

## THE USING OF CLAY MINERALS IN POULTRY

### VYUŽITÍ JÍLOVÝCH MINERÁLŮ V CHOVU DRŮBEŽE

Škarková M., Havlíček Z.

Department of Animals Morphology, Physiology and Genetics, Faculty of Agronomy, Mendel University in Brno, Zemědělská 1/1665, 613 00 Brno, Czech Republic

E-mail: skarkova.m@seznam.cz

#### ABSTRACT

The aim of our experiment was to examine the impact of the absorption capacity of clay minerals applied to bedding to reduce the production of  $\text{NH}_3$  and to evaluate the effect of bentonites containing 50.1 or 73.4% of montmorillonite, not only in practical conditions but also in laboratory conditions. In the practical part of the experiment, doses were 4 and 5.5 kg of clay applied on  $6\text{m}^2$  of litter. The experiment was divided into nine experimental groups within there were placed 900 chicken meat hybrid ROSS 308. Each group had the same microclimatic conditions, including the used litter (wood shavings). There was used complete mixture BR 1 and BR 2 for fattening of all experimental groups and the fattening were fed *ad libitum*. The experimental period lasted from the first day to thirty-sixth day of fattening. In the stable, there were monitored ammonia, temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) and relative humidity (%). For measurements, there were used several data loggers observing parameters at one-minute intervals from placement in a stable. The measuring technique was positioned to record the microclimate objectively not only in the life zone of chickens, but also the average value in the whole area of stable. There was also sampled the litter in seven-day intervals with subsequent analysis on the contents of total, ammonia and nitrate nitrogen. The second part of the experiment was used for monitoring of the absorption capacity of clays in laboratory-controlled conditions with subsequent measurement of the concentration ammonia in exact time interval. The experiment was carried out in glass containers of 1 liter which were always applied to different amounts of a specific type of clay mineral (2, 4, 6 and 8 g), followed by the addition of technical ammonia (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 and 40  $\mu\text{l}$ ). The concentration of the first sample of bentonite (containing 50.1% montmorillonite) was in the range from 4.3 to 94.3 ppm two days after the application (the first control measurement). The second sample (73.4% montmorillonite) showed the value 0 to 131.7 ppm. The values in the other measurements (6, 10 and 14 day after application) were largely zero.

**Key words:** poultry, chicken, clay minerals, ammonia, ammonia elimination

**Acknowledgments:** This publication was created from the results of the project IGA in 2011 under the title "The impact of feed additives on the metabolism of farm animals, the use of absorptive properties of clay substrates in crop and animal production". The publication was also support by the research project MSM 6215648905 "Biological and technological aspects of sustainability of controlled ecosystems and their adaptation to climate change" from the Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic.

## ÚVOD

Drůbeží hnůj je výborným dusíkatým hnojivem a hlavním problémem je ztráta N ve formě amoniaku ( $\text{NH}_3$ ), která představuje až 80% z celkového N v podestýlce (Kelleher et al., 2002.; Ritz et al., 2004). V drůbežím trusu se nachází 70 % dusíkatých látek ve formě kyseliny močové, přibližně dalších 27 % je pak ve formě močoviny (McCrory et al., 2011), což zmínil i Smits et al. (1995) u skotu, Kay a Lee (1997) u prasat a Elwinger a Svensson (1996) u drůbeže. V podestýlce je pak močovina a kyselina močová poměrně rychle hydrolyzována prostřednictvím enzymu ureáza, obsažené ve výkalech popř. i v půdě či na kořenech rostlin (Elzing a Monteny, 1997, Whitehead, 1990), na amoniak  $\text{NH}_4^+$  a bikarbonátové ionty. Amoniak následně přechází do stájového prostředí, kde v plynné formě ovlivňuje přítomná zvířata a následně přechází do atmosférického vzduchu (McCrory et al., 2011). Amoniak jako plyn má relativně krátkou životnost v atmosféře. Od několika hodin do několika dnů (Warneck, 1988; Dentener a Crutzen, 1994). V kontrastu, amonné ionty, jako aerosol, mohou mít životnost v řádu 1-15 dnů (Aneja et al., 1998). Plynný amoniak obvykle reaguje s oxidy dusíku a oxidy síry za vzniku dusičnanu a síranu amonného (Seinfeld a Pandis, 1998), formovaných do partikulů o velikosti pod 2,5  $\mu\text{m}$ . Úplná přeměna močoviny na  $\text{NH}_4^+$  je potenciálně možná již během několika hodin, v závislosti na podmínkách prostředí (McCrory et al., 2011). Mineralizace fekálního proteinu je pak výsledkem působení proteolytických a deaminačních bakterií, které nejprve hydrolyzují proteiny na peptidy a aminokyseliny s konečnou deaminací na  $\text{NH}_4^+$ . Tento rozkladný proces je poměrně pomalý, při značné závislosti na teplotě (McCrory et al., 2011). Z tohoto důvodu má pak větší význam při skladování hnoje, než při vlastním výkrmovém cyklu. Značná část emitovaného amoniaku, odhadovaná v množství 30 %, je ukládána v sousedství do 5 km od vlastního zdroje, s toxickým efektem na ekosystémy. Kromě hospodářské ztráty je pak uvedená depozice velkým zdrojem znečištění, což způsobuje obohacování N, okyselování půd a povrchových vod, a znečištění podzemních a povrchových vod nitráty.

Amoniak je velmi reaktivní plyn, který je normálně ve vzduchu přítomen pouze ve stopových koncentracích, a proto ho je obtížné změřit (Nicholson et al., 2011). Má negativní efekt na zdravotní stav a užitkové vlastnosti brojlerů a z tohoto pohledu je nutno zvolit vhodný management péče o podestýlku vedoucí k redukci uvolňujícího se amoniaku. Ten spočívá ve sledování a možnosti ovlivnění teploty, vlhkosti a ventilačního poměru stájového vzduchu, typem, množstvím, teplotou, vlhkostí a parametru pH podestýlky (Carr et al., 1990). V dalším kroku pak o koncentraci amoniaku rozhoduje intenzita ventilace. Její ovlivnění patří k běžné praxi pro odstranění  $\text{NH}_3$  z chovů brojlerů (Ritz et al., 2004). Bez dostatečného větrání se v závislosti na zdroji může koncentrace amoniaku ve stájovém vzduchu vyšplhat až na 40-70 ppm. Při těchto

koncentracích už nejde jenom o pachové obtěžování, neboť je silně ovlivňován dýchací aparát kuřat. Z důvodů minimalizace negativních dopadů a ztrát způsobených amoniakem byla stanovena maximální povolená koncentrace amoniaku 25 ppm. Kvalitní vzduch by měl ale vykazovat maximální koncentraci pouze do 10 – 12 ppm. Některé práce řešící tuto problematiku, jako např. Anderson et al. (1964). Kuřata vystavena nepřetržitě 20 ppm NH<sub>3</sub> po dobu šesti týdnů trpěla plicním edémem, zácpami, krvácením a zvýšenou náchylností k onemocnění. Když byly koncentrace NH<sub>3</sub> zvýšeny na 25-50 ppm, Kleven a Glisson (1997) pozorovali snížení tělesné hmotnosti (0,23 kg za méně než 49 dnů).

Jedním z důležitých úkolů při skladování hnoje je stabilizace a omezení ztrát živin. Z tohoto důvodu lze ošetřit hlubokou podestýlku přídatnými látkami, které se využívají při samotném výkrmovém cyklu. Mezi ně patří i různé druhy jílových minerálů. O jejich využití rozhodují vlastnosti, jako je jejich struktura a chemické složení, druh vyměnitelných iontů, přičemž velikost částic a struktura rozhodují o vhodnosti pro jejich různá použití (Slámová, 2011). Jílové minerály patří bezesporu k nejstarším, ale také nejrozšířenějším a velice účinným sorbentům v přírodních i technologických procesech. Je třeba zdůraznit, že nejsou selektivními sorbenty aniontů díky nízkým hodnotám pH nulového náboje na povrchu pevné fáze. Jednoduchou povrchovou modifikací jílových minerálů, nebo obecně aluminosilikátů, dojde ke změně povrchového náboje a tím i adsorpční affinity materiálu vůči aniontům. Hlavním důvodem obrovského rozvoje těchto technologií v posledních letech jsou příznivé vlastnosti výchozích surovin, strukturní a chemická stabilita aluminosilikátů a šetrnost k životnímu prostředí (Doušová et al., 2010).

Mezi nejvíce průmyslově využívané jílovými minerály patří montmorillonit, kaolinit, illit a halloysit. Široké využití jílových surovin s jejich unikátními vlastnostmi je umožněno jejich hojným výskytem (u bentonitu se výskyt po celém světě odhaduje až na 1,4 bilionu tun, Roskill 1997), snadnou dostupností a tím i relativně nízkou cenou. Jejich absorpční / adsorpční vlastnosti se využívají ve výživě zvířat a významně přispívají k jejich zdraví. Vážou na sebe škodlivé látky a vylučují je z těla zvířat (Slámová et al., 2011). Nedávné nálezy podporují jejich roli v prevenci některých metabolických chorob u dojníc, stejně jako jejich vliv na vylučování dusíku u monogastrických zvířat (Papaioannou et al., 2005). U volně žijících zvířat hrají důležitou roli při detoxikaci anti-nutričními látkami v potravinách a pro zmírnění gastrointestinálních onemocnění (Williams et al., 2004). U hospodářských zvířat, jsou jílové minerály primárně používány jako pojiva při výrobě granulovaných krmiv. Jedním z nejnovějších přístupů je použití inertních nutričních adsorbentů ve stravě, izolují mykotoxiny, což snižuje jejich vstřebávání a navíc, se vyhneme toxickým účinkům u zvířat a přenesení toxických látek do živočišných produktů. In vitro výsledky pokusů Papaioannou et al. (2005) ověřily závaznou účinnost modifikovaného montmorillonitu a klinoptilolitu proti zearalenonu a ochratoxinu A. Mnoho výzkumů ukázalo, že

dietní zahrnutí např. zeolitů zvyšuje průměrný denní přírůstek nebo konverzi krmiva u prasat, telat, ovcí i brojlerů. Zeolity také posilují reprodukční výkonnosti prasnic, zvyšují dojivost krav, produkci vajec u nosnic a mají příznivý vliv na hmotnost vajec a vlastnosti vaječného obsahu. Svě uplatnění pak také nacházejí při využití pro ošetření podestýlky zvířat.

## MATERIÁL A METODIKA

První část experimentálního měření byla provedena v testovací stáji ÚKZUZ Lípa u Havlíčkova Brodu na kohoutcích masného hybrida ROSS 308 z líhně Best Opava. Ustájení odpovídalo běžným požadavkům velkovýrobní technologie na hluboké podestýlce z dřevěných hoblin a řízenými podmínkami prostředí, uvedených ve vyhlášce č. 208/2004 Sb. V experimentu byl sledován vliv aplikace bentonitu (vzorek A), obsahujícího 73,4 % montmorillonitu, 12,7 % kaolinitu, 4,6 % sadinitu, 4,5 % muskovitu, 0,7 % anatasu, 4,1 % quartzu a bentonitu (vzorek B) obsahujícího 50,1 % montmorillonitu, 13,2 % kaolinitu, 12,5 % sideritu, 10,4 % sadinitu, 6,1 % muskovitu, 5,8 % anatasu a 1,9 % quartzu na emisi amoniaku ve stájovém prostředí. Použitý bentonit byl v jednotlivých kotcích o ploše 6 m<sup>2</sup>, rovnoměrně aplikován jedenáctý den výkrmu v dávce 1 a 1,5 kg, přičemž byla aplikace opakována 17. den výkrmu vždy v dvojnásobném množství, tedy v dávce 2 a 3 kg. Vše bylo provedeno ve dvou opakováních oproti kontrolní skupině. Hodnocení emise amoniaku byly prováděny opakovaně v intervalech sedmi dní na čtyřech měřicích místech v každé sekci analyzátozem plynů Multiwarn II. Měření proběhlo pod měřicím zvonem o objemu 8 litrů, s pomocí dataloggerů, měřicích na principu elektrochemických čidel, ukládajících hodnoty v minutových intervalech. V rámci pokusu byly současně s měřením emise amoniaku pod zvony odebírány průměrné vzorky podestýlky z každého kotce, sloužící k následné analýze. U těchto vzorků se vzhledem k předpokládanému absorpčnímu efektu aplikovaných preparátů zjišťoval obsah celkového dusičnanového a amoniakálního dusíku. K výkrmu byla použita jednotná kompletní krmná směs BR 1 do 9. dne stáří kuřat. Od 9. dne stáří kuřat byla každá pokusná skupina krmena kompletní krmnou směsí BR 2 dle schématu. Kompletní krmné směsi byly zkrmovány formou *ad libitum* ve formě granulí z tubusových krmítek a čerstvá napájecí voda byla neustále k dispozici.

Druhá část experimentálního měření byla provedena v laboratorních podmínkách na MENDELU v Brně. Experiment probíhal v řízených mikroklimatických podmínkách a pro sledování absorpční schopnosti jílnů byly zvoleny totožné vzorky jílových minerálů, jako v první části pokusu probíhající v testovací stáji. Ve skleněných nádobách o objemu 1 litr byly odzkoušeny dva preparáty s obsahem 50,1 a 73,4 % montmorillonitu, přičemž oba byly testovány v granulaci 0-2 mm. Do nádob byl aplikován příslušný vzorek ve čtyřech opakováních v dávce 2, 4, 6 a 8 g s následným přidáním technického amoniaku o koncentraci 6,5 % v množství 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 a 40 µl ve všech variantách, vždy v uvedeném opakování. Nádoby byly vzduchotěsně uzavřeny, přičemž vlastní měření uvolněného amoniaku bylo 2., 6., 10. a 14. den po aplikaci. Zjištění koncentrace bylo zajištěno pomocí dataloggeru se speciální úpravou vstupní části, sloužící k nasátí plynu z experimentální láhve.

Cílem pokusu bylo ověřit vhodnost přírodních jílů s obsahem 50,1 a 73,4 % montmorillonitu na vhodnost pro ošetření podestýlky, přičemž bylo hlavním cílem dodržet požadavky kladené na podestýlku uvedené ve vyhlášce 208/2004 Sb. Druhým cílem bylo otestovat jílové minerály v laboratorních podmínkách námi vyvinutou metodou, která eliminuje působení často neznámých vlivů ovlivňujících emise amoniaku ve stáji.

## VÝSLEDKY A DISKUZE

Aktuální stav podestýlky, který je možno hodnotit z hlediska složení, ale i aktivity fermentačních pochodů, významně ovlivňuje celkové ztráty dusíku, které se ve stáji projeví uvolňováním amoniaku, který svým působením ovlivňuje pohodu a zdravotní stav zvířat (Hartung a Phillips, 1994). Rychlost uvolňování těchto těkavých látek závisí nejen na množství a poměru jednotlivých forem dusíku, ale i na environmentálních faktorech stáje a podestýlky, které ovlivňují aktivitu ureolytických a proteolytických bakterií (Muck a Richards, 1980). Mnoho autorů doporučuje k omezení emise amoniaku využití krmných aditiv, okyselovadel, inhibitorů ureázy, rostlinných extraktů, či absorbentů. Diskutabilní ale zůstává ověření účinnosti jednotlivých preparátů ovlivňujících celkovou emise amoniaku.

Předmětem práce je vyhodnocení účinku jílových minerálů, které se využívají u prasat a drůbeže jako přídatek do krmiva, nebo v našem případě do podestýlky. Charakteristika podestýlky na konci výkrmového cyklu, která byla kontrolní (bez ošetření) a podestýlky ošetřené přidáním jílových minerálů lišících se obsahem montmorillonitu (A- 50,1 % a B – 73,4 %) je uvedena v tab. 1. Z výsledků je patrná zvýšená teplota podestýlky, měřená vpichovým teploměrem, u kontrolní skupiny, oproti skupinám s ošetřením aplikací jílu. Třebaže byl v podestýlce od kontrolní skupiny zjištěn nejnižší obsah celkového dusíku, z grafu 1 je patrná nejvyšší emise amoniaku, měřená v měřicím zvonu po dobu 10 minut, s měřicí stopou po jedné minutě. Třebaže byla měřená emise v jednotlivých měřicích cyklech velice rozkolísaná, je u ní možno sledovat nejvyšší hodnoty po celou dobu měření. Z těchto výsledků jsou patrné vysoce významné rozdíly mezi jednotlivými zásahy. Naproti tomu byl zjištěn nejvyšší obsah amoniakální formy dusíku u skupiny ošetřené preparátem obsahujícím 73,4 % montmorillonitu, avšak s nejnižší emisí amoniaku, což je možno vysvětlit fixací této formy dusíku přidáním jílovým minerálem.

Tabulka 1: Charakteristika podestýlky na konci výkrmového cyklu

	T	SD	S	SD	NO3	SD	NH4	SD	N-celk	SD
<b>K</b>	26,23	1,44	54,80	4,11	147,33	3,77	8800,00	424,26	51533,33	1225,65
<b>B</b>	24,33	1,53	60,80	5,31	139,33	7,54	8600,00	282,84	52800,00	1979,90
<b>A</b>	24,23	2,75	52,71	2,45	147,33	3,77	9200,00	848,53	53233,33	3582,67

Hodnocení emise amoniaku u jednotlivých ošetřené podestýlky ukázala významné snížení emise amoniaku o 54, 23 % a 30,44 %. Při měření emise je vidět nárůst uvolněného amoniaku

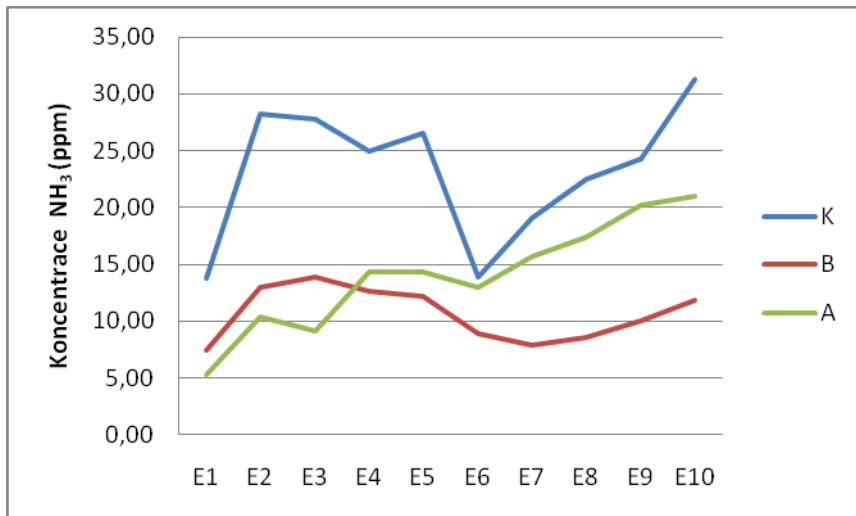
**MENDELNET 2012**

v minutových intervalech. Pro rozlišení rozdílů bylo nutno provádět měření minimálně 8 minut, lépe pak 10 minut, přičemž rozhodující měření vyjadřující účinnost jednotlivých preparátů se zpřesňuje prodloužením měřicí doby. Námi zjištěné hodnoty v tomto krátkém intervalu není možné hodnotit a brát za směodatnou z pohledu snížení celkové emise během trvání celého výkrmového cyklu, neboť v předešlých měřeních (předcházejících týdnech) nebyly zjištěny tak významné rozdíly. Ukazuje ale na schopnost fixace dusíku, což je důležité z pohledu fixace živin, ale také z pohledu omezení emise amoniaku ve stáji, v době skladování a vlastní aplikaci na pole, především s pozdějším zapravením do půdy.

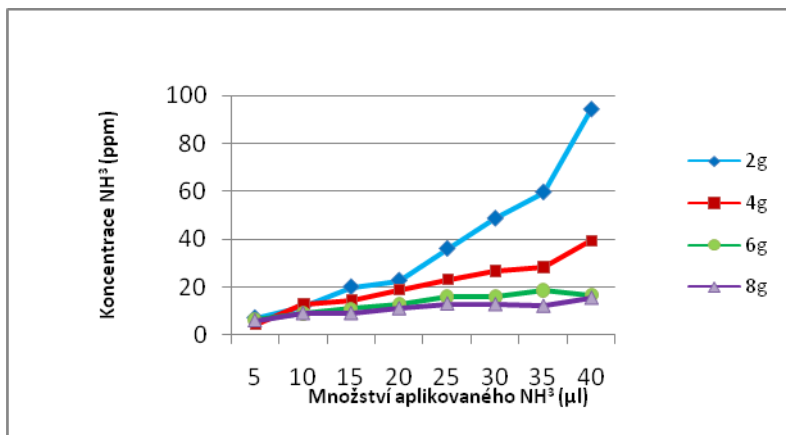
Třebaže byly u kontrolní skupiny naměřeny v úrovni podestýlky pod měřicím zvonem hodnoty amoniaku převyšující nejvyšší doporučenou hodnotu amoniaku (20 ppm), stejně jako povolenou koncentraci amoniaku (25 ppm), není možno považovat zjištěné výsledky jako kritické, neboť byly v zóně zvířat (bez použití měřicích zvonů) naměřeny nejvyšší koncentrace amoniaku 17,9 ppm. Naměřené hodnoty v zóně zvířat je možno vysvětlit turbulencí stájového vzduchu, závisející na funkčnosti ventilačního systému, který pak efektivně odvádí emitovaný amoniak ze stáje.

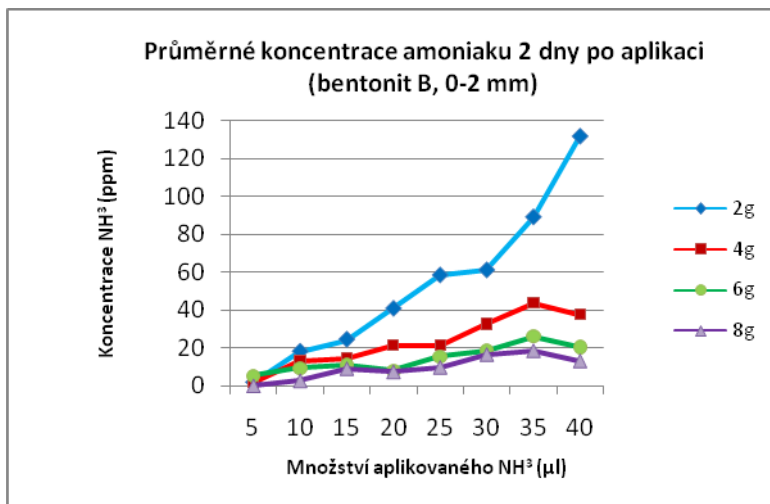
Při ověřování laboratorních přístupů použitelný pro plošné testování jílových minerálů byl hledán optimální poměr zkoumaného vzorku a aplikovaného vodného roztoku amoniaku. S ohledem na měřitelnost byla navržena koncentrace 6,5 %, při aplikovaném množství, nyní již využívaného v metodice pokusu v kombinaci s uvedeným množstvím jílových minerálů.

Graf 1: Hodnocení emise amoniaku z podestýlky na konci výkrmového cyklu



Graf 2: Průměrné koncentrace amoniaku 2 dny po aplikaci (bentonit A, 0-2 mm)



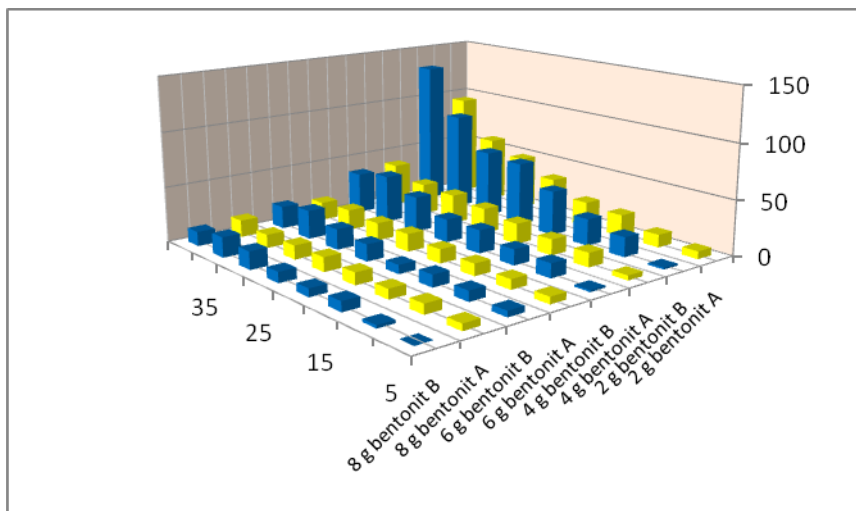


Z uvedených grafů 2 a 3 je patrný rozdíl v naměřené emisi při aplikaci 10 – 30  $\mu\text{l}$ . Vzhledem k tomu, že se jedná o měření amoniaku, který se nenavázal na aplikovaný a testovaný vzorek jílu, je takto možno posoudit sorpční schopnost daného vzorku. Logicky nejrychlejší reakce nastává u varianty aplikace nejvyššího množství vzorku. Pokud bylo pro měření použito vyšších dávek amoniaku, došlo k problémům s měřením, neboť byla zvýšená hladina amoniaku v měřicí láhvi vyšší jak 200 ppm, což je běžnými měřicími přístroji neměřitelné. Navíc by docházelo k rychlé spotřebě elektrochemických čidel použitých analyzátorů.

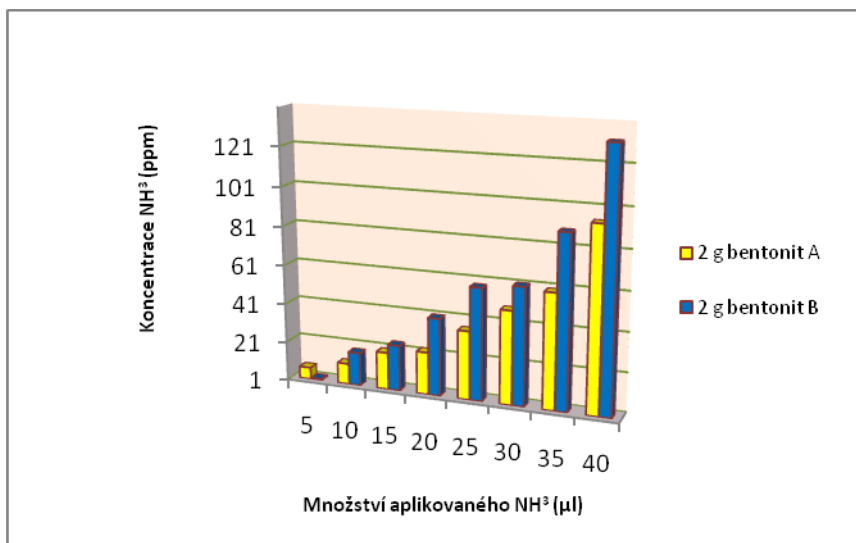
Výsledky jednotlivých laboratorních měření jsou uvedeny v grafech 4 až 8. Naměřené hodnoty vychází ze znalosti analytický aplikovaného množství posuzovaného jílu i množství vodného roztoku amoniaku, který v experimentální láhvi těká a následně je fixován testovaným přírodním minerálem. Třebaže byl vypočítán korelační koeficient mezi hodnotami emisí ve stáji a v laboratorních podmínkách na úrovni 0,767 – 0,896, lze ve stáji očekávat rozdíly způsobené otevřeným prostorem, prouděním vzduchu, ale také nerovnoměrností aplikace do podestýlky a tedy následnou nerovnoměrnou sorpci uvolněného amoniaku.



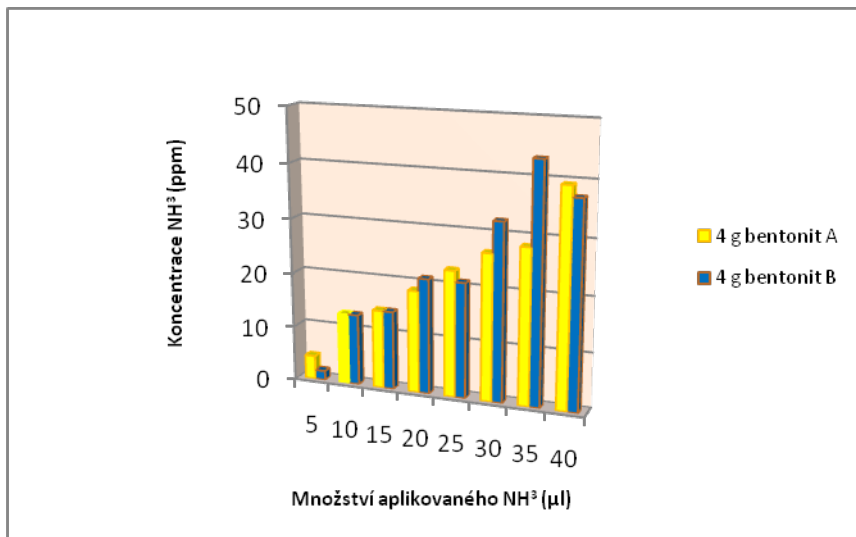
Graf 4: Porovnání průměrné koncentrace amoniaku 2 dny po aplikaci podle druhu a dávky jílů (granulace 0-2 mm)



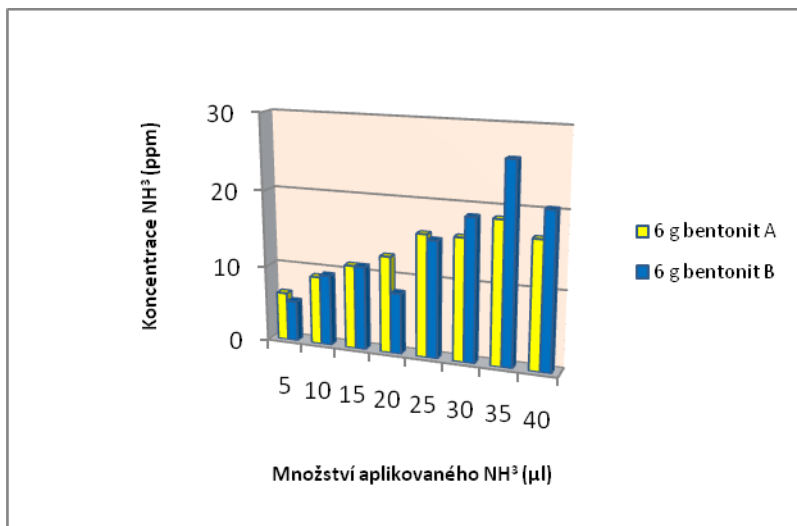
Graf 4: Laboratorní hodnocení vzorků jílových minerálů při dávce 2 g



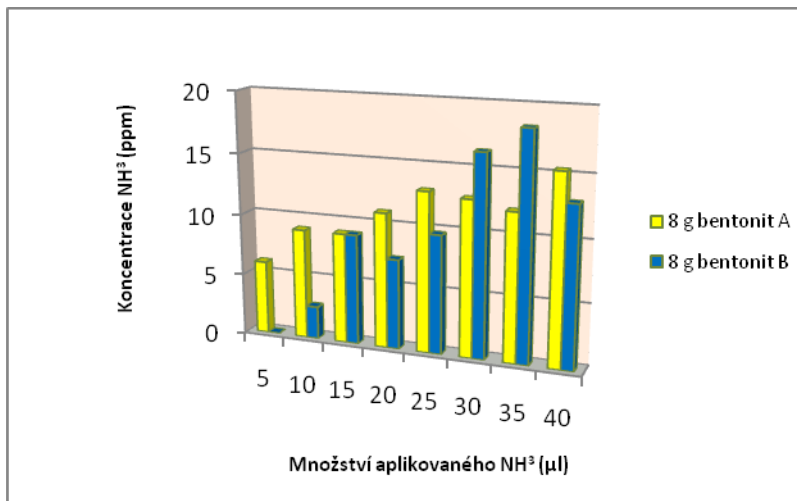
Graf 5: Laboratorní hodnocení vzorků jílových minerálů při dávce 4 g



Graf 6: Laboratorní hodnocení vzorků jílových minerálů při dávce 6 g



Graf 7: Laboratorní hodnocení vzorků jílových minerálů při dávce 8 g



## ZÁVĚR

Výsledky ukázaly, že je k zajištění objektivnosti měření emise amoniaku s pomocí měřicího zvonu zajistit měření minimálně 8 minut, nejlépe pak déle, vždy v měřící stopě jedné minuty.

O úrovni amoniaku ve stáji rozhoduje emisní zdroj v kombinaci s výkonem a funkcí ventilacího systému.

Navržená metodika posouzení sorpční účinnosti je využitelná k posouzení jednotlivých preparátů.

## LITERATURA

Anderson DP, Beard CW, and Hanson RP. 1964. The adverse effects of ammonia on Dickens including resistance to infection with Newcastle disease virus. Avian. Dis. 8:369-379.

Aneja, V.P., Murray, G.C., Southerland, J., 1998. Atmospheric Nitrogen Compounds: Emissions, Transport, Transformation, Deposition, and Assessment. EM (AWMA), pp. 22-25.

Dentener FJ, Crutzen PJ. A three-dimensional model of the global ammonia cycle. J Atmos Chem 1994; 19:331–69.

Doušová B. et al.: Příprava anioaktivních (nano)sorbentů z jílových minerálů, Informátor 5/2010, Česká společnost pro výzkum a využití jílu [online], [citace 7. října 2011]. Dostupné na internetu <<http://www.czechclaygroup.cz/informatory/informator43.pdf>>

Elwinger, K., Svensson, L., 1996. Effect of dietary protein content, litter and drinker type on ammonia emission from broiler houses. Journal of Agricultural Engineering Research 64, 197–208.

Elzing A, Monteny GJ. Ammonia emission in a scale model of a dairy-cow house. *Trans Am Soc Agric Eng* 1997;40:713–20.

Hartung, J., Phillips, V. R., 1994. Control of gaseous emissions from livestock buildings and manure stores. *J. Agric. Eng. Res.*, 57, 173-189.

Kay, R.M., Lee P.A., 1997. Ammonia emissions from pig buildings and characteristics of slurry produced by pigs offered low crude protein diets. In: Voermans, J.A.M., Monteny, G.J. (Eds.), *Ammonia and Odour Emission from Animal Production Facilities*. Vinkeloord, The Netherlands, pp. 253–259.

Kelleher, B. P., Leahy, J. J., Henihan, A. M., O'Dwyer, T. F., Sutton, D., Leahy, M. J., 2002. Advances in poultry litter disposal technology – a review. *Biodegrad. Tech.* 83, 27-36.

Kleven, S.H. and J.R. Glisson, 1997. *Multicausal Respiratory Disease; Disease of Poultry*. 10th Iowa State University Press, pp: 1008-1010.

McCrory, D.F., Hobbs, P.J., 2011: Additives to Reduce Ammonia and Odor Emissions from Livestock Wastes [online], [citace 13. března 2011]. Dostupné na internetu <<https://www.soils.org/publications/jeq/articles/30/2/345>>

Muck, R. E., Richards, B. K.: 1980: Losses of manurial N in freestall barns. *Agric. Manure*, 7, 41-54.

Nicholson, F.A., Chambers, B.J. and Walker, A.W. (2004) Ammonia emissions from broiler litter and laying hen manure management systems. *Biosystems Engineering*, 89 175-185.

O'Neill, D. H., and V. R. Phillips. 1992. A review of the control of odor nuisance from livestock buildings: Part 3. Properties of the odorous substances which have been identified in livestock wastes or in the air around them. *J. Agric. Eng. Res.* 53:23–50.

Papaioannou, D., Katsoulos, P. D., Panousis, N. and Karatzias H. The role of natural and synthetic zeolites as feed additives on the prevention and/or the treatment of certain farm animal diseases: a review, *Microporous Mesoporous Mater.*, 84 (2005) 161–170.

Ritz, C.W. et al., 2004: Implications of Ammonia Production and Emissions from Commercial Poultry Facilities: A Review, Department of Poultry Science, The University of Georgia, Athens, Georgia 30602, [online], [citace 21. února 2011]. Dostupné na internetu <<http://japr.fass.org/cgi/reprint/13/4/684.pdf>>

Roskill, 1997. *The Economics of Bentonite*. Roskill Information Services, London. UN, 2005. *United Nations Synthesis Report on Arsenic in Drinking Water*. May, <[www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/arsenic3](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/arsenic3)>.

Slámová R. et al.: Clay minerals in animal nutrition, *Veterinary Research Institute* [online], [citace 20. února 2011]. Dostupné na internetu <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016913171100010X>>

Seinfeld JH, Pandis SN. *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*. New York, NY: Wiley; 1998. p. 523– 39.

**MENDELNET 2012**

---

Smits, M.C.J., Valk, H., Elzing, A., Keen, A., 1995. Effect of protein nutrition on ammonia emission from a cubicle house for dairy cattle. *Livestock Production Science* 44, 147–156.

Warneck P. *Chemistry of the Natural Atmosphere*. New York: Academic Press; 1988. p. 429– 515.

Whitehead DC. Atmospheric ammonia in relation to grassland agriculture and livestock production. *Soil Use Manage* 1990;6:63–5.

Williams et al., L.B. Williams, M. Holland, D.D. Eberl, T. Brunet and L. Brunet de Coursou, Killer Clays! Natural antibacterial clay minerals. *Mineralog. Soc. Bull.*, 139 (2004), pp. 3–8.