



MAZOWIECKI OŚRODEK DORADZTWA ROLNICZEGO

INNOWACYJNE METODY REDUKCJI AMONIAKU W RÓŻNYCH SYSTEMACH UTRZYMANIA ZWIERZĄT GOSPODARSKICH



„Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie”

„Instytucja Zarządzająca Programem Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014 - 2020 — Minister Rolnictwa i Rozwoju Wsi”

Publikacja współfinansowana ze środków Unii Europejskiej w ramach Schematu II Pomocy Technicznej

„Krajowa Sieć Obszarów Wiejskich” Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014-2020

Publikacja opracowana przez Mazowiecki Ośrodek Doradztwa Rolniczego z siedzibą w Warszawie



© Mazowiecki Ośrodek Doradztwa Rolniczego
ul. Czereśniowa 98, 02-456 Warszawa
tel. 22 571 61 00, fax 22 571 61 01
e-mail: sekretariat@modr.mazowsze.pl

Autorzy:

dr hab. Jacek Walczak – Instytut Zootechniki PIB
dr Wojciech Krawczyk – Instytut Zootechniki PIB
dr inż. Elżbieta Sowula-Skrzyńska – Instytut Zootechniki PIB

Projekt okładki:

Elżbieta Kuśmierczyk

Opracowanie graficzne, przygotowanie do druku i druk:



Numer ISBN: 978-83-60408-64-3

Nakład: 500 egz.

SPIS TREŚCI

Wstęp	4
Emisja amoniaku z produkcji zwierzęcej jako zagrożenie dla zdrowia ludzi i skażenia środowiska z uwzględnieniem międzynarodowych i krajowych regulacji prawnych	5
Dobór i efektywność najnowszych metod żywieniowych i technologicznych mitygacji amoniaku w produkcji zwierzęcej	12
Ekonomiczny wymiar redukcji emisji amoniaku w gospodarstwach o różnych profilach produkcji zwierzęcej	28

WSTĘP

Większość dokumentów UE, jak rekomendacje KE czy badanie ETO (KE, 2020), odnoszących się do efektywności realizowanego i projektowanego na przyszłość krajowego PROW, wymienia emisje gazów z rolnictwa, w tym amoniaku, jako obszar pozostawiający wiele do życzenia. Wprawdzie Polska posiada już kilka aktów prawnych na poziomie rozporządzeń, a nawet kodeks dobrych praktyk wydany przez MRIRW, to jednak szacunki KOBiZE wykazują na najbliższe lata wzrost emisji amoniaku z rolnictwa. A przecież zgodnie z dyrektywą NEC, emisja ta w naszym kraju ma spadać rocznie o 1%. Niewykluczone zatem, że grozi nam scenariusz znany z wdrażania „dyrektywy azotanowej” i późniejszego wyroku TSUE. Aby nie stanąć nagle wobec konieczności szybkiego wdrażania rozwiązań technologicznych zawsze związanych z inwestycjami, już teraz warto zaznajomić się i wdrożyć we własnym stadzie metody, które redukują emisje amoniaku, ale także uciążliwość odorową z nimi związaną. Najwcześniej będą musiały tego dokonać gospodarstwa podlegające BAT (2017), czyli te realizujące chów na poziomie przemysłowym, a podlegające Dyrektywie PEiR 2010/75/ UE w sprawie emisji przemysłowych – IED. Niemniej także dla małych stad perspektywa ta jest nieodwracalna, a jedynie odłożona nieco w czasie.

Emisja amoniaku z produkcji zwierzęcej jako zagrożenie dla zdrowia ludzi i skażenia środowiska z uwzględnieniem międzynarodowych i krajowych regulacji prawnych

Zanieczyszczenie środowiska szkodliwymi domieszkami gazowymi i pyłami generowane jest przez wszystkie gałęzie gospodarki, jednak to rolnictwo jest odpowiedzialne za ponad 92% emisji amoniaku w UE, natomiast w Polsce wartość ta sięga 94% (KOBiZE, 2018), przy czym 83% pochodzi z nawozów naturalnych, a pozostałe kilkanaście procent z nawozów mineralnych.

Intensywna skala produkcji zwierzęcej sprawia, że powstające w trakcie utrzymania drobiu, trzody chlewnej czy bydła: pomiot, gnojowica i obornik oraz towarzyszące im emisje amoniaku i innych gazów w znacznym stopniu obciążają środowisko naturalne. Wpływają one niekorzystnie nie tylko na powietrze ale także na glebę i wodę.

Azot pobierany przez zwierzęta w postaci białka zawartego w paszy wbudowywany jest w struktury tkanek ich organizmów. Większość tego pierwiastka jest jednak wydalana w odchodach, w których ulega on wielu przemianom chemicznym, takim jak: amonifikacja, nityfikacja czy denityfikacja. To właśnie w procesie amonifikacji (dezaminacji) azot organiczny przekształca się w formę nieorganiczną i jako amoniak emitowany jest do atmosfery, w której może wchodzić m.in. w reakcje z kwasem siarkowym i azotowym.

Powstałe na tej drodze aerozole przyczyniają się do występowania kwaśnych opadów, które doprowadzają do eutrofizacji ekosystemów wodnych i glebowych. Amoniak jako pył zawieszony o średnicy $PM_{2,5}$ odpowiada także za przenoszenie w powietrzu azotu reaktywnego na duże wynoszące setki kilometrów odległości i jego depozycji m.in. w akwenach wodnych. Nadmierne stężenie amoniaku w powietrzu oddziałuje na fizjologię, behavior i zdrowotność ludzi oraz zwierząt, prowadząc do obniżenia ich odporności, dobrostanu, a w przypadku drobiu, świń i bydła także produktywności.

W przypadku ludzi najbardziej narażone na działanie tego gazu są skóra, błony śluzowe oczu i nosa oraz układ oddechowy, a konsekwencją m.in. przewlekłe zapalenie błon śluzowych i oskrzeli (Reynolds i in., 1996). U drobiu prowokuje on zmiany chorobotwórcze worków powietrznych. Podrażnia błony śluzowe, co skutkuje zrogowaceniem i zapaleniem spojówek, obrzękiem płuc, krwawymi wylewami do tchawicy i oskrzeli, a nawet porażeniem rdzenia przedłużonego (Kristensen i in., 2000). Świnie narażone na nadmierne stężenie amoniaku w budynkach inwentarskich zapadają najczęściej na choroby układu oddechowego wykazując np. objawy i zmiany patologiczne charakterystyczne dla enzootycznego zapalenia płuc wywołwanego przez *Mycoplasma hyopneumoniae* (Maes i in., 1996). Ponadto są bardziej podatne na zakaźne zanikowe zapalenie nosa. Amoniak podrażnia i uszkadza nabłonek ich jam nosowych, dzięki czemu mogą się w nim rozwijać, wywołujące tę chorobę bakterie *Pasteurella multocida* oraz *Bordetella bronchiseptica* (Robertson i in. 1990; Hamilton i in., 1996)).

U bydła narażonego na długotrwałe i wysokie stężenie amoniaku stwierdza się owrzodzenie rogówki, nieżyt nosa, krwotoki w zatokach nosowych oraz odoskrzelowe zapalenie płuc. Zmiany mikroskopowe obejmują głównie zwyrodnienia i martwicę nabłonka powierzchniowego wyściełającego drogi nosowe, tchawicę i drogi oddechowe (Fitzgerald i in., 2006).

Spowodowane zanieczyszczeniem środowiska problemy zdrowotne obok zagadnień związanych ze zmianami klimatu czy żywnością wysokiej jakości mają obecnie priorytetowe znaczenie we wszystkich państwach UE, a Polska nie jest wśród nich wyjątkiem.

Potwierdzeniem tej tezy są badania Eurobarometru przeprowadzone i opublikowane w pierwszej połowie 2017 r., z których wynika, że trzy czwarte mieszkańców państw członkowskich, chce aby UE podejmowała więcej działań na rzecz walki z ochroną środowiska, a co za tym idzie - zdrowiem ludzi.

Jedną z przyczyn podjęcia tego rodzaju działań jest m.in. ponad 400 tysięcy przedwczesnych zgonów odnotowywanych każdego roku na terytorium UE. Dlatego niezwykle ważne jest przestrzeganie przepisów prawnych dotyczących emisji amoniaku i innych gazów nie tylko w rolnictwie ale także w pozostałych sektorach gospodarki. Najważniejszymi wśród tych przepisów, wynikającymi z unijnych i krajowych aktów prawnych, których celem jest ograniczenie emisji amoniaku są: Konwencja Europejskiej Komisji Gospodarczej Organizacji Narodów Zjednoczonych (EKG ONZ) w sprawie transgranicznego zanieczyszczania powietrza na dalekie odległości z 1979 r. (Konwencja LRTAP zwana także Konwencją genewską), Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/2284 z dnia 14 grudnia 2016 r. w sprawie redukcji krajowych emisji niektórych rodzajów zanieczyszczeń atmosferycznych tzw. Dyrektywa NEC oraz Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2010/75 z 24 listopada 2010 r. w sprawie emisji przemysłowych, zwana popularnie Dyrektywą IED. Wśród krajowych aktów prawnych należy wymienić program działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu (zwany popularnie *Programem azotanowym*) i określony w jego przepisach wymóg przykrywania zbiorników na gnojowicę. Poza tym przepisem legislacyjnym w *Krajowym programie ograniczania zanieczyszczenia powietrza (KPOZP)* i *Krajowym kodeksie doradczym dobrej praktyki rolniczej dotyczącym ograniczania emisji amoniaku (KKDPROEA)* są praktyki prowadzące do redukcji emisji amoniaku do dobrowolnego stosowania.

Międzynarodowe i krajowe akty prawne ograniczające emisję amoniaku do powietrza

Konwencja Europejskiej Komisji Gospodarczej Organizacji Narodów Zjednoczonych (EKG ONZ) z 1979 r. w sprawie transgranicznego zanieczyszczania powietrza na dalekie odległości (ang. *Long-range Transboundary Air Pollution*), zwana także *Konwencją genewską* jest głównym międzynarodowym aktem prawnym służącym do walki z zanieczyszczeniem powietrza. Stronami Konwencji jest 51 państw należących do Europejskiej Komisji Gospodarczej ONZ, w tym Państwa Członkowskie UE, Kanada, Stany Zjednoczone i kilka państw z Azji Środkowej. Jej zakres w ostatnich trzech dekadach został poszerzony ośmioma protokołami zaostrzającymi przepisy dotyczące zanieczyszczenia powietrza.

Jednym z przyjętych protokołów był protokół z Göteborga z 1999 r. w sprawie przeciwdziałania zakwaszeniu, eutrofizacji i powstawaniu ozonu w warstwie przyziemnej, podpisany przez Polskę 30 maja 2000 r. a zatwierdzony przez UE w 2003 r.

Po wejściu tego protokołu w życie dokonano jego transpozycji do prawa unijnego, wykorzystując w tym celu dwa przepisy prawne: Dyrektywę 2001/81/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z 23 października 2001 r. w sprawie krajowych poziomów emisji dla niektórych rodzajów zanieczyszczenia powietrza i Dyrektywę 2001/80/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z 23 października 2001 r. w sprawie dużych obiektów energetycznego spalania. Po przeglądzie założeń protokołu w roku 2005 i 2007, celem zwiększenia wysiłków dotyczących ochrony zdrowia i środowiska dokonano jego zmiany w roku 2012.

W zaktualizowanym protokole określono m.in. nowe krajowe zobowiązania w zakresie ograniczenia emisji amoniaku i innych gazów w latach 2020-2029 i po roku 2030. Znowelizowano także obecnie kluczowy akt prawny w zakresie emisji amoniaku czyli Dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/2284 z dnia 14 grudnia 2016 r. w sprawie redukcji krajowych emisji niektórych rodzajów zanieczyszczeń atmosferycznych tzw. Dyrektywę NEC. Przyjęto w niej krajowe zobowiązania w zakresie redukcji emisji NH_3 , SO_2 , NO_x , NMLZO i $\text{PM}_{2,5}$ na takim samym poziomie i w tych samych latach jak w zmienionym protokole z Göteborga.

Dyrektywa NEC (ang. *National Emission Ceilings*) z 2016 r. jest elementem opublikowanego w 2013 r. Pakietu *The Clean Air Policy Package*, w ramach którego został przyjęty program „Czyste powietrze dla Europy”. Program ten przedstawia metody realizacji celów dotyczących jakości powietrza do 2030 r. Tym samym, celem Dyrektywy NEC w sprawie redukcji krajowych emisji niektórych rodzajów zanieczyszczeń atmosferycznych jest osiągnięcie poprawy jakości powietrza w Państwach Członkowskich UE, poprzez nakłonienie ich do redukcji amoniaku i innych gazów, która zniweluje negatywne skutki i zagrożenia dla zdrowia ludzkiego i środowiska. Dyrektywa NEC ustanawia zobowiązania państw UE w zakresie redukcji emisji antropogenicznych zanieczyszczeń do atmosfery: amoniaku (NH_3), dwutlenku siarki (SO_2), tlenków azotu (NO_x), niemetanowych lotnych związków organicznych (NMLZO), i pyłu drobnego ($\text{PM}_{2,5}$). Zobowiązania Polski w zakresie redukcji emisji odnoszą się do dwóch okresów, które obejmują lata od 2020 do 2029 i od roku 2030 w odniesieniu do emisji w roku referencyjnym 2005. Zobowiązania te zostały określone odpowiednio dla obu wskazanych wyżej okresów dla NH_3 1% i 17%, SO_2 59% i 70%, dla NO_x 30% i 39%, dla NMLZO 25% i 26% oraz dla $\text{PM}_{2,5}$ 16% i 58%.

Zgodnie z art. 6 Dyrektywy NEC każde Państwo Członkowskie powinno przyjąć i wdrożyć *Krajowy program ograniczania zanieczyszczenia powietrza* (KPOZP), który ma zapewnić wypełnienie przez kraje UE ich zobowiązań w zakresie redukcji emisji, a także skutecznie przyczynić się do realizacji celów dotyczących jakości powietrza. Program ten ma być okresowo aktualizowany i koordynować działania Państw Członkowskich w zakresie redukcji emisji wynikających z krajowych ram polityki dotyczącej jakości powietrza w powiązaniu z obszarami polityk odnoszących się do rolnictwa, przemysłu czy transportu. Zadaniem państw członkowskich jest systematyczne informowanie społeczeństwa m.in. poprzez publikowanie na ogólnie dostępnej stronie internetowej krajowych programów ograniczania zanieczyszczenia powietrza wraz z ich aktualizacją. *Krajowy program ograniczania zanieczyszczenia powietrza* powinien zostać opracowany w oparciu o wiedzę na temat prognozowanych zmian sytuacji emisyjnej, co pozwoli na optymalne dostosowanie opracowywanych środków i strategii związanych z redukcją emisji. Dyrektywa NEC określa minimalne wymagania dotyczące treści *Krajowego programu ograniczania zanieczyszczenia powietrza* zawarte w załączniku nr 3, część 1. Ponadto dyrektywa ta daje Komisji Europejskiej uprawnienia do przyjęcia wytycznych dotyczących opracowywania i wdrażania Krajowych programów ograniczania zanieczyszczenia powietrza. Środki i strategie zawarte w *Krajowym programie ograniczania zanieczyszczenia powietrza*, jak również dobrowolne stosowanie się rolników do zasad zawartych w *Krajowym kodeksie doradczym dobrej praktyki rolniczej* dotyczącym ograniczania emisji amoniaku, będą głównymi narzędziami skutecznego ograniczania emisji amoniaku z rolnictwa. W Polsce KPOZP został przyjęty Uchwałą Nr 34 Rady Ministrów z dnia 29 kwietnia 2019 r. w sprawie przyjęcia *Krajowego programu ograniczania zanieczyszczenia powietrza* (Monitor Polski z 21 czerwca 2019, poz. 572). KPOZP w rozdziale 2.7 w ślad za załącznikiem 3, część 2, Dyrektywy NEC wymienia metody i środki, które mogą być realizowane i mają przyczynić się do redukcji emisji amoniaku w rolnictwie. W KPOZP zostały także ujęte wybrane działania opisane w metodach 3 i 4 Dyrektywy NEC, takie jak: aplikacja doglebowa nawo-

zów na bazie mocznika, rozlewanie gnojowicy innymi metodami niż rozbryzgowa oraz przeorywanie obornika w ciągu 12 godzin od aplikacji na glebę. Osobnym działaniem wymienionym w załączniku 3 w części 2 Dyrektywy NEC jest ustanowienie krajowego bilansu azotu w celu monitorowania zmian w całkowitych stratach reaktywnego azotu z rolnictwa, w tym amoniaku, podtlenku azotu, amonu, azotanów i azotynów, w oparciu o zasady określone w wytycznych EKG ONZ dotyczących bilansów azotu, co od szeregu lat realizuje *Krajowy ośrodek bilansowania i zarządzania emisjami* (KOBiZE).

Kolejnym aktem prawnym dotyczącym ochrony powietrza jest Dyrektywa IED (ang. *Industrial Emissions Directive*) w sprawie emisji przemysłowych, która w 2010 roku zastąpiła Dyrektywę w sprawie zintegrowanego zapobiegania i ograniczania zanieczyszczeń (IPPC) z 1996 r. Dyrektywa IED jest obecnie podstawowym narzędziem UE regulującym emisję zanieczyszczeń z instalacji przemysłowych. Jej celem jest zapobieganie zanieczyszczeniom środowiska naturalnego i ich kontroli, powodowanych przez określone rodzaje działalności.

W rolnictwie są nimi określone w punkcie 6.6 załącznika I do Dyrektywy IED instalacje do intensywnego chowu drobiu lub świń, posiadające ponad 40 000 stanowisk dla drobiu, 2 000 stanowisk dla tuczników (powyżej 30 kg) lub 750 stanowisk dla macior. Podlegają one ograniczeniom emisyjnym wprowadzanym poprzez tzw. pozwolenia zintegrowane, stanowiące rodzaj licencji na prowadzenie działalności, w zakresie hodowli drobiu i świń o podanej wyżej liczbie stanowisk. Pozwolenia te są wydawane w drodze decyzji przez organ ochrony środowiska urzędu marszałkowskiego i upoważniają z racji swojego skonsolidowanego charakteru również do wprowadzania gazów lub pyłów do powietrza. Pozwolenie do wprowadzania gazów lub pyłów do powietrza wymagane jest w przypadku także zaliczanych do przedsięwzięć mogących zawsze znacząco oddziaływać na środowisko instalacji nie objętych pozwoleniem zintegrowanym i prowadzących nie tylko chów i hodowlę drobiu oraz świń ale także innych zwierząt w liczbie nie mniejszej niż 210 DJP (wyjątek stanowią norki - nie mniej niż 105 DJP) (§ 2, pkt. 51, Rozporządzenia RM z dnia 10 września 2019 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz. U. z 2019 r., poz. 1839). Natomiast z posiadania pozwolenia na wprowadzanie gazów lub pyłów do powietrza zwolnione są instalacje mogące potencjalnie znacząco oddziaływać na środowisko. Podlegają one jedynie zgłoszeniu organowi ochrony środowiska. Należą do nich instalacje do chowu i hodowli zwierząt w liczbie nie mniejszej niż 40 DJP i mniejszej niż 210 DJP zlokalizowane w odległości mniejszej niż 210 metrów od terenów i zabudowań określonych w § 3, pkt. 104, lit. a Rozporządzenia RM z 10 września 2019 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko, a także instalacje do chowu i hodowli zwierząt w liczbie nie mniejszej niż 60 DJP i mniejszej niż 210 DJP usytuowane na pozostałych obszarach. Wszystkie instalacje do chowu i hodowli zwierząt mają obowiązek uiszczenia opłaty za emisję gazów i pyłów do powietrza. Wyjątek stanowią te spośród instalacji niewymagających pozwolenia na emisję gazów lub pyłów do powietrza i pozwolenia zintegrowanego, które emitują na niewielką skalę, dla której wielkość opłat nie przekracza kwoty 800 zł (art. 289, ust. 1 ustawy Poś). **Opłaty za emisję odprowadzane są na rachunek Urzędu Marszałkowskiego do 31 marca danego roku.**

Zapobieganie zanieczyszczeniom środowiska, a wśród nich ograniczenie emisji amoniaku z instalacji do intensywnego chowu drobiu lub świń, posiadających ponad 40 000 stanowisk dla drobiu, 2 000 stanowisk dla tuczników (powyżej 30 kg) lub 750 stanowisk dla macior ma być realizowane poprzez zastosowanie najnowszych osiągnięć technologicznych, określanych jako najlepsze dostępne techniki (ang. *BAT - Best Available Techniques*). W Ustawie Prawo ochrony środowiska, techniki BAT scharakteryzowane są jako najbardziej efektywne oraz zaawansowany poziom technologii i metod prowadzenia danej działalności, wykorzystywane jako podstawa ustalania gra-

nicznych wielkości emisyjnych, mających na celu zapobieganie emisjom. Dyrektywa IED wzmacnia rolę najlepszych dostępnych technik BAT, które dotychczas spełniały rolę wytycznych i wskazówek dla organów wydających pozwolenia zintegrowane i zastępuje je konkluzjami BAT. Decyzja Komisji ustanawiająca konkluzje dotyczące najlepszych dostępnych technik BAT w odniesieniu do intensywnego chowu drobiu lub świń zgodnie z dyrektywą IED została opublikowana w dniu 21.02.2017 r. w Dzienniku Urzędowym UE z dnia 15 lutego 2017 r. Poziomy emisji określone w konkluzjach BAT stanowią normy prawne, które poza szczególnymi wypadkami nie mogą być przekraczane. Wymagania zawarte w konkluzjach muszą zostać spełnione w ciągu 4 lat od daty ich publikacji. W związku z tym dostosowanie wszystkich instalacji do konkluzji BAT musi nastąpić do 21 lutego 2021 r.

W zakresie emisji amoniaku do powietrza konkluzje BAT określają wymagania wobec poziomu emisji BAT-AEL tego gazu z hodowli świń, niosek i brojlerów, metod ograniczania emisji amoniaku, zakresu obowiązkowego monitoringu emisji, metod wykonywania pomiarów, obliczeń i szacunków emisji oraz systemów zarządzania środowiskowego

Obowiązujące poziomy emisji amoniaku z intensywnego chowu świń i drobiu.

BAT-AEL dla emisji amoniaku z chowu różnych grup technologicznych świń

Grupa technologiczna	BAT-AEL ¹ kg NH ₃ /stanowisko/rok
Lochy luźne i prośne	0,2 – 2,7 ^{2,3}
Lochy karmiące z prosiętami w kojcach jarmowych	0,4 – 5,6 ⁴
Warchlaki	0,03 – 0,53 ^{5,6}
Tuczniaki	0,1 – 2,6 ^{7,8}

- ¹ Dolna granica zakresu związana jest ze stosowaniem systemu oczyszczania powietrza.
- ² Dla istniejących technologii wykorzystujących głęboki kanał gnojowicowy w połączeniu z technikami zarządzania żywieniem górna granica zakresu BAT-AEL wynosi 4,0 kg NH₃/stanowisko/rok.
- ³ Dla istniejących technologii wykorzystujących BAT 30.a6, 30.a7 lub 30.a11 górna granica zakresu BAT-AEL wynosi 5,2 kg NH₃/stanowisko/rok.
- ⁴ Dla istniejących technologii wykorzystujących BAT 30.a0 w połączeniu z technikami zarządzania żywieniem górna granica zakresu BAT-AEL wynosi 7,5 kg NH₃/stanowisko dla zwierzęcia/rok.
- ⁵ Dla istniejących technologii wykorzystujących głęboki kanał gnojowicowy w połączeniu z technikami zarządzania żywieniem górna granica zakresu BAT-AEL wynosi 0,7 kg NH₃/stanowisko dla zwierzęcia/rok.
- ⁶ Dla technologii wykorzystujących BAT 30.a6, 30.a7 lub 30.a8 górna granica zakresu BAT-AEL wynosi 0,7 kg NH₃/stanowisko dla zwierzęcia/rok.
- ⁷ Dla istniejących technologii wykorzystujących głęboki kanał gnojowicowy w połączeniu z technikami zarządzania żywieniem górna granica zakresu BAT-AEL wynosi 3,6 kg NH₃/stanowisko dla zwierzęcia/rok.
- ⁸ Dla technologii wykorzystujących BAT 30.a6, 30.a7, 30.a8 lub 30.a16 górna granica zakresu BAT-AEL wynosi 5,65 kg NH₃/stanowisko dla zwierzęcia/rok.

BAT-AEL dla emisji amoniaku z chowu kur niosek

System utrzymania	BAT-AEL ¹ kg NH ₃ /stanowisko/rok
Chów klatkowy	0,02 – 0,08
Chów bezklatkowy	0,02 – 0,13 ¹

- ¹ W przypadku istniejących technologii wykorzystujących system wymuszonej wentylacji i niezbyt częste usuwanie obornika (w przypadku głębokiego ściółkowania z wydzielonym kanałem gnojowicowym) w połączeniu ze środkiem, który prowadzi do osiągnięcia wysokiej zawartości masy suchej w oborniku, górna granica zakresu BAT-AEL wynosi 0,25 kg NH₃/stanowisko dla zwierzęcia/rok.

BAT-AEL dla emisji amoniaku z chowu kurcząt brojlerów o końcowej masie 2,5 kg

BAT-AEL ^{1,2} kg NH ₃ /stanowisko/rok
0,01 – 0,08

- ¹⁾ BAT-AEL może nie mieć zastosowania do następujących typów hodowli: ekstensywnego chowu ściółkowego, chowu wybiegowego, tradycyjnego chowu wybiegowego i chowu wybiegowego bez ograniczeń, zdefiniowanych w rozporządzeniu Komisji (WE) nr 543/2008z dnia 16 czerwca 2008 r. wprowadzające szczegółowe przepisy wykonawcze do rozporządzenia Rady (WE) nr 1234/2007 w sprawie niektórych norm handlowych w odniesieniu do mięsa drobiowego (Dz.U. L 157 z 17.6.2008, str. 46).
- ²⁾ Dolna granica zakresu związana jest ze stosowaniem systemu oczyszczania powietrza.

Konkluzje BAT obok technik stosowanych pojedynczo lub jako kombinacja kilku z nich dla poszczególnych rodzajów hodowli (kur niosek, brojlerów lub tuczników albo loch prośnych) obejmują także techniki ogólne mające zastosowanie do każdego rodzaju chowu.

Spośród technik ogólnych stosowanych w ramach BAT mających na celu ograniczenie emisji amoniaku z budynków inwentarskich i kurników wymienić należy:

- stosowanie odpowiednich systemów żywienia, obejmujących kombinację lub jedną z następujących technik: zmniejszenie zawartości surowego białka poprzez żywienie zrównoważone pod względem zawartości azotu; żywienie wieloetapowe; dodatek aminokwasów; dodatki paszowe poprawiające strawność białka.
- odpowiednie przechowywanie i aplikację obornika oraz gnojowicy, które obejmują kombinację lub jedną spośród takich technik jak np.: zmniejszenie powierzchni emisji w stosunku do objętości zbiornika; przykrycie zbiornika z gnojowicą; zakwaszanie gnojowicy, wykorzystanie węży wleczonych; rozcieńczanie gnojowicy, po którym następuje nawadnianie; szybkie przyorywanie obornika.
- monitoring i bilansowanie emisji: co najmniej raz w roku monitoring całkowitych ilości azotu wydalanych w oborniku.

Warto zaznaczyć, że nie wszystkie techniki redukcyjne wymieniane w konkluzjach znajdują powszechne zastosowanie w gospodarstwach zajmujących się intensywnym chowem drobiu lub świń posiadających ponad 40 000 stanowisk dla drobiu, 2 000 stanowisk dla tuczników (powyżej 30 kg) lub 750 stanowisk dla macior. Część z nich może być stosowana jedynie w ograniczonym zakresie ze względu na wysokie koszty, restrykcje technologiczne, konstrukcyjne czy panujące warunki klimatyczne.

Wśród przepisów prawnych uwzględniających w swoich zapisach ograniczenie emisji amoniaku do powietrza należy wskazać także *Program działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu* czyli nowy „Program azotanowy” obowiązujący od 2018 r. Najważniejszym działaniem określonymi w tym programie dotyczącym redukcji emisji amoniaku do powietrza i przeznaczonym do obowiązkowego stosowania w gospodarstwach jest wymóg przykrywania zbiorników na gnojowicę i gnojówkę w szczególności osłoną elastyczną lub osłoną pływającą. Powyższe zalecenie powinno zostać zrealizowane do 31 grudnia 2021 r. w przypadku podmiotów prowadzących chów lub hodowlę zwierząt gospodarskich w liczbie większej niż 210 DJP, w tym podmiotów prowadzących chów lub hodowlę drobiu powyżej 40 000 stanowisk lub chów lub hodowlę świń powyżej 2 000 stanowisk dla świń o wadze ponad 30 kg lub 750 stanowisk dla macior lub do 31 grudnia 2024 r. w przypadku podmiotów prowadzących chów lub hodowlę zwierząt gospodarskich w liczbie mniejszej lub równej 210 DJP.

Wszystkie omawiane w powyższych akapitach praktyki, metody czy techniki dotyczyły redukcji emisji amoniaku z nawozów naturalnych. Podstawą do opisanego jednej z praktyk ograniczających emisję tego gazu z nawozów mineralnych jest projekt nowelizacji Ustawy o nawozach i nawożeniu przyjęty przez Radę Ministrów 2 kwietnia 2020 r. Proponuje on wprowadzenie od 1 sierpnia 2021 r. zakazu stosowania mocznika granulowanego bez dodatku inhibitora ureazy lub bez powłoki biodegradowalnej. Zastosowanie tych rozwiązań ograniczy emisję amoniaku do powietrza. Jest to zgodne z realizacją wymagań określonych w przepisach Dyrektywy NEC z 2016 r. w sprawie redukcji krajowych emisji niektórych rodzajów zanieczyszczeń atmosferycznych.

Środki i strategie, a także techniki zawarte w przepisach prawnych są głównymi narzędziami skutecznego ograniczania emisji amoniaku i innych gazów z rolnictwa. Stosowanie części praktyk niskoemisyjnych ma charakter obowiązkowy, a z pozostałych można korzystać dobrowolnie. Jednak wiele spośród tych dobrowolnych ujętych chociażby w Krajowym kodeksie doradczym dobrej praktyki rolniczej dotyczącym ograniczania emisji amoniaku może zostać zastosowane jako techniki BAT w instalacjach, które wymagają pozwolenia zintegrowanego. Priorytetowy charakter kwestii związanych z ochroną środowiska i zdrowia, a także zmianami klimatu czy strategią i celami europejskiego Zielonego Ładu skutkuje zastrzeżeniem i nowelizacją wymogów prawnych w tym zakresie. Dzięki temu w ciągu najbliższych lat większość praktyk przeznaczonych do dobrowolnego stosowania stanie się obowiązkowa w większości gospodarstw. Wydaje się, że tylko takie rozwiązanie pozwoli na realizację wyznaczonych przez UE celów emisyjnych oraz osiągnięcie w 2050 r. neutralności klimatycznej nie tylko w zakresie redukcji emisji amoniaku ale także innych gazów.

Literatura:

- BIP. Wykaz prac legislacyjnych i programowych Rady Ministrów. IC13. Krajowy program ograniczania zanieczyszczenia powietrza. Projekt innych dokumentów rządowych. 29.03.2019 r. <https://bip.kprm.gov.pl/kpr/wykaz/r118957287,Krajowy-program-ograniczania-zanieczyszczenia-powietrza.html>.
- 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. Dyrektywa 96/61/WE z dnia 24 września 1996 r. w sprawie zintegrowanego zapobiegania zanieczyszczeniom i ich kontroli, IPPC.
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2010/75 z 24 listopada 2010 r. w sprawie emisji przemysłowych, IED.
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/2284 z dnia 14 grudnia 2016 r. w sprawie redukcji emisji niektórych rodzajów zanieczyszczeń atmosferycznych, NEC.
- Hamilton, T. C. D., Roe, J. M. and Webster, A. J. F. 1996. The synergistic role of gaseous ammonia in the aetiology of *P. multocida*-induced atrophic rhinitis in swine. *American Journal of Clinical Microbiology* 34: 2185–2190.
- KOBIZE (2018). Krajowy bilans emisji SO₂, NO_x, CO, NH₃, NMLZO, pyłów, metali ciężkich i TZO za lata 2015 – 2016 w układzie klasyfikacji SNAP. Raport syntetyczny. Warszawa. Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami. Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa, styczeń 2018 r.
- Kodeks doradczy dobrej praktyki rolniczej dotyczący ograniczenia emisji amoniaku, Warszawa 2019. Opracowany pod redakcją ITP w Falentach przez IERGIŻ PIB, ITP, IUNG PIB, IZ PIB.
- Kristensen H. H., Burgess L. R., Demmers T. G. H., Wathe C. M. (2000). The preferences of laying hens for different concentrations of atmospheric ammonia. *Appl. Anim. Behav. Sc.*, 68: 307-318.
- Reynolds, S., Donham, K., Whitten, P., Merchant, J., Murmeister, L. and Popendorf, W. (1996). Longitudinal evaluation of dose-response relationships for environmental exposures and pulmonary function in swine production workers. *American Journal of Industrial Medicine* 29: 33–40.
- Robertson, J. F., Wilson, D. and Smith, W. J. (1990). Atrophic rhinitis: the influence of the aerial environment. *Animal Production* 50: 173–182.
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 12 lutego 2020 r. w sprawie przyjęcia Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu (Dz. U. z 2020 r., poz. 243).
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 10 września 2019 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz. U. z 2019 r., poz. 1839).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 sierpnia 2014 r. w sprawie rodzajów instalacji mogących powodować znaczne zanieczyszczenie poszczególnych elementów przyrodniczych albo środowiska jako całości (Dz. U. 2014 poz. 1169).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 2 lipca 2010 r. w sprawie przypadków, w których wprowadzanie gazów lub pyłów do powietrza z instalacji nie wymaga pozwolenia (Dz. U. Nr 130, poz. 881).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 2 lipca 2010 r. w sprawie rodzajów instalacji, których eksploatacja wymaga zgłoszenia (Dz. U. Nr 130, poz. 880).
- UNECE, 1999. Protocol to the 1979 Convention on Long-range Transboundary Air Pollution to Abate Acidification, Eutrophication and Ground-level Ozone (Gothenburg Protocol) <https://www.unepce.org/fileadmin/DAM/env/lrtap/full%20text/1999%20Multi.E.Amended.2005.pdf>
- Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz.U. Nr 62, poz. 627 z późn. zmianami).
- Ustawa z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu (Dz.U. z 2007 r. Nr 147, poz. 1033).
- Maes D., Verdonck M., Deluyker H., de Kruijf A. Enzootic pneumonia in pigs. (1996). *Veterinary Quarterly* 18: 104-109.
- Fitzgerald S. D., Grooms D. L., Scott M. A., Clarke K. R., Rumbelha W. K. (2006). *J Vet Diagn Invest.* 18: 485-489.

Dobór i efektywność najnowszych metod żywieniowych i technologicznych mitygacji amoniaku w produkcji zwierzęcej

Emisje gazowe związków azotu z produkcji zwierzęcej, mają swoje źródło zasadniczo w wydalanych odchodach (kał, moczu) i powstających na ich bazie nawozach naturalnych. Skład tych pierwszych w bezpośredni sposób zależy od skarmianej paszy, jej zbilansowania, strawności oraz generalnie całości zarządzania żywieniem i zdrowiem zwierząt. W zależności od gatunku, jego grup technologicznych, średnio tylko 30-35 % azotu zawartego w paszy podlega retencji w tkankach ciała oraz pozyskiwanych surowcach (mleko, mięso jaja). Pozostałe 65-70% azotu pobranego w postaci białka, rozpraszane jest do środowiska. Stąd żywienie zwierząt gospodarskich traktować należy jako pierwszy, najważniejszy etap dla redukcji tych oddziaływań środowiskowych. Oczywiście, ilość wyemitowanego amoniaku zależy w dalszej konsekwencji od systemu utrzymania, sposobu przechowywania i aplikacji nawozów naturalnych. Im większa koncentracja białka w dawce i mniejsza jego strawność, czy przyswajanie, tym większe będą ilości wydalanego azotu oraz wielkość emisji amoniaku. Na skutek obecności w moczu zwierząt gospodarskich enzymu ureazy, ale także procesów metabolizmu szerokiego spektrum mikroflory jelitowej, dochodzi w mieszaninie kału i moczu do szeregu przemian biochemicznych, uwalniających z niestrawionego białka (TAN), przeszło 210 związków gazowych, w tym NH_3 .

Uwzględniając zapisy dyrektywy NEC, krajowej metodologii szacowania emisji wg. EMEP/EEA (2014) oraz wytyczne IIASA (2015), a także UNECE (2015) w dalszej części przedstawiono omówienie tylko takich metod redukcji emisji amoniaku, które mają międzynarodowe uznanie i powszechnie potwierdzone efekty, możliwe do zewidencjonowania. Są to również metody, których koszt wdrożenia jest w gospodarstwie najmniejszy lub zerowy, a finalny efekt może nawet zwiększyć opłacalność produkcji. Takie korzystne oddziaływanie będą miały metody oparte jedynie na optymalizacji zarządzania i zmianach organizacyjnych, jak choćby natychmiastowe przyorywanie obornika.

Żywienie świń

Środki żywieniowe służące do redukcji emisji amoniaku w produkcji trzody chlewnej obejmują zastosowanie pasz o obniżonym poziomie białka ogólnego, żywienie wielofazowe, bilansowanie diet w oparciu o białko strawne oraz stosowanie dodatków/suplementów paszowych zwiększających strawność białka.

Żywienie świń oparte jest ściśle na ich potrzebach, wyliczonych tak o zapotrzebowanie bytowe, jak i produkcyjne. Bilans uzupełnia się o wyszczególnienie aminokwasów egzogennych. Przyjmując ograniczoną strawność, poszczególnych pasz, tak pod względem energii, jak i białka w składzie poszczególnych mieszanek paszowych, zwyczajowo w praktyce składowe bilansu pozostają w nadmiarze, który sięgać może nawet 20-30% zapotrzebowania świń. Rezerwa tak wynika z braku dokładnej informacji o koncentracji składników w posiadanych w gospodarstwie paszach oraz wahań w ich strawności. Jest to swoiste zabezpieczenie przed ewentualnym brakiem zbilansowania dawki.

Zapotrzebowanie świń na białko wyraża rzeczywiste potrzeby zwierząt w zakresie aminokwasów jak: lizyna, metionina z cystyną, tryptofan, fenyloalanina, leucyna, izoleucyna, walina, histydyna i arginina, których zwierzęta same nie wytwarzają i muszą być one dostarczone wraz

z paszą. W warunkach naszego kraju, przy żywieniu świń głównie zbożem, spośród aminokwasów egzogennych najczęściej występuje niedobór lizyny, metioniny z cystyną, treoniny z tryptofanem. W związku z tym w nowoczesnych normach żywienia świń zapotrzebowanie świń na białko wyrażone jest przede wszystkim w postaci zapotrzebowania na aminokwasy egzogenne. Współcześnie aminokwasy w mieszankach paszowych wprowadzane są w formie syntetycznej, co pozwala na zwiększenie strawności białka i wyższe przyrosty. W żywieniu świń stosowane są dwa sposoby zadawania paszy: do woli i dawkowany. Wykorzystywane w żywieniu loch elektroniczne stacje paszowe (EFS), choć jak dotąd ciągle dość drogie, jednak w dużym stopniu obniżają pracochłonność związaną z zadawaniem paszy oraz pozwalają na bardzo precyzyjne, indywidualne żywienie. Niestety nie gwarantują one tego, że sama pasza jest odpowiednio zbilansowana i posiada wystarczającą strawność, aby uznać takie rozwiązanie za redukujące emisje amoniaku.



Foto. 1. Elektroniczna stacja odpasowa dla loch luźnych i prośnych (J. Walczak)

Najnowszym rozwiązaniem jest wykorzystanie ESF do żywienia tuczników. W tym przypadku komputer sterujący dobiera dawkę indywidualnie w zależności od wagi ciała, inną każdego dnia, wykorzystując również pasze różniące się koncentracją białka. Opisana technologia jest rodzajem permanentnego żywienia wielofazowego, o najwyższej precyzji i jako taka uznana jest za żywieniową metodę redukcji amoniaku. Produkt komercyjny jest jednak na etapie prób technicznych i na tyle nowym rozwiązaniem, że nie zostało ujęte w znowelizowany BAT. Podobnym, choć znacznie bardziej uproszczonym i sprawdzonym rozwiązaniem są samoważące bramki selekcyjne, przeznaczone do żywienia warchlaków i tuczników z wykorzystaniem autokarmników. Takie rozwiązania realizują rozdział tuczników pod względem masy ciała do jednego z dwóch sektorów żywienia z bogatszą lub uboższą paszą. Jako rozwiązanie techniczne mogą one jedynie automatyzować żywienie wielofazowe, gdyż do pełnego efektu redukcji rozpraszania potrzebne jest jeszcze użycie najmniej 3 różnych pasz na etap odchowu (warchlaki, tuczniki).

Tabela 1.**Zalecana koncentracja białka w paszy dla świń, obniżająca emisję amoniaku**

Grupa technologiczna	Masa ciała (kg)	Koncentracja białka (%)
Prosięta	Poniżej 10	19-21
Warchlaki	10-20	17-19
	25-30	15-17
Tuczniaki	30-50	15-17
	50-110	14-15
	Powyżej 110	11-12*
		13-15
Lochy prośne	Lochy luźne i prośne	13-15
Lochy karmiące	Lochy luźne i prośne	15-17

*z użyciem aminokwasów syntetycznych

Żywienie paszą o obniżonym poziomie białka ogólnego, przy jednoczesnym pokryciu potrzeb białkowych świń każdej grupy technologicznej jest powszechnie uznaną metodą redukcji wydalanego azotu i emisji amoniaku. Zalecaną koncentrację białka w dawce dla poszczególnych grup technologicznych świń dla tej metody ilustruje tab. 1. W praktyce, precyzyjne bilansowanie i obniżenie koncentracji białka w paszy wymaga zmiany składu paszy i jej strawności. W kompozycji dawki powinno się uwzględnić materiały paszowe o wyższej dostępności i strawności białka oraz lepiej dostosowanej proporcji i koncentracji aminokwasów egzogennych. Taki sposób bilansowania znacząco rozbudowuje liczbę wykorzystywanych materiałów paszowych w mieszance. W praktyce zabieg taki może być technicznie trudny do wykonania ze względu na ograniczony dostęp do odpowiednich komponentów. Zawartość białka ogólnego w dawce może też być zmniejszona, jeśli podaż aminokwasów jest zoptymalizowana poprzez dodanie syntetycznych aminokwasów (np. lizyny, metioniny, treoniny, argininy, tryptofanu). W odróżnieniu od tych zawartych w materiałach paszowych, ich strawność bliska jest 100%. Bez większych problemów technicznych metodą tą można uzyskać redukcję białka o 2–3% w paszy (relatywnie 10-15% do poziomu wyjściowego) w zależności od kategorii produkcji trzody chlewnej i aktualnego poziomu żywienia. Wykazano, że spadek 1% białka w diecie świń powoduje 10% niższą całkowitą zawartość azotu amonowego (TAN) w gnojowicy świńskiej i 10% niższą emisję NH_3 . W różnych krajach wartości te szacuje się na zmiennym poziomie. Przykładowo IIASA (2012) wycenia tu maksymalną redukcję emisji na 20% przy zalecanych najniższych koncentracjach białka tzw. wysokiej efektywności metody.

Substytucja materiałów paszowych na te o wysokiej strawności i jakości białka, mimo wyższego skomplikowania, skutkuje obniżeniem kosztów żywienia świń. Mimo, że metoda wprowadza dodatkowe komponenty pasz, to jednak żywienie okazuje się być tańsze, ze względu na wyższy współczynnik wykorzystania paszy na jednostkę produktu. Może to być postrzegane przez zainteresowanych hodowców, jako sposób redukcji kosztów produkcji. Koszt krańcowy wyceniany jest nawet na -4,4 zł/kg zredukowanej emisji NH_3 w zależności od grupy technologicznej. Niestety wzrasta on wraz z poziomem redukcji białka w paszy. Opisywana metoda wypełnia wymagania BAT (2017), które muszą być wprowadzone w chlewniach zobligowanych do posiadania pozwolenia zintegrowanego. Dużo trudniej będzie ją wprowadzić małym i średnim obiektom hodowlanym.

Zbilansowanie diety do zapotrzebowania w różnych fazach wzrostu zwierzęcia, jest podstawą uzyskania zamierzonych efektów produkcyjnych i hodowlanych. Stąd powszechną praktyką jest przewymiarowanie koncentracji, szczególnie białka w paszy. Z punktu widzenia produkcji takie postępowanie zwiększa tylko koszty żywienia, ewentualnie otluszczenie tusz. Jednak dla środowiska taki nadmiar wydalonego biogenu stanowi istotne zagrożenie. Żywienie wielofazowe, ma za zadanie zapobieżenia takim praktykom, poprzez dokładne zbilansowanie azotu do fizjologicznych możliwości jego pobrania przez organizm zwierzęcia w postaci zwielokrotnienia stosowanych dawek pokarmowych. Wprowadzenie 3 lub 4 typów pasz o zróżnicowanej koncentracji białka w miejsce zwyczajowych 2 rodzajów dla danej grupy technologicznej świń, redukuje ilość wydzielanego azotu, a tym samym i emisję amoniaku, przy zachowaniu poziomu produktywności i obniżeniu kosztów żywienia. Standardowy system żywienia warchlaków oparty jest o jedną dawkę żywieniową zbilansowaną na poziomie 13 MJ energii metabolicznej i 180g zawartości białka ogólnego. W celu redukcji emisji amoniaku do atmosfery zaleca się w żywieniu tej grupy, zastosowanie dwóch rodzaju, pasz o odmiennym poziomie białka i energii. Dla wcześniejszego odsadzenia (21 dzień życia) lub odchodu do wyższej masy ciała, powinny to być nawet trzy rodzaje pasz.

W żywieniu dwufazowym warchlaków, obniżenie poziomu białka ogólnego do 175g powinno mieć miejsce w początkowym okresie odchovu, gdy zwierzęta osiągają masę ciała od 10 do 20 kg. Natomiast przy masie ciała od 20 do 30 kg warchlaki będą żywione standardową mieszanką. Obniżenie poziomu białka w pierwszej fazie wzrostu warchlaków, tuż po odsadzeniu, jest też zabiegiem profilaktycznym zmniejszającym ryzyko zachorowań.

W trakcie wzrostu świń zapotrzebowanie na białko, ulega stopniowo obniżeniu, tak jak obniża się tempo ich wzrostu, w tym odkładanie białka w tkankach. Stosowane obecnie w tuczu paszowe mieszanki przemysłowe, niezbyt precyzyjnie oddają ten stan, zawierając zbyt wysokie koncentracje białka. Klasycznie wykorzystywane są tu 2 poziomy w zależności od typu paszy (starter, finisher). Jako metodę redukcji zalecić należy dla tuczników wykorzystanie 3 rodzajów pasz. Opisywana metoda jest zbieżna z wymogami BAT (2017r.) w gospodarstwach korzystających z pozwoleń zintegrowanych. Stosowanie żywienia wielofazowego nie wymaga specjalnych rozwiązań w organizacji żywienia i odbywa się tak jak żywienie klasyczne. Dużo w tej mierze zależy od stosowanej technologii. Możliwe jest także rozdzielanie świń utrzymywanych grupowo, przez odpowiednie stacje ważące do odpowiednich stref odpasu z paszami o różnym składzie. Lżejsze tuczniki kierowane są przez stację do strefy z paszą o wyższej koncentracji białka i energii, cięższe do strefy z uboższą mieszanką.

Tabela 2.

Porównanie żywienia klasycznego i wielofazowego tuczników pod względem EM I BO paszy

Wyszczególnienie	Jednostka	Żywienie 1 fazowe	Żywienie 2 fazowe		Żywienie 3 fazowe		
Dni tuczu	dni	119	49	70	49	28	42
ME	MJ/kg	13.01	12.95	13.05	12.96	12.98	13.03
BO	%	16,4	18,1	14,8	18,1	15,3	13,3

Efekt wprowadzenia żywienia wielofazowego szacowany jest na 15% redukcji emisji NH_3 dla żywienia 2 fazowego warchlaków i 25 % dla 3 fazowego tuczników. Niezależnie od skali i koncentracji produkcji, żywienie wielofazowe można skutecznie wdrażać w dużych i małych gospodarstwach trzodziarskich.

Dotatki paszowe to substancje wprowadzone do paszy poza zwykłym bilansowaniem. Mogą one modyfikować procesy przyswajania lub wpływać na sam organizm, który ją pobiera. W aspekcie redukcji wydalania azotu stosuje się dodatki syntetycznych enzymów proteolitycznych, rozkładających zazwyczaj niedostępne połączenia organiczne związków białkowych. Taka metoda redukuje koszty żywienia swni średnio o 0,6 zł/kg paszy/szt. oraz emisję amoniaku o 10%. Pasza jest wtedy droższa, ale jej zużycie jest mniejsze. Możliwe jest też w tym przypadku uzyskanie wyższych przyrostów i skrócenie długości tuczu. Użycie proteazy spełnia przy tym wymogi BAT odnośnie poprawy strawności i redukcji emisji. Nieco inne działanie mają niektóre kwasy organiczne (np. benzoesowy, laurynowy). Wykorzystywane jako dodatek paszowy, obniżają one pH odchodów, redukując efektywność działania ureazy i przez to emisję amoniaku. Metoda ta nie jest jednak uznawanym sposobem redukcji rozpraszania związków azotu. Podobnie jest w przypadku saponin, które z pewnością korzystnie wpływają na mikroflorę, ograniczając fermentację białek w jelicie grubym, ale wnikaając do organizmu zwierząt monogastrycznych modyfikują nie tylko metabolizm białek, ale i przyswajalność węglowodanów.

Żywienie drobiu

Potrzeby pokarmowe ptaków, podobnie jak i innych monogastrycznych zwierząt gospodarskich zależą od: rasy, kierunku użytkowości (nieśny, reprodukcyjny, rzeźny), masy ciała/wieku kur, fazy wzrostu/nieśności, systemu utrzymania/warunków środowiskowych. Na przestrzeni ostatnich 70 lat przeciętna ilość jaj pozyskiwanych rocznie od kury wzrosła o 400% (Zuidhof i in., 2014). Podobna poprawa produktywności nastąpiła w przypadku kurcząt rzeźnych. Podobnie jak u swni w bilansowaniu dawki pokarmowej niezbędne jest uwzględnienie potrzeb w zakresie poziomu energii metabolicznej, białka ogólnego, włókna surowego, składników mineralnych i aminokwasów. W okresie nieśności szczególnie ważne jest pokrycie wysokiego zapotrzebowania na wapń. Organizm ptaka może syntetyzować tylko niektóre aminokwasy, pozostałe (tzw. egzogenne), takie jak lizyna, metionina, treonina, arginina, leucyna, izoleucyna, fenyloalanina, tryptofan i walina muszą być dostarczane wraz z pożywieniem.



Foto. 2. System podłogowy dla kur niosek z podrusztowym przenośnikiem pomiotu i wydzielonymi gniazdami (J.Walczak)

W chowie drobiu potencjał redukcji rozpraszania N na drodze żywieniowej jest stosunkowo bardziej ograniczony niż w przypadku świń, ponieważ obecnie w zwykłej praktyce stosuje się tu zarówno aminokwasy syntetyczne, jak i enzymy. Mają one zadanie poprawy zbilansowania dawki pod kątem zawartości aminokwasów syntetycznych oraz poprawę strawności fosforu. Możliwe zatem jest szersze wykorzystanie aminokwasów syntetycznych w kontekście bilansowania całości potrzeb białkowych drobiu.

W żywieniu drobiu można uzyskać redukcję BO o 10–20% w zależności od gatunku i kierunku użytkowania. Docelowy poziom redukcji koncentracji białka w diecie podano w tabeli 3. Wartości w tabeli są orientacyjnymi poziomami docelowymi, które mogą wymagać dostosowania do warunków lokalnych lub rasy/hybrydy. Podobnie jak u świń, metoda ta polega na generalnym obniżeniu poziomu białka ogólnego w paszy, przy jednoczesnym całkowitym pokryciu potrzeb żywieniowych drobiu każdej grupy technologicznej, zwłaszcza pod kątem profilu aminokwasów egzogennych. W praktyce, precyzyjne bilansowanie i obniżenie koncentracji białka w paszy wymaga zmiany składu paszy (alternatywne materiały), poszerzenia składu dawki, ale również jej strawności. Do precyzyjnego bilansowania dawki na poziom N, zazwyczaj używa się dodatku aminokwasów syntetycznych. Mogą one występować w formie D i L, przy czym organizm ptaków jest w stanie wykorzystać tylko formę L. Taka pasza jest oczywiście droższa, ale jej zużycie jest mniejsze, co w dużym stopniu kompensuje wzrost kosztów żywienia. Wyższa jest tu też produktywność drobiu.

U zwierząt monogastrycznych, a więc także i u ptaków, zapotrzebowanie na białko jest w istocie zapotrzebowaniem na aminokwasy. W tym kontekście coraz większego praktycznego znaczenia nabiera znajomość strawności poszczególnych aminokwasów zawartych w materiałach paszowych.

Tabela 3.
Zalecana koncentracja białka w paszy dla drobiu, obniżająca emisję amoniaku.

Grupa technologiczna	Okres życia	Koncentracja białka (%)
Brojlery	Starter	20-22
	Grower	19-21
	Finisher	18-20
Nioski	18-40 tydzień	15,5-16,5
	Powyżej 40 tygodnia	14,5-15,5
Indyki	Poniżej 4 tygodnia	24-27
	5-8 tydzień	22-24
	9-12 tydzień	19-21
	13-16 tydzień	16-19
	Powyżej 16 tygodnia	14-17

Stąd w metodzie koniecznym jest bilansowanie receptur mieszanek paszowych z zastosowaniem koncepcji aminokwasów strawnych, których zawartość oblicza się wykorzystując tabelaryczne współczynniki strawności dla poszczególnych materiałów paszowych. Badania wskazują, że obniżenie zawartości białka w paszy dla drobiu o 1% zmniejsza emisję amoniaku w zakresie 5-10%. Ze względu na dużą skalę i koncentrację krajowej produkcji drobiarskiej, którą pokrywają zalecenia BAT, opisywana metoda mieszcząca się właśnie w jego zaleceniach, może być wykorzystana

w 100% obiektów hodowlanych. Na podkreślenie zasługuje fakt, że w niektórych przypadkach, zalecenia krajowych norm żywienia pokrywają się z górnymi przedziałami zaleceń redukcyjnych (tab. 3). Może to sugerować, przy całym postępie technologicznym krajowej produkcji, samodostosowanie się jej do wymogów, jedynie poprzez konieczność redukcji kosztów produkcji. Koszt krańcowy metody szacowany jest na 1,5-1,7 zł/1kg zredukowanej emisji NH_3 .

Dopasowanie diety do zapotrzebowania w różnych fazach wzrostu drobiu redukuje ilość wydzielanego azotu, a tym samym i emisję amoniaku, przy zachowaniu efektywności produkcji na odpowiednim poziomie. W trakcie wzrostu ptaków zapotrzebowanie na białko, ulega stopniowo obniżeniu, tak jak obniża się samo tempo ich wzrostu, w tym odkładanie białka w tkankach. Aktualnie w żywieniu drobiu rzeźnego, stosowane jest powszechnie żywienie 3 fazowe. Zostało ono wprowadzone w sposób samoistny dla obniżenia kosztów żywienia i poprawy opłacalności produkcji. Dlatego oczekiwać należy, że wprowadzenie dodatkowych rodzajów pasz, przyniesie nie tylko obniżenie emisji, ale również kosztów produkcji. Jako metodę redukcji zalecić należy wprowadzenie 4-5 fazowego żywienia brojlerów kurzych, 4-6 fazowego żywienia brojlerów indyckich i 3 fazowego żywienia kaczek oraz gęsi.

Istotne znaczenie w redukcji rozpraszania azotu z chowu drobiu, mają dodatki o działaniu zwiększającym strawność białkowych połączeń organicznych. Skuteczne w tym zakresie są niektóre egzogenne enzymy pochodzenia mikrobiologicznego, przede wszystkim proteazy. W ofercie rynkowej znajduje się ich szeroki wybór. Należy jednak pamiętać, że praktyczne efekty tych enzymów paszowych, mogą być zmienne i zależeć od wielu czynników. Ich wykorzystanie redukuje emisję amoniaku o 5-10%. Jest to również metoda klasyfikowana jako BAT i zalecana do obiektów z pozwoleniami zintegrowanymi.

Żywienie bydła

W odróżnieniu od monogastrycznych zwierząt gospodarskich, bydło należące do przeżuwaczy, posiada znacznie bardziej skomplikowany sposób trawienia białka. Jego bilansowanie przeprowadza się w oparciu o tzw. białko właściwe, rzeczywiście trawione w jelicie cienkim (BTJ). Każdej paszy przypisane są tu dwie wartości BTJN i BTJE. Pierwsze z nich to białko trawione w jelicie, będące sumą strawnego białka paszy nie ulegającego rozkładowi w żwacu (BTJP) oraz strawnego białka mikroorganizmów żwacza, syntetyzowanego z ilości azotu dostępnego w danej paszy (BTJMN). W bilansowaniu dawki pokarmowej dąży się do stanu gdzie $\text{BTJN} = \text{BTJE}$. Białko mikrobiologiczne jest przy tym najcenniejszym z białek, dlatego też w żywieniu bydła bardzo ważnym jest stworzenie dobrych warunków fermentacji w żwacu. U zwierząt o wyższej wydajności, pobierających więcej paszy, treść żwacza opuszcza go znacznie szybciej. Mikroorganizmy mają mniej czasu na rozkład białka i większa jego część nie ulega degradacji w żwacu.

Ze względu na emisję amoniaku średnia zawartość białka ogólnego w dawce pokarmowej bydła mlecznego nie powinna przekraczać 15–16% sm, a dla starszych opasów nawet 12% (tab. 4). Należy jednak zawsze pamiętać, aby równoważyć stosunek białka do energii, gdyż popełnione tu błędy grożą chorobami metabolicznymi. Metoda zalecana jest zasadniczo dla stad bydła mlecznego, nie praktykujących pastwiskowania o wydajności powyżej 7 000 kg mleka/laktację. Do jej realizacji doskonale nadawać będą się zarówno żywienie TMR, jak i PMR, jako precyzyjne sposoby oparte o zbilansowane schematy żywienia. Stwierdzenie to odnosi się również do intensywnego opasu bydła mięsnego, realizowanego bez udziału pastwiska. Przewidywany efekt wdrożenia metody skutkuje obniżeniem emisji NH_3 o 20%. Uwzględniając powyższe zalecenia, wnioskować można, że z metody skorzystać mogą gospodarstwa położone na obszarach nizinnych z bazą paszową wyko-



Foto. 3. Samosterujący robot do sporządzania i zadawania paszy w żywieniu TMR (J.Walczak)

rzystującą głównie grunty orne. Zalecana metoda obejmuje jedynie organizację żywienia bydła, stąd jej efekt wyceniany jest na 0,0 zł/1kg zredukowanej emisji NH₃.

W wielu krajach produkcja bydła opiera się w pełni lub częściowo na użytkach zielonych. Zawartość BO w świeżej trawie mieści się w przedziale 18–20% przy 2000–2 500 kg sm/ha). Wartość ta wzrasta z udziałem w runi pastwiskowej roślin bobowatych.

Tabela 4.
Orientacyjny poziom białka ogólnego dla przeżuwaczy
o standardowej zawartości 88% sm

Grupa technologiczna	Faza produkcji	Poziom białka surowego(%)
Krowy mleczne	Początek laktacji	15-16
	Koniec laktacji	12-14
Jałówki	-	12-13
Opasy	Cielęta	17-19
	Do 3 msc	15-16
	3-6 msc	13-14
	Powyżej 6 msc	12

W wielu krajach produkcja bydła opiera się w pełni lub częściowo na użytkach zielonych. Zawartość BO w świeżej trawie mieści się w przedziale 18–20% przy 2000–2 500 kg sm/ha). Wartość ta wzrasta z udziałem w runi pastwiskowej roślin bobowatych. Z kolei zawartość BO w sianokiszonce

sięga 16%-18%, a w sianie 12-15%,. Dla porównania w kiszonce z kukurydzy mięści się ona tylko w przedziale 7-8%. Stąd jak widać żywienie oparte na TUZ, potencjalnie grozi nadwyżką białka. Jednak odchody wydalane przez wypasane zwierzęta szybko ulegają przesuszeniu, a mocz natychmiast wchłaniany jest do gleby, co zapobiega emisji NH_3 . Dlatego całkowita emisja NH_3 przypadająca na sztukę jest w sumie mniejsza dla zwierząt wypasanych, niż dla tych, które przebywają w oborze, produkując nawozy naturalne, wymagające składowania i aplikacji. Metodą redukcji emisji amoniaku jest zwiększenie dziennego czasu pastwiskowania z przyjętych w metodyce EMEP/EEA 4 godzin dziennie do 8, 12, a nawet 24 godzin (tab. 5). Szacuje się, że metoda ogranicza emisję amoniaku o ok. 20 %. Przyjmuje się, że przy właściwej organizacji wypasu wykorzystanie zielonki na pastwisku wynosi 80-85%. Możliwość zwiększenia udziału wypasu jest często ograniczona samą powierzchnią posiadanych TUZ, typem gleby, topografią, rozmiarem i strukturą gospodarstwa (odległości), warunkami klimatycznymi itp.



Foto. 4. Wydłużony do 210 dni w roku czas pastwiskowania bydła.

Średnio dla obszaru UE-28 wydłużenie pastwiskowania nawet do 12 i 22 godzin wyceniane jest w zakresie kosztów na 0 €/1kg zredukowanej emisji NH_3 . Dla warunków krajowych koszt marginalny waha się w przedziale -11,05-0 zł/1kg zredukowanej emisji NH_3 .

Tabela 5.

Wielkość redukcji emisji amoniaku przy wydłużonym czasie pastwiskowania

Zmiana metody pastwiskowanie	Ilość zredukowanego NH_3 kg/szt./okres
4 na 8 godzin /dzień - 170 dni	1,41
8 na 12 godzin /dzień - 170 dni	1,41
170 dni na 210 dni	6,11
4 na 8 godzin /dzień - 210 dni	1,75
8 na 12 godzin /dzień - 210 dni	1,75

W opozycji do pastwiskowania stoi metoda żywienia białkiem chronionym. Metoda wykorzystuje opisaną w wstępie zależność w trawieniu żwaczowym i jelitowym przeżuwaczy i skierowana jest do stad mlecznych z żywieniem opartym o TMR i PMR, czyli bez lub silnie ograniczonym pastwiskowaniem. Udział białka nieulegającego degradacji w żwaczu w puli białka ogólnego powinien wynosić 35–40%. Im większa jest produkcja mleka od krowy, tym trudniej pokryć potrzeby białkowe białkiem mikrobiologicznym syntetyzowanym w żwaczu. W praktyce braki te pokrywane są poprzez dodanie do składu dawki białka w formie chronionej przed rozkładem w żwaczu (białko by-pass). W tym celu stosowane są wysokobiałkowe pasze treściwe, poddane odpowiednim procesom technologicznym, takim jak oddziaływanie temperaturą i ciśnieniem i otoczkowane naturalną ksylozą. Do pasz zawierających białko chronione zaliczamy ekstrudowane i ekspandowane formy poekstrakcyjnej śrutu sojowej, rzepakowej i makuchu rzepakowego, ekstrudowaną śrutę słonecznikową, suszony wywar gorzelniany (DDGS), suszone młóto browarniane.

Zadaniem białka chronionego jest zwiększenie puli aminokwasów egzogennych wchłanianych w jelicie cienkim krów. Stąd białko chronione winno dostarczać takie aminokwasy, które w połączeniu z białkiem mikrobiologicznym w odpowiednich proporcjach najlepiej odpowiadają zapotrzebowaniu pokarmowemu krów. Wymaga to bardzo dokładnego zbilansowania dawek pokarmowych oraz monitorowania ich składu z każdym zmieniającym się komponentem paszowym. Ekspandowania pasz poprawia również ich smakowitość, co zwiększa pobranie suchej masy. Precyzyjne żywienie bydła mlecznego z zastosowaniem systemów TMR i PMR oraz białka chronionego, ogranicza emisję NH_3 na poziomie aż 25%, co odpowiada 4,6 kg NH_3 /szt./rok. Zalecana metoda obejmuje zakup dodatkowej paszy, który jednak powoduje wzrost wydajności mlecznej. Stąd jej efekt wyceniany jest na -180 - -42 zł/1kg zredukowanej emisji NH_3 .

Żywienie wielofazowe dla bydła mlecznego realizuje się w taki sposób, że zawartość BO w dawce stopniowo zmniejsza się z 16% sm przed porodem i we wczesnej laktacji do poniżej 14% w późnej laktacji i głównej części okresu zasuszania. Dla bydła mięsnego zawartość BO stopniowo zmniejsza się z 16% do 12%. Metoda ta pozwala na ograniczenie emisji amoniaku do 10 % i skierowana jest do dużych stad z intensywnym żywieniem paszami treściwymi, bez udziału pastwiskowania. Może być przy tym określana jako najlepsza dostępna technika (IIASA, 2012; UNECE, 2015), mimo że BAT nie obejmuje chowu bydła. Bezpośrednie koszty żywienia wielofazowego są wysoce zależne od kosztów poszczególnych komponentów paszowych, tempa przyrostu zwierząt, wagi początkowej i końcowej bydła oraz genetycznych predyspozycji do efektywnego wykorzystania składników dawki pokarmowej przez zwierzę. Jej efekt wyceniany jest na -8,6 - -2,0 zł/1kg zredukowanej emisji NH_3 .

Dodatki paszowe dla bydła zawierają w składzie wyciągi, ekstrakty lub hydrolizaty, które w sposób pośredni oddziałują na poprawę przyswajalności białka paszy, zmniejszając emisję amoniaku. Niestety, poza DDGS, który nie jest właściwie dodatkiem tylko materiałem paszowym, pozostałe związki nie są uznanymi metodami redukcji amoniaku, a ich działanie w tym zakresie potwierdzono na poziomie badań naukowych. W żywieniu bydła nie stosuje się dodatków proteaz, tak jak dla monogastryków, gdyż enzymy te są już one obecne w żwaczu z racji jego zasiedlenia przez mikroflorę. Taki dodatek enzymów proteolityczny wręcz znacząco zwiększa emisję amoniaku. Innym dodatkiem, dość często wymienianym w publikacjach naukowych są taniny, będące naturalnymi, roślinnymi związkami fenolowymi.

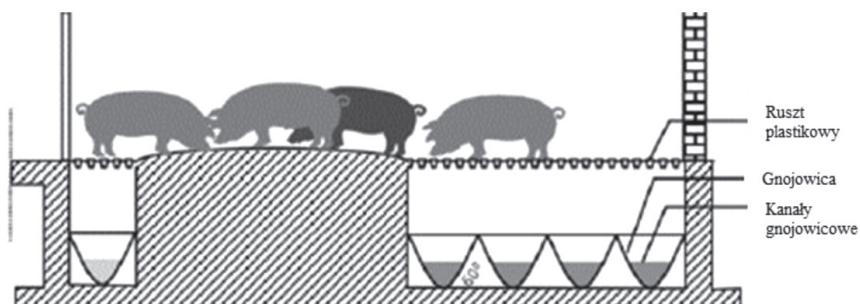
Technologiczne metody mitygacji

W odróżnieniu od metod żywieniowych, które redukują ilość wprowadzonego azotu na wejściu do całości systemu, metody technologiczne mają znacznie mniejsze znaczenie i procentowy udział mitygacji. Jeśli bowiem emisja amoniaku z budynku wg. oficjalnych wskaźników waha się

przykładowo od 20-50% wielkości wydalonego przez zwierzę azotu, to podanie wielkości redukcji dla metody oznaczać będzie tu procent z tego wskaźnika. Zatem, jeśli przy Nex dla krów mlecznych wynoszącym wg. KOBIZE 105 kg N/rok/krowę metoda żywieniowa wykazuje 20% redukcji to jest to 21 kg mniej azotu wprowadzonego do układu, a zatem o 20% mniejsza emisja od krowy.

Dla metody technologicznej w budynku, której efekt opisany będzie na 20% oznacza to 20% z 20% emisji na tym etapie, czyli 4% z całości Nex i 0,84 kg azotu na krowę. O tym rozróżnieniu należy pamiętać w dalszej części tekstu, gdyż podaje on mitygacje w stosunku do standardu etapu, a nie całości emisji od sztuki. Mało tego, cały bilans emisji z chowu zwierząt ma charakter rachunku ciągłego, czyli na każdy kolejny etap jest uszczuplany poprzez odjęcie wcześniejszych emisji. Stąd 90% redukcji emisji w trakcie aplikacji, oznaczać będzie procent azotu, który przetrwał do tego etapu.

Pierwszą z metod technologicznych jest redukcja udziału rusztów w beźściołowym chowie świń. Dla 50% zarusztowania podłogi w stosunku do 100% rusztu, redukcja emisji amoniaku wynosi tu 15-20%. Natomiast redukcja rusztów do 1/3 powierzchni kojca pozwala już na 60% redukcji emisji amoniaku w stosunku do pełnego zarusztowania. Efekt ten uzyskuje się poprzez najwyżajniejszą, fizyczną redukcję powierzchni emisji amoniaku. Metoda budzi wiele obiekcji ze strony hodowców, obawiających się konieczności doczyszczania podłóg częściowo-rusztowych. W praktyce nie stwierdzono takich mankamentów, gdyż świny z natury wybierają wilgotniejszy, chłodniejszy ruszt na miejsce defekacji.



Rysunek 1. Podłoga częściowo-rusztowa dla świń z profilowanym kanałem gnojowicowym

Modyfikacją i uzupełnieniem tej metody może być pochylenie ścian kanału gnojowego. Metoda polega na pochyleniu ścian podrusztowego kanału gnojowego, w celu zmniejszenia jego stosunku powierzchni do objętości (kształt „V”). Efekt mitygacji wyceniany jest tu na 20%. Dodatkowo, 40-65% redukcji amoniaku można uzyskać dla dna kanału uformowanego w ten sposób, ale z wielu rzędów rynien (rys. 1). Rynny o szerokości 60 cm i głębokości 20 cm ukształtowane są właśnie w kształcie litery „V”.

Częste usuwanie odchodów krów z korytarza gnojowego, opisane jako 3-4 razy dziennie w stosunku do klasycznego 1 raz dziennie, traktowane jest jako metoda redukcji amoniaku z obór. Jego efekt sprowadza się do zmniejszenia powierzchni emisji oraz samego wolumenu materiału z którego pochodzi emisja. Efekt ten wyceniany jest na 20% redukcji. Ta ograniczona wielkość bierze się stąd, że na powierzchni podłoża pozostaje jednak bardzo cienki film gnojowicowy z którego wciąż zachodzi ulatnianie się amoniaku. Za realizację metody uznać można wykorzystanie samobieźnych odkurzaczy dla systemów rusztowych (foto. 5). Metoda też może być stosowana

przy zwykłych zgarniakach oraz przenośnikach podkładowych dla drobiu niesnego. Dla tej grupy technologicznej lepszy efekt uzyskuje się stosując podsuszanie pomiotu. Metoda polega na zakupie klatek dla niosek, pod którymi funkcjonuje przenośnik taśmowy transportujący okresowo pomiot do zbiornika-suszarni. Samo suszenie ma charakter nadmuchowy. Szacuje się, że metodą tą można uzyskać redukcję do 70% amoniaku.

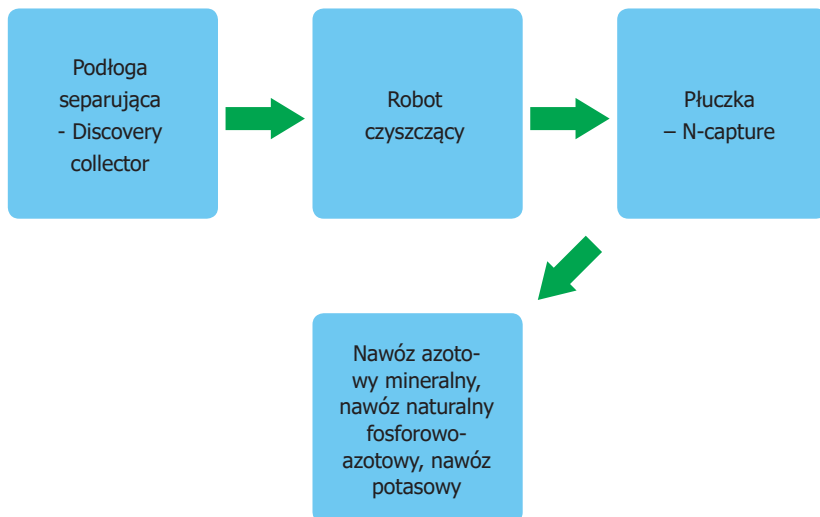
Dla bydła opracowano ostatnio tzw. podłogi separujące. Jak można łatwo przewidzieć, oddzielają one kał od moczu, nie dopuszczając do amonikacyjnego efektu działania ureazy zawartej w moczu. Pierwszy typ takich podłóg pozwala na swobodne przesączanie się moczu przez matę podłogową z odpowiedniego tworzywa sztucznego. Mocz odprowadzany jest w spodniej warstwie do zbiornika. Drugi typ, jak podłogi ryflowe, polega na ukształtowaniu rowków (ryfle) w powierzchni podłogi, do których ścieka mocz. Ryfle posiadają perforacje którymi faza ciepla przedostaje się do zbiornika. Proces dodatkowo wspierany jest przez zgarniacze „zębate” wnikające w rowki i usuwające pozostały na powierzchni kał przez co następuje jego oddzielenie od moczu. Skuteczność redukcji emisji amoniaku, opisywana jest tutaj na przeszło 40%.

Inną metodą stosowaną przy podłogach rusztowych jest schładzanie gnojowicy. Metoda polega na montażu wymiennika ciepła w kanale gnojowym i wymianie ciepła z innym medium, jak np. woda użytkowa. Obniżenie temperatury powoduje spadek aktywności ureazy. Efekt redukcji wycienia się na 45-75 % w zależności od grupy technologicznej zwierząt.



Foto. 5. Autonomiczny robot do usuwania odchodów z rusztów dla bydła

Toaleta dla krów mlecznych uhonorowana została złotym medalem na EuroThier 2020. Rozwiązanie to przeznaczone jest dla bydła żywionego systemem PMR. Krowa korzystająca z elektronicznej stacji odpasowej stymulowana jest do oddawania moczu przez pisuar zainstalowany na wysięgnikach hydraulicznych w tylnej części stacji. Na drodze odruchu bezwarunkowego oddaje ona mocz, który magazynowany jest w specjalnych zbiornikach, a później wykorzystywany jako nawóz. Redukcja emisji amoniaku wynosi 40%.

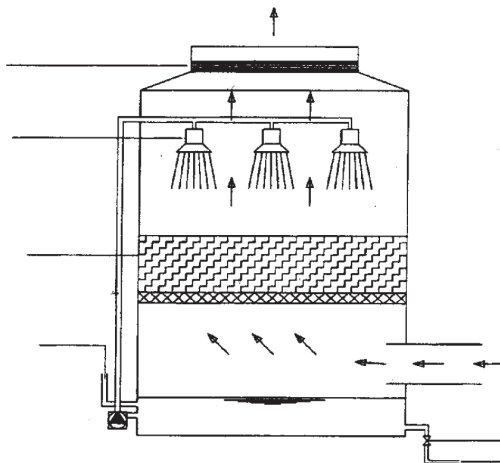


Schemat 2. Gospodarka cyklu zamkniętego – Lely Sphere

Opisane powyżej metody można razem integrować. Takie rozwiązanie dla bydła mlecznego oferuje np. firma Lely. W rozwiązaniu tym w budynku funkcjonują podłogi separujące i robot do usuwania odchodów, a całość powietrza z budynku zasysana jest do kwaśnych płuczek. W efekcie w gospodarstwie powstają trzy różne nawozy, w tym jeden naturalny i dwa mineralne.

Oprócz różnego rodzaju podłóg w budynkach inwentarskich zastosować możemy jeszcze termoizolację i oczyszczanie powietrza. Ta pierwsza wpływa na redukcję temperatury pomieszczeń, co zmniejsza tempo biochemicznych reakcji uwalniania amoniaku. W połączeniu ze sterowaną automatycznie (i tylko taką) wentylacją, uzyskuje się łącznie 20% redukcji amoniaku w stosunku do klasycznych rozwiązań. Sterowanie wentylacją ogranicza prędkość ruchu powietrza, a przez to wielkość emisji z podłóg. Możliwe jest tu także obniżenie kosztów żywienia, tak latem, jak i zimą, co wpłynie na zainteresowanie hodowców. Jeśli idzie o oczyszczanie powietrza wentylowanego z budynków to polega ona na użyciu płuczek i biofiltrów (schemat 3). W tym ostatnim przypadku, amoniak wiązany jest przez złożę filtrujące ze słomy, albo torfu, które potem można traktować jako nawóz. W przypadku płuczek, amoniak z powietrza rozpuszczany jest w trakcie przechodzenia przez kwaśny roztwór soli. Efekt redukcji wynosi dla tych rozwiązań do 70 % emisji amoniaku.

Kiedy obornik i gnojowica trafią na miejsca swojego przechowywania również należy stosować metody mitygacji amoniaku. Dla obornika proponuje się szczelne przykrywanie przyzm folią kiszonkową. Badania wykazują tu możliwość uzyskania redukcji na poziomie 60-80% amoniaku. Ekonomicznie bezzasadne jest natomiast budowanie zadaszonych gnojowni. Jedyne efekty z nimi związane, to brak wymywania azotu przez wody opadowe. Sam amoniak redukowany jest tu w niewielkim zakresie kilku procent. Jeśli chodzi o gnojowicę, to w myśl „Programu azotanowego” musi ona być przechowywana w zbiorniku pod przykryciem. Nawet jeśli chodzi o stare konstrukcje (foto. 7). Możliwości redukcji emisji przy różnych przykryciach zbiorników, ilustruje tabela 6. W ostatnim czasie na rynku pojawiły się tanie rozwiązania do przechowywania gnojowicy w postaci toreb/worków (ang. bag) (foto. 6). Ich skuteczność wynosi 100% emisji, a trwałość zapewnia użytkowanie przez wiele lat.



Rysunek 2. Schemat płuczki powietrza

Zanim gnojowica trafi do zbiornika może być poddana separacji na fazę stałą i ciekłą. Faza stała może posłużyć przy tym do ponownego ścielenia, nawożenia lub peletowania, tak do celów nawozowych, jak i spalania w kotłach CO. Najwyższy efekt mitygacji amoniaku osiągany jest przy sprzedaży peletu (nawóz ogrodniczy lub pelet do kotłów CO) i sięga 70%. Efekt redukcji amoniaku dla samej separacji wynosi natomiast 15-30% (różne rodzaje) bez żadnych zastrzeżeń co do jej dalszego przechowywania.

Gnojowicę możemy również zakwaszać, zarówno w zbiorniku podrusztowym, jak i zewnętrznym, albo w trakcie samej aplikacji. Metoda ta polega na dodawaniu kwasu siarkowego do gnojowicy w celu uzyskania co najmniej $\text{pH} < 6$. Zmiana pH unieczynnia enzym ureazę odpowiedzialną za proces amonifikacji. Efekt redukcji wycenia się na 50-60%. Do zakwaszania służą specjalne aplikatory, gwarantujące pełne bezpieczeństwo obsługi. Metoda ta wymaga bowiem stosowania 96% kwasu siarkowego. Obok zysku w postaci zwiększonej zawartości azotu w aplikowanej na polu gnojowicy, dostarczamy z takim nawozem również całkiem spore ilości siarki.

Tabela 6.
Redukcja emisji amoniaku przy różnych metodach przykrywania zbiorników na gnojowicę

Typ przykrycia	Rodzaj gnojowicy	Poziom redukcji NH_3 (%)
Dach lub sztywne przykrycie	Wszystkie	80
Namiot	Wszystkie	80
Pływająca folia	Wszystkie	60
Pływające elementy plastikowe	do 7 % sm (nie bydłęca)	60
Naturalny kozuch	powyżej 7% sm (zazwyczaj tylko bydłęca)	40
Sieczka	Wszystkie	40
Granulat (ceramiczny, plastikowy)	do 7 % sm (nie bydłęca)	60
Zastąpienie laguny zbiornikiem otwartym	Wszystkie	30-60
Zamknięte plastikowe torby i pojemniki	Wszystkie	100

W końcu wspomnieć należy o biogazowniach rolniczych. Z prac naukowych wynika, że redukują one o 60% emisję GHG w przeliczeniu na CO₂eq oraz o 15% emisję amoniaku. Wiele publikacji wskazuje także na biogazownie rolnicze jako źródło emisji metanu na drodze nieszczelności instalacji oraz emisji z odkrytych zbiorników na pofermentat. Emisja ta nie jest jednak ujednoczona i zależy od typu instalacji, sięgając łącznie od 0,3-4% produkowanego metanu. Podkreślana też jest kwestia większej emisji amoniaku z otwartych zbiorników na substrat i pofermentat nawet do 20% w stosunku do zwykłych fermowych instalacji. Stąd metoda ta nie jest wymieniana w BAT.

W zakresie agrotechniki znajdują się już pozostałe metody redukcji emisji amoniaku. Z obowiązku wspomnieć należy o wykorzystaniu wozów asenizacyjnych wyposażonych w pompy i przewody dozujące gnojowice bezpośrednio na glebę lub pod jej powierzchnię. Możliwe jest ich wykorzystanie tak na GO, jak i TUZ. Płytką iniekcja gnojowicy redukuje emisję o 70-80% (min. na 10 cm), głęboka o 90%, ale tzw. wlezione węże jedynie o 30%. W celu redukcji emisji, nawozy naturalne powinny być jak najszybciej wymieszane z glebą. Przyorywanie do 4 godzin po aplikacji obornika redukuje emisję amoniaku o 60-90%, a natychmiastowe gnojowicy o 70-90%. Po 4 godzinach jest to już tylko 45-65%. Po 24 godzinach tylko 30% emisji amoniaku.



Foto 6. Torba na gnojowice



Foto 7. Prosty i najtańszy sposób przykrycia starych zbiorników na gnojowicę



Foto. 8. Doglebowa aplikacja gnojowicy

Literatura:

EMEP/EEA, 2014. Emission Inventory guidebook.

Groenestein C.M., Hutchings N.J., Haenel H.D., Amon B., Menzi H., Mikkelsen M.H., Misselbrook T.H., van Bruggen C., Kupper T., Webb J., 2019. Comparison of ammonia emissions related to nitrogen use efficiency of livestock production in Europe. *Journal of Cleaner Production* 211, 1162-1170

IIASA, 2012. Emissions from agriculture and their control potentials <http://gains.iiasa.ac.at>

KE, 2020. Commission Staff Working Document, Commission recommendations for Poland's CAP Strategic Plan Accompanying the document Misselbrook T.H., del Prado A., Chadwick D., 2013. Opportunities for reducing environmental emission from forage based dairy farms. *Agri. And Food Sci.*, 22, 93-107

Normy żywienia drobiu, 2005. IFŻZ, Jabłonna

Normy żywienia świń, 2014. IFŻZ, Jabłonna

Sanchis E., Calvet S., del Prado A., Estell F., 2019. A meta-analysis of environmental factor effects on ammonia emissions from dairy cattle houses. *Biosys. Engin.*, 178, 176 -183

UNECE, 2015. Framework Code for Good Agricultural Practice for Reducing Ammonia Emissions.

Zalecenia żywieniowe dla przeżuwaczy i tabele wartości pokarmowej pasz, 2014. IZ PIB

Zuidhof, M.J., Schneider, B.L., Carney, V.L., Korver, D.R., Robinson, F.E., 2014. Growth , efficiency , and yield of commercial broilers from 1957, 1978, and 2005. *Poult. Sci.* 93, 2970–2982. doi:<http://dx.doi.org/10.3382/ps.2014-04291>

Ekonomiczny wymiar redukcji emisji amoniaku w gospodarstwach o różnych profilach produkcji zwierzęcej

Ważną częścią współcześnie prowadzonych badań naukowych oraz formułowanych na ich podstawie prognoz jest ocena światowych możliwości produkcji żywności i jej wpływu na środowisko naturalne. Odpowiedzialne gospodarowanie zasobami przyrodniczymi w produkcji rolniczej nie jest praktyką nową. Już w XIX wiecznej koncepcji rozwoju rolnictwa opartej na chemizacji (nawozy sztuczne oraz chemiczne środki ochrony roślin), hodowli nowych odmian oraz zastosowaniu maszyn, zmniejszających nakłady pracy, zauważono, że towarzyszą tym działaniom niepożądane zjawiska. Niestety ponad korzyści ekonomiczne ujawniły się słabości ekologiczne rolnictwa chemiczno-mechanicznego, wynikające z ograniczonej wydolności naturalnych układów biologicznych.

Dlatego poza celami ekonomicznymi produkcji żywności warto definiować inne kryteria - ekologiczne, społeczne, kulturowe, waloryzujące koszty produkcji, przetwórstwa i handlu. Nauka rolnicza zawsze wskazywała na konieczność zachowania zasobów gleby i otoczenia rolnictwa dla przyszłych pokoleń. Globalny problem ochrony środowiska, z jakim mamy do czynienia, ma lokalne uwarunkowania w każdym regionie i w każdym kraju. [Domagała-Świątkiewicz, 2005]. We współczesnym rolnictwie istnieje społeczny nacisk na dążenie do gospodarowania zrównoważonego, polegającego na uzyskiwaniu stabilnej, a zarazem opłacalnej ekonomicznie i akceptowalnej społecznie produkcji, w sposób niezagrażający środowisku przyrodniczemu [Harasim i Madej, 2008].

Takie podejście powinno być realizowane na różnych poziomach zarządzania, począwszy od gospodarstwa rolnego, poprzez poziom lokalny, regionalny do krajowego. Obecnie gospodarstwa rolne funkcjonują pod ciągłą presją sprostania wymogom narastającej konkurencji, przy jednoczesnym wymogu ograniczania niekorzystnego wpływu nowoczesnych metod produkcji na środowisko [Sawa, 2008].

Skala realistycznej redukcji emisji amoniaku wynika z uwarunkowań zasobowo-technicznych i ekonomicznych. Oznacza to, że redukcja emisji musi być technicznie możliwa do osiągnięcia (określa to techniczny potencjał redukcji), jak również musi być opłacalna w szerokim pojęciu systemowym i nie zagrażać konkurencyjności poszczególnych przedsiębiorstw i poziomowi życia ubogich grup ludności.

Możliwości ograniczenia niekorzystnego oddziaływania rolnictwa na środowisko naturalne można upatrywać jedynie w poprawie technologii i techniki wytwarzania. Zmiana przeciętnego wpływu jednostki wartości (ilości) wyprodukowanego surowca rolniczego na środowisko naturalne, wydaje się bowiem jedynym obecnie dostępnym narzędziem mogącym realnie poprawić wzajemne relacje pomiędzy rolnictwem i środowiskiem naturalnym [Kagan, 2011].

Dlatego też, ostatnio - problemem, z którym obecnie hodowcy muszą się zmierzyć są zmiany przepisów w zakresie ograniczenia zanieczyszczeń azotem i redukcji emisji amoniaku. Nowym wyzwaniem staje się produkcja nie tylko w oparciu o przepisy w zakresie bezpieczeństwa żywnościowego, ale również oddziaływać na środowisko naturalne. Redukcja strat azotu z nawożenia w rolnictwie jest najlepszym przykładem nie tylko jeśli chodzi o poprawę jakości wód. Ma ona również wymiar ekonomiczny, gdyż opiera się o planowanie i organizację produkcji, w taki sposób aby dostępność substancji odżywczych w glebie pozwalała na prawidłowy wzrost roślin uprawnych, bez konieczności dodatkowego, często zbędnego nawożenia. Azot niewykorzystany w produkcji

rolniczej kumulowany jest w glebie bądź migruje do wód powierzchniowych i podziemnych oraz do atmosfery.

Straty azotu wywołują negatywne skutki środowiskowe (zakwaszanie i eutrofizację ekosystemów wodnych i lądowych) oraz gospodarcze (zmniejszenie produkcji, większe nakłady na środki produkcji). Pyły związków amonowych, głównie azotanu amonu, w formie PM_{2.5} mogą być przyczyną poważnych schorzeń układu krążenia, płuc oraz nowotworów. A zatem skutki zdrowotne i środowiskowe emisji amoniaku, który jest zaliczany do głównych antropogenicznych zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego, prowadzą do wymiernych kosztów społecznych.

Dlatego jednym z priorytetowych wyzwań w polityce środowiskowej jest kontrola i ograniczanie emisji amoniaku. Podstawowym działaniem przyczyniającym się do minimalizacji strat azotu z rolnictwa przy jednoczesnym zachowaniu efektywności produkcji jest zarządzanie azotem z uwzględnieniem całego cyklu jego przemian.

Zarządzanie azotem stanowi integralny środek mający zmniejszyć straty N. Zarządzanie azotem opiera się na założeniu, że zmniejszenie nadwyżki azotu (Nsurplus) i zwiększenie efektywności wykorzystania N (NUE) przyczyniają się do zmniejszenia emisji NH₃. W gospodarstwach z hodowlą mieszaną, od 10% do 40% Nsurplus związana jest z emisją NH₃. Zarządzanie azotem ma również na celu zidentyfikowanie i zapobieganie zamianom zanieczyszczeń między różnymi związkami N i przedziałami środowiska. Utworzenie równowagi N wejściowej - wyjściowej na poziomie gospodarstwa jest warunkiem wstępnym optymalizacji zarządzania N w sposób integralny [Bittman i in., 2014].

Kosztochłonność i organizacja produkcji zwierzęcej i roślinnej wybranymi metodami redukującymi emisję amoniaku

W celu poprawy oddziaływania rolnictwa na środowisko naturalne niezbędne jest ustawiczne poszukiwanie i wdrażanie innowacji prośrodowiskowych, tj. technik i technologii ograniczających negatywne skutki rolnictwa dla środowiska naturalnego. Zmiany powinny zachodzić już na poziomie gospodarstw rolnych, gdyż straty azotu w rolnictwie są jednym z istotniejszych źródeł emisji amoniaku.

Wdrażanie systemu rolnictwa precyzyjnego - innowacyjnego, pozwala na ograniczenie emisji amoniaku związanej z nawożeniem roślin i żywieniem zwierząt. Stosując dawki nawozów odpowiednio do potrzeb w układzie przestrzennym, umożliwiamy zwiększenie efektywności ich wykorzystania przez rośliny uprawne i zmniejszenie szkodliwych emisji w przeliczeniu na jednostkę uzyskiwanej produkcji. Podobny efekt w produkcji zwierzęcej można uzyskać poprzez właściwą regulację mikroklimatu w budynkach inwentarskich, gwarantującą wysoką efektywność nakładów w postaci pasz. Redukcji emisji amoniaku sprzyja też wglębna aplikacja gnojowicy na polach oraz skrócenie czasu, w którym nawozy pozostają na powierzchni gleby. Nie bez znaczenia jest również wybór rodzaju stosowanych nawozów mineralnych.

Podstawą kalkulacji kosztów dla technologii produkcji rolniczej, zapewniającej redukcję emisji gazów cieplarnianych, amoniaku i innych substancji zanieczyszczających powietrze, są oszacowane wartości nakładów inwestycyjnych oraz koszty napraw, konserwacji, obsługi technicznej i zużytych bezpośrednich nośników energii, koszty robocizny własnej i najemnej, a także zużytych materiałów siewnych, nawozów, środków ochrony roślin w przypadku produkcji roślinnej lub materiału hodowlanego, pasz, leków itp. w przypadku produkcji zwierzęcej. Sumy tych kosztów dla technologii dotychczas stosowanej i zmodernizowanej można odnieść do jednostki wartości nadwyżki bezpośredniej uzyskiwanej w warunkach używania tych technologii. Efektem zastąpienia dotychczas

stosowanej technologii produkcji rolniczej technologią powodującą zmniejszenie emisji substancji zagrażających środowisku naturalnemu jest zmiana poziomu kosztów produkcji w przeliczeniu na jednostkę nadwyżki bezpośredniej [Pawlak, 2017].

Do oszacowania strat bądź zysków z poniesionych nakładów finansowych na wprowadzenie innowacyjnych praktyk redukujących emisję amoniaku możemy wykorzystać marginalny rachunek kosztów, w którym to posłużymy się kategorią kosztów krańcowych. Koszty krańcowe oznaczają przyrost kosztów całkowitych spowodowany przyrostem wielkości produkcji o jednostkę, bądź jest to koszt, jaki należy ponieść chcąc zwiększyć produkcję o jednostkę. Na podstawie kosztów krańcowych powinny być podejmowane wszelkie decyzje produkcyjne związane z określeniem poziomu intensywności produkcji roślinnej czy zwierzęcej.

Najefektywniejszymi metodami redukcji emisji amoniaku, ale również odpływu azotu do wód, są **rozwiązania żywieniowe**. Wraz ze zmniejszeniem ilości azotu wydalanego z odchodami zmniejsza się ilość emitowanego z nich amoniaku. Zmniejszenie ilości azotu wydalanego z odchodami zwierząt można uzyskać przez:

- stosowanie w żywieniu pasz wysokiej jakości;
- podawanie zwierzętom zbilansowanych dawek pokarmowych (w oparciu o normy żywieniowe), dostosowanych do potrzeb poszczególnych kategorii zwierząt, np. według okresu laktacji, wieku, masy ciała, itp.;
- utrzymywanie zwierząt odznaczających się wysoką wydajnością, ponieważ zwierzęta wysokoprodukcyjne wydalają w odchodach mniejsze ilości N w przeliczeniu na jednostkę produktu (np. mleka) niż zwierzęta o gorszych cechach użytkowych

W związku z tym sugeruje się – tabela1:

Tabela 1. Wybrane metody żywieniowe redukcji emisji amoniaku

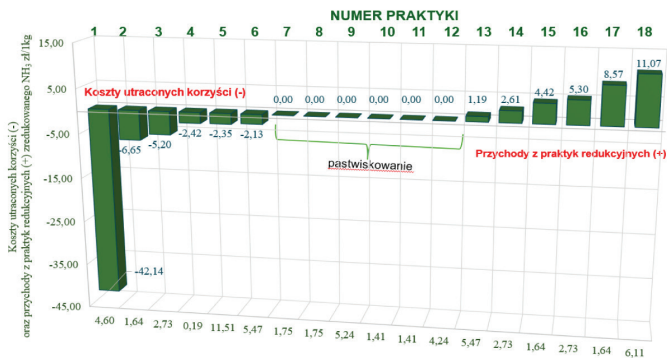
L.p.	Metody ograniczania emisji amoniaku
1	Bydło
1.1	Wydłużenie czasu pastwiskowania
1.2	Precyzyjne bilansowanie dawki pokarmowej
1.3	Precyzyjne bilansowanie dawki pokarmowej w oparciu o zastosowanie białka chronionego przed rozkładem w żwaczu
1.4	Żywienie wielofazowe bydła
1.5	Zastosowanie w żywieniu bydła skondensowanej taniny
2	Trzoda chlewna
2.1.	Obniżenie poziomu brakowania loch
2.2	Zastosowanie obniżonego poziomu białka w żywieniu sów
2.3	Zastosowanie żywienia wielofazowego w odchowie warchlaków
2.4	Zastosowanie żywienia wielofazowego w tuczu sów
3	Drób
3.1	Zastosowanie obniżonego poziomu białka w żywieniu drobiu
3.2	Zastosowanie żywienia wielofazowego w odchowie brojlerów i indyków.

Koszt ekonomiczny strategii żywienia zwierząt w celu obniżenia potencjału lotności NH_3 w odchodach zwierzęcych poprzez dostosowanie zawartości białka surowego, zależy od początkowej dawki żywieniowej oraz od cen surowców paszowych dostępnych na rynku. Ogólnie rzecz biorąc, koszty ekonomiczne wahają się w zależności od gatunku od - 42,14zł (- 9,77€) do 11,07zł (2,57€) za kilogram zaoszczędzonego $\text{NH}_3\text{-N}$, tj. istnieją potencjalne zyski netto i potencjalne koszty netto (rys.1). Zwykle koszty ekonomiczne rosną, gdy cel na obniżenie potencjału lotności NH_3 wzrasta. Rosnące koszty marginalne dotyczą w części kosztów suplementacji syntetycznych aminokwasów w stosunku do stosowania np. soi. Koszty suplementacji aminokwasami spadają. Z drugiej strony koszty suplementacji aminokwasami zwiększają się wraz ze spadkiem docelowej zawartości białka w paszy dla zwierząt.

Tym nie mniej niskobiałkowe karmienie zwierząt jest jednym z najbardziej opłacalnych i strategicznych sposobów redukcji emisji NH_3 . O ile przy stosowaniu dodatku aminokwasów mogliśmy mówić o kosztach utraconych korzyści o tyle w przypadku precyzyjnego bilansowania dawki pokarmowej celem obniżenia poziomu białka daje realne korzyści dla hodowcy z tytułu zastosowanej praktyki redukującej emisję NH_3 .

Jedną z rekomendowanych a najdroższych praktyk jest zastosowanie w żywieniu *bydła skondensowanej taniny*. Metoda polega na uzupełnieniu dawki pokarmowej specjalistycznymi fitogenicznymi dodatkami paszowymi zawierającymi w składzie wyciągi, ekstrakty lub hydrolizaty tanin, które są naturalnymi, zróżnicowanymi roślinnymi substancjami należącymi do związków fenolowych. Jedną z punktu widzenia ograniczenia emisji gazów szkodliwych istotny jest ich wpływ na poprawę gospodarki azotem, zmniejszenie produkcji amoniaku w przewodzie pokarmowym (już na poziomie żwacza – nie ulegają one rozkładowi żwaczowemu) oraz lepsze wykorzystanie energii dzięki mniejszej produkcji metanu. Hodowca ograniczając emisję o 1 kg NH_3 zostaje obciążony kwotą około 40zł.

Najtańszymi praktykami obniżającymi emisję NH_3 , a o stosunkowo dużym potencjale redukcyjnym wahającym się od 1,41 do 5,24 kg $\text{NH}_3\text{-N}$ w przeliczeniu na szt./rok są metody wydłużające czas i okres pastwiskowania bydła. Metoda rekomendowana jest dla małych, drobnotowarowych gospodarstw zajmujących się chowem i hodowlą bydła mlecznego o wydajności do 6 000 kg mleka/ laktację, utrzymujących rodzime rasy bydła mlecznego oraz gospodarstw o wydajności do 8 000 kg mleka/laktację pod warunkiem uzupełnienia żywienia paszami treściwymi. Metodą objęte mogą być różne grupy technologiczne młodzięży, jałówek, krów dojnych, krów zasuszonych. Metoda ta może być i jest powszechnie stosowana w hodowli bydła mięsnego z racji ekonomicznych.



Źródło: opracowanie E. Sowula-Skrzyńska

Ilość zredukowanego NH_3 po zastosowaniu praktyki kg/szt./rok

Rys. 1 Koszty utraconych korzyści (-) oraz przychody z praktyk redukcyjnych (+) zredukowanego NH_3 zł/kg

- [1.] Precyzyjne bilansowanie dawki pokarmowej w oparciu o zastosowanie białka chronionego przed rozkładem w żwaczu;
- [2.] Redukcja koncentracji białka w dawce - aminokwasy - warchlaki;
- [3.] Redukcja koncentracji białka w dawce - aminokwasy – tuczniki;
- [4.] Stosowanie materiałów paszowych o wysokiej strawności składników pokarmowych (aminokwasów);
- [5.] Zastosowanie fitogenicznych dodatków paszowych zawierających skondensowane taniny;
- [6.] Redukcja koncentracji białka w dawce - aminokwasy – locha;
- [7.] Bydło pastwiskowanie- z 4 na 8 godzin /dzień - wypas 210 dni;
- [8.] Bydło pastwiskowanie- z 8 na 12 godzin /dzień - wypas 210 dni;
- [9.] Bydło pastwiskowanie - z 12 na 24 godzin /dzień - wypas 210 dni;
- [10.] Bydło pastwiskowanie- z 4 na 8 godzin /dzień - wypas 170 dni;
- [11.] Bydło pastwiskowanie- z 8 na 12 godzin /dzień - wypas 170 dni;
- [12.] Bydło pastwiskowanie - z 12 na 24 godzin /dzień - wypas 170 dni;
- [13.] Redukcja koncentracji białka w dawce – locha;
- [14.] Redukcja koncentracji białka w dawce – tucznik;
- [15.] Redukcja koncentracji białka w dawce – warchlaki;
- [16.] Żywienie wielofazowe – tuczniki;
- [17.] Żywienie wielofazowe – warchlaki;
- [18.] Wydłużenie pastwiskowania 170dni - 210 dni

Niskoemisyjne systemy magazynowania i aplikacji nawozów naturalnych

Jednym z etapów produkcji, w którym dochodzi do znacznych strat amoniaku jest magazynowanie nawozów naturalnych.

Tabela 2.

Koszty i środki ograniczające emisję amoniaku dla magazynowania gnojowicy

Środek ograniczający	Redukcja emisji NH₃ (%)	Zastosowanie	Koszty (OPEX) (€ za m₃/rok nakłady	Dodatkowe koszty (€/kg NH₃ zreduk. -N)^a
Magazyn bez pokrywy lub skorupy (technika referencyjna)	0		-	-
Szczelna" pokrywa, konstrukcja dachowa lub namiot	80	Zbiorniki betonowe lub stalowe oraz silosy. Mogą nie być odpowiednie dla istniejących magazynów.	2,00 – 4,00	1.0-2.50
Poszycie z plastiku (pływająca pokrywa)	60	Duże laguny z wałami ziemnymi i zbiorniki betonowe lub stalowe. Małe laguny z wałami ziemnymi.	1,50 - 3,00	0.60-1.30

Umożliwienie tworzenia naturalnej skorupy poprzez zmniejszenie mieszania i dopływ nawozu pod powierzchnią (pokrywa płytująca)	40	Tylko dla gnojowicy o większej zawartości materiału włóknistego. Nie nadaje się dla gospodarstw, gdzie konieczne jest mieszanie i rozbijanie skorupy w celu częstej aplikacji gnojowicy. Skorupa może nie tworzyć na gnojowicy ściół w chłodnym klimacie.	0,00	0,00
Zbiorniki tekstylne	100	Dostępne rozmiary zbiorników tekstylnych mogą ograniczać zastosowanie w większych gospodarstwach hodowlanych.	2,50 (zawiera koszt magazynowania)	
Pływające kulki LECA, Hexa-Covers	60	Nie nadają się do obornika tworzącego skorupę	1,00 – 4,00	1,00 – 5,00
„Niska technologia” pływające pokrywy (np., cięta słoma, torf, kora, itp.)	40	Zbiorniki betonowe lub stalowe i silosy. Prawdopodobnie niepraktyczne w dużych lagunach z wałami ziemnymi. Nie nadaje się, jeśli materiały mogą powodować problemy z zarządzaniem gnojowicą.	1,50-2,50	0,3 - 0,9

źródło: Bittman i in., 2014

Przy intensywnej produkcji zwierzęcej powstają tak znaczne ilości nawozów, że ich bieżące wykorzystanie na polach nie jest możliwe. Ponadto przechowywanie nawozów naturalnych daje możliwość ich wykorzystania w odpowiednim czasie, biorąc pod uwagę wzrost upraw, zapotrzebowanie roślin na składniki pokarmowe oraz ryzyko zanieczyszczenia wód. Emisja amoniaku podczas magazynowania uzależniona jest od wielu czynników, między innymi sposobu układania i formowania przy oborniku, powierzchni składowisk, szczelności zbiorników na nawozy płynne, jak również od warunków meteorologicznych. Na tym etapie gospodarowania nawozami naturalnymi straty azotu ocenia się na ok. 2–30% zawartości azotu przed magazynowaniem nawozów [Pietrzak, 2006].

Tabela 3.
Koszty jednostkowe redukcji amoniaku przy stosowaniu
niskoemisyjnych technik aplikacji płynnych nawozów naturalnych

Metoda aplikacji	Pochodzenie gnojowicy	Koszt jednostkowy euro/ kg NH₃ zredukowanego *)
Wóz asenizacyjny z węzami wleczonymi	Krowy mleczne	2,22
	Świnie	4,41
	Produkcja wielostronna	4,31
Aplikacja gnojowicy w otwartą szczelinę	Krowy mleczne	0,60
	Świnie	1,19
	Produkcja wielostronna	1,17
Aplikacja gnojowicy w zamkniętą szczelinę	Krowy mleczne	1,24
	Świnie	2,48
	Produkcja wielostronna	2,42
Aktywne rozcieńczanie gnojowicy do stosowania w systemach nawadniających	Krowy mleczne	2,85
	Świnie	6,45
	Produkcja wielostronna	6,33
Wóz asenizacyjny z węzami wleczonymi z redlicami	b.d.	-0,5-1,5 **)
Aplikacja doglebowa, UZ	b.d.	-0,5-1,5 **)
Przyorywanie natychmiastowe	b.d.	-0,5-1 **)
Mieszanie z glebą natychmiastowe (bezorkowo)	b.d.	-0,5-1 **)
Mieszanie z glebą do 4 godzin	b.d.	-0,5-1 **)
Nawadnianie fazą ciekłą z separacji	b.d.	-0,5-1 **)

*) Jednostkowe koszty redukcji emisji amoniaku dla przeciętnych gospodarstw rolnych z Polskiego FADN w 2016 r. (opr. niepubl. M.Zieliński, J.Sobierajewska, IERiGŻ PIB) ;

***) Jednostkowe koszty redukcji emisji amoniaku, (25-75% redukcji), średnio dla EU-28. Ujemna wartość kosztu oznacza korzyść (zysk) dla rolnika przy zastosowaniu tej metody (opr. niepubl. J.Walczak, IŻ PIB)

źródło: Jarosz i in.2019

Możliwe źródła finansowania praktyk redukujących emisję amoniaku w gospodarstwach o różnych profilach produkcji rolnej.

Potrzeba i konieczność ochrony środowiska naturalnego na poziomie gospodarstwa rolnego nabiera coraz większego znaczenia. W nowej Wspólnej Polityce Rolnej na lata 2021-2027 kwestie te są bardzo mocno akcentowane. W związku z powyższym proponuje się różne rozwiązania –technologie, które w najmniejszym chociażby stopniu przyczynią się do lepszej kondycji środowiska naturalnego na obszarach wiejskich poprzez zmniejszenie ryzyka degradacji środowiska i zrównoważenia ekosystemu rolniczego. Dlatego też głównym celem współczesnego rolnictwa musi być uzyskanie stabilnej, opłacalnej i akceptowanej społecznie produkcji w sposób nie zagrażający środowisku naturalnemu. Rolnictwo powinno zatem łączyć w sobie trzy funkcje produkcyjną, ekonomiczną i środowiskową. Wynika to z faktu, iż analiza kosztów działalności rolniczej ma dzisiaj ścisły związek ze środowiskiem i nie może się ograniczać do efektów mierzonych wyłącznie w kategoriach ekonomicznych.

Należy podkreślić, że wdrażanie technologii produkcji roślinnej i zwierzęcej, zapewniających redukcję emisji gazów cieplarnianych jak również amoniaku, wymaga dodatkowych inwestycji w gospodarstwach rolnych. Tymczasem przynajmniej część dotychczas stosowanych, a nieprzydatnych przy nowej technologii środków technicznych nie została w pełni zamortyzowana. Wszystko to powoduje, że jednostkowe koszty produkcji rolniczej w wyniku modernizacji technologii wzrosną, mimo pewnych oszczędności w zakresie na przykład nośników energii czy nawozów mineralnych. Sugeruje to postawienie postulatów wprowadzenia subwencji mających na celu zachęcenie rolników do stosowania technologii produkcji przyjaznych środowisku naturalnemu [Pawlak, 2017].

Z odpowiedzią na ten problem przychodzi przyszła Wspólna Polityka Rolna na lata 2021 – 2027, która będzie skoncentrowana bardzo mocno na wspieraniu działań na rzecz środowiska i klimatu. Trzy z dziewięciu konkretnych celów przyszłej WPR będą dotyczyły środowiska i klimatu tj.:

- cel 3. przyczynianie się do łagodzenia skutków zmian klimatu i przystosowywania się do nich, a także do zrównoważonej produkcji energii;
- cel 4. wspieranie zrównoważonego rozwoju i wydajnego gospodarowania zasobami naturalnymi, takim jak woda, gleba i powietrze;
- cel 5. przyczynianie się do ochrony różnorodności biologicznej, wzmocnianie usług ekosystemowych oraz ochrona siedlisk i krajobrazu.

Państwa członkowskie będą musiały określić, w jaki sposób zamierzają osiągnąć te cele, zapewniając rolnikom spełnienie wszystkich przewidzianych wymagań w zakresie środowiska i klimatu. Przyszła WPR ma uzależnić wsparcie dochodu rolników oraz płatności obszarowych i zwierzęcych z zastosowaniem praktyk rolniczych przyjaznych dla środowiska i klimatu [Guba, 2020].

Ponadto w ramach przyszłej WPR zaprojektowano tak zwaną „**nową zieloną architekturę**”, w skład której wchodzić mają:

1. **Wzmocniona warunkowość**, łącząca dwa elementy obecnej WPR, tj. zasadę wzajemnej zgodności i zazielenienie. Tak jak dotychczas w ramach zasady wzajemnej zgodności, w nowej warunkowości będą obowiązywały normy dobrej kultury rolnej zgodnej z ochroną środowiska (GAEC) i wymogi podstawowe w zakresie zarządzania (SMR), jednakże poszerzone o dodatkowe elementy. Nowa warunkowość będzie stanowiła podstawę do określenia wymagań dla dodatkowo płatnych, dobrowolnych działań w ramach ambitniejszych elementów zielonej architektury, takich jak ekoprogramy, czy pro-środowiskowe instrumenty wsparcia realizowane z II filara WPR.

2. **Ekoprogramy** - nowy rodzaj płatności na rzecz środowiska i klimatu, które będą finansowane z budżetów płatności bezpośrednich państw członkowskich (I filar WPR). Państwa członkowskie mają swobodę w ustalaniu warunków/wymogów a także budżetu dla ekoprogramów. Elastyczność taka umożliwia zaprojektowanie praktyk, które będą odpowiadały konkretnym potrzebom środowiskowym jak i oczekiwaniom rolników. Ekoprogramy będą miały charakter dobrowolnej, rocznej płatności za realizację działań wykraczających ponad wymogi warunkowości. Ofertę możliwych do podjęcia praktyk oraz warunki ich realizacji państwo członkowskie musi zawrzeć w swoim planie strategicznym.

Sugerowane praktyki w ramach ekoprogramów:

1. Obszary z roślinami miododajnymi
 2. Wsiewki śródplonowe
 3. Międzyplony ozime
 4. Dodatkowa płatność do TUZ z obsadą zwierząt
 5. Opracowanie i przestrzeganie planu nawożenia
 6. Pasy uprawne wolne od środków ochrony roślin i nawozów
 7. Korzystna struktura upraw
 8. Uprozczone systemy uprawy
 9. Produkcja integrowana
 10. Wapnowanie
 11. Przyorywanie obornika w ciągu 12 godzin
 12. Rozlewanie gnojowicy innymi metodami niż rozbryzgowo
 13. Aplikacja dogłębowa nawozów na bazie mocznika
 14. Bioróżnorodność -X % więcej niż w GAEC 9
 15. Strefy buforowe wzdłuż wód powierzchniowych
3. **Zobowiązania środowiskowe**, klimatyczne i inne zobowiązania w dziedzinie zarządzania (II filar WPR). Będą to ambitne działania wieloletnie, wykraczające ponad warunkowość i jednocześnie różne od ekoprogramów. Interwencje te planuje się wdrażać w dużej mierze jako kontynuację obecnego podejścia stosowanego w ramach Działania rolno-środowiskowoklimatycznego PROW 2014-2020 [MRiRW, 2019]

Obecnie subwencji na działania wspierające realizację celów środowiskowych, w tym ograniczających emisję amoniaku należy „poszukiwać” w ramach PROW 2014-2020 m.in. w działaniach:

- Modernizacja gospodarstw rolnych
- Inwestycje w gospodarstwach położonych na obszarach NATURA 2000
- Inwestycje w gospodarstwach położonych na obszarach OSN
- Działanie rolno-środowiskowo-klimatyczne
- Rolnictwo ekologiczne
- Płatności dla obszarów z ograniczeniami naturalnymi lub innymi szczególnymi ograniczeniami (ONW)
- Inwestycje w rozwój obszarów leśnych i poprawę żywotności lasów

W podsumowaniu należy przypomnieć, że amoniak jest zaliczany do głównych antropogenicznych zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego. Źródłem jego emisji są przede wszystkim straty azotu w rolnictwie. Należy również zwrócić uwagę, że skala realistycznej redukcji emisji amoniaku wynika z uwarunkowań zasobowo-technicznych i ekonomicznych. Oznacza to, że redukcja emisji musi być technicznie możliwa do osiągnięcia (określa to techniczny potencjał redukcji), jak również musi być opłacalna w szerokim pojęciu systemowym i nie zagrażać konkurencyjności poszczególnych przedsiębiorstw i poziomowi życia ubogich grup ludności.

Literatura:

- Bittman, S., Dedina, M., Howard C.M., Oenema, O., Sutton, M.A., (eds), 2014, Options for Ammonia Mitigation: Guidance from the UNECE Task Force on Reactive Nitrogen, Centre for Ecology and Hydrology, Edynburg, UK; p.96.
- Domagała-Świątkiewicz I. 2005. Wpływ działalności rolniczej na środowisko naturalne. Ochrona środowiska naturalnego w xxi wieku nowe wyzwania i zagrożenia. Praca zbiorowa pod redakcją: Kazimierza Wiecha, Henryka Kołoczka, Pawła Kaszyckiego. Fundacja Na Rzecz Wspierania Badań Naukowych Wydziału Ogrodniczego Akademii Rolniczej im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, s 57-71.
- Guba W. (2020). Założenia Wspólnej Polityki Rolnej UE na lata 2021-2027 –stan prac na forach UE i krajowym. Materiały z posiedzenia sekcji Wieś, Rolnictwo Narodowej Rady Rozwoju w dniu 11 lutego 2020 r., „Wspólna Polityka Rolna Unii Europejskiej na lata 2020+, oczekiwania i skutki dla polskiego rolnictwa”; Departament Strategii i Analiz MRiRW.
- Harasim A., Madej A. 2008. „Ocena poziomu zrównoważonego rozwoju gospodarstw bydłych o różnym udziale trwałych użytków zielonych”. Roczniki Nauk Rol., G, 95(2): 28-38; <http://www.clrtap-tfm.org>
- Jarosz Z., Faber A., Walczak J., Sowula-Skrzyńska E., Borecka A., Krawczyk W., Tyra M., Pieszka M., Knapik J., Połtowicz K., Karpowicz A., Kowalska D., Wrona I., Jugowar L., Mielcarek P., Rzeźnik W. (2019). Kodeks doradcy dobrej praktyki rolniczej dotyczący ograniczenia emisji amoniaku. Opracowanie monograficzne pod redakcją ITP w Falentach. Warszawa MRiRW, ss.80
- Kagan A. (2011). Oddziaływanie rolnictwa na środowisko naturalne. Zagadnienia Ekonomiki Rolnej nr 3; IERIGŻ - PIB, Warszawa; s. 99-115.
- MRiRW (2019). <http://wmirol.org.pl/wp-content/uploads/2019/09/Konsultacje-ekoprogram%C3%B3w.pdf>
- Pawlak J. (2017). Założenia metodyczne do oceny ekonomicznych skutków redukcji emisji gazów cieplarnianych. Zagadnienia Ekonomiki Rolnej. 2(351) 2017, s. 138-151; DOI: 10.30858/zer/83025.
- Pietrzak S. 2006. Metoda inwentaryzacji emisji amoniaku ze źródeł rolniczych w Polsce i jej praktyczne zastosowanie. Woda Środowisko Obszary Wiejskie, t. 6 z. 1(16), s. 319-334.
- Sawa J. 2008. „Nakłady materiałowo-energetyczne jako czynnik zrównoważenia procesu produkcji rolniczej”. Inżynieria Rolnicza. 5(103): 243 – 248.



Mazowiecki Ośrodek Doradztwa Rolniczego

ul. Czereśniowa 98, 02-456 Warszawa

tel. 22 571 61 00, fax. 22 571 61 01

e-mail: sekretariat@modr.mazowsze.pl

www.modr.mazowsze.pl

Mazowiecki Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Warszawie

ODDZIAŁ SIEDLCE

ul. Kazimierzowska 21, 08-110 Siedlce tel. 25 640 09 11, fax. 25 640 09 11

e-mail: sekretariat.siedlce@modr.mazowsze.pl

Mazowiecki Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Warszawie

ODDZIAŁ POŚWIĘTNE W PŁOŃSKU

ul. H. Sienkiewicza 11, 09-100 Płońsk tel. 23 663 07 00, fax. 23 662 99 50

e-mail: sekretariat.plonsk@modr.mazowsze.pl

Mazowiecki Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Warszawie

ODDZIAŁ PŁOCK

ul. Zglenickiego 42 D, 09-411 Biała

tel. 24 262 97 72, fax. 24 262 99 30

e-mail: sekretariat.plock@modr.mazowsze.pl

Mazowiecki Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Warszawie

ODDZIAŁ OSTROŁĘKA

ul. Targowa 4, 07-412 Ostrołęka

tel. fax. 29 760 03 69

e-mail: sekretariat.ostroleka@modr.mazowsze.pl

Mazowiecki Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Warszawie

ODDZIAŁ BIELICE

Bielice 19, 96-500 Sochaczew

tel. 46 862 00 40, fax. 46 862 00 52

e-mail: sekretariat.bielice@modr.mazowsze.pl

Mazowiecki Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Warszawie

ODDZIAŁ RADOM

ul. Chorzowska 1618, 26-600 Radom

tel. fax 48 365 02 06

e-mail: sekretariat.radom@modr.mazowsze.pl