tenkom čreve. Mikroorganizmy sa v značnom rozsahu zúčastňujú procesu biochemického rozkladu prijatej potravy, a to ako v oblasti predžalúdkov (bachor, čepiec a kniha) a žalúdka (slez), tak aj v pomerne dlhom úseku obidvoch čriev. Ich početné zastúpenie v spracovávanej hmote je tak významné, že podľa literárnych údajov tvoria asi 10 % tekutého obsahu bachora.

Druhým významným zdrojom je rozklad živočíšnych exkrementov, hnoja a hnojovice, ak sú uskladňované v anaeróbných podmienkach. Ďalej sa metán uvoľňuje zo skladísk fekálneho odpadu a z povrchu skladovacích nádrží. Podľa zahraničných autorov neboli pri prečerpávaní a aplikácii hnojovice počas zimy zistené žiadne významné rozdiely v množstve emisií CH_4 .

Nemeckí autori zaznamenali emisie metánu z hnojovice skladovanej 14 týždňov v rozmedzí 25–63 g CH_4 na kravu a deň. V Českej republike vypočítali produkciu metánu za jeden rok na jednu kravu bez trhovej produkcie mlieka v množstve 112,4 kg. Niektorí odborníci hovoria, že na dojniciu pripadá denne 100 l až 200 l metánu denne, zatiaľ čo iní hovoria, že je to až 500 litrov denne. Výskumy v Nemecku ukázali hodnoty emisií metánu v rozmedzí 80 až 240 kg metánu na dobytčiu jednotku za rok a hodnoty emisií oxidu dusného v rozmedzí 0 - 8 kg na dobytčiu jednotku za rok. Vo Švédsku zistili, že kôra hrubá 1 meter na povrchu hnojovice, spôsobuje zníženie emisií CH_4 . Emisné faktory pre metán produkovaný z črevnej fermentácie a hnoja (kg CH_4 na zviera a rok) sú podľa holandských autorov pre dojnice 123 kg. Výskumy v Nemecku ukázali hodnoty v rozmedzí od 80 až do 240 kg metánu na veľkú dobytčiu jednotku.

Švédski vedci zistili, že emisie škodlivých plynov sú vyššie v lete (17,5 – 34,5 g CH_4 na m^3 za deň) ako v zime (0,02 – 1,4 g CH_4 na m^3 za deň) a to aj napriek zimnému vykurovaniu objektov. Dokázali, že produkcia metánu súvisí s teplotou medzi 10 °C až 30 °C.

Je potrebné prijímať opatrenia na redukciiu CH_4 , ako plynu, ktorý sa významne podieľa na zvyšovaní skleníkového efektu a má ďalšie negatívne dopady na globálne prostredie. Pri vnútornom uskladnení hnojovice v južnej časti Európy sú emisie až 4x vyššie než pri uskladnení v severných oblastiach. Ochladzovanie je preto veľmi úspešná stratégia pri znižovaní emisii amoniaku. Uvádza sa, že zmenou zloženia krmnej dávky kráv a oviec môžeme znížiť 40 % emisií metánu, ktoré unikajú z chovu. Živočíšna výroba v poľnohospodárstve je zodpovedná za viac než 100 miliónov ton metánu ročne a mnohé organizácie sa snažia vyzdvihovať vegetariánsku stravu. Na Novom Zélande, kde sa z poľnohospodárstva uvoľňuje takmer 50 % emisií skleníkových plynov, vedci pracujú na znížení metánu tým, že sa zbavia mikróbov v žalúdku zvierat, ktoré spôsobujú tvorbu metánu. Vedcom z univerzity vo Wageningene sa podarilo pomocou cesnaku znížiť tvorbu metánu v organizme dojníc. Rozhodli sa postupne otestovať rôzne krmné prísady, avšak rôzne koncentrovaný cesnak v práškovej forme sa ukázal byť najvhodnejšou metán-redukujúcou prísadou. Týmto spôsobom sa podarilo minimalizovať produkciu metánu až o 15 %. Veľmi pozitívnym vedľajším efektom bolo dokonca zvýšenie mliečnej úžitkovosti dojníc.

4.2 Oxid uhličitý

Oxid uhličitý (CO_2) je plyn, ktorý hrá zásadnú rolu tak v regulácii globálnej klímy, metabolizmu rastlín a živočíchov. Akákoľvek nerovnováha v jeho kolobehu preto vyvoláva reakciu všetkých systémov zapojených do jeho cyklov. Najvýraznejším „pohlčovačom“ atmosférického CO_2 je lesný porast, potom lúčne ekosystémy. Pre distribúciu uhlíka vo vodných ekosystémoch je kritický rozvoj fytoplanktónu.

CO_2 je hlavným skleníkovým plynom emitovaný prostredníctvom ľudskej činnosti. Je neustále vymieňaný medzi atmosférou, oceánmi a zemským povrchom. Do atmosféry je uvoľňovaný pri spaľovaní fosílnych palív na výrobu elektrickej energie, v dopravnom priemysle pri spaľovaní benzínu a nafty ale aj v priemysle prostredníctvom chemických reakcií (napr. pri výrobe cementu, kovov, či chemikálií). Je produkovaný a zároveň pohlcovaný mikroorganizmami, rastlinami a živočíchmi ako súčasť biologického kolobehu uhlíka. Priemyselnou revolúciou, ktorá začala okolo roku 1750 a vplyvom ľudskej činnosti došlo pravdepodobne k zmene klímy, čo spôsobilo tiež nahromadenie oxidu uhličitého a iných škodlivých plynov v atmosfére.

CO_2 , je jedným z plynov v našej atmosfére, je rovnomerne rozložené pozemský povrch v koncentrácii asi 0,033 % alebo 330 ppm. Pri koncentrácii nad 5 % obj. sa začínajú prejavovať pocity podráždenia dýchacích ciest a sliznice, nútenie ku kašľu, závrate, zvracanie. Pri koncentráciách nad 20 % obj. CO_2 nastáva smrť zástavou dýchania už po niekoľkých sekundách bez kŕčov, spojené so stratou vedomia. CO_2 nájde využitie ako chladivo (suchý ľad), aj ako súčasť hasiacich prístrojov. Vzhľadom k tomu, že koncentrácia oxidu uhličitého v atmosfére je nízka, nie je praktické ho získať zo vzduchu.

Prvotnými zdrojmi emisií oxidu uhličitého na farmách sú pôda, respirácia plodín a zvierat s mikrobiálnou respiráciou z hnoja. V dôsledku obrovskej svetovej spotreby fosílnych palív, sa množstvo CO_2 v atmosfére v minulom storočí prudko zvýšila. Teraz rastú rýchlosťou asi 1 ppm ročne. Významné zmeny v globálnom otepľovaní by mohli vyplývať z pokračujúceho nárastu koncentrácie CO_2 . Globálne emisie CO_2 sa medzi rokmi 1990 a 2010 zvýšili o 45 %, a dosiahli svojho historického maxima v roku 2010.

Životnosť CO_2 vo vzduchu je ťažké určiť, pretože existuje niekoľko procesov, ktoré odstraňujú oxid uhličitý z atmosféry. Okolo 65 % and 80 % CO_2 sa rozpúšťa v oceáne po dobu 20 až 200 rokov. Zvyšok je odstránený pomalšími dejmi, ktoré trvajú niekoľko stoviek až tisícov rokov, vrátane chemického zvetrávania a tvorby skalných útvarov. To znamená, že keď je už oxid uhličitý v atmosfére, môže mať aj naďalej vplyv na klímu po tisíce rokov.

Množstvo CO_2 v atmosfére bolo po niekoľko tisíc rokov pozoruhodne stále. Zmena nastala až s príchodom priemyselnej revolúcie. Ako bolo zistené zo vzduchových bublín uväznených v ľade v Antarktíde, úrovne oxidu uhličitého sa pohybovali približne medzi 180 a 300 ppm v priebehu 650 000 rokov pred industrializáciou. Ale pretože sa v 18. storočí začala industrializácia, koncentrácia oxidu uhličitého v atmosfére sa zvýšila z asi 280 na 390 ppm, čo je nárast o cca 40 %. Ľudská činnosť, ako je spaľovanie fosílnych palív, výroba cementu a ničenie dažďových pralesov, narušila prirodzenú rovnováhu kolobehu uhlíka tým, že sa do atmosféry vypúšťa približne 7 miliárd ton CO_2 ročne. Pôda a oceány ho absorbujú okolo 45 %, ale zvyšok zostáva v atmosfére a vedie k ročnému zvýšeniu koncentrácie, ktoré bolo zaznamenané v meraní na Havaji, a inde po celom svete. CO_2 tvorí v súčasnosti viac ako 60 % antropogénnych skleníkových plynov. Emisie oxidu uhličitého predstavujú 23 mil. m^3 , čo je 1 % jeho celkového objemu v atmosfére.

4.3 Oxid dusný

Ani oxidy dusíka nezotrvávajú v atmosfére dlho, menia sa na dusičnany a kyselinu dusičnú. Množstvo emisií oxidov dusíka zo skladovacích nádrží hnojovice predstavuje jednu desatinu

z množstva metánu. Únik môže byť obmedzený zakrytím skladovacích tankov a znížením pH tekutého hnoja. Emisie NO_x sú produktom každého procesu spaľovania a je známe, že prispievajú ku kyslým dažďom, poklesu lesov a vegetácie a k zmenám na ozónovej vrstve prostredníctvom skleníkových plynov.

Oxid dusný (rajský plyn) je bezfarebný, netoxický, nehorľavý plyn, sladkastej vône a chuti. Podporuje horenie pri teplotách nad $600\text{ }^\circ\text{C}$. S amoniakom a vodíkom vytvára výbušné zmesi. Zmes plynu so vzduchom pôsobí silne narkoticky. Oxid dusný vzniká pri mikrobiologickom rozklade poľnohospodárskych hnojív, spaľovaní palív a biomasy. Hlavným zdrojom je ale spaľovanie uhlia. V atmosfére má dlhú životnosť a vo veľkej miere prispieva ku globálnemu otepľovaniu. Konvertuje na NO , ktorý rozkladá stratosférický ozón chrániaci Zem pred škodlivým ultrafialovým žiarením.

Najväčším zdrojom N_2O na Slovensku je poľnohospodárstvo (59 % poľnohospodárske pôdy, 12 % živočíšne odpady). Hlavnou príčinou emisií N_2O je prebytok minerálneho dusíka v pôde (v dôsledku intenzívneho hnojenia) a nepriaznivý vzdušný režim pôd (zhutnenie pôd ťažkými mechanizmami pri obrábaní). V roku 2003 dosiahli emisie N_2O z poľnohospodárstva 9,09 tis. ton (poľnohospodárske pôdy 7,59 tis. ton, živočíšne odpady 1,50 tis. ton), čo tvorí 71 % z celkových jeho emisií. Oproti roku 1990 nastal v poľnohospodárstve v r. 2003 pokles v produkcii N_2O skoro o 46 %, ktorý bol spôsobený hlavne výrazným poklesom používania hnojív.

Oxid dusný sa vytvára pri mikrobiálnej premene dusíkatých látok v exkrementoch počas ich skladovania a aplikácie. Nitrifikačné mikroorganizmy produkujú N_2O pri procesoch nitrifikácie a denitrifikácie. K emisiám oxidu dusného dochádza pri denitrifikácii v pôdach za aerobných alebo semiaerobných podmienok. Antropogénny príspevok je spôsobený taktiež dusíkatými látkami pochádzajúcimi z anorganických dusíkatých hnojív, hnoja z chovu zvierat a dusíka obsiahnutého poľnohospodárskych plodinách, ktoré sa vracajú späť do pôdy. Prírodné zdroje N_2O sú približne 2 krát väčšie ako antropogénne.

Emisie N_2O vznikajúce poľnohospodárskou výrobou predstavujú 71 % z celkových emisií. Objavujú sa najmä z maštalného hnoja, alebo hnojovice s plávajúcou pevnou vrstvou na povrchu, ktorá umožňuje prístup vzduchu. Emisie oxidu dusného sa vzťahujú na povrchovú plochu hnoja. Pri zvyšovaní hĺbky uloženia sa koeficient emisií oxidu dusného znižuje. Povrchová plocha by preto mala byť čo najmenšia, pričom na objeme až tak nezáleží.

Stratégiou na zníženie emisií N_2O , kde však dôjde k uvoľneniu NH_3 , je prevzdušňovanie hnoja ale aj prídavok slamy. Boli skúmané rôzne spôsoby na zníženie emisií a zápachu v poľnohospodárstve ako napr.: uskladnenie hnoja v anaeróbných vyhnívacích nádržiac; nepriepustné alebo priepustné zakrytie; separácia pevných zložiek hnoja za prístupu vzduchu. Výsledky zatiaľ nie sú presvedčivé.

5. Odporúčania pre chovateľov

Stratégií na zníženie množstva emisií škodlivých plynov je viacero: zníženie počtu zvierat, zlepšenie genetickej hodnoty dojníc, lepšie využívanie pastvín, zvýšenie celkovej metabolizovateľnej energie (vyšší výnos a nižší príjem dusíka, vylučovanie moču a dusíka a i.). Značné zníženie emisií skleníkových plynov môže byť dosiahnuté uplatnením optimálneho riadenia zvierat s cieľom maximalizovať efektívnosť, minimalizovať plytvanie a cieľové použitie N-hnojív.

Zvýšenie účinnosti premeny krmiva u zvierat sa rovná vyššej genetickej hodnote. Efektívne kravy sú tie, ktoré produkujú viac mlieka, pričom majú rovnaký príjem energie a vylučovanie CH_4 . Menej efektívne sú zvieratá, ktoré potrebujú viac energie na rovnaké množstvo mlieka.

Značné zmiernenie skleníkových plynov môže dosiahnuť poľnohospodárstvo minimalizáciou strát. Hnoj môže byť pre lepšie využitie N rastlinami recyklovaný na pastvinách. Znížením použitia hnojív sa znižujú emisie skleníkových plynov spojené s jeho výrobou.

Skladovaním hnoja sa tiež uvoľňujú škodlivé plyny zapríčínujúce skleníkový efekt. Prevláda z nich metán (CH_4) avšak najväčší potenciál globálneho otepľovania zapríčineného únikom z hnoja má oxid dusný. Jeho emisie uvoľnené z hnojovice môžu mať v nepriaznivých podmienkach väčší vplyv na globálne otepľovanie, ako emisie metánu. Je potrebné zvážiť množstvo emisií z N_2O z uskladneného hnoja, pri zavádzaní novej technológie produkujúcej tuhé frakcie z hnojovice (separátu).

Pri minimalizácii emisií plynov spôsobujúcich skleníkový efekt je potrebné zamerať sa na postupy pri spracovaní odpadov zo živočíšnej výroby. Všeobecne platí, že k najväčším stratám amoniaku dochádza pri aplikácii hnoja na pozemky (35 %-45 %) a (30 %-35 %) pripadá na ustajnenie. Použitím špecifických prísad sa môže jeho uvoľňovanie trochu obmedziť.

Slamené pokrytie hnoja síce môže ovplyvniť oxidáciu CH_4 , avšak môže tiež dôjsť k tvorbe oxidu dusného (N_2O), ktorého vzniká oveľa väčšie množstvo, ako emisií metánu. Emisie N_2O sa vzťahujú na povrchovú plochu. So zvyšovaním hĺbky uloženia sa znižuje koeficient emisií N_2O . Preto by mala byť povrchová plocha čo najmenšia.

Syntetický kryt bledej farby, pokrývajúci hnojovicu cez teplé obdobie, uvoľňuje výrazne menej emisií CH_4 pri porovnaní s hnojovicou bez prikrytia, alebo so slamenou pokrývkou. Najvyššie emisie CH_4 boli podobne ako pri N_2O namerané z nezakrytých hnojných hromád a najnižšie z hromád pokrytých PVC. Slamená prikryvka je v podstate nevýhodná, pretože sa pod ňou tvorí vzduch a vytvárajú sa tak emisie N_2O . Tie sú závislé na prevládajúcich podmienkach podporujúcich nitrifikáciu (proces, pri ktorom dochádza k premene amoniaku a amónnych solí na dusičnany) či denitrifikáciu (redukcia dusičnanov a dusitanov na N_2 alebo N_2O). Vedci preto dospeli k záveru, že vhodnejšia ako organická je syntetická pokrývka. V prikrytej hnojovici od HD namerali anglickí vedci v lete 25 mg dusíka na m^2 za hodinu v emisiách N_2O . Na teplotu a kôru majú vplyv aj faktory ako sú kŕmenie zvierat, sezóna skladovania a aplikácie hnoja hospodárskych zvierat, vlastnosti hnoja v mieste merania, dĺžka skladovania, doba medzi vnútorným a vonkajším skladovaním a taktiež vplyv emisií CH_4 uvoľnených pri manipulácii s hnojom. Miešanie hnojovice má len zanedbateľný vplyv.

Dalšou možnosťou ako minimalizovať emisie NH_3 a CH_4 je zníženie pH hnoja. Novým systémom vyvinutým v Dánsku je zníženie pH pomocou kyseliny sírovej, ktorá je pridávaná do hnoja v kontajneri mimo ustajňovacích priestorov. Keďže prevzdušňovanie zabraňuje vzniku nebezpečného sírovodíka, množstvo emisií NH_3 môže klesnúť až o 70 %.

Uvoľňovanie emisií tiež súvisí s priemernými ročnými teplotami. Pri uskladnení hnojovice v pokrytých nádržiach, nachádzajúcej sa v chladnejších regiónoch s priemernou teplotou do $10\text{ }^\circ\text{C}$, je faktor metánu 10 %, zatiaľ čo v oblastiach s priemernou teplotou $28\text{ }^\circ\text{C}$, je faktor 50 %. Dôležitá je aj dĺžka skladovania a doba vnútorného a vonkajšieho skladovania.

Domnienky, že separáciou hnoja hospodárskych zvierat na pevnú a kvapalnú frakciu dôjde k minimalizácii emisií škodlivých plynov sa nepotvrdili. Britskí vedci totiž zistili, že mechanickou separáciou hnojovice sa uvoľňujú emisie N_2O a CH_4 v rovnakej miere ako z klasickej hnojovice. V konečnom dôsledku je celkový únik skleníkových plynov pri separácii o 30 % vyšší než v porovnaní s neseparovanou hnojovicou.

Emisie z uskladnenia exkrementov závisia od mnohých faktorov: chemické zloženie hnoja a hnojovky, fyzikálnych vlastností (obsah sušiny, pH, teplota), klimatických podmienok (teploty, množstva dažďových zrážok), emitujúcej plochy, zakrývania skládok.

Najdôležitejšie z uvedených faktorov sú obsah sušiny a obsah dusíka, ktorý závisí od spôsobu kŕmenia. Spôsoby odstraňovania exkrementov môžu tiež ovplyvniť množstvo produkovaných emisií. Pri uskladnení sa na povrchu močovky netvorí žiadna povrchová vrstva a väčšina sušiny klesne na dno. Tesne po naplnení nádrže určité množstvo amoniaku z povrchovej vrstvy unikne do ovzdušia. Po určitom čase sa utvorí povrchová vrstva a tá potom naopak bráni únikom emisií amoniaku do ovzdušia. Uvádza sa, že emitované množstvo N z nižších vrstiev sa pohybuje v rozmedzí 5–15 %. Pri homogenizácii hnojovice sa sušina dostáva do povrchovej vrstvy, kde zapríčiňuje nárast emisií amoniaku.

Emisie zo zapracovania exkrementov do pôdy závisí od ich chemického zloženia a od spôsobu ako sa s nimi manipuluje. Zloženie závisí od krmiva, rovnako ako i od metódy a dĺžky skladovania a ošetrovania pred tým, ako sú exkrementy zapravené do pôdy. Doterajší spôsob aplikácie exkrementov na pozemky predovšetkým z veľkochovov hospodárskych zvierat predstavuje svojou ročnou produkciou jeden z hlavných zdrojov plošného zamorovania životného prostredia. Produkcia exkrementov sa obzvlášť pri veľkochove hospodárskych zvierat stáva stále väčším ekologickým problémom, keď pri jej priamej aplikácii na pozemkoch dochádza k množstvu negatívnych javov, napr.: k zhoršovaniu fyzikálneho stavu pôdy, pri priamej aplikácii exkrementov na pozemky dochádza k plošnému zamorovaniu ovzdušia pachovými látkami a amoniakom, ktorý po oxidácii môže prispievať k tvorbe kyslých dažďov, živiny z exkrementov sú rýchlo vyplavované, čím dochádza k zamorovaniu povrchových i spodných vôd, pri zapracovaní exkrementov do pôdy pomocou aplikátorov dochádza k značnému obmedzeniu úniku pachových látok a amoniaku do ovzdušia, živiny z exkrementov sú však i naďalej vyplavované, čím dochádza i naďalej k zamorovaniu povrchových i spodných vôd, pri priamej aplikácii na pozemky dochádza k značným stratám dusíka, ktorý uniká do ovzdušia vo forme amoniaku. Uvádza sa, že po aplikácii exkrementov bez ich zapravenia do pôdy dochádza po 24 hodinách k 70 %-nému úbytku dusíkatých látok. Po troch dňoch dokonca až k 90 % úbytku dusíkatých látok. Úbytok dusíka v maštalných hnojivách je potom nahrádzaný priemyselnými dusíkatými hnojivami.

Manipulácia s maštalným hnojom a hnojovicou totiž zapríčiňuje veľké úniky metánu do ovzdušia. Jedna z možností, ako to znížiť je využitie procesu rýchlokompostovania. Je to technológia, ktorá umožňuje dobre využívať a jednoducho aplikovať rôzne prípravky, jednak na stimuláciu mikroorganizmov, čiže urýchlenie celého procesu a jednak na potlačenie zápachu, ktorý vzniká v prvej fáze kompostovacieho procesu.

V zahraničí skúšali pridávať do podstielky viacero chemických prísad a aditív na redukciiu amoniakálnych emisií. Dobré výsledky dosahovali aj organické a anorganické kyseliny, ktoré znižujú pH a potláčajú mikrobiálny rozklad. Kyseliny sú však vysoko korozívne a nebezpečné pre pracovníkov a ich prídavok môže spôsobiť zvýšené chemické a nutričné zaťaženie prostredia. Ako aditíva pridávané do podstielky v chove hydiny sa používajú napr. síran hlinitý $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, síran železnatý FeSO_4 , kyselina fosforečná H_3PO_4 a rôzne iné produkty, ktoré znižujú amoniakálne emisie oxidovaním podstielky a premenou amoniaku na neprchavý amóniový ión NH_4^+ . Ďalšími hnojivými prídavkami ako sú superfosfát či chlorid vápenatý, sa emisie znížili až o 13 – 33 %.

Na inom princípe pôsobia napr. zeolit alebo yucca saponín, ktoré majú schopnosť absorbovať uvoľnený amoniak. Na ošetrovanie podstielky a následné zníženie emisií amoniaku, metánu, oxidu dusného a zápachu sa používajú aj tzv. efektívne mikroorganizmy. Je možné ich použiť aj ako kŕmne aditíva alebo do uskladňovanej hnojovice.

Jednou z možností ako konzervovať dusík v hnoji, je inhibovať enzým ureázu, ktorá premieňa močovinu na amoniak. Inhibítory ureázy blokujú hydrolýzu močoviny na amóniový ión a tak eliminujú tvorbu amoniaku.

6. Záver

Zdrojom emisií sú živočíšne organizmy a ich procesy zažívania a trávenia a procesy rozkladu exkrementov. Ďalšími zdrojmi sú technológie, priamo nadväzujúce na chov, a to odparovaním metánu z krmív, odparom a odvetrávaním asanačných médií, atď. Významným zdrojom emisií sú poľné a pramaštalné hnojiská, močovkové a hnojovicové nádrže, senážne a silážne jamy a veže, kafilérne boxy.

Obmedzovanie tvorby emisií zmenou systémov chovu a ošetrovania hnoja a jeho aplikácie sú základné cesty k zlepšeniu životného prostredia zvierat, ale aj ľudí. Tento proces si bude vyžadovať pri predpokladanej modernizácii chovu zvierat podstatne viac investičných prostriedkov, ktoré nebude vôbec jednoduché získať. Treba si uvedomiť, že často sú požiadavky protichodné, jednak z aspektu zabezpečenia ekonomiky výroby, pri tlakoch na zlacnenie živočíšnej produkcie, zabezpečenie pohody zvierat a v neposlednom rade i z pohľadu ekologického vplyvu chovu zvierat na prostredie. Tento je podstatne vyšší v západoeurópskych krajinách, nakoľko intenzita živočíšnej výroby je nepomerne vyššia ako u nás.

Pri minimalizácii emisií skleníkových plynov je nutné zamerať sa na postupy pri spracovaní odpadov zo živočíšnej výroby. Koncentrácia močoviny v objekte sa dá znížiť odvedením moču do nepriepustných nádrží či pravidelným umývaním podlahy. Slamený, kôrový, či drevený pokryv hnojných hromád a hnojovice je tiež vhodný, avšak najúčinnjším najmä v letnom období sa ukázal bledý syntetický kryt.

Na redukcii emisií CH_4 a NH_3 sa osvedčila úprava pH hnojovice kyselinou sírovou pridanou do hnoja vo vonkajšom prostredí. Vyšší pomer C:N sa dosiahne nasypaním zeolitu na povrch kompostovaného hnoja. Efektívne je tiež použitie chloridu vápenatého, trojitého superfosfátu a ureázy.

Na zníženie pH podstielky sa používajú rôzne aditíva a chemické prísady ako síran železnatý, síran hlinitý, kyselina fosforečná a rôzne iné produkty, ktoré znižujú amoniakálne emisie okysľovaním podstielky. Využívajú sa tiež organické a anorganické kyseliny, potláčajúce mikrobiálny rozklad. Na absorpciu amoniaku z podstielky sa používa okrem zeolitu aj yucca saponin.

Na redukcii emisií má vplyv aj krmná dávka. Oveľa menej emisií metánu sa uvoľňovalo z exkrementov pochádzajúcich od dojníc kŕmených najmä lucernovou a kukuričnou silážou, než z hnoja kráv, ktorým bolo podávané iba seno. Jedným z vysvetlení bolo, že vysoko energetické krmivo prispieva k tvorbe koncentrovanej hnojovice, ktorá môže obsahovať látky ako amoniak a prchavé mastné kyseliny v koncentráciách, ktoré obmedzujú metanogénnu činnosť. Je potrebné tiež dostatočne vyčistiť aj nádrže, kde bola hnojovica skladovaná, pretože bol dokázaný značný nárast emisií metánu, po roku, čo bola aplikovaná na pôdu.

Viacerí autori uvádzajú potrebu prehodnotenia koncepcií zvyšovania produkcie živočíšnych produktov, skladovania, aplikácie exkrementov a stanovísk k využitiu bio-plynu. Väčší dôraz odporúčajú klásť na maštalný hnoj. Ďalšie sú požiadavky na zamedzenie prehnojovania, amoniakových emisií; na redukcii predávkovania dusíkom pri podávaní bielkovinových krmív, na zabezpečenie exaktného bilancovania dusíka. Technológia kompostovania je uvádzaná ako proces stabilizácie hnojivových látok a možnosti ich adekvátneho dávkovania. Z uvedeného vidieť, že pre zníženie emisií zo živočíšnej výroby je dôležitá riadená výživa, emitujúca plocha, prúdenie vzduchu a teplota nad emitujúcou plochou v ustajnení ale aj pri skladovaní, frekvencia odstraňovania hnoja z maštali a udržiavanie maštali v suchom a čistom stave, prekrytie skladov hnoja, teplota vzduchu a rýchlosť vetra pri aplikácii a rýchlosť zapravenia hnoja do pôdy po aplikácii.

V súčasnom období i v podmienkach SR je zistená tendencia na znižovanie amoniakálnych a metánových emisií v poľnohospodárstve, v dôsledku chovu zvierat. Ale aj tak nesmieme zaosť v riešení týchto problémov, máme na mysli predovšetkým vývoj metód na obmedzenie tvorby týchto plynov. Sme si vedomí, že poľnohospodárstvo zásadným spôsobom ovplyvňuje životné prostredie nielen ako tvorca krajiny, ale najmä pôsobí v troch smeroch, t. j. na pôdu, vodu a ovzdušie. Poľnohospodárska činnosť významne zasahuje do všetkých týchto oblastí a najmä intenzívne chovy hospodárskych zvierat organickými odpadmi (maštalný hnoj, hnojovica, hydínový trus) a plynými emisiami (amoniak, metán, oxid uhličitý a ďalšie skleníkové a zápachové plyny) negatívne pôsobí na životné prostredie. V rastlinnej výrobe je významným zdrojom proces kompostovania a používanie pesticídov a herbicídov.



Obr. 9 Výskumné práce v maštali pre chov holštajnských dojníc