

PORÓWNANIE EFEKTYWNOŚCI REDUKCJI EMISJI GAZOWYCH Z CHLEWNI PO ZASTOSOWANIU BIOFILTRA POWIETRZA I KURTYNY WODNEJ*

Wojciech Krawczyk, Jacek Walczak, Agata Szewczyk

Instytut Zootechniki Państwowy Instytut Badawczy,
Dział Technologii, Ekologii i Ekonomiki Produkcji Zwierzęcej, 32-083 Balice k. Krakowa

Celem przeprowadzonych badań było określenie możliwości redukcji emisji domieszek gazowych poprzez filtrację powietrza wentylowanego z chowu alkierzowego trzody chlewnej. Podczas badań oznaczono grupy związków gazowych w powietrzu filtrowanym i bez filtracji (grupa kontrolna) z utrzymania trzody chlewnej oraz porównano efektywność zastosowania biofiltra powietrza z różnymi mieszankami stanowiącymi jego złożę oraz biofiltra powietrza ze wspomnianymi wyżej mieszankami wyposażonego w kurtynę wodną. Największą 85% redukcję emisji uzyskano dla amoniaku. Różnica ta była wysoko istotna statystycznie dla wszystkich rodzajów mieszanek. Większą skutecznością redukcji emisji NO, NO₂, NO_x i CO₂ odznaczył się biofiltr z kurtyną wodną. Najlepszymi właściwościami filtracyjnymi w biofiltrze z kurtyną wodną cechowała się mieszanka zawierająca w swoim złożu zwiększoną ilość słomy, a w biofiltrze bez kurtyny wodnej mieszanka ze zwiększoną ilością trocin.

Słowa kluczowe: emisja GHG, biofiltr powietrza, złoża biofiltracyjne, kurtyna wodna, utrzymanie świń

Problem emisji gazów odpowiedzialnych za zanieczyszczenie środowiska rozpatrywany jest przez wiele instytucji naukowych, organizacji krajowych i międzynarodowych. Wspomniane instytucje opracowały założenia i programy, mierzące do określenia wielkości emisji domieszek gazowych, monitoringu tych związków i skutków ich oddziaływania. Integralną częścią tych działań są badania naukowe nad możliwością ograniczenia ilości uwalnianych do atmosfery związków gazowych, pochodzących z produkcji zwierzęcej. W związku z tym powstaje konieczność prowadzenia w naszym kraju badań na szeregu gatunkach zwierząt gospodarskich w celu określenia możliwości redukcji emisji szkodliwych domieszek gazowych. Mając na względzie obecny stan zagadnienia, proponuje się badania, których celem będzie określenie możliwości redukcji emisji gazów powstających z produkcji trzody chlewnej na drodze biofiltracji zużytego powietrza. Negatywne środowiskowe oddziaływa-

*Praca finansowana z zadania nr 06-012.1.

nie produkcji świń sprowadza się do czterech zakresów. Pierwszy z nich to nadmierna depozycja w środowisku glebowym i wodnym pierwiastków biogenych, prowadząca do przenawożenia, eutrofizacji, a następnie skażenia tych środowisk. Głównym czynnikiem są tu tzw. produkty uboczne, w postaci obornika i gnojowicy. Trzy kolejne zakresy powiązane są z emisją związków, znanych w zootechnice pod nazwą szkodliwych domieszek gazowych. Są to amoniak, dwutlenek węgla, siarkowodór, tlenki azotu, metan, ozon, a nawet para wodna (Demmers i in., 1999). Gazy te, wyemitowane do troposfery wraz z wentylowanym powietrzem, współdziałają w potęgowaniu efektu cieplarnianego i powstawaniu kwaśnych deszczy (Van der Peet Schwingering i in., 1999). Ostatni zakres obejmuje reakcje zachodzące w stratosferze i prowadzące do zaniku strefy ozonowej, chroniącej żywe organizmy przed promieniowaniem ultrafioletowym oraz wysokoenergetycznym promieniowaniem kosmicznym. Zanim badania potwierdziły szkodliwe oddziaływanie wspomnianych gazów na środowisko naturalne, od dawna znany był ich negatywny wpływ na same świny (Atkinson i Watson, 1996; Chapin i in., 1998). Długotrwałe przebywanie w przekraczającym normy stężeniu tych domieszek powoduje szereg konsekwencji behawioralnych, histologicznych, fizjologicznych, biochemicznych, immunologicznych, a nawet patogennych czy patologicznych (Jeppsson, 1998; Burton i in., 1998).

Celem przeprowadzonych badań było określenie możliwości redukcji emisji domieszek gazowych powstających w produkcji świń poprzez zastosowanie biofiltra powietrza bez kurtyny i z kurtyną wodną w chowie alkierzowym tuczników utrzymywanych grupowo na ściółce. Badania zakładały, że właściwości m.in. sorpcyjno-filtrujące mieszanek złóż, a także rozpuszczalność domieszek gazowych i ich wiązanie przez wodę mogą zredukować ich emisję, towarzyszącą utrzymaniu tuczników.

Material i metody

Materiał doświadczalny stanowiły mieszanki 3 złóż biofiltracyjnych na bazie torfu (1), słomy (2) i trocin (3) oraz powietrze włączane do tych złóż z komór klimatycznych, przechodzące przez kurtynę wodną. W komorach klimatycznych utrzymywano 120 tuczników mieszańców rasy (pbz × wbp) × duroc. Zwierzęta żywione były zgodnie z polskimi normami żywienia świń (2014) z automatów paszowych, przy stałym dostępie do wody i utrzymywane były grupowo, po 10 sztuk w każdej komorze w kolejnych powtórzeniach. Okres tuczu wynosił 110 dni.

Do biofiltracji gazów wylotowych, uwzględniając ograniczone właściwości sorpcyjno-filtrujące naturalnych materiałów organicznych, a jednocześnie pamiętając, że nie jest to jedyna cecha, którą należy uwzględnić przy doborze złoza, wykorzystano mieszanki: torfu (duża chłonność), siewki słomiastej (stosunkowo wysokie właściwości chłonne) oraz trocin sosnowych (duża porowatość materiału);

- pierwsza mieszanka (1) została skomponowana w proporcjach: 50% torfu, 25% siewki słomiastej i 25% trocin;
- druga mieszanka (2) zawierała: 50% siewki słomiastej, 25% torfu i 25% trocin;
- trzecia mieszanka biofiltracyjna (3) to: 50% trocin, 25% torfu i 25% siewki słomiastej.

Określając skuteczność redukcji emisji gazów, w doświadczeniu zastosowano biofiltr w kształcie metalowego prostopadłościanu, obudowany blachą. W środku bryły na 1/3 wysokości umieszczono metalowy kosz wypełniony odpowiednim złożem filtrującym. Zużyte powietrze z budynku doprowadzane było do biofiltra mechanicznie, wentylatorem tłoczącym, a następnie zasysane przez złożo wentylatorem wyciągowym i wyprowadzane na zewnątrz. W stosunku do innych konstrukcji w jednym z biofiltrów zastosowano kurtynę wodną.

Woda z obiegu kurtyny przepływała przez złoża mieszanek zawierających materiał organiczny, eliminując w ten sposób cząsteczki rozpuszczonych w niej związków chemicznych. Samo złożo o wymiarach 0,9 m × 0,9 m × 0,9 m o określonym eksperymentalnie składzie, przed jego wykorzystaniem w biofiltrze było doświadczalnie kondycjonowane i stabilizowane pod kątem mikroflory. Domieszki gazowe zawarte w wentylowanym z budynku powietrzu ulegały rozpuszczeniu i związaniu przez wodę oraz materiał filtrujący. Następnie osadzone związki wykorzystywane były w procesach metabolicznych mikroflory. Wkład złoża, którego wymiana następowała co tydzień, został wykorzystywany jako nawóz naturalny. Badania dotyczące namnażania mikroflory złoża, jego wysycenia są kontynuowane i zostaną przedstawione w osobnej publikacji.

Doświadczenie zrealizowano w ZD IZ Rudawa Sp. z o.o., wykorzystano w nim ściółkowy systemy utrzymania, gdzie każda grupa tuczników zajmowała oddzielną komorę klimatyczną o optymalnym, standaryzowanym zgodnie z normami zootechnicznymi mikroklimacie. Badania wykonano w trzech powtórzeniach w okresach: od maja do sierpnia, od września do grudnia i od stycznia do kwietnia.

Układ doświadczenia

Zadanie	Powtórzenie	Bez biofiltra	Biofiltr powietrza/Biofiltr powietrza z kurtyną wodną		
			(1) mieszanka złoża biofiltracyjnego	(2) mieszanka złoża biofiltracyjnego	(3) mieszanka złoża biofiltracyjnego
Utrzymanie trzody	1.	10	10	10	10
	2.	10	10	10	10
	3.	10	10	10	10

W każdym powtórzeniu ustalono różnice w składzie i stężeniu domieszek gazowych emitowanych w powietrzu z badanego gatunku i różnego rodzaju materiałów biologicznych na skład, stężenie oraz redukcję gazów.

Rodzaj danych i sposób ich zbierania

W czasie trwania poszczególnych powtórzeń zbierano następujące dane pomiarowe:

- temperatura powietrza w komorach klimatycznych – w sposób ciągły;
- temperatura powietrza w kanałach nawiewnych – jednocześnie z pomiarem gazów;
- temperatura powietrza w kanałach wywiewnych – jednocześnie z pomiarem gazów;

- wilgotność względna w kanale nawiewnym – jednocześnie z pomiarem gazów;
- wilgotność względna w kanale wywiewnym – jednocześnie z pomiarem gazów;
- wilgotność względna w komorach klimatycznych – w sposób ciągły;
- prędkość ruchu powietrza w komorze klimatycznej – jednocześnie z pomiarem gazów;
- prędkość ruchu powietrza w kanale wywiewnym – jednocześnie z pomiarem gazów;

Pomiary mikroklimatyczne zostały przeprowadzone przy pomocy elektronicznego systemu monitoringu firmy Jotafan w sposób ciągły z zapisem cyfrowym;

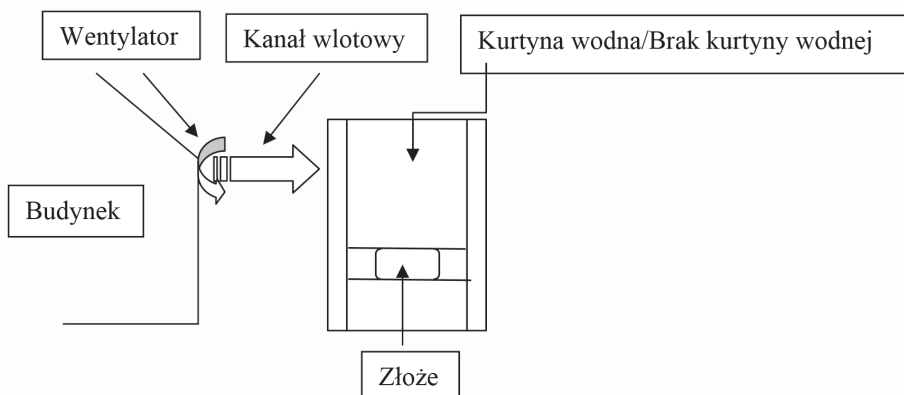
- stężenia VOC, amoniaku, tlenków azotu, metanu i dwutlenku węgla w powietrzu komór klimatycznych, gdzie utrzymywano tuczniaki oraz na wylocie biofiltra;

- stężenia były mierzone codziennie w godzinach 8.00, 13.00 i 19.00. Pomiar stężeń poszczególnych domieszek gazowych przeprowadzony został chromatografem gazowym Voyager firmy Photovac;

- emisja poszczególnych domieszek gazowych w jednostce czasu, w przeliczeniu na sztukę została obliczona z objętości przepływu powietrza i występującego w nim stężenia gazu, podzielone przez ilość zwierząt i podana w kg/szt./rok. Powyższą jednostkę emisji zastosowano, odnosząc się do badań emisji gazów z produkcji zwierzęcej, potwierdzonych w literaturze zagadnienia;

- określenie składu złóż biofiltracyjnych.

Schemat biofiltra¹



Wszystkie zadania badawcze przeprowadzone zostały w komorach klimatycznych, opartych o doświadczenia z tzw. „climatic-respiration chamber”. Ich konstrukcja oraz wykonanie pozwalały na uzyskanie całkowitej szczelności pomieszczeń. Dopływ i usuwanie powietrza odbywało się w nich poprzez komputerowo sterowany, podciśnieniowo-nadciśnieniowy system wentylacji. Przez komorę przepuszczało się ustaloną objętość powietrza, włączanego mechanicznie przez wlot wentylacyjny

¹Autorzy nie opisują i nie ilustrują szczegółowo działania i budowy biofiltra, ponieważ jest on przedmiotem wzoru patentowego.

i usuwanego także mechanicznie przez przewód wentylacyjny wyciągowy. Monitoringowi poddano zarówno skład powietrza wlotowego, jak i wylotowego. Przepływ regulowany był elektronicznym sterownikiem. Objętość przepływającego powietrza obliczono z mierzonej prędkości ruchu, czasu jego trwania oraz znanego przekroju kanału pomiarowego (wywiewnego), przy wykorzystaniu stosowanego w fizyce równania, opisującego tzw. „prawo przepływu”. Wszystkie komory klimatyczne znajdowały w jednym budynku. Każda komora zasilana była osobnym kanałem wentylacyjnym, którego wlot znajduje się na zewnątrz budynku, poza strefą zrzutu powietrza zużytego.

Wyniki

Mikroklimat pomieszczeń

Rozpatrując średnie wartości temperatury, wilgotności i prędkości ruchu powietrza w kanałach nawiewnych i komorach, zebrane w trakcie kolejnych powtórzeń w tabelach 1 i 2, stwierdzić należy brak istotności różnic dla ich średnich wartości, pomiędzy poszczególnymi grupami biofiltrów. Jest to rezultatem założenia metodycznego i możliwości technicznych wyposażenia komór. System wentylacji posiada bowiem możliwość regulacji, tak przepływu powietrza, jak i jego temperatury, zgodnie do zadanych wartości. Ujednolicenie parametrów komór pozwoliło na porównanie zdolności filtracyjnej biofiltrów w zależności od zastosowanego wkładu.

Tabela 1. Średnie wartości parametrów mikroklimatycznych w kanałach nawiewnych pomieszczeń komór dla tuczników

Table 1. Mean values of microclimate parameters in the supply ducts of climatic chambers for pigs

Parametr Parameter	Grupa kontrolna Control group – bez filtracji without filtration	Grupa/Rodzaje biofiltra Group/Biofilter type					
		biofiltr bez kurtyny biofilter without curtain			biofiltr z kurtyną biofilter with curtain		
		(1) mieszanka złoża biofiltra- cyjnego biofilter bed mix	(2) mieszanka złoża biofiltra- cyjnego biofilter bed mix	(3) mieszanka złoża biofiltra- cyjnego biofilter bed mix	(1) mieszanka złoża biofiltra- cyjnego biofilter bed mix	(2) mieszanka złoża biofiltra- cyjnego biofilter bed mix	(3) mieszanka złoża biofiltra- cyjnego biofilter bed mix
Temperatura (°C) Temperature (°C)	11,7	12,1	12,5	11,9	12,3	12,4	11,8
Wilgotność wzgl. (%) Relative humidity (%)	61,9	61,9	62,4	61,1	60,8	61,4	61,2
Prędkość ruchu powietrza (m/s) Rate of air movement (m/s)	0,42	0,41	0,45	0,39	0,43	0,48	0,45

Tabela 2. Średnie wartości parametrów mikroklimatycznych pomieszczeń komór dla tuczników
 Table 2. Mean values of microclimate parameters in the climatic chambers for pigs

Parametr Parameter	Grupa kontrolna Control group – bez filtracji without filtration	Grupa/Rodzaje biofiltra Group/Biofilter type					
		biofiltr bez kurtyny biofilter without curtain			biofiltr z kurtyną biofilter with curtain		
		(1) mieszanka złoża biofiltra-cyjnego biofilter bed mix	(2) mieszanka złoża biofiltra-cyjnego biofilter bed mix	(3) mieszanka złoża biofiltra-cyjnego biofilter bed mix	(1) mieszanka złoża biofiltra-cyjnego biofilter bed mix	(2) mieszanka złoża biofiltra-cyjnego biofilter bed mix	(3) mieszanka złoża biofiltra-cyjnego biofilter bed mix
Temperatura (°C) Temperature (°C)	17,30	17,70	16,92	17,50	17,10	17,30	16,90
Wilgotność wzgl. (%) Relative humidity (%)	72,50	72,60	74,00	70,80	68,70	72,00	69,20
Prędkość ruchu powietrza (m/s) Rate of air movement (m/s)	0,30	0,23	0,30	0,21	0,32	0,28	0,29

Tabela 3. Wielkość emisji grup związków chemicznych z chlewni na wylocie biofiltra z kurtyną wodną i bez kurtyny wodnej (kg/szt./rok)

Table 3. Emission rates of chemical compound groups from the piggery at the exit of the biofilter with and without water curtain (kg/animal/year)

Grupa związków Group of compounds	Grupa kontrolna Control group – bez filtracji without filtration	Grupa/Rodzaje biofiltra Group/Biofilter type					
		biofiltr bez kurtyny biofilter without curtain			biofiltr z kurtyną biofilter with curtain		
		(1) mieszanka złoża biofiltra-cyjnego biofilter bed mix	(2) mieszanka złoża biofiltra-cyjnego biofilter bed mix	(3) mieszanka złoża biofiltra-cyjnego biofilter bed mix	(1) mieszanka złoża biofiltra-cyjnego biofilter bed mix	(2) mieszanka złoża biofiltra-cyjnego biofilter bed mix	(3) mieszanka złoża biofiltra-cyjnego biofilter bed mix
VOC	0,024 a	0,022 a	0,030 a	0,028 a	0,024 a	0,022 a	0,024 a
NH ³	0,33 A	0,05 B	0,09 B	0,04 B	0,05 B	0,06 B	0,07 B
NO	0,014 a	0,027 b	0,021 b	0,023 b	0,012 a	0,005 c	0,002 c
NO ₂	0,095 A	0,084 A	0,084 A	0,019 C	0,052 B	0,047 B	0,061 B
NO _x	0,109 A	0,111 A	0,105 A	0,42 B	0,064 B	0,052 B	0,063 B
CH ₄	0,51 a	0,49 a	0,48 a	0,50 a	0,49 a	0,48 a	0,48 a
CO ₂	160 a	144 b	151 a	145 b	128 c	140 b	133 c

a, b – różnice istotne przy P≤0,05; A, B – różnice istotne przy P≤0,01.

a, b – significant differences at P≤0.05; A, B – significant differences at P≤0.01.

Pomiary emisji gazowych z biofiltrów

Porównując skuteczność zastosowania mieszanek złóż biofiltrów z kurtyną wodną i bez niej w utrzymaniu tuczników (tab. 3), redukcja VOC nie została potwierdzona statystyczną istotnością różnic. Poziom redukcji dla obu biofiltrów w przypadku mieszanek 1 i 2 był niski. W przypadku mieszanek 2 i 3 dla biofiltra bez kurtyny wartość emisji VOC była nieznacznie wyższa w porównaniu do grupy kontrolnej. Największą redukcję emisji uzyskano w przypadku amoniaku. Różnica ta była wysoko istotna statystycznie w stosunku do grupy kontrolnej dla wszystkich rodzajów mieszanek w dwóch rodzajach biofiltra. Największą skutecznością w redukcji amoniaku wykazała się mieszanka 3, zawierająca w swoim składzie 50% trocin i 25% torfu oraz słomy zastosowana w biofiltrze bez kurtyny wodnej, ale niewiele mniej skuteczna była także mieszanka 1 skomponowana z 50% torfu, która zredukowała w takim samym stopniu emisję tego gazu w biofiltrze z kurtyną i bez niej. Zmniejszenie emisji tego gazu w przypadku dwóch rodzajów biofiltrów w porównaniu do grupy kontrolnej wyniosło 85%. Przydatność 3 mieszanki biofiltracyjnej potwierdzono statystycznie także przy około 85% redukcji NO w biofiltrze z kurtyną wodną, niewiele mniej skuteczna była także mieszanka 2, zawierająca 50% słomy. Redukcja emisji tlenu azotu na II stopniu utlenienia była istotna statystycznie w przypadku biofiltra z kurtyną wodną, natomiast w biofiltrze bez kurtyny zanotowano większą emisję tego gazu w porównaniu do grupy kontrolnej. Największą redukcję (80%) tlenu azotu na IV stopniu utlenienia, odznaczającą się wysoką istotnością statystyczną oznaczono także dla mieszanki 3 (50% trocin) w przypadku biofiltra bez kurtyny wodnej. Natomiast pozostałe 2 mieszanki były skuteczniejsze w biofiltrze z kurtyną wodną, a ich wpływ na redukcję został potwierdzony wysoką statystycznie istotnością. Podobną do wyżej opisywanej zależność statystyczną, potwierdzoną równie znaczącą skutecznością mieszanki 3 w biofiltrze bez kurtyny oraz 2 pozostałych mieszanek w biofiltrze z kurtyną wodną oznaczono przy redukcji emisji NO_x. Analizując redukcję metanu, stwierdzono niski stopień redukcji tego gazu potwierdzony przez brak istotności statystycznej pomiędzy zastosowaniem mieszanek złóż, jak i kurtyny wodnej w biofiltrach. Mimo braku statystycznego potwierdzenia nieznaczną redukcją emisji tego rodzaju gazu wykazały się mieszanki 2 i 3. Emisja CO₂ obniżyła się statystycznie istotnie za sprawą zastosowania mieszanki 1 (50% torfu) i ponownie 3 (50% trocin) zarówno w biofiltrze bez kurtyny wodnej, jak w biofiltrze z kurtyną wodną, przy czym skuteczność mieszanki 1 i biofiltra z kurtyną wodną w redukcji tego gazu była wyższa od pozostałych złóż, zmniejszając emisję tego gazu o 20% w porównaniu do grupy kontrolnej.

Omówienie wyników

Emisja gazów w utrzymaniu chlewni może być ograniczana na wiele sposobów. Najpopularniejsze metody redukcji emisji szkodliwych domieszek gazowych dotyczą rozwiązań żywieniowych, stosowania dodatków organicznych i mineralnych bezpośrednio do ściółki i rozwiązań systemowo-technologicznych (Osada i Fukumoto, 2001). Wśród tych ostatnich należy wymienić opisywane w tej pracy zastosowanie biofiltracji powietrza z chlewni (Cloirec i in., 2001; Hendriks i in., 1998). Nieba-

gatelne znaczenie w korzystaniu z tej ostatniej metody ma technologia utrzymania świń (Tymczyzna i in., 2009, 2010; Aarnink, 1997). Dodatki mineralne mogą działać w ograniczeniu emisji na dwa sposoby. Pierwszy polega na obniżeniu pH odchodów, co pozwala na zahamowanie działania ureazy w przypadku uwalniania amoniaku lub na zmiany jakościowe w mikroflorze aktywnej w procesach metanogenezy (Hartung i in., 2001). Drugi sposób sprowadza się do wykorzystania chłonności i higroskopijnych właściwości niektórych kopaliny. Dodatki organiczne działają podobnie jak chłonne kopaliny. Dlatego, mając na uwadze m.in. ich chłonność i porowatość w mieszankach złóż biofiltrów wykorzystano słomę zbóż, trociny i torf (Nicolai i Janni, 2001). Ponadto zastosowanie kurtyny wodnej miało doprowadzić do wiązania i rozpuszczania domieszek gazowych w wodzie (McCrory i Hobbs, 2001).

Omawiając i porównując efektywność redukcji emisji gazowych przy zastosowaniu biofiltra bez i z kurtyną wodną w utrzymaniu tuczników, można stwierdzić dużą skuteczność tej metody w przypadku zastosowania większości badanych związków chemicznych, zależną jednak od rodzaju złoża filtrującego (Martens i in., 2001). Po zastosowaniu i porównaniu biofiltrów w utrzymaniu tuczników zwraca uwagę nieznaczna redukcja (0,022 kg/szt./rok w biofiltrze bez kurtyny i z kurtyną w przypadku odpowiednio mieszanek zawierających 50% torfu i 50% słomy) lub brak redukcji VOC przez mieszanki komponujące złoża filtracyjne i kurtynę wodną. Problem ten może być częściowo związany z nierozpuszczalnością w wodzie określonych związków chemicznych, chociaż, jak podaje literatura, całkowite wyeliminowanie takich cząsteczek byłoby nawet niewskazane ze względu na to, iż pełnią one często funkcje informacyjne dla gatunku (Mayrhofer i in., 2006; Stuetz i Nicolas, 2001). Natomiast redukcja amoniaku po zastosowaniu biofiltrów i złóż jest wysoka i potwierdzona statystycznie, o czym decydują zarówno właściwości fizykochemiczne mieszanek, jak i bardzo dobra rozpuszczalność tego gazu w wodzie (McCrory i Hobbs, 2001). Redukcja emisji słabo rozpuszczalnego w wodzie tlenu azotu na II stopniu utlenienia została oznaczona wyłącznie dla biofiltra z kurtyną wodną, a w biofiltrze bez kurtyny nie została stwierdzona. Główną rolę obok rozpuszczalności odegrały w tym przypadku mieszanki 2 i 3, które w znacznym stopniu ograniczyły emisję tego gazu (odpowiednio: 0,005 i 0,002 kg/szt./rok). Biofiltr wodny okazał się także skuteczniejszy od biofiltra bez kurtyny wodnej w redukcji NO_2 (IV stopień utlenienia), co wiązało się z dobrą rozpuszczalnością tego tlenu w wodzie, chociaż największe ograniczenie emisji odnotowano dla biofiltra bez kurtyny i mieszanki 3 (0,019 kg/szt./rok). Podobna skuteczność redukcji i porównanie efektywności zastosowania biofiltrów i mieszanek dotyczyły NO_x (0,42 kg/szt./rok). Oba rodzaje biofiltrów odznaczyły się niewielką skutecznością w redukcji emisji CH_4 , a najbardziej efektywnymi mieszankami były 2 i 3. W przypadku potwierdzonej statystycznie redukcji emisji CO_2 biofiltr wodny – po raz kolejny – oraz mieszanka 1 (128 kg/szt./rok) okazały się skuteczniejsze od biofiltra bez kurtyny wodnej. W przypadku obu rodzajów biofiltrów zastosowanych u tuczników na uwagę zasługuje selektywność materiału filtrującego, przyczyniającego się do redukcji poszczególnych grup związków. Mieszanka 1 (50% torfu) powoduje największą redukcję VOC w biofiltrze bez kurtyny wodnej (0,022 kg/szt./rok) i CO_2 w obu rodzajach biofiltra (144 i 128 kg/szt./rok). Mieszanka 2 (50% słomy) redukuje w największym stopniu VOC w biofiltrze z kurtyną (0,022 kg/szt./rok), NO_2

(0,047 kg/szt./rok) i NO_x (0,052 kg/szt./rok). Natomiast mieszanka 3 obniża maksymalnie emisję NH_3 , NO_2 i NO_x w biofiltrze bez kurtyny i NO w biofiltrze z kurtyną. Wynika to ze zróżnicowanego składu mieszanek złożeń i ich właściwości fizycznych oraz chemicznych, a także pośrednio jego możliwości wykorzystania przez mikroflorę jako składnik pokarmowy. Źródła literaturowe mówią wręcz o konieczności zachowania wysokiego stosunku C/N, podobnie jak w materiale przeznaczonym do kompostowania (Choi i in., 2003).

Wnioski

Na podstawie uzyskanych wyników można wysunąć następujące uogólnienia dotyczące porównania redukcji emisji gazowych z chlewni poprzez zastosowanie biofiltra powietrza bez kurtyny wodnej i z kurtyną wodną:

1. Zastosowanie w doświadczeniu biofiltrów bez kurtyny i z kurtyną wodną oczyszczających powietrze z budynków inwentarskich, gdzie utrzymywane są tuczniaki, jest skuteczną metodą ograniczenia skażeń środowiskowych.

2. Zastosowanie biofiltra z kurtyną wodną oczyszczającego powietrze z chlewni okazało się efektywniejsze w redukcji emisji NO , NO_2 , NO_x i CO_2 od zastosowania biofiltra bez kurtyny wodnej.

3. Najlepszymi właściwościami filtracyjnymi w biofiltrze bez kurtyny wodnej cechowały się mieszanki zawierające w swoim złożu zwiększoną ilość trocin, natomiast te ze zwiększoną ilością torfu i słomy odznaczały się mniejszą skutecznością filtracji.

4. Najlepszymi właściwościami filtracyjnymi w biofiltrze z kurtyną wodną cechowały się mieszanki zawierające w swoim złożu zwiększoną ilość słomy, natomiast te ze zwiększoną ilością torfu i trocin odznaczały się mniejszą skutecznością filtracji.

Piśmiennictwo

- Aarnink A.J.A. (1997). Ammonia emission from houses for growing pigs as affected by pen design, indoor climate and behaviour. Ph.D. thesis, Agricultural University Wageningen, 175.
- Atkinson D., Watson C.A. (1996). The environmental impact of intensive systems of animal production in the lowlands. *Anim. Sci.*, 63: 353–361.
- Burton C.H., Sneath R.W., Misselbroek T.H., Pain B.F. (1998). The effect of farm scale aerobic treatment of piggery slurry on odour concentration, intensity and offensiveness. *J. Agr. Eng. Res.*, 71: 203–211.
- Chapin A., Bouлинд Ch., Moore A. (1998). Controlling odor and gaseous emission problems from industrial swine facilities. A handbook for all interested parties – Yale Environmental Protection Clinic.
- Choi J.K., Kim Y.H., Joo D.J., Choi S.J., Ha T.W., Lee D.H., Park I.H., Jeong Y.S. (2003). Removal of ammonia by biofilters. A study with flow-modified system and kinetics. *J. Air Waste Manag. Assoc.*, 53: 92–101.
- Cloirec P., Humeau P., Ramirez-Lopez E.M. (2001). Biotreatments of odours: control and performances of a biofilter and a bioscrubber. *Water Sci. Technol.*, 44 (9): 219–226.
- Demmers T.G.M., Burgess L.R., Short J.L., Philips V.R., Clark J.A., Wathes C.M. (1999). Ammonia emissions from two mechanically ventilated UK livestock buildings. *Atmos. Environ.*, 33 (2): 217–227.
- Hartung E., Martinec M., Jungbluth T. (2001). Biofilters – the influence of different filter materials and different operating conditions on the reduction efficiency. *Water Sci. Technol.*, 44 (9): 253–260.

- Hendriks H.J.M., Pedersen B.K., Vermeer H.M., Wittmann M. (1998). Pig housing systems in Europe: current distributions and trends. *Pig News and Information*, 19 (4): 97–104.
- Jeppsson K.H. (1998). Ammonia emission from different deep-litter materials for growing-finishing pigs. *Swedish J. Agric. Res.*, 28 (4): 197–206.
- Martens W., Martinec M., Zapirain R., Stark M., Hartung E., Palmgren U. (2001). Reduction potential of microbial, odour and ammonia emissions from a pig facility by biofilters. *Int. J. Hyg. Envir. Heal.*, 203: 335–345.
- Mayrhofer S., Mikoviny T., Waldhuber S., Wagner A.O., Innerebner G., Franke-Whittle I.H., Märk T.D., Hansel A., Insam H. (2006). Microbial community related to volatile organic compound (VOC) emission in household biowaste. *Environ. Microb.*, 1: 1462–2920.
- McCrorry D.F., Hobbs P.J. (2001). Additives to reduce ammonia and odor emissions from livestock wastes: a review. *J. Environ. Qual.*, 30 (2): 345–355.
- Nicolai R.E., Janni K.A. (2001). Biofilter media mixture ratio of wood chips and compost treating swine odors. *Water Sci. Technol.*, 44 (9): 261–267.
- Osada T., Fukumoto Y. (2001). Development of a new dynamic chamber system for measuring harmful gas emissions from composting livestock waste. *Water Sci. Technol.*, 44 (9): 79–86.
- Stuetz R.M., Nicolas J. (2001). Sensor arrays: an inspired idea or an objective measurement of environmental odours? *Water Sci. Technol.*, 44, (9): 53–58.
- Tymczyzna L., Chmielowiec-Korzeniowska A., Drabik A. (2009). Wpływ systemu utrzymania świń na emisję gazowych zanieczyszczeń powietrza. *Przem. Chem.*, 88 (5): 574–578.
- Tymczyzna L., Chmielowiec-Korzeniowska A., Drabik A., Raczyńska J. (2010). Biofiltracja lotnych związków organicznych (LZO) powietrza odlotowego tuczarni. *Przem. Chem.*, 89 (4): 567–573.
- Van der Peet Schwing C.M.C., Aarnink A.J.A., Rom H.B., Dourmand J.Y. (1999). Ammonia emissions from pig houses in The Netherlands, Denmark and France. *Livest. Prod. Sci.*, 58: 265–269.

Zatwierdzono do druku 7 XII 2016

WOJCIECH KRAWCZYK, JACEK WALCZAK, AGATA SZEWCZYK

Comparing the efficiency of reducing gas emissions from piggery using air biofilter and water curtain

SUMMARY

The aim of the study was to determine the possibility of reducing harmful gas emissions by filtering air ventilated from indoor pig housing. The experiment determined the groups of gas compounds in filtered and unfiltered air (control group) from pig housing as well as the efficiency of using an air biofilter with different mixtures that formed biofilter bed and an air biofilter with the same mixtures, equipped with a water curtain. The highest emission reduction for both biofilter types was obtained for ammonia (85%). The difference was highly significant for all mixture types. The biofilter with water curtain was more efficient in reducing NO, NO₂, NO_x and CO₂ emissions. The best filtration properties were observed for the mixture whose bed contained more straw in the biofilter with water curtain, and for the mixture with more sawdust in the biofilter without water curtain.

Key words: GHG emission, air biofiltration, biofilter bed, pig housing, water curtain