

Wpływ gnojowicy na środowisko naturalne – potencjalne zagrożenia

Effect of pig slurry on the environment – the potential risks

Streszczenie:

Rolnictwo a zwłaszcza przemysłowa hodowla zwierząt jest jednym z głównych źródeł zanieczyszczeń środowiska przyrodniczego. Intensywny chów zwierząt gospodarskich nadmiernie obciąża środowisko odchodami. Ciekły odpad z produkcji trzody chlewnej, czyli tzw. gnojowica, stanowi cenny nawóz o wysokiej zawartości składników mineralnych. Jednak jej niewłaściwe składowanie, wylanie i utylizowanie może przyczynić się do skażenia powietrza, wody i gleby. W procesie produkcji zwierzęcej ma miejsce uwalnianie do atmosfery szkodliwych gazów, głównie amoniaku i metanu oraz uciążliwych odorów. Ich emisja może mieć negatywne konsekwencje dla środowiska oraz zdrowia ludzi i zwierząt. Celem niniejszego opracowania jest prezentacja potencjalnych zagrożeń, jakie niesie ze sobą zwiększenie produkcji gnojowicy wywołane wzrostem intensywności hodowli trzody chlewnej, jej niewłaściwe wykorzystanie lub utylizacja.

Abstract:

Agriculture and especially industrial animal breeding is one of the main sources of environmental pollution. The intensive breeding of farm animals is excessively loading the environment with excrement. The liquid waste from swine production called slurry, is a valuable fertilizer with a high mineral content. However, its improper storing, spilling and utilizing may contribute to contamination of air, water and soil. Producing livestock involve releasing into the atmosphere of harmful gases, mainly methane and ammonia and offensive odors. Their emission can have negative consequences for the environment and health of people and animals.

The purpose of this study is to present potential risks posed by increased production of manure which is caused by the increase of intensity of pig production, its improper use or utilizing.

Słowa kluczowe: trzoda chlewna, gnojowica, amoniak, metan, odory

Key words: swine, pig slurry, ammonia, methane, odours

Intensyfikacja hodowli trzody chlewnej prowadzi do powstawania dużych ilości odpadów, które powodują szereg poważnych zagrożeń dla środowiska naturalnego. Zanieczyszczeniu mogą ulec – powietrze, gleby oraz wody zarówno powierzchniowe, gruntowe, jak i opadowe. Odpady z produkcji zwierzęcej mogą powodować przesylenie gleby fosforanami, eutrofizację wód, zakwaszenie gleb amoniakiem, wymywanie azotu do wód gruntowych, emisję odorów zwłaszcza amoniaku i gazów cieplarnianych (metan, dwutlenek węgla, tlenek azotu(I) i siarkowódór) [1-4].

Z ekologicznego punktu widzenia najbardziej niekorzystny jest bezściółkowy chów trzody chlewnej, który generuje powstawanie dużych ilości gnojowicy. Gnojowica jest naturalnym, płynnym nawozem zwierzęcym, stanowiącym mieszaninę kału, moczu, resztek pokarmu i wody stosowanej do usuwania odchodów z pomieszczeń inwentar-

skich [2,5-7]. Skład gnojowicy może wahać się w stosunkowo szerokich granicach i zależy on przede wszystkim od przyjętej technologii produkcji zwierzęcej, ilości stosowanej wody, sposobu żywienia, wieku zwierząt oraz regionu geograficznego [2,6,8]. Gnojowica na ogół zawiera 8-10% suchej masy i jest ważnym źródłem azotu, fosforu, potasu oraz innych składników nawozowych, które mogą być wykorzystane w produkcji rolnej [2,6,7]. Średnia zawartość głównych składników pokarmowych w gnojowicy kształtuje się na poziomie: azot 0,6%, fosfor 0,2%, potas 0,2%, magnez 0,05% [2].

Największym producentem trzody chlewnej na świecie są Chiny z pogłowiem wynoszącym w przybliżeniu 464 695 mln sztuk. Całkowita ilość odpadów wytworzona przez tak ogromną liczbę zwierząt wynosi około 17,3 mld ton [9]. W roku 2009 Polska z pogłowiem trzody chlewnej wynoszącym 13 996 tys. sztuk była czwartym co do wielkości – po Niemczech (26 887 tys. sztuk), Hiszpanii (25 720 tys. sztuk) i Francji (14 341 tys. sztuk) producentem żywca wieprzowego w Europie [10]. Tak duża ilość trzody chlewnej powoduje powstawanie ogromnych ilości gnojowicy.

✉ Mgr inż. Marta Marszałek - Instytut Chemii i Technologii Nieorganicznej, Wydział Inżynierii, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, e-mail: martamarszalek@indy.chemia.pk.edu.pl

Szacuje się, że ilość odpadów wytwarzanych przez jedno zwierzę na dobę stanowi średnio 7% jego masy ciała [11]. Obecna roczna produkcja nawozu pochodzącego z hodowli trzody chlewnej w samych tylko Niemczech, Hiszpanii, Wielkiej Brytanii i Holandii wynosi ponad 120 mln ton. Przewiduje się, że zarówno w krajach Unii Europejskiej jak i krajach Europy Środkowowschodniej fermy hodowlane będą coraz większe, a co za tym idzie problemy ekologiczne związane z zagospodarowaniem gnojowicy będą narastać [2].

Przechowywanie gnojowicy

Najczęstszym sposobem wykorzystania gnojowicy z hodowli trzody chlewnej jest zastosowanie jej jako płynnego nawozu organicznego [1,9]. Wiąże się to z koniecznością gromadzenia i przechowywania gnojowicy w bardzo dużych zbiornikach magazynowych do czasu rozlania jej na pola uprawne [2,12]. Podczas magazynowania płynnych odpadów pochodzenia rolniczego zachodzą procesy sedymentacji i rozwarstwienia masy nawozu na trzy frakcje: górną (kożuch), średnią (płynną) i dolną (szlam), przy czym każda z powstałych frakcji posiada różną zawartość suchej masy oraz składników pokarmowych. Dlatego też przed aplikacją gnojowicy na użytki rolne należy wszystkie frakcje w zbiorniku dokładnie wymieszać. Jeżeli się tego działania nie wykona, to do gleb wprowadzi się niejednakowe ilości składników pokarmowych dla roślin [8].

Zasady przechowywania i stosowania gnojowicy zawarte są w Dyrektywie Rady 91/676/EEC z dnia 12 grudnia 1991 r. (tzw. Dyrektywa Azotanowa). Zawiera ona zapis o zapewnieniu właściwej pojemności i konstrukcji zbiorników do przechowywania odchodów zwierzęcych oraz nakazuje podjęcie działań mających na celu zapobieganie zanieczyszczeniu wody przez spływ i przesiąkanie do wód podziemnych i powierzchniowych cieczy zawierających odchody zwierzęce. Zgodnie z Dyrektywą Azotanową gnojowica powinna być przechowywana wyłącznie w szczelnych zbiornikach, których pojemność pozwala na gromadzenie 4-6 miesięcznej produkcji tego nawozu. Dodatkowo zbiorniki te powinny być zbiornikami zamkniętymi w myśl przepisów prawa budowlanego [12-15].

Gnojowica może być składowana w różnych instalacjach. Wygodnym dla hodowcy rozwiązaniem jest przechowywanie gnojowicy wewnątrz budynku w głębokich kanałach znajdujących się pod podłogą (rusztową lub szczelinową), które opróżnia się co trzy lub cztery miesiące. Wadą tego rozwiązania jest możliwość ulatniania się szkodliwych gazów i odorów z zalegającej w kanałach gnojowicy, co może prowadzić do zatrucia siarkowodorem lub eksplozji metanu. Poza budynkiem gnojowica może być przechowywana w zbiornikach naziemnych (stalowych, betonowych, żelbetowych, z tworzywa sztucznego) oraz w największej skali – w zbiornikach poniżej gruntu zwanych

lagunami. Wadą lagun jest na ogół brak szczelności, co może spowodować przecieki gnojowicy do gruntu. Zaletą tego rozwiązania jest niewielki koszt budowy oraz ograniczenie emisji amoniaku, wynikające z zastosowania różnego rodzaju przykryć. Zbiorniki zamknięte powodują obniżenie emisji amoniaku o ponad 80% w porównaniu do emisji ze zbiorników otwartych [12].

Rozlew gnojowicy

Właściwe nawożenie gnojowicą jest ważne z powodu wysokiej emisji odorów i amoniaku do powietrza oraz emisji azotanów i fosforanów do gleby, wód gruntowych i powierzchniowych. Z ekologicznego punktu widzenia największym zagrożeniem dla środowiska naturalnego w produkcji rolniczej jest wymywanie azotanów do wód gruntowych, wpływające na jakość wody pitnej (obecność wyższych stężeń azotanów jest niekorzystna zarówno dla człowieka, jak i dla zwierząt) oraz spływ powierzchniowy azotanów i fosforanów powodujący eutrofizację zbiorników wodnych [1,4,12]. Z odpływem składników nawozowych mamy do czynienia wtedy, gdy gnojowica wylewana jest na pola uprawne bezpośrednio przed wystąpieniem ulewnych deszczy oraz wtedy, gdy składniki nawozowe są natychmiast wymywane do cieków wodnych zanim zostaną wchłonięte przez glebę. Dlatego tak ważne jest stosowanie odpowiedniego terminu nawożenia gnojowicą (zazwyczaj wiosną lub jesienią). Zabrania się stosowania gnojowicy od 1 grudnia do końca lutego i w okresach zbiorów, a także na glebach zalanych wodą, przykrytych śniegiem, zamrożonych do głębokości 30 cm oraz podczas opadów deszczu, jak również na glebach bez okrywy roślinnej, położonych na stokach o nachyleniu większym niż 10%, podczas wegetacji roślin przeznaczonych do bezpośredniego spożycia przez ludzi, w odległości mniejszej niż 20 m od stref ochronnych źródeł i ujęć wody, brzegu zbiorników oraz cieków wodnych [2,12].

Przed wylaniem gnojowicy na grunty orne bądź trwałe użytki zielone, należy ją rozcieńczyć wodą w stosunku 1:1, przy czym nie wolno stosować jej w pobliżu otwartych zbiorników wodnych, gdyż może przenikać do nich i powodować gwałtowny spadek stężenia tlenu rozpuszczonego w wodzie, co w konsekwencji może doprowadzić do całkowitego zniszczenia biocenozy zbiornika [13].

Największy wpływ na wartość nawozową gnojowicy ma sposób odżywienia zwierząt, stopień rozcieńczenia odchodów wodą oraz stopień wykorzystania przez rośliny zawartych w niej składników pokarmowych [8,12]. Gnojowica użytkowana jako nawóz zawiera na ogół 8% suchej masy i zastosowana w dawce 10 m³/ha wnosi do gleby 64 kg azotu, 40 kg fosforu i 30 kg potasu [12]. Należy zachować zasadę nieprzekraczania rocznej dawki 170 kg azotu całkowitego na 1 hektar użytków rolnych, co odpowiada 45 m³ gnojowicy na hektar [2,12,15]. Spełnienie tych

warunków nie zawsze jest możliwe, zwłaszcza na terenach o małym areale pól uprawnych oraz w przypadku dużych ferm przemysłowych nieposiadających zbiorników na gnojowicę o odpowiedniej pojemności. W praktyce wiąże się to z poważnymi trudnościami w zagospodarowaniu odpadów, co może prowadzić do nadmiernego wylewania gnojowicy na okoliczne pola [2,12]. Stosowanie zbyt dużych dawek gnojowicy może spowodować obniżenie zdolności kiełkowania nasion i wylęgania zbóż oraz przedłużenie okresu wegetacyjnego roślin i obniżenie ich jakości. Intensywne i długotrwałe nawożenie gleb gnojowicą może również ujemnie wpłynąć na ich właściwości fizyczne i fitosanitarne oraz spowodować ich zaskorupienie [2].

Emisja amoniaku i gazów cieplarnianych (GHG – Greenhouse Gases) z chowu zwierząt

Gospodarstwa rolne, a w szczególności intensywne produkcje zwierzęca może np. zanieczyszczać powietrze, co stanowi zagrożenie dla środowiska. Hodowla zwierząt odgrywa w tym kluczową rolę, ze względu na emisję szkodliwych gazów (tab. 1), w tym amoniaku, metanu, podtlenku azotu, dwutlenku węgla, siarkowodoru oraz odorów i pyłów. Ich uwalnianie do atmosfery ma miejsce podczas składowania odchodów, po ich aplikacji do gleby oraz z chlewni na skutek bezpośrednich emisji z układu pokarmowego zwierząt i z rozkładu odpadów zwierzęcych [16-20]. Wkład rolnictwa w całkowitą emisję gazów cieplarnianych wynosi około 10%, natomiast wydzielanie gazów po zastosowaniu gnojowicy do gleby stanowi 40% całkowitej emisji GHG z gospodarstwa [17,18].

Tab. 1. Emisja gazów z gnojowicy według [21]

Gaz	Stężenie
Amoniak	6,7 [g N/m ² /doba]
Metan	49,8 [g C/m ³ /doba]
Dwutlenek węgla	41,9 [g C/m ³ /doba]

Gazem uwalnianym podczas produkcji rolnej w największych ilościach i sprawiającym najwięcej problemów w użytkowaniu zwierząt gospodarskich jest amoniak [13,16,20]. Nie jest on gazem cieplarnianym [13,16,19] natomiast jego emisja zaliczana jest do głównych czynników decydujących o wzroście zakwaszenia atmosfery. Łącznie ze związkami siarki przyczynia się on do powstawania kwaśnych opadów i smogu fotochemicznego. Dostając się do gleby wraz z opadami atmosferycznymi doprowadza do jej zakwaszenia, przez co wzrasta rozpuszczalność i możliwość przemieszczenia się niektórych substancji toksycznych, w tym metali ciężkich. Pochodne amoniaku uwalnianego z odchodów zwierzęcych, również mają niekorzystny wpływ na środowisko, gdyż przyspieszają proces eutrofizacji zbiorników wodnych [13,16].

Amoniak powstaje w wyniku bakteryjnego rozkładu aminokwasów, amidów, mocznika i kwasu moczowego, a pro-

ces jego emisji rozpoczyna się już w pomieszczeniach inwentarskich [13,20]. Straty amoniaku w chlewniach na ogół nie przekraczają 10%. Natomiast długotrwałe składowanie odchodów zwierzęcych poza budynkami, w połączeniu z ich tlenowym lub beztlenowym rozkładem może skutkować uwalnianiem się tego gazu sięgającym do 90% jego zawartości [12,14].

Rolnicza działalność człowieka przyczynia się do wzrostu koncentracji gazów cieplarnianych w atmosferze. Spośród GHG metan ma największy udział w tworzeniu efektu cieplarnianego (16%), a jego uwalnianie ze źródeł rolniczych stanowi 19% światowej emisji metanu ze źródeł antropogenicznych [14,16,19]. Metan emitowany z budynków gospodarczych powstaje w przewodzie pokarmowym zwierząt oraz w warunkach beztlenowego rozkładu odchodów [14,16,20]. Według badań przeprowadzonych przez Martineza i jego współpracowników wytwarzanie i uwalnianie metanu z surowej gnojowicy zachodzi stosunkowo szybko, a przeciętna dobowo wielkość emisji metanu z 1m³ odpadu wynosi od 9 do 77 g [14].

Podtlenek azotu podobnie jak metan jest gazem cieplarnianym. Powstaje w wyniku rozkładu materii organicznej zawartej w odpadach zwierzęcych [16].

Chlewnie są ważnym źródłem emisji gazów (amoniak, metan, podtlenek azotu), pyłów i odorów. Gazy z budynków inwentarskich mogą mieć niekorzystny wpływ na ludzi, zwierzęta i środowisko [15,20]. Przeprowadzone badania wykazały, że rolnicy narażeni przez długi okres czasu na emisję zanieczyszczeń z chlewni są bardziej podatni na choroby układu oddechowego (nieżyt nosa, zapalenie oskrzeli, astma i zapalenie płuc) [22]. Gazy produkowane wewnątrz budynków gospodarskich powstają na skutek emisji z układu pokarmowego zwierząt i rozkładu gnojowicy. Do środowiska uwalniane są za pośrednictwem systemów wentylacyjnych. Na tworzenie, emisję i stężenie gazów powstających w chlewni ma wpływ wiele różnych czynników takich jak dieta, ilość, waga i aktywność zwierząt, składowanie, przetwarzanie, pH, temperatura i powierzchnia odpadów, temperatura wewnątrz i na zewnątrz budynku, system wentylacyjny, prędkość przepływu powietrza na powierzchni gnojowicy oraz materiały zastosowane wewnątrz pomieszczeń dla trzody chlewnej [20].

Średnie stężenia emisji zanieczyszczeń powietrza z chlewni w Korei przedstawiono w tabeli 2.

Tab. 2. Średnie stężenia emisji zanieczyszczeń powietrza z chlewni w Korei [22]

Rodzaj zanieczyszczenia	Stężenie	Emisja w przeliczeniu na 75 kg żywca i m ² powierzchni
Amoniak	8 [ppm]	250 – 340 [mg/h]
Siarkowodór	300 [ppb]	40 – 50 [mg/h]
Pył (sumaryczna ilość)	2 [mg/m ³]	40 – 50 [mg/h]
Bakterie w powietrzu (sumaryczna ilość)	4 log [cfu/m ³]	1,0 – 1,3 log [cfu/h]
Grzyby w powietrzu (sumaryczna ilość)	3 log [cfu/m ³]	0,7 – 1,0 log [cfu/h]

Odory

Obszary wiejskie borykają się ze specyficznymi wyzwaniami dotyczącymi jakości powietrza. Na terenach, gdzie mamy do czynienia z intensywnym chowem trzody chlewnej obok skażenia wód i gleb występuje także wzmożone zanieczyszczenie atmosfery odorami pochodzącymi z pól spryskiwanych gnojowicą, z lagun, pomieszczeń inwentarskich i miejsc gromadzenia odpadów stałych [2,11,23]. Z przeprowadzonych w Kanadzie badań intensywności i czasu trwania emisji odorów wynika, iż źródłem odorów w 20% są chlewnie, w 10% składowanie odpadów, w 5% regeneracja, a w 65% aplikacja nawozu do gleby [11].

Z gnojowicy emitowanych jest około 400 lotnych związków organicznych i nieorganicznych o wysokiej uciążliwości zapachowej, które powstają na skutek reakcji chemicznych lub działalności mikroorganizmów (np. Streptococcus, Eubacterium, Escherichia, Clostridium) [2,24]. Substancje odpowiedzialne za tworzenie odorów można podzielić na 4 główne grupy: lotne związki zawierające siarkę, indole i fenole, lotne kwasy tłuszczowe (VFA) oraz amoniak i lotne aminy [24-26]. Do najważniejszych związków odpowiedzialnych za tworzenie odorów zalicza się amoniak, siarkowodór, diacetyl, p-krezol, indol, fenole, merkaptany, skatole, aminy, siarczki metylu [2,25-27].

Siarkowodór powstaje w wyniku redukcji siarczanów przez bakterie oraz rozkładu organicznych związków zawierających siarkę w warunkach beztlenowych. Oprócz tego, że siarkowodór odpowiada za przykry zapach ma także działanie żrące i toksyczne. Wysoki poziom H₂S może prowadzić do zespołu ostrej niewydolności oddechowej, obrzęku płuc, a nawet śmierci. Siarkowodór przyczynia się również do korozji betonu, stosowanego do budowy chlewni [27].

Tworzenie odorów to złożony proces, obejmujący wiele gatunków bakterii wytwarzających szeroki wachlarz związków (tab. 3), których rodzaj zależy od wielu czynników, przede wszystkim od warunków przechowywania odpadów i diety zwierząt. W skrajnych przypadkach stężenie niektórych toksycznych substancji jest tak duże, że prowadzi do upadku znacznej liczby zwierząt, a także do chorób układu oddechowego i infekcji skórnych wśród pracowników gospodarstwa [2].

Emisja odorów z gospodarstw trzody chlewnej jest nie tylko przyczyną uciążliwości zapachowej dla mieszkańców okolicznych obszarów, ale może także wywołać szereg chorób. Wysoka koncentracja odorów w budynkach inwentarskich może zmniejszyć tempo wzrostu zwierząt oraz zwiększyć częstość występowania wśród nich chorób [26]. Dlatego istnieje pilna potrzeba podjęcia skutecznych metod kontroli emisji odorów oraz ograniczenia ich uwalniania do atmosfery. Redukcja wydzielania związków odpowiedzialnych za tworzenie odorów może nastąpić poprzez zmniejszenie dawki białek w diecie zwierząt, zastosowanie złóż biologicznych bądź też płuczek do oczyszczania powietrza z systemów wentylacyjnych pomieszczeń inwentarskich, bezpośredni wtrysk gnojowicy do gleby, napowietrzanie lub ozonowanie odpadów, fermentację beztlenową [23,24].

W powietrzu pomieszczeń inwentarskich znajdują się także drobne cząsteczki pochodzenia organicznego i nieorganicznego tworzące pył, które traktowane są jako szkodliwe dla zdrowia substancje gazowe, gdyż mogą przenikać z układu oddechowego bezpośrednio do krwi [16].

Tab. 3. Rodzaje bakterii występujące w odchodach trzody chlewnej i wytwarzane przez nie związki zapachowe [24]

Rodzaj bakterii	Możliwe związki odorotwórcze
Streptococcus	kwas octowy, kwas propionowy, kwas masłowy, amoniak, lotne aminy
Peptostreptococcus	kwas octowy, kwas propionowy, kwas masłowy, kwas izo-masłowy, kwas walerianowy, kwas kapronowy, izo-walerinowy, amoniak, lotne aminy
Eubacterium	kwas octowy, kwas propionowy, kwas masłowy, kwas izo-masłowy, kwas walerianowy, kwas kapronowy, izo-walerinowy, indole, fenole
Lactobacillus	kwas octowy, kwas propionowy, kwas masłowy
Escherichia	kwas octowy, kwas propionowy, kwas masłowy
Clostridium	kwas octowy, kwas propionowy, kwas masłowy, kwas izo-masłowy, kwas walerianowy, kwas kapronowy, izo-walerinowy, indole, fenole
Propionibacterium	kwas octowy, kwas propionowy, kwas masłowy, kwas izo-masłowy, kwas walerianowy, kwas kapronowy, izo-walerinowy, indole, fenole
Bacteroides	kwas octowy, kwas propionowy, kwas masłowy, kwas izo-masłowy, kwas walerianowy, kwas kapronowy, izo-walerinowy, kwas izo-kapronowy, amoniak, lotne aminy
Megasphaera	kwas octowy, kwas propionowy, kwas masłowy, kwas izo-masłowy, kwas walerianowy, kwas kapronowy, izo-walerinowy, kwas izo-kapronowy, lotne związki zawierające siarkę

Stosowanie preparatów medycznych

Przemysłowy chów zwierząt wiąże się ze stosowaniem preparatów medycznych i antybiotyków. Ich użytkowanie w nadmiernych ilościach jest elementem hodowli, mającym za zadanie utrzymanie przy życiu zwierząt słabych na niewielkiej powierzchni budynków inwentarskich. Tylko w samych Stanach Zjednoczonych rocznie podaje się zwierzętom hodowlanym kilkanaście mln kg antybiotyków, których obecność w odchodach zwierzęcych przyczynia się do skażenia wód i gleb oraz do powstawania groźnych, odpornych na farmaceutyki szczepów mikroorganizmów przedostających się do środowiska [2].

Podsumowanie

Intensywna produkcja zwierzęca stanowi obciążenie dla wszystkich elementów środowiska naturalnego (gleby, wód i powietrza) poprzez emisję zanieczyszczeń powietrza z budynków inwentarskich oraz poprzez odchody zwierzęce, a głównie gnojowicę, która przedostaje się do gleby oraz wód zarówno powierzchniowych jak i gruntowych, stanowiąc istotne zagrożenie dla zdrowia ludzi i zwierząt. Dynamizacja w dziedzinie hodowli trzody chlewnej skutkuje zwiększeniem produkcji gnojowicy, którą należy właściwie zagospodarować. Na ogół gnojowica z powodu swoich właściwości (duża zawartość składników pokarmowych, głównie azotu i potasu występujących w formach łatwo przyswajalnych dla roślin) wykorzystywana jest jako materiał nawozowy. Nieprawidłowe bądź nadmierne stosowanie nawozu zwierzęcego może doprowadzić do zanieczyszczenia wody poprzez spływanie i wypłukiwanie składników odżywczych, do pogorszenia właściwości gleb oraz skażenia ich metalami ciężkimi i patogenami, co w konsekwencji przyczynia się do obniżenia jakości roślin. Na terenach wiejskich występuje także wzmożone zanieczyszczenie atmosfery gazami cieplarnianymi i odorami. Emisja odorów z gospodarstw trzody chlewnej jest nie tylko źródłem uciążliwości zapachowej dla mieszkańców okolicznych obszarów, ale może także wywołać szereg chorób układu oddechowego i infekcji skórnych.

LITERATURA

- [1] Imbeah M.: Composting piggery waste: A review. *Bioresource Technology* 1998; 63:197-203.
- [2] Pawełczyk A., Muraviev D.: Zintegrowana technologia oczyszczania ciekłych odpadów z hodowli trzody chlewnej. *Przemysł Chemiczny* 2003; 82/8-9:2-4.
- [3] Tofant A., Pavčić Z., Matković K. et al.: Pig slurry hygienization with hydrogen peroxide-silver complex an environmentally acceptable disinfectant. *Veterinarski Arhiv* 2003; 73 (6):345-353.
- [4] Rulkens W.H., Klapwijk A., Willersb H.C.: Recovery of valuable nitrogen compounds from agricultural liquid wastes: potential possibilities, bottlenecks and future technological challenges. *Environmental Pollution* 1998; 102 S1:727-735.
- [5] Sorensen P., Amato M.: Remineralisation and residual effects of N after application of pig slurry to soil. *European Journal of Agronomy* 2002; 16:81-95.

- [6] Suresh A., Choi H.L., Oh D.I. et al.: Prediction of the nutrients value and biochemical characteristics of swine slurry by measurement of EC – Electrical conductivity. *Bioresource Technology* 2009; 100:4683-4689.
- [7] Suresh A., Choi H.L., Lee J.H. et al.: Swine slurry characterization and prediction equations for nutrients on South Korean farms. *American Society of Agricultural and Biological Engineers* 2009; 52(1):267-273.
- [8] Krzywý E.: O gnojowicy raz jeszcze. *Aura* 2004; 4:16-17.
- [9] Zhang Y., He Y.: Co-composting solid swine manure with pine sawdust as organic substrate. *Bioresource Technology* 2006; 97:2024-2031.
- [10] Agra Europe 2009, nr 2381, s. M/10.
- [11] Buelna G., Dubé R., Turgeon N.: Pig manure treatment by organic bed biofiltration. *Desalination* 2008; 231:297-304.
- [12] Zbytek Z., Talarczyk W.: Gnojowica a ochrona środowiska naturalnego. *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna* 2008; 4:12-14.
- [13] Mroczek J.R., Kostecka J.: Zagrożenia zrównoważonego rozwoju środowiska obszarów wiejskich spowodowane intensyfikacją produkcji zwierzęcej. *Zeszyty Naukowe* 2008; Zeszyt 10:93-100.
- [14] Martinez J., Guiziu F., Peu P. et al.: Influence of treatment techniques for pig slurry on methane emissions during subsequent storage. *Biosystems Engineering* 2003; 85(3):347-354.
- [15] Mantovi P., Fumagalli L., Beretta G.P. et al.: Nitrate leaching through the unsaturated zone following pig slurry applications. *Journal of Hydrology* 2006; 316:195-212.
- [16] Jugowar J.L.: Ekspertyza: Aktualne kierunki badań nad redukcją gazów i odorów z budynków inwentarskich, dostępny w: <http://www.agengpol.pl> [15.11.2010]
- [17] Bertora Ch., Alluvione F., Zavattaro L. et al.: Pig slurry treatment modifies slurry composition, N₂O and CO₂ emissions after soil incorporation. *Soil Biology & Biochemistry* 2008; 40:1999-2006.
- [18] Lemay P.S., Godbout S., Belzile M. et al.: Environmental challenges and opportunities to manure handling. *Advances in Pork Production* 2007; 18:245-260.
- [19] Wolter M., Prayitno S., Schuchardt F.: Greenhouse gas emission during storage of pig manure on a pilot scale. *Bioresource Technology* 2004; 95:235-244.
- [20] Blanes-Vidal V., Hansen M.N., Pedersen S. et al.: Emission of ammonia, methane, and nitrous oxide from pig houses and slurry: Effects of rooting material, animal activity and ventilation flow. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 2008; 124:237-244.
- [21] Loyo L., Guiziu F., Beline F. et al.: Gaseous emissions (NH₂, N₂O, CH₄, CO₂) during pig slurry biological aerobic treatment and treatment by-product storages. *International Congress Series* 2006; 1293:299-302.
- [22] Kim K. Y., Ko H. J., Kim H. T. et al.: Monitoring of aerial pollutants emitted from swine houses in Korea. *Environ Monit Assess* 2007; 133:255-266.
- [23] Hobbs P.J., Pain B.F., Kay R.M. et al.: Reduction of odorous compounds in fresh pig slurry by dietary control of crude protein. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 1996; 71:508-514.
- [24] Zhu J.: A review of microbiology in swine manure odor control. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 2000; 78:93-106.
- [25] Le P.D., Aarink A.J.A., Jongbloed A.W. et al.: Effects of crystalline amino acid supplementation to the diet on odor from pig manure. *Journal of Animal Science* 2007; 85:791-801.
- [26] Ye F.X., Zhu R.F., Li Y.: Deodorization of swine manure slurry using horseradish peroxidase and peroxides. *Journal of Hazardous Materials* 2009; 167:148-153.
- [27] Predicala B., Nemati M., Stade S. et al.: Control of H₂S emission from swine manure using Na-nitrite and Na-molybdate. *Journal of Hazardous Materials* 2008; 154:300-309.