

AUTOREFERAT

Łukasz Wlazło

1. Habilitant

Imię i Nazwisko: Łukasz Wlazło

Adres służbowy: Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
Wydział Biologii, Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki
Katedra Higieny Zwierząt i Zagrożeń Środowiska
ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin

Telefon: tel. +48 81 445 69 98

E-mail: e-mail: lukasz.wlazlo@up.lublin.pl

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe

25 września 2012 **Doktor nauk rolniczych**

Dziedzina: Nauki rolnicze

Dyscyplina: Zootechnika

Specjalność: Higiena zwierząt i środowiska
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
Wydział Biologii, Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki

Tytuł pracy: Wpływ dodatku bentonitu do karmy na poziom uwalniania amoniaku z kału nerek (*Neovison vison*) a wybrane wskaźniki zdrowia i produktywności.

Promotor: prof. dr hab. inż. Bożena Nowakowicz-Dębek

10 czerwca 2008	Magister inżynier
Kierunek	Zootechnika
Specjalność	Ocena i wykorzystanie surowców zwierzęcych Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie Wydział Biologii i Hodowli Zwierząt
Tytuł pracy	Stan zdrowotny gruczołu mlekowego krów w gospodarstwach farmerskich i wielkostadnych
Promotor	dr hab. Henryk Krukowski
28 maj 2003	Technik Weterynarii
Tytuł pracy	Fizjologia rozrodu psów na przykładzie czarnego teriera rosyjskiego
Promotor	Lek.wet Dariusz Gielbaga

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

01.02.2013	asystent Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie Wydział Biologii i Hodowli Zwierząt Katedra Higieny Zwierząt i Środowiska ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin
01.11.2016-obecnie	adiunkt Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie Wydział Biologii, Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki Katedra Higieny Zwierząt i Zagrożeń Środowiska ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.):

4.1. Osiągnięciem, stanowiącym podstawę do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego jest cykl publikacji powiązanych tematycznie pod tytułem:

Uwalnianie gazowych zanieczyszczeń powstających w produkcji zwierzęcej oraz ich redukcja z wykorzystaniem naturalnych sorbentów.

4.2. Publikacje lub inne prace wchodzące w skład osiągnięcia naukowego:

[H1] Modelowanie rozprzestrzeniania się amoniaku w powietrzu atmosferycznym wokół fermy drobiu. **WLAZŁO Ł**, NOWAKOWICZ-DĘBEK B, KUŁAŻYŃSKI M, WNUK W, OSSOWSKI M. *Przem. Chem.*2018 T. 97 Nr 04 s.1000-1002.

IF₂₀₁₈ – 0,385; 15 pkt MniSW₂₀₁₈

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na wiodącym udziale w planowaniu eksperymentu, przygotowaniu bazy danych do analizy, interpretacji uzyskanych wyników oraz napisaniu i przygotowaniu manuskryptu do druku. Mój udział procentowy szacuję na 50%.

[H2] Emisja metanu z intensywnej hodowli trzody chlewnej (Emission of methane from intensive pig breeding). NOWAKOWICZ-DĘBEK B, **WLAZŁO Ł**, STASIŃSKA B, KUŁAŻYŃSKI M, OSSOWSKI M, KRZACZEK P, BIS-WENCEL H. *Przem. Chem.*2017 T. 96 Nr 11 s.2353-2355.

IF₂₀₁₇ – 0,385; 15 pkt MniSW₂₀₁₇

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na udziale w opracowaniu koncepcji, gromadzeniu literatury przedmiotu, udziale napisaniu i przygotowaniu manuskryptu do druku oraz

korrespondencji z redakcją. Mój udział procentowy szacuję na 40%.

- [H3] Prognozowanie emisji chemicznych zanieczyszczeń powietrza z wykorzystaniem aplikacji komputerowej. NOWAKOWICZ-DEBEK B, OSSOWSKI M, **WLAZŁO Ł**, KUŁAŻYŃSKI M, BIS-WENCEL H, PAWLAK H, WNUK W. *Przem. Chem.* 2017 T. 96 Nr 12 s. 2558-2560.

IF₂₀₁₇ – 0,385; 15 pkt MniSW₂₀₁₇

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na udziale w opracowaniu koncepcji, gromadzeniu literatury przedmiotu, udziale napisaniu i przygotowaniu manuskryptu do druku oraz korespondencji z redakcją. Mój udział procentowy szacuję na 40%.

- [H4] Removal of ammonia from poultry manure by aluminosilicates. **WLAZŁO Ł**, NOWAKOWICZ-DEBEK B, KAPICA J, KWIECIEŃ M, PAWLAK H. *J. Environ. Manag.* 2016 Vol 183 Part 3 s. 722-725.

IF₂₀₁₆ – 4,010; 35 pkt MniSW₂₀₁₆

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na wiodącym udziale w planowaniu eksperymentu pobieraniu materiału badawczego, przeprowadzeniu badań laboratoryjnych, przygotowaniu bazy danych do analizy statystycznej, interpretacji uzyskanych wyników oraz napisaniu i przygotowaniu manuskryptu do druku. Mój udział procentowy szacuję na 65%.

- [H5] Zastosowanie bentonitu sodowego jako sorbentu amoniaku (Use of montmorillonite as a sorbent for ammonia). **WLAZŁO Ł**, NOWAKOWICZ-DEBEK B, TYMCZYNA L, KWIECIEŃ M, BIS-WENCEL H, TRAWIŃSKA B. *Przem. Chem.* 2014 T. 93 Nr 8 s.1383-1385.

IF₂₀₁₄ – 0,399; 15 pkt MniSW₂₀₁₅

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na udziale w planowaniu eksperymentu, pobieraniu materiału badawczego, realizacji metodyki, przeprowadzeniu badań laboratoryjnych, przygotowaniu bazy danych do analizy statystycznej, interpretacji uzyskanych wyników oraz napisaniu i przygotowaniu manuskryptu do druku. Mój udział procentowy szacuję na 60%.

- [H6] Stężenie amoniaku w pomieszczeniach hodowlanych w trakcie tuczu trzody chlewnej. NOWAKOWICZ-DĘBEK B, WLAZŁO Ł, STASIŃSKA B, KRZACZEK P, BIS-WENCEL H, WNUK W. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, EE Zootech. 2016 Vol. 34 Nr 4 s. 49-54

IF₂₀₁₆ – ; 7 pkt MniSW₂₀₁₆

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na udziale w planowaniu eksperymentu, pobieraniu materiału badawczego, realizacji metodyki, interpretacji uzyskanych wyników oraz udziale w napisaniu i przygotowaniu manuskryptu do druku. Mój udział procentowy szacuję na 40%.

- [H7] Monitoring gaseous pollution in the air in livestock buildings. NOWAKOWICZ-DĘBEK B, WLAZŁO Ł, BIS-WENCEL H, WNUK W, SASÁKOVÁ N, KASELA M, OSSOWSKI M. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, EE Zootech. 2014 Vol. 32 Nr 2 s11-16

IF₂₀₁₄ – ; 7 pkt MniSW₂₀₁₄

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na udziale w planowaniu eksperymentu, pobieraniu materiału badawczego, realizacji metodyki, interpretacji uzyskanych wyników oraz udziale w napisaniu i przygotowaniu manuskryptu do druku. Mój udział procentowy szacuję na 45%.

Ogólna liczba punktów za cykl publikacji powiązanych tematycznie według czasopism naukowych MNiSW zgodna z rokiem ukazania się pracy **wynosi 109 punktów**.

Sumaryczny współczynnik Impact Factor (IF) według bazy Journal Citation Reports (JCR) za cykl publikacji powiązanych tematycznie zgodny z rokiem ukazania się pracy **wynosi 5,564**.

Oświadczenia współautorów przedstawionych powyżej prac naukowych wraz z określeniem ich indywidualnego udziału wykazano w załączniku nr 4.

4.3. Omówienie celu naukowego ww. publikacji, jak również osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Wprowadzenie i cel naukowy

W dobie narastających problemów związanych z pogarszającą się jakością powietrza coraz większego znaczenia nabiera problematyka antroposji i zagrożeń w ochronie środowiska. Poszechnie uważa się, że hodowla zwierząt znacznie zwiększa światową emisję gazów cieplarnianych mierzonych równoważnikiem CO₂. Rosnące obawy o zmiany klimatyczne koncentrują uwagę na wielkości emisji gazowych zanieczyszczeń z całego sektora rolnego, a szczególnie presji produkcji zwierzęcej na środowisko. Szacuje się, że około 12% emisji gazów cieplarnianych związane jest z produkcją zwierzęcą. Fermy zwierząt to jedno z głównych źródeł emisji amoniaku, związków siarki i związków organicznych, w tym amin i mieszaniny BTX (benzen-toluen-ksyleny) oraz substancji uznanych za uciążliwe zapachowo. Pomimo licznie podejmowanych prób, problem emisji gazów o charakterze odorantów nie jest nadal uregulowany. Jednakże Polska, podobnie jak inne kraje europejskie, jest zobowiązana do sporządzania bilansów emisji oraz prowadzenia działań ograniczających emisję gazowych zanieczyszczeń do powietrza. Decyzja 2000/479/WE w sprawie wdrożenia EPER wymaga, aby państwa członkowskie dostarczały dane na temat emisji, pochodzących ze wszystkich rodzajów działalności, określonych w Załączniku I do dyrektywy IPPC (dyrektywa Rady 96/61/WE), [Mielcarek 2012]. Uwalniane do powietrza z produkcji zwierzęcej gazowe zanieczyszczenia to często substancje nie tylko uciążliwe zapachowo, lecz także toksyczne i/lub drażniące. Należy tu wymienić związki powstające zarówno podczas bakteryjnego rozkładu substancji organicznej (np. amoniak), w czasie fermentacji (np. metan) oraz inne gazy powstające w trakcie prowadzonych prac w fermie (np. tlenek węgla(II), ditlenek siarki, tlenki azotu), [Nowakowicz-Debek i wsp. 2014, Marszałek i wsp, 2011]. Do najważniejszych związków czynnych należą amoniak, metan, siarkowodór, indol, fenol, tiole (merkaptany), skatole, aminy i siarczki [Ozonek i wsp, 2009]. W fermach zwierząt kumulują się znaczne ilości substancji organicznych w postaci odchodów i wydalanych metabolitów oraz resztek paszy. Powstawanie chemicznych zanieczyszczeń powietrza wiąże się z przemianami enzymatyczno-mikrobiologicznymi i procesami rozkładu głównie zawartych w nich związków białka. Azot w grupach aminowych jest źródłem powstawania silnie odorotwórczych amin

alifatycznych. Aminy są pochodnymi amoniaku, w którym atomy wodoru zostały zastąpione alkilami (aminy alifatyczne) lub arylami (aminy aromatyczne). Podczas rozkładu niektórych białek zawierających aminokwasy z grupami tiolowymi wydzielają się merkaptany. Związki siarki powstające w fermach mają charakter uciążliwości zapachowej. Uznane są za odorotwórcze z tytułu posiadania w swym składzie grup tiolowych, będących „nośnikiem” przykrych zapachów [Stetkiewicz i wsp.2011, Pedersen, 2002]. Ilość powstających zanieczyszczeń gazowych jest związana z gatunkiem utrzymywanych zwierząt oraz systemem utrzymania. Gazem uwalnianym w największych ilościach z takiej produkcji jest amoniak. Emisja amoniaku wzrosła gwałtownie w XX wieku, w niektórych rejonach świata wzrost ten był nawet dwu lub trzykrotny. W Polsce emisja amoniaku ze źródeł rolniczych stanowi aż 98% jego całkowitej emisji, z czego 70% przypada na produkcję zwierzęcą [KOBIZE, 2013]. Emisję azotu amoniakalnego z ekosystemów lądowych oszacowano na poziomie 54,5 mln t/r i przewiduje się dalszy jej wzrost [Paulot i wsp, 2013]. Ładunek amoniaku powracający z opadem atmosferycznym na ziemię jest równoważny jego emisji. Amoniak przyczynia się do degradacji naturalnych ekosystemów lądowych i wodnych, gdyż powraca z opadem atmosferycznym na powierzchnię ziemi. Aż 75% emisji ze źródeł lądowych przypisuje się rolnictwu [Sapek, 2011]. Emisja amoniaku do środowiska ze źródeł rolniczych wiąże się przede wszystkim z ubytkiem zawartości azotu w odchodach, a tym samym zmniejszeniem ich wartości nawozowej oraz negatywnym oddziaływaniem na zdrowie ludzi i zwierząt [Pietrzak 2006]. Gazem cieplarnianym emitowanym z produkcji zwierzęcej w bardzo dużym udziale jest metan (szacuje się że jest on drugi pod względem wielkości uwalniania). Potencjał cieplarniany metanu jest 21 razy większy, niż dwutlenku węgla, a średnia zawartość w atmosferze wynosi 1,7 ppm. To najprostsz y węglowodór nasycony, a jego cząsteczka ma kształt tetraedru (czworościanu foremnego). Wiązania w jego cząsteczce są zdegenerowane, a ich polaryzacja bardzo niewielka. Może on uczestniczyć tylko w typowych dla alkanów reakcjach [Climat Change Working Group, 2003]. Powstaje w wyniku beztlenowego rozkładu szczątków roślinnych, fermentacji jelitowej zwierząt, odchodów zwierzęcych. Im wyższa zawartość białka w diecie, tym większa ilość uwalnianego metanu z odchodów. Fermentacja metanowa jest złożonym kilkustopniowym procesem biochemicznym, ściśle związanym ze środowiskiem bakteryjnym [Nowakowicz Dębek i wsp, 2016]. Zanieczyszczenia gazowe pochodzące z produkcji zwierzęcej są znaczącym czynnikiem przyczyniającym się do emisji gazów cieplarnianych. Biorąc pod uwagę politykę rolnośrodowiskową w tym zakresie, konieczne jest wdrożenie systemów poprawiających jakość powietrza atmosferycznego. Utylizacja gazów uwalnianych do środowiska z produkcji zwierzęcej

jest problemem o wyższym stopniu trudności i pomimo licznych badań w tym zakresie nadal pozostaje problemem nierozwiązanym [Wang i wsp, 2017., Nowakowicz-Dębek i wsp., 2011, Wlazło i wsp., 2016]. Warunki utrzymania i żywienia zwierząt mają istotny wpływ na stan ich zdrowia, produktywność oraz parametry rozrodu. Zanieczyszczenie powietrza jako jeden z czynników mikroklimatu wpływa bezpośrednio na zaburzenia homeostazy organizmu, co w konsekwencji prowadzi do obniżenia dobrostanu. Obecność tak zróżnicowanych substancji chemicznych w powietrzu ferm, w tym związków uciążliwych zapachowo, stwarza konieczność monitorowania ich poziomów zarówno w środowisku naturalnym, jak i środowisku pracy człowieka oraz wprowadzania technologii niskoemisyjnych lub wykorzystania różnego rodzaju kompozytów. Badania nad ograniczeniem emisji amoniaku poprzez wykorzystanie różnych dodatków, które absorbują zanieczyszczenia, obniżając pH, ograniczają liczbę zasiedlających bakterii urykalitycznych i wpływają na ilość uwalnianego gazu były prezentowane przez wielu badaczy [Opaliński i wsp 2009, Samgao i wsp, 2009, Aneya, 2000, Mroczek, 2009]. Obserwowany wzrost produkcji zwierzęcej w skali globalnej jest związany z rosnącym zapotrzebowaniem na żywność. W 2017r. w Polsce zanotowano wzrost o 2,5% całkowitej produkcji zwierzęcej i tylko 0,4% wszystkich działów produkcji roślinnej. W 2017r. w porównaniu z rokiem poprzednim, odnotowano wzrost wszystkich podstawowych produktów zwierzęcych, tj. żywca drobiowego o 3,2%, wieprzowego o 0,3%, wołowego łącznie z cielęcym o 10,4%, jaj kurzych o 0,6% i mleka o 3,6%. Wysokie tempo wzrostu spowodowało, że Polska w ostatnich latach stała się największym producentem mięsa drobiowego w Unii Europejskiej. Nowe technologie w produkcji zwierzęcej pozwoliły na wprowadzanie innowacji i zwiększanie wielkości i jakości produkcji. Zarówno tempo, jak i kierunek tych zmian wpłynęły na liczebność pogłowa zwierząt gospodarskich [GUS, 2017; Pasternak i Calik, 2015]. Dynamiczny rozwój produkcji zwierzęcej i jej komasacja na małej powierzchni stwarza potrzebę opracowania metod pozwalających na minimalizowanie oddziaływania ferm na środowisko naturalne. W ramach tego procesu niezbędne jest uwzględnienie jednak wszystkich kluczowych aspektów chowu i hodowli zwierząt, wymagań prawnych oraz aspektów ekonomicznych. Sorbenty naturalne to związki, które idealnie wpasowują się w obecne trendy i kierunki ochrony środowiska w Polsce, z uwzględnieniem wymagań Unii Europejskiej. Związki te są ekologiczne, tanie w pozyskiwaniu, otrzymywaniu i zastosowaniu. W ostatnich latach poświęca się im wiele uwagi szczególnie jako naturalne sorbenty zanieczyszczeń gazowych. Badania prowadzone nad ich zastosowaniem w produkcji zwierzęcej są również podyktowane ich niską ceną i dostępnością [Kołodzyńska i wsp., 2017]. Najszersze zastosowanie znalazły

glinokrzemiany (naturalne i syntetyczne), m.in.: zeolit, bentonit i perlit. Minerale te, to uwodnione glinokrzemiany składające się z trójwarstwowych pakietów. Pakiety zbudowane są z ośmiościanów Al_2O_3 i dwóch zewnętrznych warstw czworościanów krzemionki SiO_2 . Wzór czystego montmorylonitu glinowego to $(\text{OH})_4\text{Al}_4\text{Si}_8\text{O}_{20}\cdot n\text{H}_2\text{O}$, co jest równoważne zapisowi $2\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 4\text{SiO}_2\cdot \text{H}_2\text{O}\cdot n\text{H}_2\text{O}$. Wszystkie zeolity selektywnie absorbują cząsteczki wody i inne polarne cząsteczki, przy czym absorpcja jest silniejsza wobec związków bardziej polarnych. Aktywność ich wynika z oddziaływania wolnych par elektronowych lub wiązań π cząsteczek z jonową siatką zeolitów [Rybiński, Janowska, 2013, Pagacz, Pielichowski, 2007]. Bentonit znajduje szerokie zastosowanie w wielu dziedzinach przemysłu, m.in.: w odlewnictwie, wiertnictwie, budownictwie (produkcja tzw. zawiesiny bentonitowej, służącej m.in. do zabezpieczania ścian wąskich otworów przy wszelkiego rodzaju wierceniach) oraz jako składnik przy tworzeniu mas formierskich, w ceramice, a także w ochronie środowiska i rolnictwie [Mikła i wsp., 2008; Pascha i wsp., 2007]. Używany jest także jako środek do dekontaminacji aflatoksyn i usuwania metali toksycznych ze środowiska wodnego poprzez wykorzystanie stymulującego działania bentonitu na przyrost biomasy grzybów [Ito, 2006, Gupta i wsp., 2008]. Problem usuwania zanieczyszczonego powietrza i odorów z budynków inwentarskich nie został do dziś rozwiązany i budzi wiele kontrowersji. Metody kontroli i redukcji powstających zanieczyszczeń zasadniczo sprowadzają się do dwóch sposobów: redukcji u źródła powstawania oraz usuwania ze strumienia gazów zanim ulegną rozproszeniu w środowisku [Meissener i wsp., 2000]. Wśród wielu metod ograniczenia emisji zanieczyszczeń z produkcji zwierzęcej najbardziej widoczne efekty uzyskuje się poprzez dodawanie do ściółki preparatów chemicznych neutralizujących uwalnianie amoniaku i innych gazów, a także wykazujących działanie bakteriobójcze i dezodoryzujące [Słobodzian-Ksenicz i wsp., 2008].

Aby zweryfikować istniejący stan wiedzy oraz uzupełnić go o nowe elementy, na główny cel badawczy złożyły się następujące **cele szczegółowe**:

- 1) Monitorowanie koncentracji gazów w pomieszczeniach inwentarskich powstających w trakcie wielkotowarowej hodowli zwierząt.
- 2) Rozprzestrzenianie się szkodliwych domieszek gazowych powietrza wokół obiektów inwentarskich.
- 3) Ocena możliwości zastosowania naturalnych sorbentów do neutralizacji gazowych zanieczyszczeń powietrza powstających w produkcji zwierzęcej.

Ad. 1. Monitorowanie rzeczywistej koncentracji gazów w pomieszczeniach inwentarskich powstających w trakcie wielkotowarowej hodowli zwierząt

Mikroklimat środowiska hodowlanego jest jednym z najważniejszych czynników mających bezpośredni wpływ na efekty produkcyjne, dlatego tak ważne jest utrzymanie pełnej homeostazy zwierząt w środowisku ich bytowania. Ma to szczególne znaczenie przy wielkotowarowej produkcji zwierzęcej odbywającej się w pomieszczeniach zamkniętych. Uwalniane do powietrza gazowe zanieczyszczenia to często substancje nie tylko uciążliwe zapachowo, lecz także toksyczne i/lub drażniące. Należy tu wymienić związki powstające zarówno podczas bakteryjnego rozkładu substancji organicznej (np. amoniak), w czasie fermentacji (np. metan) oraz inne gazy powstające w trakcie prowadzonych prac w fermie. Do najważniejszych związków zapachowo czynnych należą amoniak, siarkowodór, indol, fenol, merkaptany, skatole, aminy i siarczki [Marszałek i wsp., 2011; Nowakowicz-Dębek 2001]. W pracach [H1],[H2],[H3] dokonano identyfikacji dominujących związków gazowych występujących w powietrzu ferm zwierzęcych oraz określono ich najwyższe stężenia. We wszystkich badanych obiektach odnotowano wysokie emisje gazowych zanieczyszczeń do powietrza. W pracach [H1] oraz [H2] skupiono uwagę na emisji gazowych domieszek powietrza powstających podczas tuczu trzody chlewnej. Zanieczyszczenia pochodzące z ferm trzody chlewnej, traktowane są jako emisje z „instalacji”, dla których są opracowywane raporty o oddziaływaniu na środowisko. Zwierzęta monogastryczne emitują do środowiska mniej gazów, niż przeżuwacze. 86% emisji jelitowej metanu pochodzi z ferm bydła, zaś 10% z produkcji świń. Utrzymanie trzody chlewnej na rusztach zwiększa emisję gazów cieplarnianych o 65%, a NH_3 o 78%. Powstająca wówczas gnojowica w wyniku działania bakterii beztlenowych ulega rozkładowi na związki organiczne, głównie CH_4 i CO_2 [Leytem i wsp., 2011]. Powstające w trakcie hodowli zwierząt gazy są przez układy wentylacyjne wyrzucane na zewnątrz, co zwiększa koncentrację zanieczyszczeń w powietrzu atmosferycznym poza budynkami inwentarskimi. Gazy wprowadzone do powietrza ulegają rozproszeniu, a następnie wielu przemianom stymulowanym obecnością światła, pyłu, lub i innych związków. Następnie są absorbowane przez cząsteczki pary wodnej i opadają na powierzchnię prowadząc do jej zanieczyszczenia. Przeprowadzone analizy chromatograficzne próbek powietrza z

obiektów dla trzody chlewnej, wykazały dominujące stężenia dwóch gazów: metanu i amoniaku. Materiał badawczy stanowiły próbki powietrza pobrane do worków tedlarowych w fermie trzody chlewnej zarówno od zwierząt utrzymywanych na płytkiej ściółce jak i na podłodze rusztowej należących do różnych kategorii wiekowych i produkcyjnych. Do przeprowadzenia dokładnych pomiarów amoniaku wykorzystano przenośny aspirator wielogazowy MX6 iBRID (Industrial Scientific Corporation, USA) oraz sieci monitoringu składu gazów, emitowanych z pomieszczeń hodowlanych. Pomimo licznych badań dotyczących współczynników emisji szkodliwych gazów z produkcji zwierzęcej problem nadal pozostaje nierozwiązany, zaś wyniki prezentowane przez różnych autorów wykazują znaczne różnice w koncentracji zanieczyszczeń. Mielcarek [2014] podaje, że głównie badania powietrza w fermach trzody chlewnej prowadzone są w tuczarniach bezściołowych, na podłogach szczelinowych. Myczko [2000] przeprowadził szacowanie emisji N-NH₃ z chlewni na głębokiej ściółce utrzymującej tuczniaki. Wielkość ta wynosiła 1,26 kg N-NH₃ na sztukę. Na płytkiej ściółce natomiast wartości te były znacznie wyższe i wynosiły 4,01 kg N-NH₃. W badaniach własnych najwyższy wskaźnik emisji amoniaku uzyskano w pomieszczeniach z tuczniakami na podłogach rusztowych. Średnie dobowe stężenia amoniaku charakteryzowały się dużym zróżnicowaniem, co jest zbliżone z wynikami prezentowanymi przez innych Autorów. Oszacowany poziom uwalniania amoniaku wynosił 3,95 kg na dobę, przy średniodobowym stężeniu gazu na poziomie 19,85 mg·m⁻³. Nieznacznie niższe wartości uzyskano wykonując pomiary w boksie utrzymującym warchlaki na płytkiej ściółce. Dobowy wskaźnik emisji wynosił 18,11 kg, przy średniodobowym stężeniu na poziomie 3,61 mg·m⁻³. Najniższe stężenia analizowanego gazu w badaniach własnych, uzyskiwano w pomieszczeniach utrzymujących prosiaki po odsadzeniu na poziomie 3,83 kg amoniaku, przy średniodobowej koncentracji w powietrzu 0,76 mg·m⁻³. Po przeliczeniu zwierząt na DJP, dobowy wskaźnik emisji amoniaku w pomieszczeniach z warchlakami był najwyższy i wynosił 76,69 g na dobę, zaś dla tuczniaków 41,19 g/ na dobę, co stanowi wartości znajdujące się w dolnej granicy wielkości podawanych w piśmiennictwie [H1]. W warunkach polskich do szacowania emisji amoniaku stosowane są zazwyczaj wielkości prezentowane przez Pietrzaka [2006]. Wyzaczył on wskaźniki emisji z produkcji zwierzęcej na poziomie szczegółowym, co może służyć do obliczeń na poziomie gospodarstwa stosowane przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami. W trakcie wzrostu zwierząt zanotowano istotny wzrost poziomu metanu i amoniaku w powietrzu w obu systemach utrzymania. W systemie rusztowym uzyskano znacznie wyższą koncentrację metanu, gdzie zanotowano prawie trzykrotny wzrost poziomu w trakcie badań [H2]. Stężenia metanu u

zwierząt przebywających na podłodze rusztowej wahały się od 4,77 do 22,62 mg/ m³. W pracy [H3] dokonano analizy wybranych zanieczyszczeń gazowych uwalnianych do powietrza z fermy trzody chlewnej, towarowej produkcji królików oraz hodowli nerek. Największą koncentrację wśród zidentyfikowanych zanieczyszczeń uzyskano dla metanu w sektorze tuczu królików na poziomie 33,04 µg / m³. Próbki powietrza pochodzące z budynków trzody chlewnej oraz pobrane w pawilonach hodowlanych nerek odzaczały się znacznie niższą koncentracją metanu. W przeprowadzonych badaniach wykazano również znaczące stężenie amoniaku w badanych próbkach powietrza [H3]. Mierzony poziom koncentracji amoniaku był najwyższy w próbkach powietrza pobranych w chlewni. Średnie stężenie mierzone na poziomie strefie oddychania zwierząt wynosiło 16,77 mg / m³. Nieznacznie niższe koncentracje amoniaku (tj. 13,69 mg / m³) odnotowano w budynkach króliczarni. Najmniejszą koncentrację zanotowano w próbkach powietrza pochodzących z fermy nerek. Dla uzyskanych wartości wykazano różnice istotne statystycznie, a próbki pochodzące z chlewni i króliczarni przekroczyły dopuszczalne wartości 20 ppm (13,91 mg/m³), określone jako dopuszczalne w Rozporządzeniu Ministra Środowiska [Dz.U. 2010 nr 16 poz. 87]. W próbach powietrza pochodzących z chlewni zanotowano również najwyższe stężenie siarkowodoru na poziomie 8,92 µg / m³ zaś w pomieszczeniach króliczarni była znacznie niższa i wynosiła średnio 2,26 µg / m³. Analogicznie jak dla koncentracji metanu, najniższy poziom H₂S zaobserwowano w powietrzu fermy nerek. Na szczególną uwagę zasługują badania dotyczące występowania w powietrzu ferm związków śladowych, które w piśmiennictwie są omawiane bardzo rzadko a w Polsce praktycznie całkowicie pomijane w analizach składu chemicznego powietrza budynków inwentarskich. Przeprowadzone badania chromatograficzne próbek powietrza pozwoliły na zidentyfikowanie związków aromatycznych, w tym benzenu, toluenu i ksylenów (orto-ksylen, para-ksylen, meta-ksylen) znany jako BTX. Benzen i jego związki zgodnie z ustawą z dnia 25 lutego 2011 r. o substancjach chemicznych i ich mieszaninach [Dz.U. 2011 Nr 63 poz. 322, tekst jednolity], wykazuje działanie rakotwórcze (Carc 1A), mutagenne (Muta 1B) i toksyczne dla narządów docelowych. Jest to również bardzo łatwopalna ciecz i pary, które mogą podrażniać skórę i oczy. Węglowodory te są toksyczne, wysoce zdolne do tworzenia ozonu troposferycznego i biorące w nim udział (toluen, ksyleny) w tworzeniu się wtórnych organicznych aerozoli, które są toksyczne dla ludzi i ekosystemów [Olszowski 2012; Nowakowicz-Dębek i wsp., 2010]. Średnie poziomy tych gazów były zbliżone dla pomieszczeń chlewni i pawilonów hodowli nerek. Nieznacznie niższe stężenia odnotowano w próbkach powietrza pobranych w króliczarni. Większość tych gazów, oprócz niekorzystnego oddziaływania na ekosystem, powoduje u ludzi

wrażenie uciążliwości zapachowej oraz nie pozostaje bez wpływu na zdrowie i produktywność samych zwierząt. Związki te mogą powodować wiele niepożądanych reakcji, od irytacji do udokumentowanych skutków zdrowotnych. Długotrwałe narażenie na oddziaływanie przykrego zapachu może wywoływać niepożądane reakcje emocjonalne, począwszy od stanów takich, jak niepokój, uczucie dyskomfortu, depresję, lub takich objawów fizycznych, jak podrażnienia, bóle głowy, a nawet problemy ze strony układu oddechowego [Nowakowicz-Debek 2001]. Wielu badaczy twierdzi, że azot z obornika może rozprzestrzeniać się w całym środowisku bardziej, niż azot z nawozów poprzez utlenianie amoniaku i tlenki azotu do atmosfery [Dendooven i wsp., 1998; Erd i Tymczyna 1998; Sorensen i Amato 2002]. Największa emisja gazów cieplarnianych do środowiska pochodzi z nawozu przeżuwaczy i gazów trawiennych. Przeżuwacze produkują znacznie więcej amoniaku, metanu i związków azotu, niż zwierzęta monogastryczne [Nowakowicz-Debek i wsp., 2011]. Podkówka i Podkówka [2001] podają, że roczna emisja amoniaku od pojedynczej krowy może osiągnąć 40 kg. Również obornik świński zawiera dużo azotu organicznego. Zgodnie z badaniem Petersen i wsp. [2001], straty azotu z odchodów tuczników wynoszą 2,94 kg/t. w tym głównie w formie amoniaku. Gaz ten emitowany jest w znacznych ilościach z produkcji drobiu. Jak donosi w swoich badaniach Krawczyk oraz Walczak [2010], emisja amoniaku z obornika kurzego wynosi około 3 kg na tonę gnojowicy przez okres trzech miesięcy. Według Guza i Guza [2005], emisja amoniaku od 1 m² pomieszczeń dla indyków wynosi 1,05 kg rocznie. Zasadniczo można zmniejszyć negatywny wpływ hodowli zwierząt na środowisko tylko wtedy, gdy hodowla zwierząt spełnia cele zrównoważonego rozwoju poprzez przyjęcie w 2008r. najlepsze dostępne techniki (BAT) określone w Radzie Dyrektywą 96/61 / WE dotycząca zintegrowanego zapobiegania zanieczyszczeniom i ich kontroli, określana jako Dyrektywa IPPC. Zgodnie z art. 3 (10) ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. - Ochrona środowiska Prawo ochrony [Dz.U. 2001 Nr 62 poz. 627], najlepszymi dostępnymi technikami są: najbardziej skuteczny i zaawansowany poziom technologii i metod działania, wykorzystywany jako podstawię ustalania dopuszczalnych wielkości emisji zaprojektowanych w celu wyeliminowania emisji lub jeśli jest to możliwe, zmniejszenia emisji i ich wpływu na środowisko.

Ad. 2. Rozprzestrzenianie się szkodliwych domieszek gazowych powietrza wokół obiektów inwentarskich.

Pomimo znaczącego postępu widocznego w ostatnich latach w hodowli zwierząt, związanego z rozwojem zarówno technologii jak i rozwojem nowoczesnych systemów chowu oraz nadzorem weterynaryjnym, nadal istotny jest problem negatywnego wpływu intensywnej produkcji zwierząt na środowisko. W ramach prac [H4] i [H5] dokonano prognozowania emisji amoniaku z fermy trzody chlewnej oraz drobiu. Należy podkreślić, iż wybór tego gazu został podyktowany jego szkodliwym i odorotwórczym oddziaływaniem oraz znacznymi poziomami emisji uzyskiwanymi z budynków inwentarskich. W latach 2010-2013 uciążliwość zapachowa stanowiła ok. 50% wszystkich skarg wpływających do WIOŚ i GIOŚ z zakresu zanieczyszczenia powietrza, a fermy drobiu należą do najczęściej wskazywanych obiektów. W roku 2016 liczba skarg stanowiła już 59% wszystkich [GIOŚ, 2016]. Powyższe dane wskazują na konieczność prowadzenia badań nad opracowaniem uniwersalnej metodyki wyznaczania tych wartości i ich rozprzestrzeniania się w środowisku. Dyrektywa Rady Unii Europejskiej 96/61/EC z 24 września 1996 r. w sprawie zintegrowanego zapobiegania zanieczyszczeniom i ich kontroli określa fermy wielkoprzemysłowe jako instalacje wymagające uzyskania pozwolenia zintegrowanego, czyli o obsadzie ponad 40 000 osobników dla drobiu, 2 000 dla świń (tuczników) o wadze ponad 30 kg, czy 750 dla macior. Miejsca powstawania emisji z tego typu przedsięwzięć, to przede wszystkim budynki inwentarskie, w których prowadzona jest produkcja oraz zbiorniki w których gromadzona jest gnojowica. Proces migracji zanieczyszczeń z tych obiektów uwarunkowany jest wieloma czynnikami. Modelowanie metodami matematycznymi rozprzestrzeniania się substancji chemicznych w badanym ośrodku jest bardzo pomocnym elementem przy opracowaniu raportu oddziaływania inwestycji na środowisko. Wyniki modelowania wskazują często na możliwość wdrażania nowych technologii, co w wielu przypadkach zmniejsza koszty wynikające z opłat za wprowadzanie gazów i pyłów do środowiska [Dz.U. 2010 nr 16 poz. 87 z pz. zm.]. Wyniki modelowania pozwalają ponadto ocenić czy eksploatacja instalacji nie powoduje przekroczenia standardów jakości powietrza, poza teren należący do inwestora. Głównym problemem towarzyszącym ustalaniu lokalizacji takich obiektów jest pomijanie lokalnych warunków klimatycznych, które mają istotny wpływ na dyspersję zapachową [Hoff i wsp., 2008]. Modelowanie symulacyjne pozwala na szybkie i dokładne,

oszacowanie dyspersji atmosferycznej, które jest podstawą wielu decyzji administracyjnych, między innymi usytuowaniem obiektu. Jest ono niezbędne przy uzyskaniu dokumentacji tj.: wniosku o wydanie pozwolenia na emisję gazów i pyłów do powietrza, wniosku do zgłoszenia instalacji z uwagi na wprowadzanie gazów lub pyłów do powietrza, karty informacyjnej przedsięwzięcia (KIP), oceny oddziaływania na środowisko (OOS) przed uzyskaniem Decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach, czy raporty do KOBiZE. Zastosowany w pracach [H4, H5] program służy do modelowania rozprzestrzeniania się (emisji) zanieczyszczeń w powietrzu atmosferycznym pochodzących ze źródeł: punktowych, powierzchniowych i liniowych. Modelowanie to wykonywane jest według metodyki określonej w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 26 stycznia 2010 r. w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu. Dlatego niniejsze aplikacje komputerowe wykorzystano do prognozowania emisji amoniaku uwalnianego z fermy świń oraz drobiu. **W pracy [H4]** analizowano prognozowanie emisji amoniaku w fermie trzody chlewnej uwzględniając tucz na płytkiej ściółce oraz systemem rusztowym. W analizie uwzględniono dane dla róży wiatrów z pobliskiej stacji meteorologicznej przy wysokości anemometru 14 m, określonych warunkach topograficznych oraz parametrach pracy zespołu emitorów. Uzupełnieniem tego jest wskaźnik aerodynamicznej szorstkości terenu uznany jako miernik zaburzeń rozpraszania się zanieczyszczeń. W trakcie gromadzenia danych do pracy [H4], na terenie fermy znajdowały się dwa budynki inwentarskie: budynek z systemem utrzymania ściółowym o obsadzie 432 DJP warchlaków i budynek z systemem utrzymania rusztowym o obsadzie 336 DJP tuczników. Uzyskane wyniki wskazują na wysokie wartości maksymalnej emisji amoniaku w analizowanym okresie dla budynku z rusztowym systemem chowu, na poziomie 1,6 mg/s oraz emisję średnioroczną na poziomie 140,2 mg/s. Całkowita roczna oszacowana emisja wyniosła 4,42 Mg. Utrzymanie zwierząt systemem ściółowym wpływało na zmniejszenie wskaźników uwalniania amoniaku. Od zwierząt utrzymywanych na słomie uzyskano średnią emisję na poziomie 1,6 mg/s, zaś całkowita roczna emisja wyniosła 3,92 Mg. W pracy ponadto przedstawiono wyniki obliczeń stężenia amoniaku w sieci receptorów dla zobrazowania problemu rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń wokół analizowanych budynków inwentarskich. Wyniki rozprzestrzeniania się amoniaku z uwzględnieniem specyficznych warunków miejscowych wskazują na konieczność analizy obszaru o promieniu 1014 m od budynku inwentarskiego pod kątem występowania zaostrożonych wartości odniesienia. W kolejnym analizowanym obiekcie dla którego opracowano rozprzestrzenianie się amoniaku w powietrzu, w skali rocznej utrzymywano około 40 tys. brojlerów (160 DJP), w sześciu cyklach produkcyjnych po 6 tygodni każdy [H5]. W

praktyce często stosuje się w tym celu wielkości współczynników emisji z ferm wyliczane, jako iloczyn średnich godzinowych stężeń gazu i wielkości wentylacji. Nie zawsze są one jednak odzwierciedleniem obrazu zapachowego otoczenia fermy, a model smugi odorantów jest identyczny z modelem smugi innych zanieczyszczeń powietrza [Rogalowicz i Bajdur, 2014]. Emisja roczna amoniaku dla całego obiektu została ustalona na poziomie 6,31 Mg, co w przeliczeniu na emisję maksymalną w poszczególnych okresach uzyskano 1,08 kg/h w pierwszym okresie, zaś w drugim 0,86 hg/h. Wpływ podłoża na rozkład zanieczyszczeń, oszacowano poprzez przyjęcie współczynnika aerodynamicznej szorstkości terenu na poziomie 0,5. Konieczność analizy obszaru pod kątem występowania zaostzonych wartości odniesienia emisji dla pojedynczego emitora oszacowano w odległości 41,9m. Powyższe założenia pozwoliły na wyliczenie krytycznej sytuacji meteorologicznej: prędkość wiatru 3m/s i stan równowagi atmosfery 4. Wówczas $S_{mm} < 0,1 * D1$. Wykazano, iż amoniak jest substancją, której suma stężeń jest większa od 10% D1. Wartość wskaźnika S_{mm} przekraczająca 10 % poziomu dopuszczalnego lub 10 % wartości odniesienia nie oznacza jednak przekroczenia kryterium nakreślonego w Rozporządzeniu Ministra Środowiska [EU 2017/302]. Uzyskane wartości dla analizowanej fermy trzody chlewnej oraz drobiu w pracach [H5] oraz [H6], wskazują na konieczność podjęcia działań zmierzających do ograniczenia emisji, poprzez wprowadzenie dobrych praktyk, czy BAT-ów wpływających na ograniczenie emisji amoniaku. W dniu 21.02.2017 r. w Dzienniku Urzędowym Unii Europejskiej (L 43/231) opublikowana została decyzja wykonawcza Komisji (UE) 2017/302 z dnia 15 lutego 2017 r. ustanawiająca konkluzje dotyczące najlepszych dostępnych technik (BAT) w odniesieniu do intensywnego chowu drobiu lub świń zgodnie z dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/75/UE. Wymagania w formie decyzji wykonawczej Komisji Europejskiej wprost zobowiązuje kraje członkowskie do stosowania technik ograniczania uciążliwości zapachowej oraz wskazuje na obowiązek okresowego monitorowania odorów m.in poprzez pomiar zgodny z normą olfaktometrii dynamicznej. W zakresie emisji substancji do powietrza konkluzje BAT określają wymagania wobec hodowli świń i drobiu, metod ograniczania emisji amoniaku, pyłu, odorów, zakresu obowiązkowego monitoringu emisji, metod wykonywania pomiarów, obliczeń i szacunków emisji oraz systemów zarządzania środowiskowego [UE 2017/302, Departament Ochrony Powietrza i Klimatu, 2016]. W świetle obowiązujących przepisów metody szacowania poziomu zanieczyszczeń wokół funkcjonującego obiektu z wykorzystaniem modeli matematycznych oraz analiza obrazu zapachowego fermy, są niezbędne do zastosowania wdrożenia odpowiednich bezpiecznych technik.

Ad. 3. Ocena możliwości zastosowania naturalnych sorbentów do neutralizacji gazowych zanieczyszczeń powietrza powstających w produkcji zwierzęcej.

Uzupełnienie aspektu badań zrealizowanych w ramach prac [H6] i [H7] stanowiła ocena możliwości zastosowania naturalnych sorbentów do neutralizacji zanieczyszczeń gazowych powstających podczas produkcji zwierzęcej. Szczególną uwagę poświęcono możliwości wykorzystania bentonitu sodowego jako neutralizatora amoniaku powstającego w trakcie biodegradacji odchodów. Mając na uwadze zasadę 3R zgodną z obowiązującą obecnie ustawą z 21 stycznia 2005 roku „O doświadczeniach na zwierzętach” zastąpiono zwierzęta gospodarskie zwierzętami o niższym stopniu rozwoju ewolucyjnego (zwierzęta laboratoryjne). W publikacji [H6] przedstawiono wyniki doświadczenia z zastosowaniem 1% dodatku bentonitu sodowego do karmy szczurów odmiany Wistar. Wykorzystanie szczurów jako zwierząt modelowych zostało podyktowane łatwością stałej kontroli warunków doświadczenia oraz powtarzalnością uzyskiwanych wyników w wiarygodnym modelu pomiarowym. Badania przeprowadzono metodami nieinwazyjnymi dla zwierząt, zaś materiałem do analiz były próbki kału (100 g) umieszczone w naczyniach wykonanych na wzór naczyń Conveya i poddane inkubacji. Stężenie uwalnianego amoniaku określano w warunkach laboratoryjnych w dniu pobrania prób oraz w 3., 6., 9. i 12. dniu inkubacji. Użyty w doświadczeniu bentonit sodowy został uprzednio przebadany pod kątem składu chemicznego w laboratorium Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie oraz posiadał stosowne zezwolenie zastosowania go do obrotu jako dodatku paszowego dla wszystkich gatunków zwierząt [UE nr. 1060/2013]. Przeprowadzone badania potwierdziły silne zdolności wiązania amoniaku. Największą redukcję uwalnianego gazu odnotowano 3 dnia inkubacji próbek na poziomie 86% redukcji wobec grupy kontrolnej. Najwyższą koncentrację zaobserwowano w 12 dniu inkubacji przy jednoczesnej redukcji obliczonej na poziomie 75,8%. Średnia redukcja poziomu amoniaku dla całego okresu inkubacji próbek wynosiła 56,7%. Analiza wyników z poszczególnych dni inkubacji wykazała statystycznie istotne różnice ($p \leq 0,05$) w 3., 6. i 12. dniu badań. W pracy [H7] przedstawiono wyniki testów w warunkach *ex situ* dwóch glinokrzemianów zastosowanych jako sorbenty amoniaku uwalnianego z pomiotu drobiowego. Z uwagi na postępującą koncentrację ptaków w fermach drobiu oraz wzrost pogłowia tych zwierząt i ich udziału w całej produkcji zwierzęcej, problem usuwania i neutralizacji gazów odlotowych z

kurników nabiera coraz większego znaczenia [Sobczak 2005, Hadlocon i wsp., 2015]. U drobiu azot w pomocie występuje w formie kwasu moczowego, którego rozkład następuje w wyniku działania drobnoustrojów i licznych enzymów, zaś amoniak w ściółce powstaje w wyniku chemicznego i mikrobiologicznego rozkładu kwasu moczowego pochodzącego z odchodów ptaków. Jony amonowe (NH_4^+) w ściółce rozdzielane są na fazę zaadsorbowaną i rozpuszczoną. Rozpuszczony amoniak w warstwie płynnej na powierzchni ściółki może istnieć w formie jonów amonowych (NH_4^+) i wolnego amoniaku (NH_3). W procesie konwekcji, gazowy amoniak z powierzchni ściółki emitowany jest do wolnego strumienia gazów. Gazowy amoniak reaguje zwykle z tlenkami azotu i siarki tworząc cząsteczki azotanu amonu: (NH_3 [g] + HNO_3 [g] \rightarrow NH_4NO_3 [s]) i siarczanu amonu (2NH_3 [g] + $\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ [s]), [5]. Najwięcej amoniaku w przeliczeniu na DJP powstaje na fermach drobiu, gdzie roczna produkcja w przeliczeniu na 1 ptaka waha się w granicach 0,26-0,32 kg [Mroczek, 2009]. Wydalanie azotu u drobiu jest stosunkowo wysokie i wynosi w zależności od wieku ptaka 1,01 do 4,80 g/dobę, zaś u drobiu wodnego nawet 5,4 g/dobę (gęś dorosła). Roczna produkcja amoniaku przez drób waha się od 13 do 80 kg/ DJP. W warunkach produkcyjnych stężenie NH_3 w powietrzu często przekracza dopuszczalne normy – 26 ppm i może sięgać 40-60 ppm. Stężenia takie są niebezpieczne dla zdrowia ptaków, powodują ponadto korozję biologiczną obiektów i zagrażają zdrowiu obsługi. Usuwane systemem wentylacyjnym są wyczuwalne w środowisku do 2,8 km od strony nawietrznej obiektów [Sobczak i Waligóra 2005, Jones i wsp., 2013]. Prowadzone w pracy [H7] badania obejmowały ocenę możliwości zastosowania bentonitu sodowego i zeolitu jako naturalnych sorbentów amoniaku. Analizy wykonano metodą enzymatyczną wg Berthelota za pomocą monotestów firmy Emapol (Emapol Sp. z o.o. Gdańsk, Polska), a pomiary powtarzano 10-krotnie. Eksperyment polegał na określeniu ilości uwalnianego amoniaku przy 1% i 2% dodatku bentonitu sodowego i zeolitu do próbek pomiotu drobiowego. Próbę kontrolną stanowił analogiczny materiał bez suplementu glinokrzemianów. Stężenie uwalnianego amoniaku określono laboratoryjnie w dniu pobrania prób oraz kolejno w 3, 6, 9, 10, 11, 12, 13 i 14 dniu analiz. Wykazano sorbujące właściwości w stosunku do amoniaku zarówno dla bentonitu jak zeolitu wobec grupy kontrolnej. Najbardziej znaczące zmniejszenie poziomu amoniaku odnotowano 9 dnia inkubacji w grupie z zastosowanym zeolitem w ilości 1 oraz 2 %. Poziom redukcji amoniaku wynosił wówczas dla 1% dodatku 38,74%, zaś dla 2% - 30,48% a wyniki były wysoce istotne statystycznie. Również dla użytego w doświadczeniu bentonitu zaobserwowano właściwości redukujące. W 12 dniu trwania doświadczenia w grupie z 2% dodatkiem bentonitu uzyskano wysoką redukcję amoniaku na

poziomie 35% i była to różnica istotna statystycznie. We wszystkich grupach doświadczalnych w 14 dniu badań, dynamika reakcji nieco uległa zmniejszeniu, ale uzyskane wyniki były istotne statystycznie. Średnia redukcja amoniaku dla całego okresu doświadczenia wahała się w przedziale 26,41 – 29,04%. Analizując wyniki poziomu redukcji badanego gazu pomiędzy grupami doświadczalnymi, nie stwierdzono istotności statystycznych. Natomiast w odniesieniu do grupy kontrolnej (K) wszystkie wartości były istotne statystycznie. Uzyskane wyniki badań pomiotu drobiowego, wskazują możliwość zastosowania glinokrzemianów w fermach drobiu, zwłaszcza w okresie zimowym, gdy z powodu niedostatecznej wentylacji pomieszczeń, obecność amoniaku stanowi istotny problem [Maninnen i wsp., 2010]. Profilaktyka prowadzona w kurnikach głównie związana jest z zabiegami dezynfekcji pomieszczeń, czy ściółki i nie przekłada się na wielkość uwalnianych gazów i ich uciążliwość zapachową. W świetle przedstawionych w pracach [H6, H7] badań naturalne glinokrzemiany ze względu na swoją skuteczność działania, niski koszt i dostępność, powinny znaleźć zastosowanie w procesach technologicznych wymagających ograniczenia emisji lotnych zanieczyszczeń do powietrza atmosferycznego z budynków inwentarskich.

Podsumowanie

Przedstawiony cykl 7 prac stanowiących osiągnięcie jest zbiorem publikacji dokumentujących problematykę uwalniania gazowych zanieczyszczeń powietrza z budynków inwentarskich i modelu ich rozprzestrzeniania się w środowisku. Na podstawie uzyskanych wyników badań zaproponowano rozwiązanie zmniejszenia emisji amoniaku z odchodów zwierząt z wykorzystaniem naturalnie występujących glinokrzemianów. Podsumowując, na podstawie uzyskanych wyników za najważniejsze uważam:

- Przedstawione wyniki badań wskazują na wysokie poziomy szkodliwych domieszek powietrza występujące w budynkach inwentarskich. Konieczne jest zatem stałe monitorowanie ich poziomów tak, aby maksymalnie ograniczać ich szkodliwe oddziaływanie na zdrowie zwierząt i stan ekosystemów.
- Poziom uwalnianych gazów jest bezpośrednio związany z gatunkiem i grupą technologiczną utrzymywanych zwierząt.
- Modelowanie rozprzestrzeniania się substancji chemicznych z budynków inwentarskich z wykorzystaniem metod matematycznych jest bardzo pomocnym elementem przy opracowaniu raportu oddziaływania inwestycji na środowisko z jednoczesnym

uwzględnieniem lokalnych warunków klimatycznych, które mają istotny wpływ na dyspersję zapachową.

- W badaniach wykazano, iż testowane glinokrzemiany można wykorzystać do neutralizacji uwalnianych zanieczyszczeń, a szczególnie amoniaku, co wpłynie korzystnie na obraz zapachowy otoczenia ferm i poprawę warunków utrzymania zwierząt.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

5.1. Przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora

Moja działalność naukowa skupiała się głównie nad oddziaływaniem ferm zwierząt gospodarskich na środowisko, higieną i analizą zagrożeń mikrobiologicznych związanych z wielkotowarową produkcją zwierzęcą oraz badaniem wpływu niektórych suplementów stosowanych w żywieniu zwierząt gospodarskich na wskaźniki ich zdrowia i produktywność. W początkowym okresie mojej aktywności naukowej wiodącym kierunkiem badawczym była ocena możliwości redukcji zanieczyszczeń emitowanych z ferm oraz ich wpływu na stan zdrowia zwierząt i ludzi. Realizację badań w tym zakresie umożliwiły prace w ramach grantu promotorskiego nr N N305 410738 na temat „Wpływ dodatku bentonitu do karmy na poziom uwalniania amoniaku z kału norek (*Mustella vison*) a wybrane wskaźniki ich zdrowia i produktywności” realizowanego w latach 2010-2012 przez MNiSW, którego byłem głównym wykonawcą. Problematykę tę podejmują dwie prace z listy filadelfijskiej [A15,A16] oraz trzy wystąpienia konferencyjne [E3,E4,E9]. Kontynuacją badań z omawianego zakresu były badania dotyczące uwalniania zanieczyszczeń gazowych z przemysłowej hodowli królików [B2,C3,E2]. Opadanie kału królików do kanałów gnojowicowych i kontakt ich z wodą i moczem wpływa na osłabienie procesów utleniania. Zaleganie zaś odchodów w kanale wpływa na procesy fermentacji i uwalnianie licznych zanieczyszczeń do powietrza. Powstające w trakcie tych procesów gazy wyrzucane są przez układy wentylacyjne na zewnątrz, co zwiększa koncentrację zanieczyszczeń w powietrzu atmosferycznym poza budynkami inwentarskimi. W wyniku intensyfikacji produkcji powstaje znaczna ilość substancji organicznej, będąca siedliskiem wielu patogenów.

Zanieczyszczenia mikrobiologiczne w fermach hodowlanych stanowią poważny problem, stąd konieczność wprowadzania sanitarnych środków profilaktycznych mających na celu zapewnienie właściwych warunków higienicznych produkcji i zmniejszających zanieczyszczenie środowiska. Powstawanie coraz to większych obszarów zurbanizowanych powoduje niestety

koncentrację źródeł emisji zanieczyszczeń powietrza na stosunkowo niewielkich przestrzeniach, do których zaliczają się duże ośrodki hodowli i fermy zwierząt. Zanieczyszczenie powietrza jako jeden z czynników mikroklimatu wpływa na zakłócenie homeostazy organizmu nie tylko zwierząt, ale również pracowników. Celem prac [B5] była ocena narażenia pracowników fermy zwierząt futerkowych na aerozol biologiczny. Przeprowadzone badania zanieczyszczenia powietrza wewnątrz pomieszczeń fermowych tj. pomieszczenia socjalne i kuchnia paszowa nie wykazały przekroczeń dopuszczalnych koncentracji mikroorganizmów w powietrzu. Wyniki prowadzonych analiz zostały zaprezentowane na Ogólnopolskiej Konferencji Naukowo-Szkoleniowej organizowanej przez Instytut Medycyny Wsi w Lublinie [E7]. W pracach [B1,B3,B6,C2,E1] analizowano stan sanitarno higieniczny ferm, w tym zwierząt futerkowych (lisy, norki) oraz obór dla krów mlecznych. Przeprowadzone badania wskazują na wysoką presję mikroorganizmów środowiskowych na zwierzęta, stanowiąc potencjalne zagrożenie dla ich zdrowia oraz czynnik obniżający wskaźniki dobrostanu. Niepożądanym skutkiem ekspozycji na mikroorganizmy oportunistyczne przy jednoczesnym osłabieniu odporności zwierząt wynikającym z intensywnej produkcji są m m.in. stany zapalne gruczołu mlekowego u krów. W pracach [B1,B7] analizowano czynniki etiologiczne mastitis oraz ich aktywność enzymatyczną, wśród izolatów uzyskanych od krów z gospodarstw wielkostadnych. Przeprowadzone badania wskazują na wiodący udział bakterii środowiskowych w etiologii zapaleń, jednocześnie zwracając uwagę na stale rosnący odsetek stwierdzanych grzybów drożdżopodobnych z rodzaju *Candida*. Poszerzeniem omawianej problematyki była praca [C1] dotycząca działań ograniczających ujemne skutki stresu oksydacyjnego świetle Dyrektyw Dobrostanu. Przeprowadzone badania wskazują jak konieczne jest zachowanie standardów higieny i wprowadzanie środków profilaktycznych w chowie i hodowli zwierząt, szczególnie na fermach zwierząt futerkowych. W tego typu obiektach pojawia się szczególne ryzyko narażenia organizmu na stres oksydacyjny, gdyż zwierzęta pobierają karmę wysokoenergetyczną i są narażone na działanie wielu szkodliwych substancji. Kolejne zagadnienia badawcze w których uczestniczyłem obejmowały poszukiwanie skutecznych środków dezynfekcyjnych. Wyniki badań nad zastosowaniem ozonu gazowego oraz rapicidu (jod aktywny, kwas fosforowy, kwas siarkowy) w dezynfekcji pomieszczeń inwentarskich zostały zaprezentowane na Międzynarodowej Konferencji, 22 – 23 września 2011 w University of Veterinary Medicine and Pharmacy w Koszycach (Słowacja) [E5,E6]. Szczególnym opracowaniem, powstałym z potrzeby pomocy ludziom, przy równoczesnej analizie zagrożeń mikrobiologicznych i bezpieczeństwa zdrowotnego tych osób, była ocena mikologiczna powietrza przeprowadzona w domach zalanych

po powodzi w gminie Wilków (2010, Lubelskie). Wyniki badań opublikowano na łamach Mikologii Lekarskiej [B4]. Badania dotyczyły możliwości zastosowania w dezynfekcji domów gazowego ozonu. Analiza mikologiczna powietrza (przed i po ozonowaniu) wykazała wysoką redukcję liczebności grzybów po zastosowaniu tej metody dezynfekcji. Średnia redukcja po zabiegu ozonowania oszacowano na poziomie ok. 60%. Praca [E8] powstała w ramach działalności Studenckiego Koła Naukowego-Sekcji Higieny Środowiska. Przeprowadzone analizy dotyczyły transmisji mikroorganizmów na powierzchni przedmiotów codziennego użytku. Wyniki zostały zaprezentowane na Międzynarodowym Seminarium Studenckich Kół Naukowych nt. "Środowisko - Zwierzę - Produkt", Lublin, 3 kwietnia 2012. Opracowania prowadzone wraz z studentami odzwierciedlają ich zainteresowania naukowe oraz są podstawą do aplikowania o stypendia naukowe.

5.2. Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora

Realizacja wieloaspektowej pracy doktorskiej pozwoliła mi na zdobycie doświadczenia w prowadzeniu badań naukowych i wypracowaniu własnego warsztatu badawczego. Dalsza działalność naukowo-badawcza została zatem poszerzona o nowe zakresy tematyczne badań, które obejmowały następujące nurty zagadnień:

1. Monitoring i analiza zanieczyszczeń chemicznych i biologicznych powietrza w budynkach inwentarskich oraz przeciwdziałanie im przy zachowaniu dobrostanu zwierząt.
2. Poszukiwanie nowych preparatów dezynfekcyjnych i biobójczych mogących znaleźć zastosowanie w produkcji zwierzęcej.
3. Monitorowanie oraz identyfikacja zagrożeń zawodowych i środowiskowych.

W dobie narastających problemów ekologicznych coraz większego znaczenia nabiera antropopresja, zagrożenia i ochrona środowiska. Problem skażenia środowiska nieodzownie jest związany z uciążliwością współczesnego rolnictwa, a zwłaszcza produkcji zwierzęcej. W wyniku jej komasacji powstaje znaczna ilość substancji organicznej, będąca źródłem siedliskiem wielu patogenów. W fermach zwierząt kumulują się znaczne ilości substancji organicznych w postaci resztek paszy, czy wydalanych metabolitów. Przy nieodpowiednim zagospodarowaniu odchodów często dochodzi do zanieczyszczenia wód, eutrofizacji zbiorników wodnych, a także skażenia

pastwisk i pól, a tym samym zmniejszenia wartości „zdrowotnej” upraw. Zanieczyszczenie powietrza jako jeden z czynników mikroklimatu wpływa na zakłócenie homeostazy organizmu zwierząt, a więc obniżenie jego dobrostanu. Część z nich wykazuje odorotwórczy charakter i stanowią poważny problem dla hodowców będąc uciążliwymi dla pobliskich mieszkańców. Dążenie do hermetyzacji obiektów hodowlanych zwiększa narażenie zwierząt na działanie czynników chemicznych, czy biologicznych. Wszystkie podejmowane prace badawcze w tym zakresie miały przede wszystkim na celu analizę powstających zanieczyszczeń gazowych powietrza i opracowaniu skutecznych metod ich redukcji. Problematyka ta została szczegółowo opisana w opublikowanych pracach [A5,A11,B13,B19,B22]. W każdym badanym obiekcie odnotowano znaczne emisje gazowych zanieczyszczeń do powietrza. Przeprowadzone analizy wskazują na wysoką koncentrację w powietrzu pomieszczeń inwentarskich amoniaku, metanu, siarkowodoru, czy grupy związków określaną jako BTX. Zanieczyszczenia te są szczególnie niebezpieczne w przypadku złej wentylacji i niedostatecznej ilości tlenu, gdyż mogą się pojawić uboczne efekty biologiczne o działaniu narkotycznym. Przeprowadzone na szeroką skalę badania nad zastosowaniem glinokrzemianów potwierdziły silne właściwości absorpcyjne bentonitu sodowego w stosunku do amoniaku i azotynów. Zastosowanie takiej suplementacji do karmy norek wpływa korzystnie na jej stan sanitarny, zmniejsza koncentracją ogólnej liczby grzybów, nie mając ujemnego wpływu na analizowane parametry zdrowia zwierząt [A9]. Wychodząc naprzeciw potrzebom hodowców zostały opublikowane prace charakteryzujące chemiczne zanieczyszczenia powietrza powstające z produkcji zwierzęcej, w których zaproponowano metody poprawiające dobrostan zwierząt i środki przeciwdziałające degradacji środowiska [C5,C6,C7,C8,C9,C10]. Pewnym podsumowaniem działalności naukowej skupiającej się nad chemicznymi zanieczyszczeniami powietrza są dwie prace monograficzne [D1,D2] oraz wygłoszony referat na Seminarium Naukowo-Technicznym pt.: „Chemistry for Agriculture” w Karpaczu [E10]. Zanieczyszczenia mikrobiologiczne w fermach hodowlanych stanowią poważny problem, stąd konieczność wprowadzania sanitarnych środków profilaktycznych mających na celu zapewnienie właściwych warunków higienicznych produkcji i zmniejszających zanieczyszczenie środowiska. W ramach badań nad zanieczyszczeniem mikrobiologicznym powietrza przeprowadzono ukierunkowane analizy w pomieszczeniach dla koni, fermach drobiu, królików i zwierząt futerkowych [A10,B10,B12,B14,C11,C12]. W trakcie badań izolowano liczne mikroorganizmy oportunistyczne jak: grzyby drożdżopodobne z rodzaju *Candida*, *Trichosporon asahi*, *Escherichia coli*, paciorkowce kałowe-*Streptococcus faecalis* czy koagulazo ujemne gronkowce- CNS mogące

stanowiąc potencjalne zagrożenie dla zdrowia ludzi i zwierząt. Rosnące zagęszczenie wynikające ze wzrostu wielkości stada prowadzi do zwiększenia zanieczyszczeń gazowych, wywołuje zmiany mikroklimatu i rosnące stężenie czynników chorobotwórczych w powietrzu. Stąd potrzeba ciągłego poszukiwania skutecznych preparatów dezynfekcyjnych. Badania nad skutecznością działania preparatów dezynfekcyjnych i higienizacyjnych przedstawiono w pracach [A1,A3, A6,A7,A8,A12,B8,B9,B11,B17,B21,B23] oraz trzech pracach monograficznych [D2,D5,D16] oraz wystąpieniu konferencyjnym [E15]. Celem badań podjętych w pracach [A1,A3,E15] była potrzeba poszukiwania alternatywnego wobec formaldehydu środka dezynfekcyjnego możliwego do wykorzystania w dezynfekcji jaj wylęgowych. W przeprowadzonych badaniach odnotowano skuteczność soku grapefruitowego i preparatów na bazie nanosrebra jako dezynfektantu dla jaj wylęgowych w aspekcie ograniczenia rozwoju mikroflory na skorupie. Testowane preparaty nie wpłynęły bezpośrednio na wyniki wylęgu oraz jakość uzyskanych piskląt, co może potwierdzać ich możliwe wykorzystanie jako alternatywnej metody dezynfekcji. W ostatnich latach zwraca się coraz większą uwagę na bezpieczeństwo żywności, w tym jakość i bezpieczeństwo pasz podawanych zwierzętom. W ramach współpracy z Katedrą Ogólnej Uprawy Roli i Roślin UP w Lublinie opracowano metodykę dezynfekcji ozonem zbóż, jako zamiennika fumigacji. Celem prac [A6,B8,B17,B23] była ocena wykorzystania ozonu do redukcji zanieczyszczeń mikrobiologicznych podczas przechowywania zbóż. Otrzymane wyniki badań wskazują, że ozonowanie zboża może znaleźć zastosowanie w jego dezynfekcji. Wykazano, iż silne właściwości utleniające ozonu skutecznie niszczą mikroflorę przechowalniczą. Dużym problemem związanym z grzybami przechowalniczymi są mikotoksyny, które stwarzają zagrożenie dla zdrowia ludzi i zwierząt. Dezynfekcja ozonem, niszcząc żywe formy grzybów oraz powstałe mykotoksyny, jednocześnie zabezpiecza ziarno przed kumulowaniem toksyn i niekorzystnych produktów przemiany materii grzybów [B17]. Kolejną podjętą problematyką było określenie aktywności środków dezynfekcyjnych wobec glonów z rodzaju *Prototheca spp.* Mikroorganizmy te cechują się wysoką opornością na leki i preparaty dezynfekcyjne oraz jako jedyne w świecie roślinnym są zdolne do wywoływania zakażeń zwierząt i ludzi. Ze względu na brak skutecznych metod terapii prototekozy są przyczyną poważnych strat finansowych w hodowli, szczególnie produkcji mleczarskiej. W pracach [A12,D16] określono skuteczność dezynfekcyjną w warunkach *in vitro* preparatów na bazie jodu oraz chlorcheksydyny a także naturalnych olejków eterycznych i mykostatyków. Uzyskane wyniki wykazują dużą zmienność, dlatego też konieczna jest dalsza kontynuacja poszukiwania nowych preparatów wobec *Prototheca spp.* oraz efektywnych sposobów stosowania

już przebadanych preparatów. W ostatnich latach nastąpił powrót do używania srebra jako środka bakteriobójczego w postaci roztworów i zawiesin. Ze względu na jego potwierdzone właściwości przeciwdrobnoustrojowe, nanocząsteczki metali szlachetnych (głównie srebra) są obecnie coraz częściej stosowane w produkcji zwierzęcej jako środki dezynfekujące. Jednakże chemicznie syntetyzowane cząstki srebra mogą mieć negatywny wpływ na zdrowie zwierząt. Jak wykazano w pracy [A7] w grupie kurcząt pobierającej nanosrebro zaobserwowano zwiększoną fagocytozę i aktywność metaboliczną leukocytów oraz produktów peroksydacji lipidów, co wskazuje na rozwój stresu oksydacyjnego i stanów zapalnych w organizmie [A8]. Przeprowadzone badania wskazują jak konieczne jest zachowanie standardów higieny i wprowadzanie środków profilaktycznych w chowie i hodowli zwierząt. Wpływa to nie tylko na poprawę stanu sanitarnego pomieszczeń produkcji zwierzęcej, czy zmniejsza ryzyko narażenia zwierząt i ludzi na działanie czynników biologicznych, ale również ogranicza negatywny wpływ produkcji na środowisko. Obok dezynfekcji konieczne jest podjęcie działań ograniczających ujemne skutki czynników środowiskowych ferm na organizmy zwierząt w świetle Dyrektyw Dobrostanu. Szczególnym nadzorem objęto czynniki środowiskowe i stres okresu okołoporodowego u nerek. Prowadzone badania potwierdzają wzmocnienie reakcji immunologicznych u nerek otrzymujących suplementację plazmy. Wzmocnienie jednak czy blokada funkcji limfocytów, uzyskanie równowagi między stanem aktywacji i supresji w obrębie układu immunologicznego w zależności od bieżących potrzeb to podstawowe elementy immunoterapii. Postępowanie takie może stwarzać zagrożenie dysregulacji tego układu, dlatego należy z ostrożnością wprowadzać je do praktyki [A2,A14,C4]. Kolejne zagadnienia badawcze w których uczestniczyłem wraz z zespołem badawczym obejmowały bezpieczeństwo i higienę pracy osób zatrudnionych w różnych gałęziach gospodarki. Gospodarstwa rolne należą do szczególnych zakładów pracy, gdzie pracownicy narażeni są na szeroki wachlarz różnorodnych niebezpieczeństw. Ograniczanie ryzyka osób zatrudnionych w produkcji zwierzęcej możliwe jest dzięki stosowaniu prawidłowych zasad hodowli zwierząt. Pracę z tego zakresu przedstawiono na Międzynarodowym Sympozjum Naukowym Zarządzanie maszynami rolniczymi i procesami w zrównoważonym rolnictwie [E17]. W tym zakresie opracowano również pracę monograficzną dotyczące bezpiecznego użytkowania maszyn rolniczych [D17], zagrożeń biologicznych w zawodach medycznych [B16,D4,D12,D13,D14] oraz zagadnień związanych z epidemiologią i transmisją mikroorganizmów [A4,B18,B20].

Podsumowując, mój dorobek naukowy obejmuje łącznie 58 publikacji, w tym 21 (3 przed

uzyskaniem stopnia doktora) oryginalnych prac znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR). Wykaz prac naukowych naukowych w części B czasopism naukowych nieposiadających współczynnika wpływu Impact Factor (IF) obejmuje 26 pozycji (7 przed uzyskaniem stopnia doktora). Ponadto jestem autorem 13 artykułów przeglądowych i popularnonaukowych (3 przed uzyskaniem stopnia doktora), 18 rozdziałów w monografii oraz 17 prac w materiałach konferencyjnych i opublikowanych komunikatów z konferencji międzynarodowych i krajowych.

Pismienictwo:

1. Jones L., Nizam MS., Reynolds B., Bareham S., Oxley ER., Environ Pollut. 180, 221 (2013). doi: 10.1016/j.envpol.2013.05.012
2. Kołodyńska J., Geca M., Hubicki Z., Przem.Chem, 2017,5, 1139.
3. Ozonek J., Korniluk M., Piotrowicz A., Roczn. Ochr. Środ. 2009, 11, 1139.
4. Stetkiewicz J., Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy 2011, nr 4 (70), 97.
5. Aneja C., J. Geophys. Res. Atmos. 2000, 105, 11535.
6. Climate Change 2001: Working Group I. The Scientific Basis. 6.3.3 Halocarbons. UNEP/GRID-Arendal, 2003.
7. Decyzja wykonawcza Komisji (UE) 2017/302 z dnia 15 lutego 2017 r. ustanawiająca konkluzje dotyczące najlepszych dostępnych technik (BAT) w odniesieniu do intensywnego chowu drobiu lub świń zgodnie z dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/75/UE
8. Dendooven L., Bonhomme E., Merckx R., Vlassak K., 1998. Injection of pig slurry and its effect on dynamics nitrogen and carbon in a loamy soil under laboratory conditions. Biol. Fertins. Soil, 5–8.
9. Departament Ochrony Powietrza i Klimatu. 2016: Kodeks przeciwdziałania uciążliwości zapachowej (projekt), Warszawa, 2016.
10. Dyrektywa Rady 96/61/WE z dnia 24 września 1996 r. dotycząca zintegrowanego zapobiegania zanieczyszczeniom i ich kontroli.
11. Erd J., Tymczyzna L., 1998. Antropogeniczne źródła amoniaku w atmosferze. Ekoinżynieria 5, (30), 27–31.
12. GŁÓWNY URZĄD STATYSTYCZNY. Opracowanie sygnałne Fizyczne rozmiary produkcji zwierzęcej w 2016 r. Warszawa, 08.09.2017 r
13. Gupta S.S., Bhattacharyya K.G., J. Environ. Manage. 2008, 87, 1, 46.
14. Guz L., Guz M., 2005. Emisja amoniaku do powietrza z fermy indyków. Annales UMCS, sec. DD, Medicina Veterinaria 50, 159–165.
15. Hadlocon L.J., Manuzon R.B., Zhao L., Environ Technol. 36(4), 405 (2015)

16. Ito H. , Appli. Clay Sci. 2006, 31, 47.
17. KOBIZE, 2013. Krajowy bilans emisji SO₂ , NO_X, CO, NH₃ , NMLZO, pyłów, metali ciężkich i TZO za lata 2010–2011 w układzie klasyfikacji SNAP. Raport syntetyczny. Warszawa.
18. Krawczyk W., Walczak J., 2010. Potencjał biogeny obornika jako źródło emisji amoniaku i zagrożenia środowiska. Roczn. Nauk Zoot. 37 (2), 187–193.
19. Manninen A., Kangas J., Linnainmaa ., Savolainen H., Am Ind Hyg Assoc. J 50(4) 210 (2010) DOI: 10.1080/15298668991374525
20. Marszałek M., Banach M., Kowalski Z., J. Ecol. Health 2011, 15, nr 2, 66.
21. Meisinger JJ., WE. Jokela. Ammonia volatilization from dairy and poultry manure (2000) www.nraes.org
22. Mielcarek P, Rzeźnik W, Rzeźnik I., 2014. Emisja gazów cieplarnianych i amoniaku z tuczarni na głębokiej ściółce; Problemy Inżynierii Rolniczej, I–III, 83–90.
23. Mielcarek P., 2012. Weryfikacja wartości współczynników emisji amoniaku i gazów cieplarnianych z produkcji zwierzęcej. Inż. Rol. 4 (139), 267–276
24. Mikła D., Hoffmann D., Hoffmann J., Proc. ECOpole 2008, 2, nr 1, 227.
25. Mroczek J., . Polskie Drobiarstwo 2, 38 (2009)
26. Mroczek J.R., Zesz. Nauk. PTIE i PTG Oddz. w Rzeszowie 2009, nr 11, 171.
27. Myczko A, Karłowski J, Szulc R., 2002. Szczegółowe badania emisji metanu i podtlenu azotu z fermentacji jelitowej oraz odchodów zwierzęcych, W: Materiały konferencyjne, VIII Międzynarodowa Konferencja Naukowa, 24-25 Septembre, Warszawa, 158-164.
28. Nowakowicz-Debek B.,Pawlak H.,Wlazło Ł.,Maksym P.,Bis-Wencel H., Sasáková N., Stasińska ., Przem. Chem, 2016, 95, nr 4, 770.
29. Nowakowicz-Dębek B., Wlazło Ł.,Tymczyna L.,Chmielowiec-Korzeniowska A., Przem. Chem. 2011, 90 nr 5, 958
30. Nowakowicz-Dębek B., Wlazło Ł., Gacek L., Trawińska B., Martyna J., 2010. Złowonne i szkodliwe domieszki gazowe w powietrzu w króliczarni. Ekol. Tech. 18 (5), 272–275.

31. Nowakowicz-Dębek B., Wlazło Ł., Gacek L., Wnuk W., 2013. Chemiczne zanieczyszczenia powietrza w fermowej hodowli królików. In: Profilaktyka chorób królików, Kupczyński R., Piasecki T. (ed.), Wyd. UP we Wrocławiu, 111–119.
32. Nowakowicz-Dębek B., Wlazło Ł., Bis-Wencel H., Wnuk W., Kasela M., Ossowski M., Ann.Univ. Maria Curie-Skłodowska EE 2014, 32, nr 2, 1.
33. Nowakowicz-Dębek B., Wlazło Ł., Stasińska B., Krzaczek P., Bis-Wencel H., Wnuk W., Annales UMCS, 2016, 34, nr 4, 50.
34. Olszowski T., 2012. Koncentracje i korelacje współwystępowania lotnych związków organicznych (BTEX) w powietrzu na obszarze wiejskim, Proceedings of ECOpole 6(1), 376–381.
35. Opaliński S., Korczyński M., Kołacz R., Dobrzański Z., Żmuda K., Przem. Chem. 2009, 88, nr 5, 540.
36. Pagacz J., Pielichowski J., Czasop. Techn. 2007, nr 1, 133.
37. Pasha T.N., Farooq M.U., Khattak F.M., Jabbar M.A., Khan A.D., Animal Feed Sci. Technol. 2007, 132, 103.
38. Pasternak M., Calik J., Wiadomości Zootechniczne, R. LIII (2015), 4: 62–69
39. Paulot F., Jacob D.J., Pinder R.W., Bash J.O., Travis K., Henze D.K., J. Geophys. Res. 2013, DOI:10.1029.
40. Petersen S.O., Kristensen K., Eriksen J., 2001. Denitrification losses from outdoor piglet production, JEQ 30, 1051–1056.
41. Pietrzak S., 2006. Metoda inwentaryzacji emisji amoniaku ze źródeł rolniczych w Polsce i jej praktyczne zastosowanie. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, 6, 1(16), 319-334.
42. Podkówka W., Podkówka Z., 2001. Żywnienie zwierząt i paszoznawstwo. PWN, Warszawa, 118–119.
43. Rogalewicz G., Bajdur W.M. Prace naukowe. Technika, Informatyka, Inżynieria

Bezpieczeństwa 2014, 2, 325.

44. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 26 stycznia 2010r. Dz.U. 2010 nr 16 poz. 87.
45. Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) nr 1060/2013 z dnia 29 października 2013r. dotyczące zezwolenia na stosowanie bentonitu jako dodatku paszowego dla wszystkich gatunków zwierząt Tekst mający znaczenie dla EOG
46. Rybiński P., Janowska G., Polimery 2013, 58, nr 5, 325.
47. Sangmoo L., Youngil K., Wansup K., Asian-Australasian J. Animal Sci. 2010, 12, 61.
48. Słobodzian-Ksenicz ., Houszka H., Michalski., Anim. Sci. Pap. Rep. 26 (4), 317 (2008)
49. Sobczak J., Waligóra T., Systemy utrzymania drobiu – Poradnik. Wydawnictwa IBMER i Duńskie Służby Doradztwa Rolniczego. (2005).
50. Sorensen P., Amato M., 2002. Remineralisation and residual effect of N after application of pig slurry to soil. Eur. J. Agron. 16 (2), 81–95.
51. Ustawa z dnia 25 lutego 2011 r. o substancjach chemicznych i ich mieszaninach. Dz.U. 2011 nr 63 poz. 322.
52. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska. (Dz. U. Nr 62, poz. 627 z póź. zm).
53. Wang Y., Dong H., Zhu Z., Gerber PJ., Xin H., Smith P., Opio C., Steinfeld H., Chadwick D., Environ Sci Technol. 2017, 51, 4503.
54. Wlazło Ł., Nowakowicz-Dębek B., Kapica J., Kwiecień M., Pawlak H., J Environ Manage, 2016, 183, nr 3, 722.

Lukasz Wlazło