

# ČASOVÝ POSUN PRODUKCE AMONIAKU A SKLENÍKOVÝCH PLYNU S OHLEDEM NA STOUPAJÍCÍ TEPLITU PROSTŘEDÍ

## TIME SHIFT OF PRODUCTION OF AMMONIA AND GREENHOUSE GASES WITH RESPECT TO INCREASING ENVIRONMENTAL TEMPERATURE

J. Dolejš, O. Toufar, J. Knížek, J. Němečková  
Výzkumný ústav živočišné výroby Praha Uhřetěves, Praha, Česká republika  
[dolejs.jan@vuzv.cz](mailto:dolejs.jan@vuzv.cz)

### Abstrakt:

The aim of this experiment was to determine the time shift of increasing temperature effect on production of ammonia, methane and carbon dioxide and the hysteresis during the decreasing stable temperature. The experiment was realized in air-conditioned stable with loose cubicle housing with heifers. The section of stable for 4 LU (livestock unit) with possibility of modelling the stable microclimate in the range of high temperatures (17-32 °C) was used for examination. From all monitored gases NH<sub>3</sub> was affected the most. Its production was increased by 6.34 g.head<sup>-1</sup>.day<sup>-1</sup>, i.e. by 21 %. Maximum production was achieved not until the 11<sup>th</sup> day of experiment, i.e. as late as 3 days after the achievement of maximum. The increase of temperature caused the increase of CH<sub>4</sub> emission only by 4.1 %. Production was increased by 13.3 g.head<sup>-1</sup>.day<sup>-1</sup>. The value of production increased very gradually, the maximum was achieved not until the 13<sup>th</sup> day of experiment, i.e. as late as 5 days after the achievement of maximum temperature. Production of CO<sub>2</sub> was increased by 1004 g.head<sup>-1</sup>.day<sup>-1</sup>, i.e. by 5.0 %. Maximum was achieved not until the 12<sup>th</sup> day of experiment, i.e. 4 days after the achievement of maximum temperature.

**Key words:** heifers, ambient temperature, ammonia, GHG, gas production

**Abstrakt:** Cílem experimentu bylo určit časový posun vlivu zvyšující se teploty na produkci amoniaku, methanu a oxidu uhličitého a hysterezi hodnot při snižující se teplotě. Experiment byl realizován v klimatizované stáji s jalovicemi. Pro pokus byla využita sekce pro 4 DJ s možností měnit teplotu v rozsahu 17 - 32°C. Ze všech sledovaných plynů byl NH<sub>3</sub> ovlivněn nejvíce. Jeho produkce se zvýšila až na 6,34 g.ks<sup>-1</sup>.den<sup>-1</sup>, tj. o 21 %. Maximální produkce bylo dosaženo až 11. den pokusu, tj. až 3.den po dosažení maxima. Zvýšení teploty způsobilo zvýšení produkce CH<sub>4</sub> o 4,1 %. Produkce byla zvýšena o 13,3 g.ks<sup>-1</sup>.den<sup>-1</sup>. Hodnota produkce se zvyšovala velmi zvolna, maximum bylo dosaženo až 13.den pokusu, tj. 5.den po dosažení maxima teploty. Produkce CO<sub>2</sub> byla zvýšena o 1004 g.ks<sup>-1</sup>.den<sup>-1</sup>, tj. o 5,0 %. Maxima bylo dosaženo až 12.den pokusu, tj. 4.den po dosažení maximální teploty.

**Klíčová slova:** jalovice, teplota, amoniak, skleníkové plyny, produkce plynů

### ÚVOD

Od roku 2000 byla uskutečněna řada experimentů, jejichž cílem bylo v modelových i provozních podmínkách stanovit účinnost prostředků pro eliminaci emisí škodlivých plynů, zejména amoniaku, s ohledem na vedlejší účinky a ekonomiku jejich použití. Cílem předkládaného materiálu je zhodnotit některé aspekty vyplývající z této činnosti. Zejména se to týká průběhu koncentrace NH<sub>3</sub> ve stáji, vlivu prostředí při měření a aplikace výstupních parametrů měření.

Opatření proti znečištění životního prostředí legislativně řeší Směrnice Rady 96/61 EC a od ní odvozených právních norem jednotlivých států EU. V našem případě se jedná o Zákon č.76/2002 Sb. o integrované prevenci – IPPC. Uvedený zákon se v chovu hospodářských zvířat týká pouze intenzivních chovů drůbeže a prasat, které jsou v něm kapacitně vymezené. Ostatní chovatelské podniky uplatňují Plán správné zemědělské praxe, který vychází ze Zákona o ochraně ovzduší č.86/2002 Sb. a z Nařízení vlády č.353/2002 Sb.

Na složitost měření koncentrace amoniaku ve stáji poukázal již Klement (1995). Hodnoty koncentrace jsou rozdílné vlivem systému ustájení a také vlivem výběru místa měření. Variabilita produkce amoniaku v průběhu dne je dána denním režimem ve stáji. Hlavními časovými body jsou začátky krmení, od kterých se odvíjí další aktivita zvířat.

Dolejš et al. (2005) rozvíjí problematiku o cyklické a nárazové jevy, které mají vliv na variabilitu dat. Cyklické vlivy jsou dány technologickými operacemi ve stáji a chováním zvířat. Vliv chování zvířat byl prokázán etologickými snímky. Necyklické nárazové vlivy jsou spojeny s provozem stáje, např. nastájení skupiny zvířat, vyskladnění zvířat na porážku, převod zvířat do reprodukčních skupin (dojnice), veterinární zákroky aj. Uvedené operace se projeví zvýšenou pohybovou aktivitou zvířat s následným zvýšením koncentrace plynů. Mohou se projevit i poruchy metabolismu v souvislosti se závadným krmivem, které se projeví zvýšenou produkcí emisí plynů. Autoři se zabývají důležitou podmínkou při měření emisí, teplotou prostředí, která má významný vliv na rozvoj mikroorganismů, jejichž činností vzniká  $\text{NH}_3$  a další plyny. Ve výsledcích měření a v modelových kalkulacích je teplota chápána jako určitá teplotní (energetická) úroveň. V sobě zahrnuje historii a integraci teploty prostředí předcházejících dní. Současně působí radiační teplota stěn, stropu a konstrukčních prvků stáje. Má charakter akumulované energie. Amplituda průběhu teploty v průběhu 24 h měření ( $\pm 2$  K) nemůže výrazně ovlivnit produkci  $\text{NH}_3$ .

Koncentrace plynů ve stáji může být ovlivněna i specifickými zásahy spojenými s eliminací vysokých teplot, jak uvádějí Dolejš et al. (2005). Týká se to zejména použití ochlazovacích technik při vysokých teplotách u skotu. Při použití zvýšené ventilace vzduchu (do  $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) v prostoru ustájení se zvýšila produkce amoniaku o 13,5 %, při použití evaporačního ochlazování o 8,3 %. Produkce  $\text{CO}_2$  byla vyšší o 10,1, resp. o 6,8 %. Nejméně byla ovlivněna produkce  $\text{CH}_4$ , pouze o 4,7, resp. 0,7 %. S ohledem na reálně možnou dobu působení vysokých teplot a s tím spojenou aplikaci ochlazovacích technik, nebude znamenat zvýšení emisí  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$  a  $\text{CH}_4$  podstatné ohrožení emisních limitů u skotu. Použitím vody při evaporačním ochlazování při vysoké teplotě aktivuje činnost mikroorganismů v chlévské mrvě ve stáji, které se projeví následně zvýšením emise  $\text{NH}_3$  ve chlévském hnoji na manipulačních skládkách a polních hnojištích. Doporučuje se použít vhodné stabilizační přípravky (enzymatické, na bázi organických olejů, kvasinek aj.) do chlévské mrvy přímo ve stáji.

Cílem experimentu bylo zjistit časový posun působení stoupající teploty na produkci amoniaku, metanu a oxidu uhličitého a na hysterezi při klesající teplotě ve stáji.

## MATERIÁL A METODIKA

### Objekt pro ověřování

Experiment byl realizován v klimatizované stáji s volným boxovým ustájením s přistýláním slámy. Pro ověřování byla použita sekce pro 4 DJ s možností modelování stájového mikroklima v rozsahu vysokých teplot ( $17 - 32^\circ\text{C}$ ). Jalovice byly krmeny 2x denně, stejně tak byla odstraňována chlévská mrva ze stáje. Pro napájení jalovic je využíván napájecí žlab.

**Zvířata v experimentu:** Na začátku byla průměrná živá hmotnost jalovic  $320,5 \pm 15,3$  kg.

**Změny teploty prostředí:** Teplota ve stáji byla měněna v diskrétních hodnotách, vždy v 09:00 každý den. Při vzestupu teploty přibližně o  $1,7 \text{ K}\cdot\text{den}^{-1}$  (8 dní), při klesání přibližně o  $2,3 \text{ K}\cdot\text{den}^{-1}$  (6 dní).

**Měření koncentrací škodlivých plynů a průtoku vzduchu:** Měření koncentrací plynů se uskutečnilo systémem ASEKO s elektrochemickými senzory  $\text{NH}_3$  (Aseko a KR-Protect), katalytickými senzory pro  $\text{CH}_4$  (KR-Protect) a infračerveným analyzátozem pro  $\text{CO}_2$  (Aseko). Koncentrace plynů pro další výpočet byla převedena do formátu  $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ .

**Postup stanovení produkce plynů:** Ze změřené koncentrace plynů ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$  a  $\text{CO}_2$ ) a průtoku vzduchu ( $\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ ) byla stanovena celková produkce jednotlivých plynů ze stáje. Pak následovaly přepočty na produkci daného plynu na 1 dojnici ( $\text{mg}\cdot\text{ks}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ) a produkci na 1 den ( $\text{g}\cdot\text{ks}^{-1}\cdot\text{den}^{-1}$ ). Denní průběh měření byl od 09:00 do 09:00 následujícího dne.

**Stanovení zvýšené produkce plynů:** Z sestavy denní produkce plynů a s pomocí názorných grafů 1 – 3 byl stanoven den s maximální produkcí daného plynu. Dále byl stanoven rozdíl maximální a počáteční hodnoty produkce a z něho pak index a gradient změny v závislosti na teplotě.

**Stanovení závislosti produkce sledovaných plynů na teplotě:** Sestava denní produkce plynů byla dále zpracována v jednoduchém lineárním regresním modelu. Závislost produkce plynů na teplotě byla zpracována variantně, tj. jednak v úseku od počátku experimentu do dosažení maximální hodnoty

u každého plynu, jednak v celém průběhu experimentu, za dobu 14 dní. Z tohoto hlediska byla vyhodnocena vzájemná vazba zvyšující se produkce plynů na změně teploty prostředí, která byla vyjádřena korelačním koeficientem.

Výše uvedené zpracování dat bylo uskutečněno běžnými prostředky softwaru Microsoft – Excel.

## VÝSLEDKY A DISKUSE

### 1. Zvýšení emisí plynů vlivem teploty prostředí

V průběhu 14 dní byla teplota ve stáji po dobu 8 dní zvyšována, zpočátku pozvolna, pak již s poměrně vyššími skoky. Po dosažení plánované maximální teploty 8. den pokusu (denní průměr 31,1°C), tj. zvýšení teploty o 13,6 K, následovalo časové období s poklesem teploty na původní teplotní úroveň cca 17°C po dobu 6 dní. Zvýšení teploty vyvolalo u sledovaných plynů rozdílnou reakci s ohledem na dosažení maxima emise v určitém časovém posuvu.

**Amoniak (NH<sub>3</sub>):** Ze všech sledovaných plynů byl ovlivněn nejvíce. Jeho produkce se zvýšila o 6,34 g.ks<sup>-1</sup>.den<sup>-1</sup>, tj. o 21 %. Maxima produkce bylo dosaženo až 11. den experimentu, tj. až 3 dny po dosažení maximální teploty.

**Metan (CH<sub>4</sub>):** Zvýšená teplota vyvolala zvýšení emise pouze o 4,1 %. Produkce se zvýšila o 13,3 g.ks<sup>-1</sup>.den<sup>-1</sup>. Hodnota produkce se zvyšovala velmi zvolna, maxima bylo dosaženo až 13.den pokusu, tj. až 5.den po dosažení teplotního maxima.

**Oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>):** Produkce plynu se zvýšila o 1004 g.ks<sup>-1</sup>.den<sup>-1</sup>, tj. o 5,0 %. Maxima bylo dosaženo až 12.den pokusu, tj. 4 dny po maximu teploty.

Základní vztahy teploty prostředí a produkce sledovaných plynů jsou uvedeny v tab.1.

**Tabulka 1. Maximální zvýšení produkce plynů**

Maximal increasing of gases production

| parametr <sup>1)</sup> | jednotka <sup>2)</sup>                | refer.=vstup <sup>3)</sup> | maximum | den <sup>4)</sup> | rozdíl <sup>5)</sup> | Δ/K  | index |
|------------------------|---------------------------------------|----------------------------|---------|-------------------|----------------------|------|-------|
| teplota <sup>6)</sup>  | °C                                    | 17,5                       | 31,1    | 8.                | 13,6                 | -    | 1,777 |
| NH <sub>3</sub>        | g.ks <sup>-1</sup> .den <sup>-1</sup> | 30,141                     | 36,474  | 11.               | 6,34                 | 0,47 | 1,210 |
| CH <sub>4</sub>        | g.ks <sup>-1</sup> .den <sup>-1</sup> | 322,9                      | 336,2   | 13.               | 13,3                 | 0,98 | 1,041 |
| CO <sub>2</sub>        | g.ks <sup>-1</sup> .den <sup>-1</sup> | 19942                      | 20946   | 12                | 1004                 | 73,8 | 1,050 |

**Legend:** <sup>1)</sup>parameter, <sup>2)</sup>unity, <sup>3)</sup>referential rate, <sup>4)</sup>day, <sup>5)</sup>difference, <sup>6)</sup>temperature

### 2. Průběh zvyšování produkce plynů

S ohledem na vývoj teploty ve stáji byl analyzován průběh zvyšování produkce plynů ve 2 charakteristických částech. Ve fázi zvyšování teploty od počátku až do dosažení maximální teplotní úrovně a celý průběh, tj. od počátku až do konce experimentu přes maximální teplotní úroveň.

#### Průběh do úrovně maximální teploty

K vyjádření změn v produkci plynů se vychází z vypočtených regresních lineárních modelů, kde koeficient **bo** vymezuje celkovou úroveň produkce a lineární člen **ax** velikost změny v závislosti na změně teploty (K).

**Amoniak:** Ze všech sledovaných plynů reagoval na zvýšení teploty nejvíce. Denní produkce NH<sub>3</sub> na jalovici se zvyšovala o 0,17 g na zvýšení teploty o 1 K. Uvedené zvýšení produkce mělo vysokou statistickou významnost ( $P \leq 0,01$ ). Uvedený model měl koeficient determinace ( $r^2$ ) 0,747, což znamená poměrně vysokou závislost produkce NH<sub>3</sub> na teplotě prostředí. Zároveň bylo F-testem vyloučena nahodilost ( $F \leq 0,05$ ), vypočtená hodnota je tedy vhodná pro předpověď produkce NH<sub>3</sub>.

**Metan:** Neprokázala se taková vazba na teplotu jako v případě NH<sub>3</sub>. Denní přírůstek u jalovice byl 0,33 g na K a koeficient  $r^2$  byl pouze 0,204.

**Oxid uhličitý:** Podobný vztah mezi proměnnými jako u metanu. Přírůstek produkce CO<sub>2</sub> byl 19,03 g na K. Koeficient  $r^2$  byl u modelu 0,269.

U všech sledovaných plynů měly v regresních modelech velmi vysokou statistickou významnost konstanty **bo** na úrovni ( $P \leq 0,001$ ). Znamená to, že reálná výše produkce plynů je určena daným zvířetem, jeho hmotností a danou technologií ustájení. Veškeré popisované vztahy jsou uvedeny v tabulce 2.

**Tabulka 2. Regresní závislost produkce plynů na teplotě prostředí  $y = bo + ax$**   
 Regressive dependent of gases production on ambient temperature

| plyn <sup>3)</sup> | do maximální teploty <sup>1)</sup> |         |                |       | celý průběh <sup>2)</sup> |       |                |       |
|--------------------|------------------------------------|---------|----------------|-------|---------------------------|-------|----------------|-------|
|                    | bo                                 | ax      | r <sup>2</sup> | r     | bo                        | ax    | r <sup>2</sup> | r     |
| NH <sub>3</sub>    | 27,74***                           | 0,167** | 0,747          | 0,865 | 29,94***                  | 0,142 | 0,101          | 0,318 |
| CH <sub>4</sub>    | 320,6***                           | 0,33    | 0,204          | 0,451 | 327,0***                  | 0,17  | 0,036          | 0,190 |
| CO <sub>2</sub>    | 19875***                           | 19,03   | 0,269          | 0,519 | 20333***                  | 6,70  | 0,014          | 0,119 |

\*\*  $P \leq 0,01$ , \*\*\*  $P \leq 0,001$ , NH<sub>3</sub> model:  $F \leq 0,05$

**Legend:** <sup>1)</sup>till maxima temperature, <sup>2)</sup>komplete process, <sup>3)</sup>gas

### Celý průběh experimentu

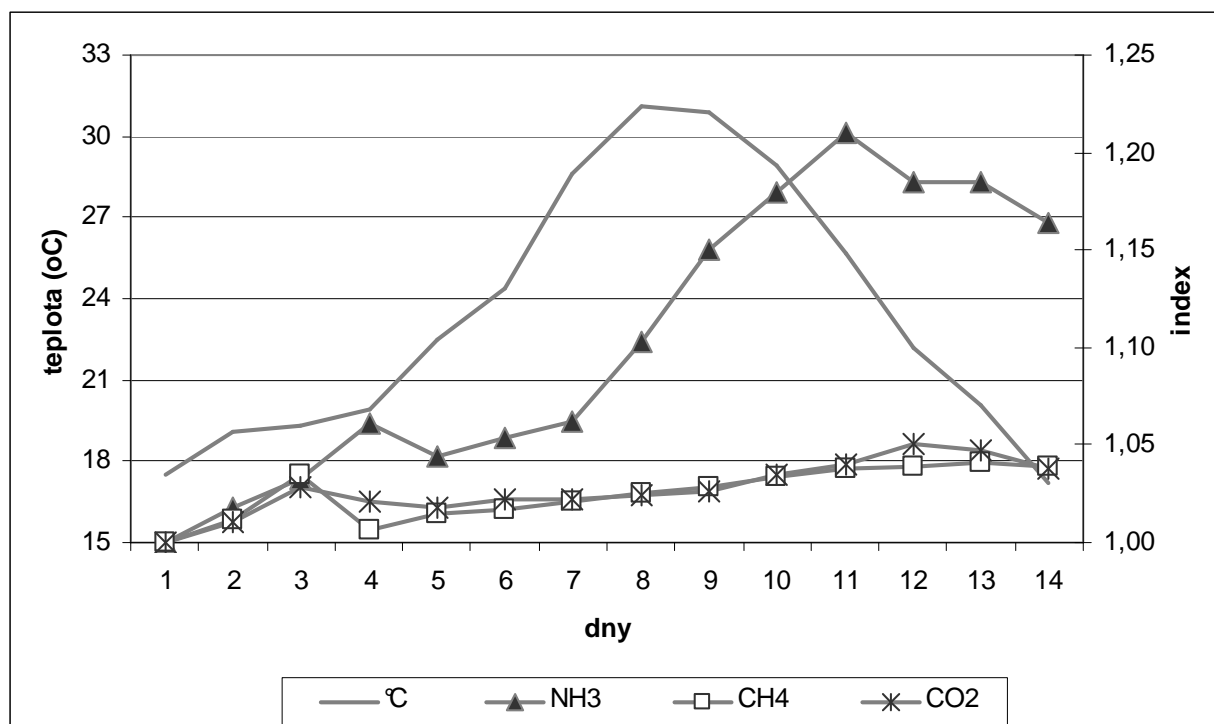
Z průběhu grafů je zřejmé, že průběh teploty ve stáji měl tvar paraboly, zatím co průběh produkce plynů (CH<sub>4</sub> a CO<sub>2</sub>) byl téměř lineární až do dosažení specifického maxima produkce, pak teprve začal pozvolna klesat. Tomu odpovídají i nízké hodnoty koeficientu r<sup>2</sup>. Průběh produkce NH<sub>3</sub> po 11.dni pokusu měl relativně strmější pokles než u výše uvedených plynů. Vypočtený koeficient r<sup>2</sup> u tohoto modelu měl přesto nízkou hodnotu (0,101).

Podobně jako u modelů průběhu do maximální úrovně teploty, byla i v tomto případě vysoká závislost konstantního členu **bo** velmi vysoká ( $P \leq 0,001$ ).

Na grafu 1. je znázorněn průběh teploty (=nezávislá veličina) a průběh produkce sledovaných plynů (závislé veličiny). Vycházelo se z úrovně produkce: NH<sub>3</sub> = 30,14 – CH<sub>4</sub>=322,9 a CO<sub>2</sub>=19942, vše ve formátu g.ks<sup>-1</sup>.den<sup>-1</sup>.

Průběh produkce plynů je projevem hystereze, kdy hodnota závisle proměnné (produkce) neodpovídá hodnotě nezávisle proměnné (teploty) při stoupání. V tomto případě je vyšší. Znamená to, že výsledná produkce sledovaných plynů je závislá na předchozích stavech ve stáji.

**Graf 1: Průběh teploty a produkce sledovaných plynů.**



## **ZÁVĚR**

Při zvyšování teploty ve stáji nedochází k okamžité reakci v produkci plynů. Vývoj probíhá s určitým zpožděním. Působením teploty jsou postupně aktivována příslušného mikrobiologického spektra. Rozvoj mikroorganismů ve stáji trvá i po snížení teploty, nebo má velmi pozvolnou klesající tendenci produkce plynů. Uvedená hystereze je odvozena z předcházejících stavů systému (=mikroklima stáje).

## **LITERATURA:**

- [1] Dolejš, J., Toufar, O., Adamec, T., 2005 Factors that affect ammonia emissions assesment (in Czech). In Proc.15<sup>th</sup> Czech-Slovak Bioklimatology Conference-12.-14.9.2005,Křtiny. Czech Bioklimatology Society:19
- [2] Dolejš, J., Toufar, O., Knížek, J., 2005 Influence of cooling methods in heifers on ammonia and greenhouse gases emissions (in Czech). In proc.International Konference-Brno,13.12.2005. CHMU Brno:26
- [3] Dolejš, J., Mašata, O., Toufar, O., Knížek, J., 2004 An Influence of untypical conditions on emissive flux of amonia (in Czech). In.Proc. International Konference-Actual Problemes of Animal Bioklimatology-16.12.2004,Brno.VÚŽV Praha Uhřetěves:10-12
- [4] Klement, S., Ross, A., Schwarz, H. P., 1995 Ammonia measurements in fattening pig houses (in Ger.).Landtechnik. 50. (3).162-163

*Příspěvek byl zpracován na základě výsledků řešení projektu NAZV QF 3140 za finančního přispění MZe ČR.*