

Prace zespołu ekspertów
na rzecz wymogów ochrony środowiska i zmian klimatu

Krajowe wyniki prac badawczych oraz działań szacowania oddziaływań w zakresie ochrony środowiska i zmian klimatu w sektorze rolnictwa

OPRACOWANIE MONOGRAFICZNE



„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 opracowana przez Instytut Zootechniki PUL, współfinansowana przez Urząd Rolnictwa Unii Europejskiej
w ramach Krajowej Sieci Obszarów Wiejskich Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014-2020



INSTYTUT ZOOTECHNIKI
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY
NATIONAL RESEARCH INSTITUTE
OF ANIMAL PRODUCTION

Opracowanie monograficzne

**„Krajowe wyniki prac badawczych
oraz działań szacowania oddziaływań
w zakresie ochrony środowiska
i zmian klimatu
w sektorze rolnictwa”**

ISBN: 978-83-7607-247-0

Kraków, 30 października 2017 r.

INSTYTUT ZOOTECHNIKI PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

ul. J. Sarego 2, 31-047 Kraków
tel. 12 422 88 52, fax 12 422 80 65
e-mail: izooinfo@izoo.krakow.pl http://www.izoo.krakow.pl

DYREKTOR INSTYTUTU ZOOTECHNIKI PIB

prof. dr hab. inż. Maciej Pompa-Roborzyński

Monografia wykonana pod redakcją:

dr hab. Jacka Walczaka, dr Wojciecha Krawczyka

Recenzenci monografii:

prof. dr hab. Roman Niżnikowski

Szkola Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

dr hab. inż. Robert Kupczyński, prof. nadzw.

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Autorzy monografii:

dr hab. Jacek Walczak

*Instytut Zootechniki PIB w Krakowie, Dział Technologii, Ekologii i Ekonomiki
Produkcji Zwierzęcej*

prof. dr hab. Eugeniusz R. Grela, dr hab. Renata Klebaniuk,

prof. nadzw. dr inż. Wioletta Samolińska

*Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Instytut Żywienia Zwierząt
i Bromatologii, Wydział Biologii, Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki*

dr inż. Wojciech Rzeźnik

dr inż. Paulina Mielcarek, prof. dr hab. Jerzy Lech Jugowar

*Instytut Technologiczno Przyrodniczy, Oddział w Poznaniu, Zakład Kształtowania
Środowiska w Obiektach Inwentarskich i Ochrony Powietrza*

dr Monika Skowrońska, prof. dr hab. Tadeusz Filipek

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej

dr Zuzanna Jarosz, prof. dr hab. Antoni Faber

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – PIB w Puławach

Artur Łączyński¹, Elżbieta Ziółkowska²

¹Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, Dyrektor Departamentu Rolnictwa

²Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, Naczelnik Wydziału Analiz i Opracowań
Rolniczych

Ark. Wyd. 6,8

Biuro Projektu: dr inż. Paweł Radomski, dr inż. Piotr Moskała

Projekt okładki: mgr Krzysztof Paleczny

Opracowanie redakcyjne i skład: mgr Bogusława Krawiec

Spis treści

Wstęp.....	5
Znaczenie nauk zootechnicznych w ochronie środowiska i przeciwdziałaniu zmianom klimatu: <i>J. Walczak</i>	7
Badania Instytutu Żywienia Zwierząt i Bromatologii obejmujące żywieniowe metody ograniczania wydalania azotu i metali do środowiska z produkcji zwierzęcej: <i>E. R. Grela, R. Klebaniuk, W. Samolińska</i>	25
Instytut Technologiczno-Przyrodniczy i jego dorobek naukowy w zakresie ochrony środowiska i zmian klimatu: <i>W. Rzeźnik, P. Mielcarek, J. L. Jugowar</i>	40
Dorobek Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie w zakresie ochrony środowiska i zmian klimatu w sektorze rolnictwa: <i>M. Skowrońska, T. Filipek</i>	56
Kierunki badań realizowanych w latach 2010-2016 w zakresie możliwości wykorzystania odnawialnych źródeł energii pochodzenia rolniczego: <i>Z. Jarosz, A. Faber</i>	74
Kierunki badań realizowanych w latach 2010-2015 nad redukcją emisji gazów cieplarnianych w produkcji surowców na cele paliwowe: <i>Z. Jarosz, A. Faber</i>	94
Działania departamentu rolnictwa w zakresie prowadzonych badań: <i>A. Łączynski, E. Ziółkowska</i>	118

Wstęp

Krajowe wyniki prac badawczych oraz działań szacowania oddziaływań w zakresie ochrony środowiska i zmian klimatu w sektorze rolnictwa

Wyniki badań naukowych stanowią podstawę szacowania środowiskowych i klimatycznych oddziaływań całości gospodarki w tym rolnictwa. W większości międzynarodowe metodyki uznane przez ONZ i UE, a stosowane do oficjalnych szacunków, opierają się na pracach zagranicznych ośrodków badawczych. Adaptowane do rodzimych warunków, często odbiegają jednak od rzeczywistego stanu. Oczywiście możliwe jest stosowanie własnych, krajowych metodyk, jednak muszą one być bardzo dobrze udokumentowane i zatwierdzone przez odpowiednie gremia. W tym kontekście wielość oraz złożoność krajowych badań publikowanych w licznych periodykach, wpływa niekorzystnie na możliwość jednoznacznego określenia faktycznego stanu zaawansowania wiedzy ekspertów wspierających prace MŚ, czy MRiRW. Próba samookreślenia się zespołów badawczych dokonywana w ramach poniższej monografii, może być pomocna nie tylko do takiego podsumowania osiągnięć, ale również wyznaczenia obszarów pominiętych, koniecznych dla wyznaczenia tego swoistego, krajowego status quo, a dalej wypracowania własnych mechanizmów obliczania efektów oddziaływań.

Nie ulega przy tym wątpliwości, iż przy dotychczasowym braku koordynacji finansowania zagadnień badawczych, część badań może się powielać, a ich wyniki znacząco odbiegać od siebie. Na taki stan wpływ może mieć wiele czynników, począwszy od doboru materiału i metod, poprzez wykorzystanie różnego rodzaju aparatury badawczej, na narzędziach analitycznych kończąc. Ujednolicenie tych aspektów jest jednym z zakładanych celów prac zespołu ekspertów MRiRW w ramach którego działalności, publikowana jest ta monografia. W końcu, uwzględniając całość procesów produkcji rolniczej od uprawy po produkcję zwierzęcą, każdy z etapów cechować może się odmiennymi efektami oddziaływań. Zatem tylko konsolidacja dotychczasowych wyników prac badawczych, może dać pojęcie o sumarycznym oddziaływaniu i ostatecznym wyniku środowiskowym.

Poniższa monografia stanowi zaledwie próbę podsumowania wyników dotychczas zrealizowanych prac badawczych w zakresie

ochrony środowiska i zmian klimatu na gruncie rolnictwa. Jednak jest to pierwsze w kraju opracowanie o takim charakterze i zakresie. Traktowane z punktu widzenia jednostek, a nie pojedynczych autorów, pozwala jednocześnie na orientację w krajowym potencjale badawczym dla wspomnianych zagadnień. Monografia ta również doskonale obrazuje drogę jaką musiały pokonać zespoły naukowe, podejmując początkowo zgoła marginalne i mało zrozumiałe dla innych, zagadnienia będące dziś jednymi z wiodących problemów rolnictwa.

dr hab. Jacek Walczak
Instytut Zootechniki PIB
Zastępca Dyrektora ds. Nauki

Znaczenie nauk zootechnicznych w ochronie środowiska i przeciwdziałaniu zmianom klimatu

Jacek Walczak

*Dział Technologii, Ekologii i Ekonomiki Produkcji Zwierzęcej,
Instytut Zootechniki PIB*

Technologia produkcji zwierzęcej od zarania wpisana była w kwestie poprawy środowiska bytowego zwierząt, realizowanego na gruncie ochrony ich zdrowia, a wraz z nim zwiększenia produktywności. W tym kontekście takie gazy jak amoniak, siarkowodór, a nawet metan i dwutlenek węgla, były obiektem intensywnych badań w zakresie redukcji stężeń w powietrzu, optymalizacji mikroklimatu oraz poprawy skuteczności wentylacji budynków inwentarskich. Stąd do dyspozycji zespołów badawczych były zarówno stosowna aparatura (np. rurki Draegera, anemometry), jak i sprawdzone metody analityczne. Jednak problematyka ich emisji podjęta została dopiero w drugiej połowie lat 90. Znacznie wcześniej, bo w latach 70. ubiegłego wieku, zaistniały zagadnienia depozycji azotu i fosforu z nawozów naturalnych w środowisku glebowym, a także wymywania tych biogenów do wód powierzchniowych. Oczywiście przyczyną takiej jakościowej zmiany, był wzrost skali i koncentracji krajowej produkcji zwierzęcej, wchodzącej na etap metod przemysłowych. Obiekty budowane w technologii Gi-Gi, czy Staltechnik po raz pierwszy wprowadzały bezściołowy chów zwierząt i wymagały nieznanych dotąd rozwiązań w kolekcji, magazynowaniu i aplikacji gnojowicy. To właśnie wtedy zainteresowano się w Instytucie Zootechniki PIB programowaniem i planowaniem gospodarki nawozowej, jednak

w ujęciu obsługi samych budynków. Jako pochodna, pojawiła się kwestia zużycia wody i to tej technologicznej, służącej do usuwania i upłyniania odchodów zwierząt. Również wtedy zaczęto rozwijać metody oceny skutków środowiskowych, łącznie z użyciem metod biologicznych opartych na hodowli akwariowej gatunków ryb, będących swoistymi markerami skażenia. Już w latach 80. dokonywano prób konstruowania biogazowni rolniczych w celu zagospodarowania nadmiaru wolumenu nawozów naturalnych, biorąc za wzór rozwiązania z czasów II wojny światowej, nakierowane na pozyskiwanie biogazu do celów energetycznych.

Nic zatem dziwnego, że wraz z wprowadzeniem w roku 1991 na terenie EWG, tzw. dyrektywy azotanowej, uważnie, acz bez entuzjazmu śledzono w Instytucie Zootechniki, rozwój europejskiego prawodawstwa w zakresie ochrony środowiska, a także wyprzedzających je badań analitycznych. Najbliższe zagadnieniom środowiskowego oddziaływania ferm, okazały się być emisje odorów. Problem jednak rozpoznawano już w oparciu o pomiary chromatograficzne i pojedyncze związki, mniej lub bardziej wpasowujące się charakterem w definicje odorantów, a często odgrywające większą rolę w zmianach klimatu i obiegu azotu (metan, amoniak).

Podążając wciąż drogą systemów utrzymania zwierząt gospodarskich, pierwsza ze współcześnie opublikowanych prac IZ PIB w zakresie ochrony środowiska dotyczyła wpływu modyfikacji technologicznych na ograniczenie negatywnych oddziaływań środowiskowych wynikających z produkcji trzody chlewnej Walczak J. (2000). Bazowała ona jeszcze na pomiarach stężeń wspomnianych domieszek gazowych w pomieszczeniach inwentarskich. Następnie w latach 2001-2004 zrealizowano temat badawczy pt.: „**Zastosowanie metod biofizykochemicznych w eliminacji odorów z produkcji trzody chlewnej**”. Celem przeprowadzonych badań było określenie składu chemicznego oraz możliwości redukcji emisji odorów powstających z produkcji trzody chlewnej. Doświadczenie przeprowadzono na tucznikach linii 990 utrzymywanych od 30 do 60 kg masy ciała (początkowy okres tuczu) w sześciu systemach utrzymania: na głębokiej ściółce słomianej, na głębokiej ściółce trocinowej (z drzew iglastych), na posadzkach samospławialnych, bezściółowo na ruszcie metalowym, bezściółowo na posadzce betonowej pełnej oraz systemie kombinowanym (legowisko zaścielane słomą, część defekacyjna rusztowa). Każda grupa zajmowała jedną z 6 komór klimatycznych

o optymalnym, standaryzowanym zgodnie z normami zootechnicznymi. Wykorzystanie komór było tu autorskim projektem i jednoznacznie przenosiło pomiary w obszar emisji. Pomiarom poddano tu poddano takie związki jak amoniak, metan, tlenki azotu oraz zbiorczo grupy chemiczne jak alkohole, aldehydy, ketony, kwasy organiczne, fenole itp. Wykorzystano przy tym przenośny chromatograf gazowy Photovac 10+. Ustalono różnice w składzie i stężeniu emitowanych związków z każdego badanego systemu utrzymania. W kolejnych powtórzeniach określono wpływ zastosowania różnego rodzaju produktów i urządzeń na możliwości redukcji powstawania odorów. Wykorzystano tu: jonizację powietrza pomieszczeń w celu zmiany struktury cząstek gazów, sole wapniowe, glinokrzemiany i preparaty mikrobiologiczne jako dodatki ściółowe, elektrofiltry powietrza do jego oczyszczania oraz dodatki żywieniowe wpływające na poprawę strawności azotu i fosforu zawartych w paszy. Największe i jednoznaczne możliwości redukcji określono przy zastosowaniu metod żywieniowych oraz jonizacji i filtracji powietrza. Również dodatki ściółowe lecz o wyraźnie kwaśnym odczynie, potwierdziły swoje możliwości w skutecznej eliminacji domieszek i odorów (Walczak i in., 2009).

Posiadanie chromatografu gazowego oraz mierników fotojonizacyjnych umożliwiło w latach 2003-2005 podjęcie badań nad **wpływem odnawialnych źródeł ciepła na zanieczyszczenie powietrza w budynkach dla zwierząt**. Celem badań, było określenie wielkości i zakresu emisji zanieczyszczeń gazowych z klasycznych i odnawialnych źródeł ciepła, stosowanych w produkcji zwierzęcej. W doświadczeniu oznaczono produkty spalania takich materiałów, jak: węgiel kamienny, olej opałowy, słoma zbożowa oraz drewno. Analizie poddano występowanie oraz ilość następujących związków: dwutlenku węgla, tlenku węgla, dwutlenku siarki, tlenków azotu, dioksan i innych. Otrzymane wyniki pozwoliły na każdorazowe oszacowanie ilości zanieczyszczeń odpowiadających zużyciu 1 GJ energii. W trakcie badań określono również ekonomiczną efektywność wykorzystania tych źródeł na podstawie cen jednostkowych nośników. Najmniejsze obciążenie środowiska powstające przy dogrzewaniu budynków inwentarskich stwierdzono dla spalania słomy i drewna. Najtańszym z badanych źródeł energii okazała się słoma zbożowa i drewno. Uzyskane wtedy wyniki ilustruje tabela 1.

Badania emisji gazów kontynuowano w temacie **określenia wielkości emisji szkodliwych domieszek gazowych powietrza powsta-**

łych w różnych systemach utrzymania bydła oraz możliwości ich redukcji, realizowanym w latach 2004-2006. Celem badań było tu oszacowanie wielkości emisji poszczególnych gazów z chowu bydła mlecznego oraz określenie sposobów jej przeciwdziałania. Materiał doświadczalny stanowiło bydło czarno-białe (ok. 70% udziału krwi hf) z różnych grup technologicznych, a mianowicie: krowy, jałówki oraz cielęta. Ogółem w doświadczeniu udział wzięło 136 sztuk bydła. Zwierzęta utrzymywano ponownie w 6 komorach klimatycznych, z których każda wyposażona była w inny system utrzymania. Pomiary emitowanych gazów realizowane w sposób ciągły przy użyciu elektronicznego miernika stężenia gazów, jak i chromatografu gazowego. Jednocześnie monitorowano parametry mikroklimatu komór. Pomiarom i porównaniu podlegały tu emisje takich makroskładników jak amoniak, siarkowodór, metan i tlenki azotu oraz dodatkowo organicznych lotnych związków gazowych (VOC) stanowiących mikrodomieszki, jednak zasadniczo odpowiedzialnych za zapachową uciążliwość utrzymania bydła (Walczak i in., 2008). Uzyskane wyniki wskazały jednoznacznie na systemy ściółkowe, jako bardziej korzystne dla środowiska. Jedynie w zakresie metanu dochodziło w nich do większej emisji, co ma znaczenie dla szacowania zagrożeń efektem cieplarnianym. Jeśli idzie o zapachową uciążliwość utrzymania bydła, to dużą rolę odegrały zarówno system utrzymania jak i stosowane żywienie. Zwiększenie strawności białka przy równoczesnym obniżeniu jego poziomu w dawce, powodowało pozytywne efekty tak w ograniczeniu strat azotu, jak i zmniejszeniu emisji odorów. Na uwagę zasługiwało również przeciwdziałanie emisjom na drodze dodatków ściółkowych. Najlepsze rezultaty uzyskano stosując sole obniżające pH odchodów oraz związki bakteriostyczne, ograniczające liczebność mikroflory.

Tabela 1. Oznaczone wielkości emisji gazów spalinowych powstających z różnych źródeł w g na 1 GJ uzyskanej energii

Rodzaj gazu	Rodzaj paliwa*			
	Słoma	Drewno	Olej opałowy	Węgiel kamienny
CO ₂	332,6	420,65	883,05	1663,13
CO	64,23	85,46	0,152	19,18

SO ₂	35,97	15,13	40,65	178,2
NO _x	119,18	79,56	123,24	156,5
CH ₄	4,87	6,73	2,92	12,07
TOC	6,45	8,54	13,23	18,45
WWA	0,045	0,065	0,13	0,18
BTX	127x10 ⁻²	182x10 ⁻²	245x10 ⁻²	698x10 ⁻²
VOC	16,64	25,32	45,12	60,24
PCDDs	12,4x10 ⁻³	2,34x10 ⁻³	7,34x10 ⁻³	22,76x10 ⁻³
Pyły	4,03	13,44	1,73	56,7

* wszystkie różnice wokresach statystycznie istotne przy $P \leq 0,05$.

Powyższe badania uzupełniono tematem dotyczącym **wplywu warunków przechowywania obornika na przebieg procesów dekompozycji**, realizowanym w latach 2006-2008. Celem badań było określenie możliwości redukcji potencjału biogenego oraz emisji amoniaku i dwutlenku węgla z przechowywanego obornika bydłęcego i świńskiego. Doświadczenie objęło 2 zadania w obrębie trzody chlewnej i bydła. W pierwszym określono bezwzględne wielkości emisji gazowych oraz zmiany składu obornika w trakcie jego procesu "dojrzwania" w warunkach rosnących temperatur (okres wiosenno-letni) i malejących temperatur (okres jesienno-zimowy). Drugie z zadań określiło wpływ modyfikacji przechowywania obornika w warunkach rosnących temperatur na wielkość strat związków biogenych. Doświadczenie zrealizowane zostało w warunkach polowych przy zastosowaniu metody tunelowej. Obornik złożony w pryzmach przez okres 6 miesięcy, znajdował się w tunelu gdzie regulowano przepływ powietrza. Monitoringowi poddano również warunki mikroklimatyczne oraz skład obornika. Uzyskane w trakcie realizacji badań wyniki oraz przeprowadzona ich analiza pozwoliły na wyłonienie pewnych prawidłowości, istotnych z punktu widzenia założonych celów. Otóż w trakcie przechowywania obornika pochodzącego od bydła i trzody chlewnej stwierdzono straty i zmian form czynnych zawartych w nich pierwiastków biogenych. Ponadto straty zawartości związków biogenych obornika odbywały się na drodze emisji związków gazowych głównie w formie amoniaku i dwutlenku węgla. Poziom redukcji zawartości związków biogenych w oborniku związany był ściśle z przebiegiem warunków pogodowych, a zwłaszcza

termicznych. W okresie wyższych temperatur założone przyzmy podlegały szybkiemu tempu przemian biochemicznych, co w efekcie nie zapobiegało redukcji ale ją znacząco ograniczało. Stwierdzono natomiast, że zakładanie przyzm obornikowych w niskich (ale nie ujemnych) temperaturach, skutkuje zwiększeniem strat związków biogenych powodowanym brakiem wystąpienia fazy termofilnej. Badania potwierdziły przy tym, że redukcjom związków biogenych w trakcie przechowywania obornika można przeciwdziałać na drodze aplikacji preparatów mikrobiologicznych lub okrywania przyzm nieprzepuszczalnym materiałem np. folią polietylenową. Zabiegi te mogą zredukować wielkość strat od 9 do 14%. Za nieskuteczne i nietrwale uznano zabiegi obsiewania przyzm nasionami zbóż. Kiełkowanie ziarniaków następowało bowiem zbyt późno do tempa przemian obornika, a w dłuższej perspektywie czasu okrywa taka skazana była na suszę fizjologiczną i zamieranie. Podobne badania zrealizowano również dla chowu zwierząt futerkowych i uzyskiwanych stamtąd odchodów (Walczak i in., 2009).

W latach 2006-2010 realizowano zadanie Programu wieloletniego IZ PIB pt. **”Opracowanie norm i procedur technologicznych chroniących środowisko naturalne przed niekorzystnym wpływem ferm zwierząt z uwzględnieniem specyfiki obszarów szczególnie narażonych (OSN)”**. Celem zadania było określenie zakresu i skali oraz norm emisji szkodliwych domieszek gazowych powietrza i odorów emitowanych z ferm oraz ustalenie i wdrożenie procedur redukcji zagrożenia środowiska płynącego ze składowaniem odchodów zwierzęcych. W trakcie realizacji zadania opracowano również technologie produkcji zwierzęcej dla obszarów szczególnie narażonych (OSN), a także system monitorowania negatywnego oddziaływania ferm na środowisko (Walczak i in., 2016). Uzyskane tu wyniki posłużyły do wprowadzenia normatywów skali i koncentracji produkcji zwierzęcej w aspekcie dopuszczalnego obciążenia środowiska. Zostały one później wykorzystane w zarządzeniach RZGW na terenie wszystkich OSN w kraju. Przykłady uzyskanych w badaniach zależności obciążenia środowiska od skali i koncentracji produkcji zwierzęcej ilustrują tabele 2 i 3.

Tabela 2. Zależność obciążenia środowiska od wielkości stada krów mlecznych

Rodzaj obciążenia	Liczba sztuk stada					
	20	60	120	240	480	700
Depozycja N-NO ₃ (kg)	2854,8	8564,4	17128,8	34257,6	68515,2	102518
Emisja eq. CO ₂ (t)	251,8	755,4	1510,8	3021,6	6043,2	8813,0
Emisja VOC (kg)	1440	4320	8640	17280	34560	50400
Minim. pow. nawozowa (ha)	15,8- 16,5	45,3- 47,5	85,6- 90,0	171,2- 180,0	382,4- 400,0	561,8- 587,5
Optim. pow. nawozowa (ha)	50	150	250	550	1200	1800

Tabela 3. Zależność obciążenia środowiska od wielkości stada loch

Rodzaj obciążenia	Liczba sztuk stada					
	20	60	120	240	480	700
Depozycja N-NO ₃ (kg)	673,4	2020	4040	6216	8080	23569
Emisja eq. CO ₂ (t)	1,8	5,5	11,1	22,2	44,5	63,0
Emisja VOC (kg)	104,0	312,0	624,0	1248,0	2496	3640
Minim. pow. nawozowa (ha)	2,87- 3,64	9,54- 11,84	17,65- 25,58	35,3- 44,5	70,6- 90,1	102,6- 129,7
Optim. pow. nawozowa(ha)	15	50	100	170	360	450

W latach 2007-2010 realizowano w IZ PIB Projekt celowy zamawiany NR PBZ-MEiN-5/2/2006 pt.: **”Nowe metody i technologie dezodoryzacji w produkcji przemysłowej, rolnej i gospodarce komunalnej”**, w którym instytut wykonał zadanie poświęcone badaniom modelowym emisji gazowych powstających z utrzymania zwierząt gospodarskich. Celem prowadzonych badań było przeprowadzenie inwentaryzacji dyslokacji hodowlanych źródeł emisji odorów oraz rozpoznanie zakresu i skali emisji odzwierzęcych odorów pochodzących z ferm

i pomieszczeń inwentarskich z najczęściej stosowanymi systemami utrzymania świń, bydła, drobiu. Inwentaryzacji dyslokacji źródeł podlegało łącznie 1 147 344 gospodarstw i ferm utrzymujących bydło, trzodę chlewną oraz drób na terenie całego kraju. Badaniami rozpoznania zakresu i skali objęto 333 świnię. Materiał doświadczalny w zakresie bydła stanowiło 288 szt. rasy cb (70% dolewu hf). W badaniach nad drobiem wykorzystano 900 kurek i kur rasy ISA Brown oraz 300 kurcząt brojlerów Cobb, 600 kurek i niosek indyjskich, i 300 brojlerów indyjskich. Pod względem zagrożenia odorami powstającymi z przechowywania odchodów zwierząt wykorzystano łącznie 300 t obornika i gnojowicy. Badania standardowo oparto o pomiary wykonywane w 6 oryginalnych komorach klimatycznych (wg metody "climatic-respiration chamber") i tunelach aerodynamicznych (wg metody wind tunnel system) dla obornika i gnojowicy. W przypadku świń stwierdzono zakres emisji odorów dochodzący do 152 związków gazowych. 51 z nich było stale obecnych w pomieszczeniach inwentarskich. Na wielkość emisji odorów z przechowywania odchodów zwierząt najsilniejszy wpływ posiadała obecność ściółki, wyjściowy stosunek C/N oraz odpowiednie natlenienie. Największe emisje odorów związane były z przechowywaniem gnojowicy jako płynnego nawozu organicznego. Wielkość emisji odorów z utrzymania bydła zależała natomiast od rodzaju grupy technologicznej i technologii chowu. Zakres emisji odorantów z utrzymania bydła obejmował w badaniach 164 związki gazowe. Najwyższym poziomem emisji odorantów cechowała się grupa krów mlecznych w systemie bezściółkowym, a najniższym cielęta na płytkiej ściółce słomistej. Różnice w składzie i wielkości emisji odorantów z produkcji bydła w stosunku do innych gatunków, sprowadzały się do znacznego udziału tak alkoholi, jak i lotnych kwasów tłuszczowych oraz amin. Związki te powstawały na drodze rozkładu materii organicznej w żwaczu. W zakresie emisji odorantów z utrzymania drobiu identyfikowano przeszło o połowę mniej związków chemicznych, niż w przypadku pozostałych gatunków. W zakresie emisji różnych grup chemicznych odnotowano stosunkowo wysoki udział fenoli, merkaptanów oraz alkanów. Najwyższą emisję z przechowywania nawozów organicznych w utrzymaniu drobiu, stwierdzono w przypadku czystego pomiotu (Herbut i in., 2010).

W tym samym czasie, co zadanie Programu, realizowano także temat statutowy poświęcony szerzej jednej z wyłonionych wcześniej metod redukcji emisji gazowych, a mianowicie **wpływowi jonizacji na**

skład powietrza i wielkość emisji gazowych z pomieszczeń inwentarskich (2008-2010). Badania zrealizowano tu w dwóch zadaniach, z których pierwsze przeprowadzono w kontrolowanym środowisku komór klimatycznych, a drugie w warunkach produkcyjnych. W Zadaniu 1 określono możliwości zastosowania różnych dawek i źródeł jonizacji ujemnej. W Zadaniu 2 ustalono wpływ optymalnej dawki i najefektowniejszego źródła jonizacji na wyniki produkcyjne i zdrowotność zwierząt. Łącznie przebadanych zostało 3720 tuczników krzyżówki towarowej. Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono, że ujemna jonizacja zanieczyszczeń gazowych powietrza z budynków inwentarskich, jest wysoce skuteczną metodą ograniczenia skażeń środowiskowych z tej działalności. Najlepszymi właściwościami redukcji cechowały się jonizatory koronowe o wydajności 10 000 i 100 000 (jon/cm^3) oraz jonizator UV.

Inną przebadaną metodą redukcji emisji była filtracja powietrza wentylowanego z budynków. W temacie dotyczącym **wplywu metod filtracji na ograniczenie stopnia zanieczyszczenia powietrza z intensywnej produkcji zwierzęcej** (2007-2009) określano możliwości redukcji emisji gazów poprzez zastosowanie różnych rodzajów biofiltrów dla ukierunkowania przemian stopnia i zakresu filtracji. Doświadczenie przeprowadzono na 150 tucznikach krzyżówek pbz x wbp x duroc, 30 krowach mlecznych rasy cb z 70% dolewem krwi hf oraz 650 kurczętach brojlerach linii Cobb. Jako materiału filtrującego do oryginalnej konstrukcji biofiltru, użyto torfu, rozdrobnionej kory, pociętej słomy oraz trocin z drzew iglastych. Oznaczeniu wielkości redukcji emisji poddano takie związki, jak amoniak, alkohole, aldehydy, ketony, kwasy organiczne, fenole, itp. Najwyższą skuteczność filtracji dla wszystkich gatunków wykazał biofiltr wyposażony w złożę torfowe, zatrzymując przeszło 60% emitowanych z wentylacji odorów. Nieco gorsze wyniki uzyskano dla złóż z kory drzew. Najmniejszy zakres redukcji wykazano dla biofiltrów działających w oparciu o złoża z ciętej słomy.

Określenie możliwości redukcji emisji gazów z różnych systemów utrzymania drobiu (2007-2009) było tematem statutowym IZ PIB, kontynuującym prace nad gatunkowym zakresem emisji. Celem badań było określenie składu chemicznego oraz możliwości redukcji emisji odorów powstających z produkcji drobiarskiej. Doświadczenie

przeprowadzono na kurkach i kurach nioskach rasy Isa Brown oraz brojlerach linii Cobb w trzech systemach utrzymania: na ściółce słomistej, ściółce trocinowej (z drzew iglastych) oraz bezściółkowo w bateriach klatek. Każda grupa doświadczalna zajmowała jedną z 6 komór klimatycznych o optymalnym, standaryzowanym zgodnie z normami zootechnicznymi mikroklimacie. Pod względem badanych systemów utrzymania drobiu i stosowanych neutralizatorów ograniczających emisję odorów, najskuteczniejszym okazał się być dościółkowy preparat mikrobiologiczny Biosan. Najwyższe emisje ze wszystkich badanych związków odnotowano w przypadku amoniaku. Większą jego emisją cechowały się systemy klatkowe. W zakresie emisji związków z różnych grup chemicznych odnotowano stosunkowo wysoki udział fenoli, merkaptanów oraz amin (Krawczyk i in., 2011).

Opisane wcześniej badania nad wykorzystaniem alternatywnych źródeł ciepła w produkcji zwierzęcej, znalazły swoją kontynuację w badaniach nad **określeniem efektywności zastosowania energooszczędnych rozwiązań technologicznych dla potrzeb fermowego chowu trzody chlewnej** (2009-2011). Dla osiągnięcia założonego celu wykonano audyt zużycia energii elektrycznej fermy oraz praktycznie określono produktywności odnawialnych źródeł energii (OZE) dla ogrzewania, oświetlenia i wentylacji budynków inwentarskich. Doświadczenie przeprowadzono na 12900 warchlakach i tucznikach mieszańcach czterorazowych oraz 300 lochach rasy pbz. W doświadczeniu wykorzystano generator wiatrowy o mocy 2,5 kW, słoneczne kolektory próżniowe o mocy 45 kW oraz fotoogniwa o mocy elektrycznej 8,80 kW. Wymienione źródła energii zostały użyte do zasilania następujących odbiorników: ogrzewania podłogowego w porodówce, zasilania wentylatorów systemu wentylacji wyciągowej, oświetlenia pomieszczenia tuczarni. Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono, że największą efektywnością i uniwersalnością zastosowania w produkcji energii dla potrzeb ferm świń posiada generator wiatrowy. Jego zastosowanie uzależnione było jednak silnie od lokalnych warunków topograficznych i pogodowych. Solarne kolektory próżniowe w pełni efektywnie mogły znaleźć zastosowanie dla dogrzewania pomieszczeń inwentarskich lub wspomaganie w tym względzie istniejących systemów co. Dla energii słonecznej stwierdzono zbyt małą dostępną moc czynną kolektorów i ogniów w okresie zimy, uzależnioną od małego nasłonecznienia. Braki

te można było jednak zniwelować kilkukrotnie zwiększając nominalną moc czynną.

Wraz z nowymi założeniami polityki energetycznej kraju w latach 2011-2014, podjęto badania nad **wpływem zwiększonego udziału rolniczych produktów ubocznych na przebieg procesów powstawania biogazu**. Przyjęto przy tym założenia możliwości ograniczenia emisji, tak metanu, jak i amoniaku z nawozów naturalnych, na drodze kogeneracji energii w biogazowniach. Celem badań było opracowanie optymalnych receptur ziół fermentacyjnych, zawierających w pierwszym rzędzie rolnicze produkty uboczne, jakimi są nawozy naturalne powstałe z chowu zwierząt gospodarskich. Dla osiągnięcia celu niezbędne było ustalenie właściwych składów substratów dla procesu fermentacji metanowej oraz określenie dla nich wydajności procesu w skali technicznej. Materiał doświadczalny stanowiło 8 mieszanek substratów, zawierających zmienne udziały stałych nawozów naturalnych, pochodzących od: krów mlecznych, kur niosek, norek i lisów oraz kiszonkę z kukurydzy, a także gnojowicę bydlęcą dla uzyskania odpowiedniej zawartości s.m, umożliwiającej przepływ substratu. Grupę kontrolną stanowił substrat zawierający wyłącznie kiszonkę z kukurydzy oraz gnojowicę bydlęcą. Po wcześniejszej analizie chemicznej poszczególnych składników, komponowano właściwe mieszanki substratowe, pod kątem stosunku C/N wynoszącego 26:1 oraz zawartości s.m na poziomie 13%. Fermentację mieszanek przeprowadzono w oparciu o wykorzystanie mikrofermentatorów, zaopatrzonych w stałe dozowniki substratu i mieszaadła, odpowiadające tzw. fermentacji mokrej. Procesy fermentacji realizowano w anaerobowych warunkach mezofilnych (37°C), z pełną kontrolą kierunku i parametrów zachodzących przemian (pH, ilość biogazu jego skład). Na podstawie uzyskanych wyników badań wykazano, że nawozy naturalne mogą stanowić efektywny substytut kiszonki z kukurydzy w procesach fermentacji metanowej realizowanej w biogazowniach rolniczych, przy zachowaniu w substracie właściwego stosunku C/N, wynoszącego 26. Najlepsze efekty w postaci produkcji metanu z jednostki s.m.o substratu, nie odbiegające od wykorzystania kiszonki z kukurydzy ($330,3 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{t s.m.o}$), uzyskano dla obornika z chowu lisów ($304,1 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{t s.m.o}$) oraz pomiotu kurzego ($298,4 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{t s.m.o}$). Za wyjątkiem mieszanek o podwyższonej zawartości pomiotu kurzego, wszystkie pozostałe uzyskały pod względem MPR nie odbiegający od kiszonki z kukurydzy uzysk metanu z jednostki substratu. Produkt uzyskane z fermentacji me-

tanowej mieszanki zawierających nawozy naturalne cechowały się dużą wartością nawozową, tak pod względem zawartości azotu, jak i fosforu (Walczak i Krawczyk, 2017).

Określenie stopnia uciążliwości nawozów organicznych dla środowiska glebowego i wodnego było przedmiotem badań realizowanych w latach 2010-2012. Celem tych prac było określenie rzeczywistego przebiegu rozpraszania związków biogenych pochodzących z gnojowicy i obornika bydlęcego na różnych rodzajach gruntów rolnych. Doświadczenie objęło 2 zadania. Pierwsze dotyczyło określenia efektywnego potencjału biogenego z nawozowej utylizacji odchodów na terenach użytków zielonych. Celem drugiego było określenie efektywnego potencjału biogenego z nawozowej utylizacji odchodów na terenach gruntów ornych. Materiał doświadczalny stanowił obornik pochodzący od bydła rasy Simental (ZD IZ-PIB Odrzechowa) oraz rasy PHF (ZD IZ-PIB Kołbacz), aplikowany na grunty orne oraz użytki zielone w ilości 35 t/ha oraz gnojowica w ilości 50 m³/ha. Doświadczeniem objęto łącznie 60 ha łąk, 60 ha pastwisk i 60 ha gruntów ornych. Analizie składu poddawano zarówno nawozy naturalne, jak i materiał roślinny (ruń, ziarno), glebę i przesącz glebowy (lizymetry). Ponadto wykonywano pomiary emisji gazowych przy pomocy tuneli aerodynamicznych. Na podstawie uzyskanych analiz dokonywano bilansowania NPK. Na podstawie uzyskanych wyników badań wysunąć można kilka uogólnień dotyczących biogenego oddziaływania nawozów naturalnych na użytkach rolnych. Mianowicie, szereg czynników technologicznych chowu bydła mlecznego ma wpływ na występowanie okresowych zmiany zawartości związków biogenych w nawozach naturalnych. Stąd każdorazowo przed ich nawozowym zastosowaniem, obliczenia niezbędnej, a zarazem dopuszczalnej dawki, dokonywać należy w oparciu o aktualne analizy chemiczne. Stwierdzono, że stosowanie klasycznych metod doglebowej aplikacji gnojowicy oraz obornika prowadzi do znacznych strat związków azotu pod postacią emisji amoniaku. Natychmiastowe przyoranie na gruntach ornych ogranicza te straty. W przypadku UZ i stosowania gnojowicy mogą być one jednak znacznie wyższe, sięgając 33% początkowej zawartości azotu. Potwierdzono, że straty związków azotu powstałe z wymywania mają charakter wprost proporcjonalny do zawartości tego pierwiastka w jednorazowej dawce nawozowej. Stwierdzenie to odnosi się do dozwolonego poziomu 170 kg N/ha. Rozbicie pojedyn-

czej dawki nawozowej na kilka mniejszych, w przypadku gnojowicy na gruntach ornych, ograniczało wymywanie azotu do środowiska. Pod względem nawożenia fosforem stwierdzono wysoki, bo dochodzący do 50% dawki poziom wymywania tego pierwiastka. Największe straty dotyczą również gruntów ornych. Najniższy poziom wymywania, ale i najwyższą jego zmienność stwierdzono w przypadku nawożenia potasem. Przyczyną takiego stanu było dość dokładne pokrycie potrzeb pokarmowych roślin uprawnych przez nawożenie, co pozwoliło utrzymać zasobność gleby na pierwotnym poziomie.

Wraz ze wzrostem znaczenia mitygacji gazów cieplarnianych, uwaga zespołów badawczych przesunęła się na **opracowanie metod redukcji tlenków azotu z produkcji zwierzęcej** (2008-2010). Celem tych badań było określenie możliwości redukcji emisji tlenków azotu powstających z produkcji bydła mlecznego, świń i drobiu. Dla pełnej realizacji założonego celu wykonano oznaczenia poziomów emisji związków azotu, w tym tlenków będących domieszkami powietrza, w ściółowych i bezściółowych systemach utrzymania przy pomocy fotojonizacyjnego miernika gazów (FID). Przebadano możliwości zredukowania emisji poprzez zastosowanie dodatków żywieniowych poprawiających strawność związków azotu zawartych w paszy oraz preparatów chemicznych jako dodatków w ściółowych. Wykorzystano również jonizatory powietrza dla zwiększenia ilości reaktywnych cząstek wchodzących w reakcje utleniania odorów. Doświadczenie wykonano na 1050 kurach rasy ISA Brown oraz 1400 kurczętach brojlerach linii Cobb, 1400 świniami (lochy, tuczniaki, warchlaki) mieszańcach pbz x wbp oraz 210 szt. bydła (krowy, jałówki cielęta) utrzymywanych: na ściółce słomistej płytkiej i głębokiej, na płytkiej ściółce trocinowej, klatkowo, rusztowo i bezściółowo. Zwierzęta żywiono zgodnie z obowiązującymi normami, z automatów żywieniowych, przy stałym dostępie do wody. Doświadczeniem objęto tak systemy utrzymania, jak i miejsca przechowywania odchodów. Pomiary przeprowadzono w środowisku komór mikroklimatycznych oraz tuneli aerodynamicznych. Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono, że najlepszym dodatkiem był w przypadku krów zeolit oraz jonizacja, a w przypadku tuczników - dodatek biosanu oraz enzymów w paszy. Natomiast w utrzymaniu brojlerów, najwyższą redukcję uzyskano stosując enzymy w paszy i dodatek zeolitu do ściółki. Dla przechowywania obornika najlepszymi metodami redukcji okazały się być dla obornika krowiego oraz brojlerów - okrywanie przyzmy folią,

natomiast w przypadku obornika od krów zasuszonych, trzody chlewnej i niosek - domieszka wapna, a w następnej kolejności - pokrycie folią (Krawczyk i in., 2016).

Wobec wielości działań legislacyjnych UE dotyczących zarówno redukcji GHG, jak i amoniaku, ale także zaostrzenia form egzekwowania dyrektywy azotanowej, podjęto w IZ PIB badania porównawcze w zakresie metod redukujących jednocześnie wszystkie wspomniane oddziaływania. Poświęcono im zadanie badawcze dotyczące **adaptacji chowu zwierząt do wymogów ochrony środowiska** (2014-2016). Celem realizowanych badań było opracowanie oraz weryfikacja metod ograniczenia emisji lotnych związków gazowych, a także koncentracji związków biogenych z utrzymania zwierząt gospodarskich, przechowywania nawozów naturalnych wraz z ich monitoringiem. Badaniami objęto trzy cele dotyczące warunków utrzymania zwierząt gospodarskich, warunków przechowywania nawozów naturalnych oraz monitoringu gospodarstw hodowlanych pod kątem rozpraszania związków azotu. Podsumowując uzyskane w trakcie realizacji tych badań wyniki, stwierdzić można dość zróżnicowaną zależność redukcji emisji gazowych od wykorzystanych metod. Stwierdzony zakres redukcji zawiera się w przedziale od 20-80% stanu pierwotnego. Naturalną konsekwencją redukcji emisji jest zwiększenie depozycji głównie azotu w samej glebie. Efekt redukcji wykazuje dużą zmienność w stosunku do badanych gazów, co związane jest głównie z warunkami fizykochemicznymi reakcji ich powstawania. Same metody redukcji w dużej mierze wpływały swoim charakterem na modyfikację właśnie tych parametrów. Do najskuteczniejszych z metod zaliczyć należy przykrywanie miejsc przechowywania nawozów naturalnych (tab. 4). W przypadku budynków inwentarskich najskuteczniejsze okazują się być rozwiązania konstrukcyjne, zwłaszcza podłóg.

Tabela 4. Średnia zawartość związków biogenych oraz wielkość emisji gazowych z różnych metod przechowywania nawozów naturalnych od krów mlecznych

Emisja, koncentracja	Nawozy naturalne						
	Obornik			Gnojowica			
	Otwarta płyta	Przykrycie folią	Kompostowanie	Zbiornik otwarty	Zbiornik przykryty	Zbiornik 3/1 h	Naturalny koźuch
N-NO ₃ (kg/t)	3,3a	4,81b	2,93c	3,50aA	3,83bA	4,30cB	3,72cB
P ₂ O ₅ (kg/t)	1,22a	1,35b	1,22a	1,40a	1,37b	1,38b	1,39ab
Amoniak (kg/t)	0,24aA	0,072B	0,31cA	0,45aA	0,095B	0,36cA	0,27dA
Metan (kg/t)	6,93aA	7,64bA	3,92B	18,45aA	16,2bA	17,1cA	14,35D
Podtlenek azotu (kg/t)	0,026A	0,012B	0,032C	0,062a	0,071b	0,055c	0,059c

ab – różnice istotne przy $P \leq 0.05$;

AB – różnice istotne przy $P \leq 0.01$.

Literatura

Herbut E., Walczak J., Krawczyk W., Szewczyk A., Pająk T. (2010). Badania emisji odorantów z utrzymania zwierząt gospodarskich. Rozdział w Monografii: Współczesna problematyka odorów. WNT Warszawa, 1-13.

Krawczyk W., Herbut E., Walczak J. (2011). Przemiany azotu w odchodach z produkcji drobiarskiej. *Przemysł Chemiczny*, 5: 866-869.

Krawczyk W., Walczak J., Szewczyk A. (2016). Porównanie efektywności redukcji emisji gazowych z chlewni po zastosowaniu biofiltra powietrza i kurtyny wodnej. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 43, 2: 258-266.

Walczak J. (2000). Wpływ modyfikacji technologicznych na ograniczenie negatywnych oddziaływań środowiskowych wynikających z produkcji trzody chlewnej. *PKNRiB XXXV BTN PWNP Seria B*.

Walczak J., Jurga B., Makarewicz K. (2016). Poland. Manure nutrient content in the Baltic Sea countries. *Natural resources and bioeconomy studies*, 40/2016: 24-32.

Walczak J., Krawczyk W. (2017). Natural fertilizers as a substitute for maize silage in agricultural biogas production. *Proceedings of the XVIII International Congress of ISAH, March 19-23.03.2017, Mazatlan, Sinaloa, Mexico*, 342-346.

Walczak J., Krawczyk W., Szewczyk A., Pająk T. (2009). Wpływ poziomu produktywności krów na rozpraszanie związków azotu z obornika. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 36, 2: 117-123.

Walczak J., Szewczyk A., Pająk T., Radecki P., Mazur D. (2008). Emisja metanu z różnych systemów utrzymania bydła mlecznego. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 35, 2: 87-193.

Walczak J., Szewczyk A., Radecki P., Krawczyk W. (2009). Wpływ system utrzymania świń na emisję związków azotu. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 36, 2: 125-130.

**THE IMPORTANCE OF ZOOTECHNICAL SCIENCES
IN THE PROTECTION OF THE ENVIRONMENT AND
COUNTERMEASURES CLIMATE CHANGE DEPARTMENT
OF TECHNOLOGY, ECOLOGY AND ECONOMICS
OF ANIMAL PRODUCTION NATIONAL RESEARCH
INSTITUTE OF ANIMAL PRODUCTION**

S u m m a r y

The technology of animal production from the beginning was inscribed on the issue of improving the living environment of the animals, carried out on the basis of the protection of their health, and with it increased productivity. In this context, gases such as ammonia, hydrogen sulphide, and even methane and carbon dioxide, have been the subject of intense research on airborne concentrations, microclimate optimization and improved livestock ventilation. Hence, at the disposal of the research teams were both appropriate apparatus as well as proven analytical methods. Studies on the emission and deposition of nitrogen and phosphorus from natural fertilizers in the soil environment, as well as leaching of these nutrients into surface water are implemented in the following researches:

- application of biophysiological methods in the elimination of odors from the production of pigs,
- impact of renewable sources of heat on air pollution in buildings for animals,
- determination of the amount of harmful gaseous pollutants generated in the different livestock maintenance systems and the possibilities of their reduction.
- effect of manure storage conditions on decomposition processes.
- developing standards and technological procedures to protect the environment from the adverse effects of animal farms, taking into account the specificity of vulnerable areas
- new methods and technologies of deodorization in industrial, agricultural and communal production.
- influence of ionization on air composition and gaseous emissions from animal housing.
- influence of filtration methods on limiting the level of air pollution from intensive livestock production.

- determination of the possibility of reducing gas emissions from various poultry maintenance systems.
- determination of the efficiency of using energy-saving technological solutions for the needs of pig farms.
- impact of increased share of agricultural byproducts on the course of biogas production processes.
- determination of the degree of nuisance of organic fertilizers for the soil and aquatic environment.
- development of methods for the reduction of nitrogen oxides from animal production.
- adaptation of animal farming to environmental protection.

Key words: Department of Technology, Ecology and Economics of Animal Production, National Research Institute of Animal Production, GHG emissions, odors, natural fertilizers, renewable energy sources, environmental protection, animal production.

OPRACOWANIE MONOGRAFICZNE:
*„Krajowe wyniki prac badawczych oraz działań szacowania
oddziaływań w zakresie ochrony środowiska i zmian klimatu
w sektorze rolnictwa”*

Badania Instytutu Żywienia Zwierząt i Bromatologii obejmujące żywieniowe metody ograniczania wydalania azotu i metali do środowiska z produkcji zwierzęcej

**Eugeniusz R. Grela, Renata Klebaniuk,
Wioletta Samolińska**

*Instytut Żywienia Zwierząt i Bromatologii,
Wydział Biologii, Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki,
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

Wstęp

W żywieniu zwierząt obok osiągnięcia zadawalających efektów produkcyjnych (wysokie przyrosty masy ciała, niskie zużycie paszy, wysoka mleczność), coraz większą uwagę zwraca się na ograniczenie wydalania do środowiska niewykorzystanych składników biogenych, głównie azotu, fosforu, ale i także metali (np. żelaza, cynku czy miedzi). Ten aspekt żywienia nabiera coraz większego znaczenia przy intensywnej produkcji zwierzęcej, z ograniczoną możliwością racjonalnego zagospodarowania odchodów. Głównymi „dostarczycielami” azotu trafiającego do środowiska z produkcji rolniczej jest bydło i świnie, ale również drób. Wynika to zarówno ze skali produkcji tych gatunków zwierząt w Polsce, jak również z pobieżnie zbilansowanego żywienia. Oszacowy-

wano, iż w przeliczeniu na jedno stanowisko, z chlewni przechodzi do środowiska w różnych formach około 10,5 kg azotu rocznie (Kirchgessner i Roth, 1991). Duża część pierwiastków metalicznych pochodzących z paszy jest wydalana przez zwierzęta. Wg Mohanna i Nys (1997) nawożenie pomiotem drobiowym w sposób zgodny z zapotrzebowaniem roślin na azot (170 kg N/rok/ha) wprowadza do gleby cynk, mangan, żelazo i miedź w ilościach przekraczających normy od ponad 3 razy (żelazo) do ponad 6 razy (cynk). Dach i Starmants (2005) oraz Zhang i in. (2012) wskazują na zagrożenie skażenia gleb metalami ciężkimi podczas nawożenia nawozami naturalnymi. W szczególności gromadzenie miedzi i cynku wpływa na zdrowie zwierząt wypasanych na areałach nawożonych skażoną gnojowicą, a w konsekwencji również na zdrowie ludzi (Nicholson i in., 2003; López i in., 2000; Zhang i in., 2012). Koniecznym więc staje się wielokierunkowe i wielopoziomowe postępowanie żywieniowe, które zapewni maksymalnie wykorzystanie składników pokarmowych z paszy poprzez ich optymalizację w diecie, zastosowanie nowoczesnych norm żywienia (DLG 2006; NRC, 2012; NRC, 1994; Grela i Skomiał, 2014; Aviagen, 2014), precyzyjne bilansowanie ilości i jakości białka paszy (Torrallardona, 1998; Kerr, 1995; Baker, 1996), zastosowanie składników mineralnych w postaci chelatów o wysokiej biodostępności (Dozier i in., 2003; Nollet i in., 2007, 2008; Wang i in., 2007; Vieira, 2008) oraz wprowadzenie różnych dodatków paszowych (Cole i in., 2005; Guingand i in., 2005; Plitzner i in., 2006; Kluge i in., 2006), głównie naturalnych, również w chowie ekologicznym.

Obecnie coraz większą uwagę zwraca się na zachodzące zmiany klimatyczne, zwłaszcza globalne ocieplenie. Uważa się, że jedną z głównych przyczyn emisji gazów cieplarnianych jest rolnictwo, w tym hodowla zwierząt. To podstawowe źródło metanu, bardzo szkodliwego dla klimatu. Według badań jest on 25 razy silniejszy niż dwutlenek węgla, co wynika z jego większej zdolności zatrzymywania ciepła w atmosferze. Główną rolę w emisji metanu do środowiska odgrywają zwierzęta przeżuwające, ponieważ w ich procesie trawienia biorą udział bakterie beztlenowe. Fermentacja jest fizjologicznym elementem, który umożliwia wykorzystanie węglowodanów strukturalnych z paszy. W wyniku procesów zachodzących w żwaczu i jelitach powstają lotne kwasy tłuszczowe (LKT): kwas octowy, propionowy i masłowy oraz gazy – dwutlenek węgla (CO₂) oraz metan (CH₄). Metan jest więc produktem ubocz-

nym rozkładu substancji organicznej (skrobi, celulozy, hemicelulozy, białka i in.) przez mikroorganizmy bytujące w żwaczu oraz jelicie grubym. Gazy powstające w przewodzie pokarmowym stanowią główne źródło metanu w produkcji zwierzęcej (ok. 70%). Na metanogenezę tracone jest 2-12% energii brutto pobranej z paszy (Cieślak i in., 2014).

Na ilość wyprodukowanego metanu w jelitach krów ma wpływ: ilość spożytej suchej masy pasz, rodzaj żywienia, skład i zbilansowanie dawki pokarmowej, różnice fizjologiczne między osobnikami, wielkość i tempo ich wzrostu, genotyp zwierząt, poziom wydajności, temperatura środowiska, zarządzanie stadem.

W szeregu zrealizowanych badań, wykazano pozytywny wpływ stosowania naturalnych dodatków do pasz, dla różnych gatunków zwierząt, w celu redukcji wydalania substancji niepożądanych do środowiska. Ziola, które zawierają substancje biologicznie czynne wtórnego metabolizmu, mogą również stanowić interesujący dodatek paszowy w ekologicznym żywieniu zwierząt, również w połączeniu z innymi dodatkami czy materiałami paszowymi.

W prezentowanym zestawieniu przedstawiono dotychczasowe wyniki badań dotyczących ograniczania wydalania głównie azotu oraz metali do środowiska, a także ekologicznych metod żywienia zwierząt, zwłaszcza przeżuwaczy w aspekcie uzyskiwanych efektów produkcyjnych z uwzględnieniem:

- wpływu żywienia tuczników paszą o obniżonym o 10% poziomie białka w stosunku do norm polskich (NŻŚ, 1993) lub niemieckich (DLG, 2006) z lub bez dodatku aminokwasów syntetycznych (projekt PBZ-MEiN-5/2/2006);

- ograniczenia zawartości białka ogólnego (N x 6,25) o 10%, 20% i 30% w stosunku do zaleceń norm DLG (2006) przy jednoczesnym uzupełnieniu aminokwasów strawnych do końca jelita cienkiego do ilości w paszy dla grupy kontrolnej (projekt PBZ-MEiN-5/2/2006);

- wpływu żywienia 2-, 3- i 4 - fazowego w okresie tuczu przy zalecanym (NŻŚ, 1993) poziomie białka ogólnego (projekt PBZ-MEiN-5/2/2006);

- wpływu dodatku koncentratu białkowo-ksantofilowego (PX) z lucerny do mieszanek o zmniejszonym o 10% poziomie białka ogólnego (projekt N R12 0005/2009);

– wpływu dodatku chelatu żelaza, miedzi lub cynku z glicyną i/lub fitazy, wprowadzanych do mieszanek tak aby pokryć zapotrzebowanie na żelazo cynk lub miedź na trzech poziomach: 100%, 50% lub 25% (projekt 5435/B/P01/2011/40);

– wpływu ekologicznych dodatków ziołowych w żywieniu zwierząt na ich zdrowotność, badań profilaktycznych ograniczających występowanie chorób i pasożytów u bydła, optymalnego bilansowania dawek pokarmowych w celu zniwelowania nadmiernej emisji azotu, poprzez zastosowanie różnorodnych mieszanek ziołowych oraz nasion lnu (projekty: RRre-029-19-16/11, PKre-029-5-4/12, PKre-029-31-31/13, MR-13/2017).

Wyniki badań (Grela i in., 2009) wskazały na dobre efekty produkcyjne w obu grupach kontrolnych tuczników żywionych według zaleceń NŻŚ (1993) lub DLG (2006). Obniżenie poziomu białka ogólnego strawnego lub trawionego do końca jelita cienkiego o 10% w stosunku do zaleceń stosownych norm przyczyniło się do zmniejszenia przyrostów dobowych za cały okres tuczu o 2,4% przy systemie polskim i o 3,7% przy niemieckim. Dodatek aminokwasów syntetycznych do mieszanek (lizyny oraz metioniny) stosowanych wg obydwu systemów przyczynił się do nieznacznego zwiększenia przyrostów masy ciała. Także średnie przyrosty dobowe między rozważanymi systemami nie różniły się statystycznie istotnie, jednak lepsze przyrosty uzyskano przy żywieniu tuczników wg norm DLG (802 g) niż NŻŚ (768 g/dobę). Znaczące różnice między systemami stwierdzono dla zużycia paszy (FCR), przy czym wyraźnie większym zużyciem paszy charakteryzowały się tuczniaki żywione wg zaleceń NŻŚ niż DLG. Zmniejszenie poziomu białka w mieszankach dla tuczników żywionych wg norm DLG lub NŻŚ przyczyniło się do zwiększonego zużycia paszy. Można na tej podstawie wnioskować, że zapotrzebowanie na składniki pokarmowe w normach DLG zostało już dość precyzyjnie określone, a zmiana stosunku białko-energetycznego w tym systemie wpłynęła negatywnie na wykorzystanie paszy przez tuczniaki. Wyniki uzyskanych badań produkcyjnych (przyrosty i zużycie paszy) mogą sugerować lepsze oszacowanie potrzeb białkowych i aminokwasowych w stosunku do energii metabolicznej w normach niemieckich (DLG, 2006) niż polskich (NŻŚ, 1993). Tuczniaki żywione wg norm polskich pobierały znacznie większe ilości azotu, średnio w całym okresie tuczu o 25,8% więcej niż zwierzęta karmione

wg norm DLG (2006). Większemu pobraniu towarzyszyło większe wydalanie azotu w moczu (o 44,5%) i kale (o 34,2%), a tym samym ogólnie w odchodach o 42,2%. Może to świadczyć o nadmiernej ilości białka ogólnego w zaleceniach norm polskich, jak też o niedoborze energii w stosunku do potrzeb pokarmowych zwierząt, zwłaszcza w końcowym okresie tuczu. Ocenione zatrzymanie azotu w organizmie świń, kształtowało się na zbliżonym poziomie z nieznaczną przewagą w systemie polskim (NŻS, 1993), średnio o 2,1% w odniesieniu do norm DLG (2006). Wyższy i odmienny wskaźnik uzyskano przy porównaniu azotu zatrzymanego w organizmie do azotu pobranego w paszy. Wartość jego była o 24,0% większa dla zwierząt żywionych wg systemu niemieckiego niż polskiego. Ograniczenie poziomu białka o 10% w stosunku do zaleceń norm polskich lub niemieckich skutkowało zmniejszonym wydalaniem azotu w odchodach o 11,4% przy systemie polskim i o 11,8% w systemie DLG. Suplementacja aminokwasami syntetycznymi (lizyny oraz metioniny) do poziomu zaleceń odpowiednich norm przyczyniła się do niewielkiego ograniczenia wydalania azotu w granicach 0,34% dla norm DLG i 1,7% dla NŻŚ. Mimo mniejszego bezwzględnego zatrzymania azotu w organizmie świń karmionych mieszanką o ograniczonym o 10% udziale białka od 7,9% do 8,7% w odniesieniu do grup kontrolnych, to zatrzymanie azotu w stosunku do pobranego okazało się o 2,3% (NŻŚ) i o 1,4% (DLG) większe niż przy żywieniu zgodnym z zaleceniami tych obydwu norm. Dodatek aminokwasów syntetycznych do mieszanek o obniżonym poziomie białka przyczynił się do nieco większego zatrzymania azotu w stosunku do pobranego w systemie polskim (3,1%) niż w niemieckim (1,8%). Przy czym średnia strawność kałowa białka ($N \times 6,25$) wahała się od 86,5% przy żywieniu świń wg systemu NŻŚ (1993) do 88,2% przy DLG (2006).

W kolejnych badaniach wykazano (Grela i Kowalczyk-Vasilev, 2010) słabsze przyrosty dzienne w grupach w których poziom białka w mieszankach zmniejszono o 20 lub 30% w stosunku do zaleceń norm DLG (2006). Wraz ze zmniejszaniem zawartości białka w dawce, wykorzystanie paszy pogarszało się. Najsłabsze wykorzystanie paszy odnotowano w grupie o najbardziej ograniczonej zawartości białka. Wyniki badań bilansowych na rosnących świniach wskazały na znaczące zmniejszenie wydalania azotu z kałem i moczem do środowiska przy jednocześnie zbliżonych współczynnikach strawności kałowej białka ogólnego. Zmniejszenie ilości białka o 10% w stosunku do zaleceń DLG (2006)

zwiększyło retencję azotu o blisko 2%, przy zbliżonych przyrostach dziennych. W końcowym okresie tuczu stwierdzono blisko 12% wzrost retencji azotu pobranego u tuczników w grupie o najbardziej ograniczonej zawartości białka choć wskaźniki produkcyjne w tej grupie były znacznie słabsze.

Na podstawie przeprowadzonego doświadczenia dotyczącego wpływu żywienia fazowego na efekty produkcyjne i bilans azotu (Grela i Semeniuk, 2008) stwierdzono, że ilości azotu wydalane w odchodach (kale i moczu), porównując grupę, gdzie zastosowano żywienie dwufazowe z grupą z żywieniem trójfazowym, zmniejszyły się o 7,94%, zaś porównując grupę z żywieniem dwufazowym z grupą z żywieniem czterofazowym uzyskano aż 14,28% zmniejszenie wydalanego azotu. Natomiast zastosowanie żywienia czterofazowego zamiast trójfazowego przyczyniło się do ograniczenia wydalania azotu do środowiska o 6,88%. Mimo mniejszego pobrania azotu w paszy przez tuczniaki żywione w układzie czterofazowym, w poszczególnych okresach tuczu retencja azotu w stosunku do azotu pobranego była w tej grupie największa. Można to tłumaczyć, że im dokładniejsze dostosowanie podaży białka i aminokwasów w tuczu do potrzeb pokarmowych świń w poszczególnych okresach tuczu, tym bardziej optymalne wykorzystanie białka i mniejsze straty azotu w wydalinach. O wyższej retencji białka i aminokwasów z paszy w tuczu trój- i czterofazowym świadczyły także uzyskane efekty produkcyjne, lepsze przyrosty w całym okresie tuczu o około 3% i 4% w odniesieniu do grupy gdzie zastosowano standardowy dwufazowy tucz. Również korzystną tendencję stwierdzono przy oszacowaniu wykorzystania paszy na przyrost 1 kg masy ciała. W całym tuczu wykorzystanie paszy było lepsze o 6% i 1,5%, w grupach doświadczalnych z trój- i czterofazowym systemem żywienia w porównaniu do tuczników żywionych dwufazowo.

Kolejne prezentowane badania dotyczyły wpływu dodatku koncentratu białkowo-ksantofilowego (PX) z lucerny w ilości 30 g w 1 kg mieszanki dla tuczników (Grela i in., 2008). Najwyższe przyrosty dzienne (785 g) uzyskały tuczniaki w grupie kontrolnej, a najniższe (721 g) w grupie o obniżonym o 10 % poziomie białka ogólnego w stosunku do norm (NŻŚ, 1993) bez dodatku PX. Natomiast jego dodatek do mieszanek zwiększył przyrosty do 762 g. Podobne zmiany stwierdzono przy ocenie wykorzystania paszy, przy czym dodatek PX poprawił ten wskaźniki o prawie 6% w stosunku do grupy o obniżonym poziomie

białka bez suplementacji tym dodatkiem. Obniżenie o 10% poziomu białka ogólnego (bez suplementacji i z suplementacją preparatem PX), w stosunku do zaleceń Norm Żywienia Świń (1993), przyczyniło się do istotnego zmniejszenia wydalania azotu z kałem i moczem w granicach 7,2-7,4% w porównaniu do kontroli. Tuczniaki z tych grup zatrzymały też mniej azotu w organizmie. Dodatek koncentratu białkowo-ksantofilowego (PX) z lucerny w ilości 30 g w 1 kg mieszanki przyczynił się do poprawy wykorzystania azotu paszy o 4,4-4,5%. Wprowadzenie do mieszanek dla tuczników 1,5% koncentratu białkowo-ksantofilowego (PX) z lucerny przyczyniło się do zmniejszonej koncentracji zanieczyszczeń organicznych i nieorganicznych w powietrzu chlewni (Grela i in., 2010).

Kolejne realizowane badania dotyczą szerokiego stosowania ziół i preparatów ziołowych w żywieniu zwierząt, jako czynnika modulującego wykorzystanie składników pokarmowych z dawki. Substancje biologicznie czynne zawarte w roślinach zielarskich pozostają w ziołach w stanie równowagi fizjologicznej z substancjami podstawowymi, dzięki czemu są lepiej przyswajalne przez organizm zwierzęcia i działają nań korzystniej niż takie same substancje otrzymane syntetycznie. Związki obecne w ziołach nie tylko wzmagają wrażenia smakowe i pobudzają apetyt, ale jako regulatory funkcji trawiennych wpływają na motorykę przewodu pokarmowego, sekrecję soków trawiennych, regulują pH przewodu pokarmowego, poprawiają trawienie i przyswajanie składników pokarmowych z dawki, a tym samym ograniczają wydalanie substancji niepożądanych do środowiska. Działać też mogą osłonowo (np. kozieradka, len), jako regulatory przemiany materii [np. korzeń żeńszenia, rdest ptasi, pokrzywa (Grela, 1997; Greathead, 2003; Windisch i in., 2008)]. Niektóre surowce zielarskie wykazują działanie anaboliczne, antystresowe, wzmacniające i niwelujące negatywny wpływ substancji przeciwożywczych obecnych w paszach, których z kolei końcowe produkty przemian, są nie tylko szkodliwe dla środowiska.

W szeregu badań przeprowadzonych na różnych gatunkach zwierząt gospodarskich (Fritz i in., 1992; Grela i in., 1998a; Fuchs i Kotara, 2000; Grela, 2004; Klebaniuk i in., 2011; Klebaniuk i in., 2012a; Klebaniuk i in., 2012b; Klebaniuk i in., 2013a; Klebaniuk i in., 2014a,b) stwierdzono wiele pozytywnych efektów zastosowania różnych postaci ziół i preparatów ziołowych, również w aspekcie ograniczenia wydalania substancji niepożądanych do środowiska. W badaniach konwencjonal-

nych na lochach, otrzymujących dodatek suszu z oregano (*Origanum vulgare*) wzbogacony olejkiem eterycznym z tejże rośliny, uzyskano znaczną poprawę wyników produkcyjnych (Amrik i Bilkei, 2004; Allan i Bilkei, 2005). Dodatek oregano wpłynął korzystnie na dzienne pobranie paszy, bez istotnego znaczenia na wzrost sekrecji mleka i zwiększenie przyrostów masy ciała prosiąt, ale wykazywał działanie antyoksydacyjne, podobnie jak ekstrakty szałwii, nagietka, winogron, rozmarynu i owoców cytrusowych (Gladine i in., 2007; Dorman i in., 2000). W żywieniu tuczników po zastosowaniu olejków eterycznych tymianku, rozmarynu i właśnie oregano uzyskano poprawę wyników produkcyjnych, a także znaczne obniżenie emisji szkodliwych gazów, a największe różnice wystąpiły u zwierząt otrzymujących dawkę pokarmową o wysokiej zawartości białka i energii. Mniejsza emisja amoniaku (NH_3) i siarkowodoru (H_2S) może być wynikiem prebiotycznego działania fitobiotyków, które modyfikują skład mikroflory zasiedlającej przewód pokarmowy.

Pozytywne efekty stosowania ziół uzyskiwane są w badaniach nie tylko u świń. Zarówno w dostępnym piśmiennictwie (Dąbrowski i in., 1994; Wawrzyńczak i in., 2000; Kraszewski i in., 2002; Greathead, 2003), jak i w wynikach badań własnych (Klebianiuk i in., 2011, 2012a,b, 2013a; Klebianiuk i in., 2014a,b,c) stwierdzono pozytywne działanie ziół w żywieniu przeżuwaczy. Dodatek ziół w żywieniu bydła wpłynął nie tylko na pobranie paszy i produktywność, stymulację zdrowotności i odporności organizmu, ale również modyfikował mikroflorę żwacza, a przede wszystkim zwiększył wartości współczynników strawności pozornej białka i tłuszczu u zwierząt otrzymujących zioła (odpowiednio o 1,3 oraz 2,5 punktu procentowego), w porównaniu do zwierząt grupy kontrolnej.

Z kolei w badaniach dotyczących drobiu zastosowanie dodatku Fe, Cu i Zn w formie chelatu glicynowego wpłynęło w istotny sposób na obniżenie ilości wydalania tych pierwiastków w kałomoczach kurcząt. Dodatek Fe-Gli w ilości 20 i 10 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ istotnie ($P < 0,05$) zmniejszył (ok. 7%) ilość wydalonego żelaza w porównaniu do grupy otrzymującej siarczan Fe w ilości rekomendowanej. W przypadku zastosowania do mieszanki dodatku Cu-Gli, niezależnie od jego poziomu, wykazano istotne ($P < 0,05$) zmniejszenie wydalania Fe do środowiska w stosunku do kurcząt otrzymujących Cu w formie CuSO_4 (średnio o ok.7%). W przypadku Zn stwierdzono istotne ($P < 0,01$) obniżenie wydalania

tego składnika w porównaniu do rekomendowanej dawki w postaci CuSO_4 średnio o 10%, natomiast w stosunku do obniżonej do 50% zapotrzebowania również w formie nieorganicznej średnio o ok. 12%. Dodatek Cu w formie organicznej, niezależnie od jego poziomu, zmniejszył redukcje ($P < 0,05$) wydalania Cu w pomioście kurcząt w porównaniu do grupy żywionej mieszanką suplementowaną CuSO_4 średnio o 4,9%. Natomiast dodatek Zn w formie Zn-Gli w ilości 50 i 25 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ wpłynął na obniżenie wydalania cynku ($P < 0,01$) w porównaniu grup otrzymujących ZnO średnio o ok. 27-28%, a w stosunku do Zn-Gli (100 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) o ok. 17% (Kwiecień i in., 2012).

Podsumowanie i wnioski

Efektywnymi żywieniowymi sposobami ograniczania wydalania pierwiastków i związków szkodliwych do środowiska jest przede wszystkim szczegółowe bilansowanie dawek i mieszanek paszowych, między innymi są to działania obejmujące zmniejszenie zawartości białka ogólnego w mieszankach dla świń, zwiększenie wartości biologicznej białka, dodatek aminokwasów krystalicznych, optymalizacja stosunku białka i aminokwasów trawionych do końca jelita cienkiego do energii metabolicznej lub netto, stosowanie żywienia fazowego. Odpowiedni dobór komponentów mieszanek pasz, dawek pokarmowych oraz stosowanie dodatków paszowych (fitobiotyków, enzymów paszowych, chelatorów aminokwasowych, prebiotyków, probiotyków, synbiotyków, kwasów organicznych i ich soli, substancji buforujących).

Przedstawione wyniki szerokich badań własnych dotyczących ograniczania wydalania azotu oraz metali do środowiska, a także ekologicznych metod żywienia przeżuwaczy w aspekcie uzyskiwanych efektów produkcyjnych, pozwalają na sformułowanie stwierdzeń:

– Uzyskane efekty produkcyjne, jak i wyniki badań bilansowo-strawnościowych dowodzą przewagi zaleceń żywieniowych z norm DLG (2006), wobec norm polskich (NŻŚ, 1993). Obniżenie poziomu białka o 10% w stosunku do zaleceń obu norm żywienia świń efektywnie zmniejszyło wydalanie azotu do środowiska, ale obniżyło produktywność zwierząt. Dodatek aminokwasów egzogennych (lizyny i metioniny) do mieszanek o obniżonym o 10% poziomie białka nieznacznie poprawił

efekty produkcyjne jak i zmniejszył wydalanie azotu do środowiska z kałem i moczem.

– Wskaźniki produkcyjne oraz bilans azotu wskazują na możliwość ograniczenia wydalania azotu do środowiska przez zmniejszenie poziomu białka w paszy o 10% w stosunku do zaleceń norm DLG (2006), przy jednoczesnym uzupełnieniu aminokwasów egzogennych (lizyny, metioniny, treoniny i tryptofanu). Sugerowana jest też zmiana bilansowania zawartości aminokwasów ogólnych na korzyść aminokwasów trawionych do końca jelita cienkiego.

– Wprowadzenie wielofazowego systemu żywienia świń daje możliwość ograniczenia wydalania azotu do środowiska bez pogorszenia uzyskiwanych efektów produkcyjnych. Zastosowanie żywienia czterofazowego pozwala na uzyskanie wysokich przyrostów dziennych przy znacznym (prawie 15%) ograniczeniu wydalania azotu z kałem i moczem.

– Przeprowadzona nowelizacja polskich norm żywienia (Grela i Skomiał, 2014) oraz uzupełnienie ich zaleceń żywieniowych o wyniki prezentowanych badań dają możliwość uzyskania pożądanych efektów produkcyjnych i jednocześnie pozwolą ograniczyć nadmierne wydalanie azotu do środowiska.

– Dodatek 30 g koncentratu białkowo-ksantofilowego (PX) z lucerny do 1 kg paszy może zniwelować niekorzystne efekty produkcyjne związane z ograniczeniem poziomu białka surowego w stosunku do Norm Żywienia Świń (1993) przy jednoczesnej poprawie wykorzystania azotu i zmniejszeniu nieprzyjemnych zapachów odorowych w chlewni.

– Dodatek ziół w żywieniu bydła stymuluje zdrowotność i odporność organizmu, modyfikuje mikroflorę żwacza, a w efekcie zwiększa wykorzystanie składników pokarmowych z dawki ograniczając emisję gazów i związków niepożądanych do środowiska.

– Zastosowanie dodatku Fe, Cu i Zn w formie organicznej w istotny sposób wpływa na obniżenie ilości wydalania tych pierwiastków w kałomoczach kurcząt.

Projekty zrealizowane przez pracowników Instytutu Żywności Zwierząt i Bromatologii, Wydział Biologii, Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki UP w Lublinie w okresie ostatnich 10 lat, w obsza-

rze badań dotyczących oddziaływania rolnictwa na środowisko i zmiany klimatu, finansowane ze środków m.in.: MNiSzW, NCN, NCBiR i MRiRW:

1. PBZ-MEiN-5/2/2006 - Badania na rosnących świniach przy żywieniu paszą o obniżonym poziomie białka z uwzględnieniem bilansowania aminokwasów egzogennych strawnych do końca jelita cienkiego, zastosowanie dodatków paszowych oraz systemu do woli i restrykcyjnego, w projekcie: Nowe metody i technologie dezodoryzacji w produkcji przemysłowej, rolnej i gospodarce komunalnej, koordynowanego przez Politechnikę Wrocławską, (2007-2010); kierownik: prof. dr hab. E. R. Grela.

2. N R12 0005/2009 - Opracowanie technologii produkcji koncentratu białkowo-ksantofilowego z lucerny (*Medicago sativa*) na bazie zapleczka technicznego cukrowni oraz jego zastosowanie dla poprawy dobrostanu oraz efektywności produkcji zwierzęcej (2009-2012); kierownik: prof. dr hab. E. R. Grela.

3. RRre-029-19-16/11 - Ochrona zdrowia zwierząt. Wpływ ekologicznych dodatków ziołowych w żywieniu zwierząt na ich zdrowotność (2011); kierownik: dr hab. R. Klebaniuk, prof. nadzw. UP.

4. ZIZ/U-64/2011 - Using of DSM enzymes to manipulate phosphorus utilization in the grower/finishing pig. DSM Nutritional Products Limited, Wielka Brytania (2011-2012); kierownik: prof. dr hab. E. R. Grela.

5. 5435/B/P01/2011/40 - Wpływ podawania Cu, Fe, Zn w postaci chelatów o wysokim stężeniu składnika mineralnego na procesy strukturotwórcze kości kurcząt brojlerów oraz ograniczenia ich emisji do środowiska (2011-2013); kierownik: dr hab. M. Kwiecień.

6. PKre-029-5-4/12 - Ochrona zdrowia zwierząt. Wpływ ekologicznych dodatków ziołowych w żywieniu zwierząt, w tym ryb, na ich zdrowotność (2012); kierownik: dr hab. R. Klebaniuk, prof. nadzw. UP.

7. PKre-029-31-31/13 - Ochrona zdrowia zwierząt. Wpływ ekologicznych dodatków ziołowych w żywieniu zwierząt w tym ryb, na ich zdrowotność z uwzględnieniem efektów produkcyjnych (2013); kierownik: dr hab. R. Klebaniuk, prof. nadzw. UP.

8. MR-13/2017 – Ochrona zdrowia zwierząt: Badania nad nowatorskimi metodami ograniczania występowania chorób i pasożytów

zwierząt gospodarskich w warunkach produkcji ekologicznej (2017);
kierownik: dr hab. R. Klebaniuk, prof. nadzw. UP.

Zgłoszenie patentowe: Opracowanie składu i technologii produkcji suplementu diety na bazie koncentratu białkowo-ksantofilowego z lucerny pod nazwą „Medisat”. Nr zastrzeżenia WIPO ST 10/C PL 396362

Wydane publikacje w obszarze badań dotyczących oddziaływania rolnictwa na środowisko i zmiany klimatu:

Grela E.R., Kowalczyk-Vasilev E., Semeniuk W. (2010). Wpływ zastąpienia węglanu wapnia chlorkiem i/lub zastosowania kwasu benzooesowego w mieszankach dla tuczników na profil metaboliczny krwi oraz ograniczenie wydalania azotu do środowiska. *Przemysł Chemiczny*, 89 (4): 366-370.

Grela E.R., Kusior G., Drabik A. (2010). Wpływ dodatku koncentratu (PX) z lucerny w tuczu świń na emisje gazowych zanieczyszczeń powietrza. W: *Lucerna w żywieniu ludzi i zwierząt: nowe możliwości zastosowania ekstraktu z liści lucerny = Alfalfa in human and animal nutrition: new possibilities of application of the extract from the alfalfa leaves*, 4th International Conference "Feed and Food Additives", Lublin - Sandomierz, 7-8 June 2010, Dzierżkówka, Stowarzyszenie Rozwoju Regionalnego i Lokalnego "Progress": 178-179.

Grela E.R., Semeniuk W. (2008). *Chemistry for Agriculture*, 9: 528–536.

Grela E.R., Semeniuk W. (2008). Effects of protein-xanthophyll (PX) concentrate of alfalfa additive to crude protein-reduced diets on nitrogen excretion, growth performance and meat quality of pigs. Book of abstracts of the 3rd international symposium "Safe food. Plant production, animal production, management", September 18-20, 2008, Bydgoszcz, Poland / University of Technology and Life Sciences in Bydgoszcz, Bydgoszcz University of Technology and Life Sciences Press, 93.

Grela E.R., Semeniuk W., Florek M. (2008). Effects of protein of protein-xanthophyll (PX) concentrate of alfalfa additive to crude protein-reduced diets on nitrogen excretion, growth performance and meat quality of pigs. *Journal of Central European Agriculture*, 9, 4: 669-676.

Grela E.R., Skomiał J. (2014). Zalecenia żywieniowe i wartość pokarmowa pasz dla świń. Normy żywienia świń. IFiŻZ PAN, Jabłonna.

Grela, E. R., Kowalczyk, E., Rudnicki, K. (2009). Zmiany w żywieniu trzody chlewnej zapewniające ograniczenie emisji związków azotowych do środowiska. *Przemysł Chemiczny*, 88: 436-439.

Grela, E. R., Kowalczyk-Vasilev, E. (2010). Influence of digestible crude protein reduction and amino acids additive in growing pigs' diets on their performance and nitrogen balance. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska. Sectio EE Zootechnica*, 28 (1): 1-8.

Klebaniuk R., Grela E.R. (2015). W: Ginalska (red.). Sposoby i nowe systemy żywienia bydła ze szczególnym uwzględnieniem produkcji ekologicznej. Puławy, 26.05.2015.

Klebaniuk R., Grela E.R. (2015). Wykorzystanie proekologicznych materiałów i dodatków paszowych w nowych systemach bydła. W: Ginalska B. (red.) Wyniki badań naukowych w produkcji zwierzęcej i możliwości zastosowania w praktyce. CDR Radom, 82-87. ISBN 978-83-63411-51-0

Klebaniuk R., Grela E.R., Kowalczyk-Vasilev E., Florek M., Góźdz J., Pecka S., Danek-Majewska A., Olcha M. (2014). Ochrona zdrowia zwierząt. Wpływ ekologicznych dodatków ziołowych w żywieniu zwierząt w tym ryb, na ich zdrowotność z uwzględnieniem efektów produkcyjnych (W: Wyniki badań z zakresu rolnictwa ekologicznego realizowanych w 2013 roku). MRiRW, Warszawa – Falenty 419-433. ISBN 978-83-62178-80-3.

Klebaniuk R., Kowalczyk-Vasilev E., Bąkowski M., Widz J., Olcha M., Zajac M. (2016). Effect of herbal mixture in beef cattle diets on nutrient

digestibility. *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW. Anim. Sci.*, 56 (2).

Kwiecień M., Winiarska-Mieczan A., Valverde Piedra J., Bujanowicz-Haraś B., Chałabis-Mazurek A. (2015). Effects of copper glycine chelate on selected parameters carcasses, liver and fecal mineral concentrations, haematological and biochemical blood parameters in broilers. *Agricultural and Food Science* 24: 92-103.

Kwiecień, M., Samolińska, W., Bujanowicz-Haraś, B. (2015). Effects of iron–glycine chelate on growth, carcass characteristic, liver mineral concentrations and haematological and biochemical blood parameters in broilers. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 99(6): 1184-1196.

Lipiec, A., Semeniuk, V., Krasucki, W., Grela, E. R. (2008). Możliwości ograniczenia wydalania azotu w tuczu świń. *Przegląd hodowlany*, 76(05): 4-6.

Semeniuk W., Grela E.R. (2011). Wpływ obniżonego poziomu białka w żywieniu tuczników w systemie dawkowanym lub *ad libitum* na poziom wskaźników azotowych w krwi i moczu. *Medycyna Weterynaryjna*, 67, 5: 339-342.

**INSTITUTE OF ANIMAL NUTRITION AND BROMATOLOGY
IN LUBLIN UNIVERSITY OF LIFE SCIENCES STUDIES
INCLUDING NUTRITIONAL METHODS FOR REDUCING
NITROGEN AND METAL EXCRETION INTO
THE ENVIRONMENT OF ANIMAL PRODUCTION**

S u m m a r y

Actually more attention is being paid to the ongoing climate change, especially global warming. It is believed that one of the main causes of greenhouse gas emissions is agriculture, including animal husbandry. It is a primary source of methane, very harmful to the climate. According to the research, it is 25 times stronger than carbon dioxide, which is due to its greater ability to retain heat in the atmosphere. Embryos play an important role in the emission of methane. Fermentation is a physiological element that allows the use of structural carbohydrates from the feed. As a result of the rumen and intestinal processes, volatile fatty acids (LKT) are produced: acetic, propionic and butyric acid and carbon dioxide (CO₂) and methane (CH₄) gases. Methane is a byproduct of the decomposition of organic matter (starch, cellulose, hemicellulose, proteins etc.) by microorganisms in the rumen and the large intestine. Gases produced in the digestive tract are the main source of methane in animal production (about 70%). Methanogenesis loses 2-12% of gross energy from feed. In animal nutrition, besides achieving satisfactory production results (high weight gain, low feed consumption, high milk yield), more and more attention is being paid to limiting excretion into the environment of unused biogenic components, mainly nitrogen, phosphorus and also metals (eg iron, zinc or copper). This aspect of nutrition is becoming more and more important in intensive livestock production, with limited possibilities for rational management of faeces. The present document show the results of research on reducing the excretion of mainly nitrogen and metals into the environment, as well as ecological methods of feeding animals, especially ruminants, in terms of obtained production effects

Key words: Institute of Animal Nutrition and Bromatology, Lublin University of Life Sciences, research, nutritional methods, nitrogen, metal reduction, environment.

OPRACOWANIE MONOGRAFICZNE:
*„Krajowe wyniki prac badawczych oraz działań szacowania
oddziaływań w zakresie ochrony środowiska i zmian klimatu
w sektorze rolnictwa”*

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy i jego dorobek naukowy w zakresie ochrony środowiska i zmian klimatu

Wojciech Rzeźnik, Paulina Mielcarek, Jerzy Lech Jugowar

*Instytut Technologiczno-Przyrodniczy, Oddział w Poznaniu,
Zakład Kształtowania Środowiska w Obiektach Inwentarskich
i Ochrony Powietrza*

W pracy zaprezentowano zakres działalności oraz strukturę Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego (ITP). Opisano najważniejsze jednostki ITP prowadzące prace w tematyce związanej z ochroną środowiska, a w szczególności ochroną powietrza. Praca zawiera także opisy wybranych badań prowadzonych w latach 2007-2017, których celem było określenie poziomów emisji zanieczyszczeń powietrza z rolnictwa (wskaźniki emisji z przemysłowych budynków fermowych), wskazanie czynników wpływających na te emisje oraz metod ich ograniczania. Poza tym przedstawiono projekty, w których uczestniczył ITP.

Wstęp

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy (ITP), z siedzibą w Falentach koło Warszawy (rys. 1) został utworzony z dniem 1 stycznia 2010 r. na mocy Rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 17 września 2009 roku w sprawie połączenia Instytutu Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa oraz Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych (Dz. U. Nr 163, poz.1300).

Instytut prowadzi badania naukowe i prace rozwojowe oraz działalność wdrożeniową, upowszechnieniową, doradczą, edukacyjną, szkoleniową, promocyjną, wynalazczą i monitoringową w dziedzinie nauk przyrodniczych i technicznych, w zakresie:

- inżynierii rolniczej i rozwiązań technicznych w zastosowaniu do produkcji roślinnej i zwierzęcej,

- agroenergetyki, z uwzględnieniem bioenergetyki i innych odnawialnych źródeł energii; inżynierii wodno-melioracyjnej, melioracji rolnych i wodnych, konstrukcji budowli i urządzeń wodnych oraz obiektów ochrony przeciwpowodziowej,

- budownictwa wiejskiego i dróg rolniczych; inżynierii materiałowej i eksploatacji urządzeń technicznych w rolnictwie; inżynierii i technologii sanitacji wsi oraz stanu sanitarno-higienicznego wsi wraz z utylizacją osadów ściekowych, odpadów komunalnych i pochodzących z przetwórstwa rolno-spożywczego,

- kształtowania struktury użytkowania powierzchni i ładu przestrzennego, infrastruktury rolniczej i wiejskiej, układów infrastruktury technicznej i technologiczno-przyrodniczej oraz ładu ekologiczno-krajobrazowego,

- ochrony przyrody, różnorodności biologicznej i krajobrazowej obszarów wiejskich; gospodarki na trwałych użytkach zielonych na terenach nizinnych, podgórskich i górskich, technologii produkcji pasz, stanu zagrożeń i ochrony siedlisk łąkowych, gleb i wód,

- gospodarowania wodami w rolnictwie i na obszarach wiejskich, potrzeb nawodnień i odwodnień, deficytu wody, podtopień i powodzi oraz bilansów wodnych; zanieczyszczenia i ochrony jakości wód oraz gospodarki wodno-ściekowej i odpadowej w zagrodzie i na obszarach wiejskich,

- kształtowania warunków środowiskowych w obiektach rolniczych i ograniczania emisji gazów, odorów i pyłów ze źródeł rolniczych,

- przydatności użytkowej i bezpieczeństwa maszyn rolniczych,

- ekonomiki, organizacji mechanizacji i energetyzacji rolnictwa oraz programów rozwoju wsi i rolnictwa.

Podstawową komórką naukową Instytutu jest zakład naukowy, regionalny ośrodek badawczy i stacja badawcza, a komórką wspomagającą techniczną i obsługową - dział, sekcja i stanowisko. Do podstawowych komórek Instytutu zalicza się również: Laboratoria Badawcze In-

stytutu Technologiczno-Przyrodniczego (LAB), Jednostkę Certyfikującą Wyroby (JCW) oraz Jednostkę Weryfikującą Technologie Środowiskowe (JWTS).

W skład Instytutu wchodzi: Centrala w Falentach, Oddział w Warszawie, Oddział w Poznaniu, Oddział w Kłodzku, Dolnośląski Ośrodek Badawczy we Wrocławiu ze Stacją Badawczą w Kamięcu Wrocławskim, Kujawsko-Pomorski Ośrodek Badawczy w Bydgoszczy, Małopolski Ośrodek Badawczy w Krakowie oraz Żuławski Ośrodek Badawczy w Elblągu. W skład Instytutu wchodzi również wyodrębnione merytorycznie, administracyjnie oraz ekonomicznie zakłady doświadczalne: Zakład Doświadczalny w Biebrzy, Zakład Doświadczalny w Falentach oraz Zakład Doświadczalny w Poznaniu.

Zakres badań

W ramach działalności ITP, we wszystkich zakładach naukowych prowadzone są prace związane z szeroko rozumianą ochroną środowiska i przeciwdziałania zmianom klimatu. Badania dotyczą głównie ochrony powietrza i wód gruntowych. Tematyką badawczą dotyczącą emisji zanieczyszczeń do powietrza, takich jak: gazy cieplarniane, amoniak, odory, pyły z produkcji rolniczej oraz metod redukcji tych emisji zajmują się głównie:

- Zakład Kształtowania Technologii i Emisji w Obiektach Fermowych,
- Laboratorium Badawcze Technologii i Biosystemów Rolniczych,
- Kujawsko-Pomorski Ośrodek Badawczy,
- Zakład Odnawialnych Źródeł Energii,
- Zakład Systemów Infrastruktury Technicznej Wsi.

Zakład Kształtowania Technologii i Emisji w Obiektach Fermowych, w Oddziale w Poznaniu, zajmuje się badaniem i doskonaleniem rozwiązań ograniczających emisję gazów, odorów i pyłów z obiektów inwentarskich, jak również badaniem wpływu technologii utrzymania zwierząt na poziom emisji gazów, odorów i pyłów oraz rozwijaniem metod monitorowania zanieczyszczeń powietrza z obiektów fermowych.

Laboratorium Badawcze Technologii i Biosystemów Rolniczych mieści się w Oddziale Instytutu w Poznaniu. Laboratorium posiada akre-

dytację Polskiego Centrum Akredytacji – nr świadectwa akredytacji AB 116. W ramach akredytacji laboratorium prowadzi badania uzysku biogazu z substratów organicznych metodą eudiometryczną (rys. 2) oraz oznaczanie stężenia odorów metodą olfaktometrii dynamicznej wg normy PN-EN 13725:2007. Jednostka ta, jako pierwsza w Polsce uzyskała akredytację dotyczącą pomiarów stężenia odorów. Do oznaczania stężenia wykorzystywany jest czterostanowiskowy olfaktometr TO 8 firmy Ecoma (rys. 3), natomiast do poboru próbek wykorzystuje się dedykowane do olfaktometru sampler CSD 30. W przypadku źródeł powierzchniowych emisji odorów wyżej wymieniona aparatura jest uzupełniania specjalną komorą do tego celu zgodną z normą VDI 3880:2011. Poza akredytacją laboratorium zajmuje się również badaniem emisji gazów szkodliwych i pyłów, wykonując pomiary w oparciu o szereg własnych metodyk prowadzenia badań w pomieszczeniach inwentarskich, jak również w otoczeniu fermy. Laboratorium wyposażone jest w kilka rodzajów komór i tuneli pomiarowych, mobilnych i stacjonarnych z wymuszonym obiegiem powietrza czystego pozwalających wykonywać doświadczenia, których celem jest ocena stężenia i emisji gazów z różnych rozwiązań technicznych i technologicznych produkcji zwierzęcej. Badania zanieczyszczeń powietrza wykonywane są wysokiej klasy spektrometrem fotoakustycznym Multi Gas Monitor model 1312. Wyposażenie dodatkowe Multipoint Sampler model 1303 pozwala na pobieranie próbek powietrza równocześnie z sześciu miejsc oddalonych o około 50 metrów. Pomiary stężenia pyłu zawieszonego wykonywane są za pomocą automatycznego analizatora pyłu zawieszonego TEOM 1400a. Przyrząd ten zapewnia ciągły, automatyczny pomiar stężenia pyłu zawieszonego PM10 i działa na zasadzie rzeczywistego pomiaru masy pyłu. Bardzo wysoka czułość przyrządu pozwala na bezproblemowy pomiar frakcji PM2,5 oraz PM1 poprzez dołożenie do głowicy separującej odpowiednich cyklonów. Ciągły pomiar stężenia pyłu pozwala na śledzenie zmian i trendów zapylenia w bardzo krótkich przedziałach czasu (np. 5 minut). Wbudowany datalogger umożliwia rejestrację zarówno chwilowych wyników pomiarów jak również średnich 30 minutowych, 1-, 8- i 24-godzinnych, jak również istotnych parametrów pomiarów (przepływ, temperatura, ciśnienie) przez okres ponad 2 miesiące. Dodatkowo laboratorium wykonuje badania fermentacji metanowej substratów w mieszaninach, metodą dynamiczną (rys. 4). Pozwalają one na określe-

nie sprawności instalacji biogazowych oraz weryfikację podstawowych parametrów pracy.

Kujawsko-Pomorski Ośrodek Badawczy zajmuje się między innymi emisjami i metodami redukcji emisji zanieczyszczeń i gazów cieplarnianych z użytków rolnych, ze szczególnym uwzględnieniem regionów intensywnego rolnictwa o niekorzystnych warunkach hydrometeorologicznych.

Zakład Odnawialnych Źródeł Energii, w Oddziale w Poznaniu, prowadzi badania naukowe w zakresie, agroenergetyki, z uwzględnieniem odnawialnych źródeł energii. Zakres prac Zakładu obejmuje między innymi badania nad integracją opracowanych technologii w celu wykorzystania oddziaływania synergicznego oraz powiązanie strumieni masy, ciepła i energii z uwzględnieniem wpływu na środowisko naturalne oraz badania cyklu życia produktów rolniczych i badania śladu węglowego.

Zakład Systemów Infrastruktury Technicznej Wsi, w Oddziale w Warszawie, prowadzi badania naukowe i prace rozwojowe między innymi w zakresie kształtowania i modelowania elementów funkcjonalnych, technologicznych i konstrukcyjnych budynków inwentarskich, budowli rolniczych oraz zagród, jak również technologii zagospodarowania nawozów naturalnych i odpadów z produkcji rolniczej, z uwzględnieniem standardów oraz wymogów ochrony środowiska.

W poznańskim Oddziale ITP działalność prowadzi również Jednostka Weryfikująca Technologie Środowiskowe ETV (nr świadectwa akredytacji PCA - AK 019). Głównym zadaniem Jednostki jest prowadzenie działalności kontrolnej polegającej na ocenie innowacyjnych technologii środowiskowych, które mogą przyczynić się do efektywnego wykorzystania zasobów naturalnych oraz wysokiego poziomu ochrony środowiska w obszarach technologicznych dotyczących: produktów wykonanych z biomasy, recyklingu przemysłowych produktów ubocznych i odpadów na surowce wtórne, recyklingu odpadów budowlanych na materiały budowlane, separacji lub technik sortowania odpadów stałych (np. przetwórstwo tworzyw sztucznych, odpadów mieszanych i metali) i odzysku surowców, produkcji energii elektrycznej i cieplnej z odnawialnych źródeł energii (biomasy, słońca-kolektory, akumulatory, ogniwa fotowoltaiczne, wiatru-siłownie wiatrowe, wody-elektrownie, turbiny, ziemi-pompy ciepła, wymienniki gruntowe, rekuperatory), recyklin-

gu odpadów rolniczych i produktów ubocznych do celów innych niż rolnictwo.

Dorobek naukowy w zakresie ochrony środowiska i zmian klimatu w rolnictwie

Aktualne kierunki badań prowadzonych w Instytucie obejmują szeroki zakres zagadnień dotyczących zmniejszenia zanieczyszczenia środowiska gazami szkodliwymi i koncentrują się na dwóch obszarach, obejmujących ograniczanie emisji zanieczyszczeń bezpośrednio u źródeł ich powstawania oraz ograniczanie emisji zanieczyszczeń poprzez metody „końca rury”, czyli rozwiązywanie skutków, a nie przyczyn problemów.

Odzysk ciepła z głębokiej ściółki

System odzysku ciepła służy do pobierania niskotemperaturowego ciepła z podłoża egzotermicznego (głębokiej ściółki) i umożliwia jego konwersję na ciepło o wyższej temperaturze pozwalającej na wykorzystanie do zasilania instalacji centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytkowej. System składa się z: instalacji dolnego źródła, rozdzielacza, pompy ciepła i instalacji górnego źródła. Instalacja dolnego źródła to poziome wymienniki służące do odbioru ciepła ze ściółki. Obwody wymienników połączone są z rozdzielaczem, który pozwolił na sterowanie dolnym źródłem ciepła tak, aby odzysk prowadzony był tylko z kopców, w których temperatura wody w wymienniku jest wyższa niż temperatura wody powracającej z pompy ciepła. Pobrana ze ściółki energia przekazywana jest do pompy ciepła, która wymusza przepływ ciepła z obszaru o niższej temperaturze (głębokiej ściółki) do obszaru o wyższej temperaturze – górnego źródła, które stanowi instalacja centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytkowej w budynku mieszkalnym. Schładzanie w ten sposób obornika pozwala na redukcję emisji gazów cieplarnianych CH₄ o 12% i N₂O o 16%, oraz organicznie emisji CO₂ wynikającej ze zmiany źródła ciepła z węgla kamiennego na głęboką ściółkę 35%. Poza redukcją emisji gazów cieplarnianych, zastosowanie systemu powoduje redukcję emisji NH₃ o 16% i emisji odorów o 27%. Dodatkowo zastąpienie tradycyjnych źródeł ciepła na obszarach wiejskich (kocioł węglowy) przez system z pompą ciepła wpływa na poprawę jakości powietrza.

Zastosowanie tego systemu pozwala na uzyskanie stosunkowo taniej „czystej” energii cieplnej możliwej do wykorzystania na potrzeby instalacji centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytkowej (Domagalski i in., 2009; Rzeźnik, 2013; Rzeźnik i Rzeźnik, 2015; Rzeźnik i in., 2016a).

Badania biodegradowalnych mediów adsorbentów pochodzenia roślinnego w zakresie skuteczności filtracji powietrza usuwanego z budynków inwentarskich (Wieczorek, 2009)

W pracy wytypowano, spośród znanych biodegradowalnych adsorbentów pochodzenia roślinnego, najskuteczniejszy z nich, jako materiał filtracyjny w procesie adsorpcyjnego oczyszczania powietrza z amoniaku. Przebadano następujące rodzaje adsorbentów: słoma, plewy, siano, kora drewna liściastego i iglastego. Największą skutecznością cechowała się kora sosnowa. Na podstawie szczegółowych badań wyznaczono parametry procesu adsorpcji oraz opracowano i statystycznie zweryfikowano model matematyczny, umożliwiający obliczenie ilości kory sosnowej niezbędnej do wyizolowania amoniaku w opracowanej metodzie. Zaprojektowana na podstawie modelu instalacja ograniczająca emisję amoniaku z budynku inwentarskiego cechowała się 95% sprawnością pochłaniania amoniaku w adsorbencie. Dodatkowo zaproponowano dalsze rolnicze wykorzystanie zużytego adsorbenta (Wieczorek, 2008; Wieczorek, 2010; Wieczorek i Stężyła, 2013).

Badania możliwości wykorzystania szklarniowych roślin użytkowych do biologicznej filtracji powietrza usuwanego z budynków inwentarskich

W badaniach przedstawiono koncepcję wykorzystania gazów cieplarnianych powstających w chowie krów mlecznych poprzez zintegrowanie systemu wentylacyjnego obory i szklarni uprawowej. Na ich podstawie wyznaczono różnicę w stężeniu dwutlenku węgla i metanu emitowanego z obory między punktem wlotowym i wylotowym w szklarni. Dodatkowo określono efekt produkcyjny prowadzonej uprawy pomidora poprzez określenie wielkości i jakości plonu uzyskanego w atmosferze powietrza powentylacyjnego. Uzyskane wyniki wykazują, że biologiczna filtracja powietrza w szklarni z uprawą pomidorów przyczynia się do znacznej redukcji stężenia badanych gazów cieplarnianych. Średnie zmniejszenie stężenia dwutlenku węgla wyniosło od 48,1 do 49,9%, a metanu kształtowało się od 57% do 84%. Wielkość redukcji

była zależna w głównej mierze od pory dnia oraz stadium fizjologicznego roślin (Grzeškowiak i in., 2007).

Fitoremediacja

Celem podjętych badań było określenie skuteczności fitoremediacji jako proekologicznej metody ograniczenia emisji CO₂, NH₃ i zapylenia w powietrzu usuwanym z kurnika. System wymiany powietrza z kurnika wprowadzał je do szklarni doświadczalnej obsadzonej paciornikiem i miskantem. Pomiary na wejściu i wyjściu ze szklarni wykazały średnio w ciągu doby redukcję CO₂ o 10% (około 30% w dzień), NH₃ – około 40% oraz zmniejszenie zapylenia średnio o 14,2%. Proces sedymentacji pyłów jest zakłócony przez naturalne zjawisko konwekcji powietrza podgrzewanego promieniami słonecznymi w szklarni. Stwierdzono bardzo dobry wpływ zanieczyszczeń powietrza na rozwój roślin doświadczalnych w stosunku do grupy kontrolnej, rosnącej w standardowych warunkach szklarniowych (Sobczak i in., 2008; Sobczak i in., 2011).

Ocena skuteczności działania nanopreparatów do higienizacji pomieszczeń inwentarskich

Ocenę przeprowadzono na podstawie badań dwustopniowych prowadzonych zarówno w warunkach laboratoryjnych, jak i produkcyjnych, w przemysłowym budynku inwentarskim. Celem była ocena oddziaływania impregnatów z nanomateriałów (powierzchniowych i głębokich) zastosowanych na betonowych i plastikowych elementach technicznych oraz konstrukcyjnych pomieszczeń inwentarskich na poziom emisji odorów i wybranych gazów powstających w trakcie chowu zwierząt. Wyniki badań potwierdzają skuteczność zastosowania nanopreparatów impregnujących jako środków do sanityzacji powierzchni chropowatych narażonych na kontakt z odchodami zwierząt. Nanopreparaty o właściwościach katalitycznych wpływają na procesy biologiczne zachodzące podczas przechowywania gnojowicy, powodując zmiany w wielkości emisji odorów i amoniaku. Zmiana kształtu kanału podrusztowego z U na V oraz pokrycie go nanaopreparatem powoduje obniżenie emisji amoniaku średnio o 52%, a metanu o 35%. Zastosowanie nanopreparatu na do impregnacji filtra włókninowego, skutkuje redukcją emisji NH₃ od 37% do 69 %, w zależności od rodzaju stosowanego pre-

paratu i stężenia (Jugowar i in., 2007a; Jugowar i in., 2007b; Jugowar i in., 2010).

Wpływ wybranych parametrów technicznych i technologicznych instalacji do odzysku ciepła z gnojowicy świń na minimalizowanie emisji gazów

Celem prowadzonych badań było sprawdzenie, czy instalacja do odzysku ciepła z gnojowicy, której podstawowym elementem były płaskie panelowe wymienniki ciepła, umożliwia zmniejszenie emisji zanieczyszczeń gazowych do powietrza poprzez odbiór ciepła, którego efektem jest obniżenie temperatury gnojowicy. Uzyskane wyniki wskazują, że odzysk ciepła z gnojowicy, w zależności od zastosowanych parametrów eksploatacyjnych, w istotnym stopniu przyczynia się do zmniejszenia emisji zanieczyszczeń gazowych, takich jak amoniak, metan, podtlenek azotu i dwutlenek węgla. Najwyższe poziomy redukcji emisji tych gazów wynosiły od 19,1 do 41,1% w zależności od sposobu ułożenia paneli i prędkości przepływu cieczy chłodzącej (Myczko, 2014).

Emisja gazów cieplarnianych i amoniaku z różnych systemów utrzymania krów mlecznych

W ramach prac prowadzonych przez ITP Oddział Poznań, przeprowadzono badania emisji gazów cieplarnianych (CH_4 , N_2O) i amoniaku, mające na celu weryfikację wartości wskaźników teoretycznych w warunkach polskich. Badania przeprowadzono w 6 oborach wolnostanowiskowych zlokalizowanych w województwie wielkopolskim. Średnie roczne wartości wskaźników emisji gazów cieplarnianych i amoniaku wynosiły: $135 \pm 47 \text{ kg} \cdot \text{rok}^{-1} \cdot \text{szt.}^{-1}$ dla CH_4 , $0,91 \pm 0,74 \text{ kg} \cdot \text{rok}^{-1} \cdot \text{szt.}^{-1}$ dla N_2O oraz $8,9 \pm 5,2 \text{ kg} \cdot \text{rok}^{-1} \cdot \text{szt.}^{-1}$ dla NH_3 (1 szt. = 650 kg). Po przeliczeniu na 1 kg masy ciała wskaźniki emisji CH_4 i N_2O , stosowane przez KOBIZE do krajowej inwentaryzacji, są porównywalne z wyznaczonymi w tej pracy. Różnice wynoszą odpowiednio 8% i 3%. Jedynie w przypadku NH_3 różnica sięga 68% (Rzeźnik i in., 2016b; Rzeźnik i in., 2016c).

Emisja gazów cieplarnianych i amoniaku z różnych systemów utrzymania świń

W ramach badań statutowych od lat, w ITP prowadzone są badania porównawcze systemów utrzymania świń pod kątem emisji gazowych zanieczyszczeń powietrza. Badania prowadzone są w przemyśle

wych tuczarniach trzody chlewnej. Średnie wartości wskaźników emisji z budynku z podłogą szczelinową wynosiły: $\text{CO}_2 - 62 \text{ g} \cdot \text{doba}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$, $\text{N}_2\text{O} - 0,027 \text{ g} \cdot \text{doba}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ i $\text{CH}_4 - 0,715 \text{ g} \cdot \text{doba}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$. W tuczarni z systemem utrzymania na głębokiej ściółce przyjmowały wartości: $\text{CO}_2 - 105 \text{ g} \cdot \text{doba}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$, $\text{N}_2\text{O} - 0,047 \text{ g} \cdot \text{doba}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ i $\text{CH}_4 - 0,809 \text{ g} \cdot \text{doba}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ i były one większe o odpowiednio 69%, 74% oraz 13%. Po przeliczeniu wartości wskaźników na ekwiwalent CO_2 system utrzymania na głębokiej ściółce charakteryzuje się o 59% większym potencjałem tworzenia efektu cieplarnianego. W przypadku amoniaku średni wskaźnik emisji tego gazu z tuczarni z podłogą szczelinową wynosił $0,09 \text{ g} \cdot \text{doba}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ i był o 85% mniejszy niż z budynku na głębokiej ściółce ($0,6 \text{ g} \cdot \text{doba}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$) (Rzeźnik i Mielcarek, 2014a; Rzeźnik i Mielcarek, 2014b).

Wpływ techniki aplikacji obornika na emisję gazów cieplarnianych i amoniaku

W ramach Projektu Biostrateg „Interdyscyplinarne badania nad poprawą efektywności energetycznej oraz zwiększeniem udziału odnawialnych źródeł energii w bilansie energetycznym polskiego rolnictwa” (BIOGAS&EE) określono poziom redukcji gazów cieplarnianych i amoniaku wynikający z przykrywania obornika bezpośrednio po aplikacji na polu. Do tego celu wykorzystano prototypowe urządzenie do aplikacji stałych nawozów naturalnych opracowane przez Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych. Zastosowanie tego aplikatora do nawożenia pól obornikiem bydlęcym znacznie ograniczyło emisję NH_3 . Różnica w stężeniach tego gazu między poletkami malała w czasie, od 87% (bezpośrednio po zabiegu) do 34% (6 godzin po zabiegu). Dla pozostałych gazów nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic wynikających z metody aplikacji (Bartkowiak i in., 2017).

Udział Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego w projektach dotyczących ochrony środowiska

ITP od lat jest koordynatorem lub uczestnikiem projektów międzynarodowych, jak i krajowych mających na celu poprawę jakości środowiska i promowanie przyjaznych jemu rozwiązań. Do najważniejszych należą:

- Opracowanie systemu uprawy gleby dla rolnictwa zrównoważonego,
- Kompleksowe działania polityczne i inwestycyjne w zrównoważone rozwiązania w rolnictwie w regionie Morza Bałtyckiego (Comprehensive Policy Actions and Investments In Sustainable Solutions in Agriculture in the Baltic Sea Region) - Baltic COMPASS,
- Emisja CO₂, CH₄ i N₂O oraz ocena tempa mineralizacji masy organicznej w glebach torfowo-murszowych w zależności od sposobu ich użytkowania i warunków wodnych,
- Biopaliwa i napęd elektryczny w transporcie zrównoważonym w popularnych miejscach turystycznych (Biofuels and Electric Propulsion Creating Sustainable Transport In Tourism Resorts) – **BIOSIRE**,
- Dobór technologii chowu bydła w celu obniżenia emisji gazów, głównie amoniaku i dwutlenku węgla,
- Strategie informacji, motywacji i przetwarzania biopaliw z uwzględnieniem określonych struktur regionalnych (Information, Motivation and Conversion strategies for bio fuels with consideration of the special regional structures) – **BioMotion**,
- Nowe metody i technologie dezodoryzacji w produkcji przemysłowej, rolnej i gospodarce komunalnej. Zadanie nr 4/12. Modyfikacje technologiczno-techniczne procesów generujących odory w gnojowicy i nawozach naturalnych z zastosowaniem nanokatalizy,
- Wielozadaniowy system rolniczy zasilany energią odnawialną – **RAMseS**,
- Reducing nitrogen loss from livestock production by promoting the use of slurry acidification techniques in the Baltic Sea Region (Redukcja strat azotu z rolnictwa poprzez promocję zastosowania technik zakwaszania gnojowicy w regionie Morza Bałtyckiego) -Baltic Slurry Acidification.

Fot. 1. Główna siedziba ITP w Falentach



Źródło: <https://commons.wikimedia.org>.

Fot. 2. Stanowisko do badań eudiometrycznych



Źródło: zdjęcia własne

Fot. 3. Badania olfaktometryczne



Źródło: zdjęcia własne

Fot. 4. Fermentatory laboratoryjne



Źródło: zdjęcia własne

Literatura

Bartkowiak A., Jadczyzyn T., Mac J., Matros B., Matyka M., Mielcarek P., Rzeźnik W., Stekla J., Talarczyk W., Zbytek Z., Witorożec A. (2017). Różne aspekty wykorzystania biomasy pofermentacyjnej. (red.) Rzeźnik W. - w druku.

Domagalski Z., Pleskot R., Podleski J., Rzeźnik W. (2011). Głęboka ściółka jako źródło energii cieplnej do ogrzewania budynku mieszkalnego. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 19(1): 157-162.

Grześkowiak P., Jugowar J.L., Myczko R. (2007). Redukcja stężenia gazów cieplarnianych emitowanych z obory poprzez szklarniową uprawę pomidorów. W: *Emisja gazów cieplarnianych i amoniaku w rolnictwie*. Pod Red. Czyż E. A. i Jugowara J.L. i Sławińskiego C. Monografia. *Acta Agrophysica*, nr 150, Lublin, 108-115.

Jugowar J.L., Kołodziejczyk T., Myczko R., Graczyk, A. (2010). Ocena skuteczności działania nanopreparatów do higienizacji pomieszczeń inwentarskich. W: *Współczesna problematyka odorów*. Pod Red. Szykowskiej M.I. i Zwoździaka J. WNT. Warszawa, 310–326.

Jugowar J.L., Myczko R., Kołodziejczyk T. (2007a). Zastosowanie preparatów nanokatalitycznych do redukcji emisji amoniaku i gazów cieplarnianych w chowie zwierząt gospodarskich. W: *Emisja gazów cieplarnianych i amoniaku w rolnictwie*. Pod Red. Czyż E. A. i Jugowara J.L. i Sławińskiego C. Monografia. *Acta Agrophysica*, nr 150, Lublin, 90-107.

Jugowar J.L., Szulc, R., Myczko R. (2007b). Wpływ kanałów podrusztowych na wielkość emisji amoniaku i gazów cieplarnianych z budynków inwentarskich. W: *Emisja gazów cieplarnianych i amoniaku w rolnictwie*. Pod Red. Czyż E. A. i Jugowara J.L. i Sławińskiego C. Monografia. *Acta Agrophysica*, nr 150, Lublin: 116-123.

Myczko R. (2014). Wpływ wybranych parametrów technicznych i technologicznych instalacji do odzysku ciepła z gnojowicy świń na efekty energetyczne i minimalizowanie emisji gazów. *Rozprawa doktorska*, Poznań, ss 156.

Rzeźnik W. (2013). Ograniczanie emisji zanieczyszczeń gazowych z tuczarni poprzez zastosowanie instalacji do odzysku ciepła, *Inżynieria Rolnicza*, 146(3): 331-339.

Rzeźnik W., Mielcarek P. (2014a). Emisja amoniaku w różnych systemach utrzymania tuczników w sezonie letnio-jesiennym. W: *Problemy intensyfikacji produkcji zwierzęcej z uwzględnieniem standardów UE i ochrony środowiska*. Pod Red. Nauk. Romaniuk W. i Jankowska-Huflejt H. ITP, Falenty - Warszawa, 191-199.

Rzeźnik W., Mielcarek P. (2014b). Comparison of greenhouse gas emissions during summer from deep litter and fully-slatted piggery. *Agricultural Engineering*, 3(151): 169-177.

Rzeźnik W., Mielcarek P., Rzeźnik I. (2016a). Limiting odour emission from piggery through application of heat recovery system. *Agricultural Engineering*, 20(1): 167-176.

Rzeźnik W., Mielcarek P., Rzeźnik I. (2016b). Pilot Study of Greenhouse Gases and Ammonia Emissions from Naturally Ventilated Barns for Dairy Cows. *Polish Journal of Environmental Studies*, 25(6): 2553-2562.

Rzeźnik W., Mielcarek P., Rzeźnik I. (2016c). Effect of season on gases emissions from free-stall barns for dairy cows. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 61(2): 86-91.

Rzeźnik W., Rzeźnik I. (2015). Effect of heat recovery from deep litter piggery on greenhouse gases and ammonia emissions. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 60(2): 72-75.

Sobczak J., Chmielowski A., Gedymin M. (2008). Modyfikacja i badania nowych rozwiązań pasywnych układów wentylacyjnych połączonych z uzdatnianiem powietrza wydalanego z budynków inwentarskich. W: *Wybrane aspekty aktualnych uwarunkowań środowiskowych i przyszłościowych technik w produkcji zwierzęcej*. Pod Red. Jugowar J.L., IBMER Warszawa, 106-112.

Sobczak J., Chmielowski A., Marek P., Rakowski A. (2011). Fitoremediacja jako metoda ograniczania zanieczyszczeń zawartych w powietrzu emitowanym z kurnika. *Nauka Przyroda Technologie*, 5(6): 125-139.

Wieczorek S. (2008). Assessing the influence of adsorbent bed (tree bark) parameters on the reduction of ammonia emission from animal husbandry. *Polish Journal of Environmental Studies*, 1: 147–154.

Wieczorek S. (2010). Adsorpcyjna redukcja emisji amoniaku – model matematyczny dla kory sosnowej. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 18(3): 111-116.

Wieczorek S., Stężyła S. (2013). Wykorzystanie zużytego wypełnienia filtra adsorpcyjnego (kory sosnowej wzbogaconej azotem amonowym) w produkcji roślinnej. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 21(1): 133-141.

**INSTITUTE OF TECHNOLOGY AND LIFE SCIENCES
AND SCIENTIFIC ACHIEVEMENTS FOR
ENVIRONMENTAL PROTECTION AND CLIMATE
CHANGE**

S u m m a r y

The scope of activity and the structure of the Institute of Technology and Life Sciences (ITP) were presented. It described the most important departments of ITP which conduct research concerning the environmental protection, and in particular air protection. The paper also included the descriptions of selected studies conducted in 2007-2017. The subject of these works was determining the levels of air pollutant emissions from agriculture (emission factors from commercial farms), the factors influencing on these emissions and the reduction methods of them. Additionally, were presented scientific projects in which ITP participated.

Key words: Poznań Institute of Technology and Live Science, Scientific achievements, environmental protection, climate change.

Dorobek Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie w zakresie ochrony środowiska i zmian klimatu w sektorze rolnictwa

Monika Skowrońska, Tadeusz Filipek

*Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej,
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

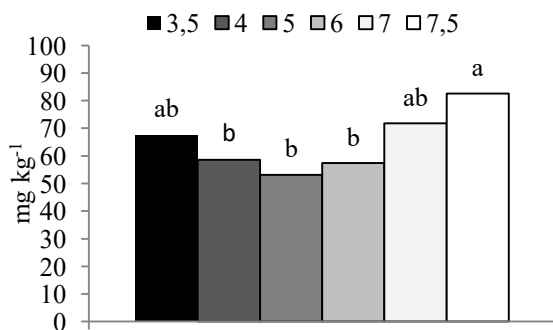
Tematyka badań pracowników Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie związana z ochroną środowiska i zmianami klimatu koncentruje się głównie na następujących zagadnieniach:

- zakwaszenie i wapnowanie gleb – aspekty środowiskowe,
- zbilansowane nawożenie jako narzędzie ograniczania strat składników pokarmowych z gleb,
- antropogeniczne źródła biogenów w wodach powierzchniowych,
- sekwestracja węgla w agroekosystemach,
- wpływ nawożenia i uprawy na emisję gazów cieplarnianych.

1. Zakwaszenie i wapnowanie gleb – aspekty środowiskowe

Odczyn odgrywa decydującą rolę w kształtowaniu właściwości fizycznych, chemicznych, fizykochemicznych i biologicznych gleb wpływających między innymi na produktywność agroekosystemów, mobilność składników pokarmowych i pierwiastków toksycznych, a tym

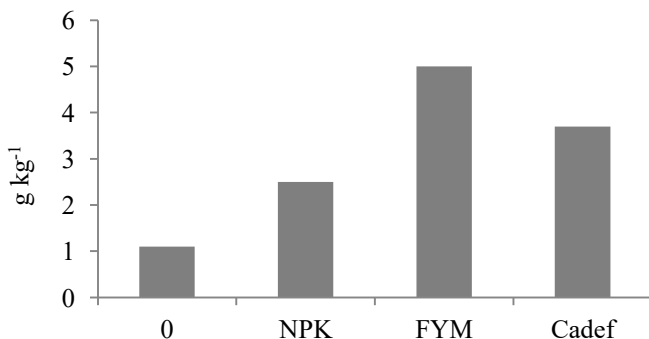
samym na ich straty na drodze emisji gazowych czy poprzez wymywanie. Szczególnie podatne na taką dyspersję są aktywne formy składników pokarmowych. Dowiedziono, że intensywna wymiana gazowa pomiędzy glebą i atmosferą ustaje najczęściej, gdy mikroorganizmy przestają mieć dostęp do łatwo rozkładalnych form węgla labilnego i/lub azotu, co może trwać od kilku dni do paru lat (Filipek i Skowrońska, 2013; Filipek i in., 2015). W doświadczeniach polowych obserwowano istotną zależność pomiędzy stężeniem jonów wodorowych a zawartością węgla labilnego, uważanego przez niektórych badaczy za produkt wczesnych stadiów humifikacji i/lub przyspieszonego tempa mineralizacji substancji organicznej (Skowrońska, 2005). W badaniach modelowych nad wpływem stężenia jonów wodorowych na zawartość rozpuszczalnego węgla organicznego występowała tendencja do spadku koncentracji DOC w zakresie pH 7,5-5 i niewielkiego wzrostu przy pH od 5 do 3,5 (rys. 1) (Skowron i Skowrońska, 2009).



Rys. 1. Zawartość rozpuszczalnego węgla organicznego w glebie w zależności od pH (na podstawie: Skowron i Skowrońska, 2009)

Procesom prowadzącym do powstawania labilnych form węgla sprzyja zarówno wzrost pH, gdyż dochodzi wówczas do podwyższenia rozpuszczalności substancji organicznej i wzrostu aktywności mikrobiologicznej, jak i jego spadek. W środowisku kwaśnym następuje zwiększenie rozpuszczalności kompleksów metaloorganicznych (Skowrońska, 2005; Skowron i Skowrońska 2009). W niektórych regionach Polski

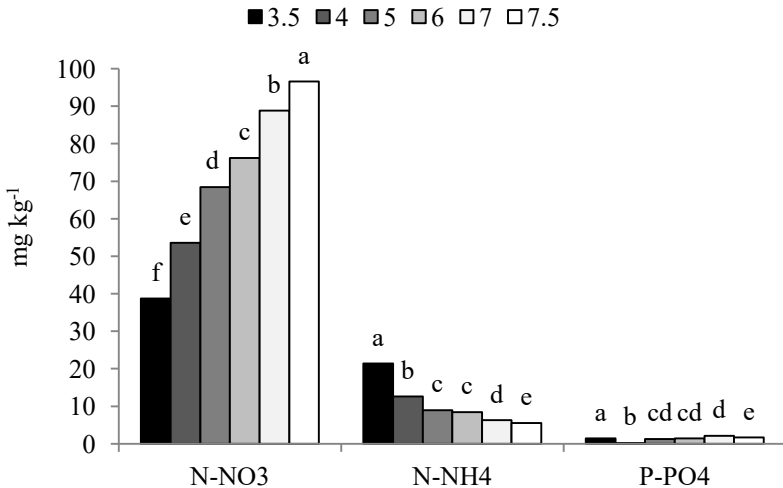
przy wyższych wartościach pH gleb odnotowywano jednocześnie korzystniejszy bilans glebowej substancji organicznej (Filipek i in., 2015). Wapnowanie, jak dowiedziono w doświadczeniach polowych (rys. 2), może pozytywnie wpływać na zawartość glebowej substancji organicznej. Jony Ca^{2+} i Mg^{2+} i wyższe wartości pH sprzyjają transformacji substancji humusowych z wytworzeniem humianów wapnia i innych bardziej złożonych związków organiczno-mineralnych, trudniej ulegających rozkładowi do ditlenku węgla (Skowrońska, 2007; Filipek i in., 2015).



Rys. 2. Przyrost zawartości węgla organicznego w glebie nawożonej NPK, obornikiem (FYM) i wapnem defekacyjnym (Cadef) po trzech latach badań (na podstawie: Skowrońska, 2007)

W badaniu modelowym, w którym symulowano wartości pH obecne w polskich glebach stwierdzono, że zmiana zakwaszenia oddziałuje w większym stopniu na zawartość N-NO_3 niż N-NH_4 , natomiast ma niewielki wpływ na koncentrację fosforanów (rys. 3). Wzrost stężenia jonów wodorowych powodował istotny wzrost zawartości w roztworze azotu amonowego ($r=0,58$), a spadek poziomu formy azotanowej ($r=-0,71$), co mogło być związane z obniżoną intensywnością procesu nityfikacji i sorpcji N-NH_4 w środowisku kwaśnym. W dużym uproszczeniu można przyjąć, że w warunkach kwaśnych dominuje wymywanie kationów NH_4^+ , a wraz ze wzrostem pH nasila się ten proces w odniesieniu do jonów NO_3^- , zwłaszcza gdy nie występuje intensywna sorpcja biologiczna (Skowron, 2004 i 2010). Natomiast największe prawdopodobieństwo

strat fosforu na drodze wymywania ma miejsce w glebach o pH < 4 oraz w krótkim czasie po wapnowaniu (Filipek i in., 2015).



Rys. 3. Zawartość aktywnych form azotu i fosforu w zależności od pH gleby (na podstawie: Skowron, 2004 i 2010)

2. Zbilansowane nawożenie jako narzędzie ograniczania strat składników pokarmowych z gleb

Podstawowym celem nawożenia jest dostarczenie roślinom składników pokarmowych w ilościach niezbędnych do uzyskania optymalnie wysokiego plonu (zależnego od warunków glebowo-klimatycznych) o pożądanej jakości oraz poprawa lub utrzymanie odpowiedniej żyzności gleby. W zbilansowanym nawożeniu powinna obowiązywać zasada, że nie liczy się tylko uzyskany plon, ale także wskaźniki jego jakości oraz oddziaływanie nawożenia na środowisko, w tym na zmiany klimatu i eutrofizację wód. Stąd zarządzanie składnikami, szczególnie azotem i fosforem, w produkcji roślinnej powinno uwzględ-

niać optymalizację środowiska, w którym one działają (np. poprzez regulację odczynu i zasobności gleb), dostosowanie nawożenia do dynamiki ich pobierania w trakcie sezonu wegetacyjnego oraz aplikację nawozów pozwalającą na zwiększenie wykorzystania makro- i mikroelementów (m.in. dzięki dzieleniu dawek nawozów oraz zlokalizowane nawożenie) (Filipek i Skowrońska, 2009; Skowrońska i in., 2016a).

W przypadku gleb o bardzo dużej zasobności w potas dowiedziono, że rezygnacja z nawożenia tym makroelementem nie powodowała zaburzeń w odżywianiu roślin innymi składnikami pokarmowymi, ograniczając przy tym środowiskowo i ekonomicznie niepożądany strumień K (Skowrońska i Filipek, 2010). Zlokalizowane stosowane nawozów mineralnych okazało się być także efektywnym sposobem poprawiającym wykorzystanie nutrienów, zwiększającym plony roślin i pozwalającym na ograniczenie ilości aplikowanych nawozów, na co niewątpliwie miały wpływ podwyższone stężenia makroelementów w strefie penetracji korzeni (Skowrońska i in., 2016a, 2016b).

Współczynniki regresji wielokrotnej wyliczone w oparciu o badania przeprowadzone na terenach użytkowanych rolniczo w południowo-wschodniej Polsce wykazały, że średnio każdy kilogram azotu pochodzenia nawozowego przyczynia do zwiększenia zawartości $N-NO_3$ w powierzchniowej warstwie gleby o 0,032 mg. Na uwagę zasługuje fakt, że poziom nawożenia w danym roku oddziaływał przede wszystkim na zawartość azotanów w wierzchniej warstwie, podczas gdy ilość azotu zastosowana pod przedplon miała istotny wpływ na stężenie NO_3^- w głębszych warstwach profili glebowych. Należy przy tym zaznaczyć, że wysokie dawki azotu wywierały mniejszy wpływ na wzrost koncentracji azotanów w glebach zawierających powyżej 20 g kg^{-1} próchnicy (Dresler i in., 2011).

Ważnym źródłem dopływu składników są nie tylko nawozy mineralne, ale także naturalne i organiczne. W doświadczeniach polowych dowiedziono, że aplikacja doglebowa pomiotu i związana z tym separacja jego cząstek o zróżnicowanej zawartości składników pokarmowych (N, P i K) w poszczególnych frakcjach może mieć kluczowe znaczenie dla zrównoważonego zarządzania makroelementami (Temple i in., 2014). Szczególnie, jeżeli weźmie się pod uwagę, że w przypadku wprowadzania podobnych ilości azotu w postaci materiałów organicznych i nawozów mineralnych ryzyko potencjalnych strat N na drodze

wymywania (większego nagromadzenia azotanów w głębszych warstwach profilu) może być wyższe w przypadku tych pierwszych.

3. Antropogeniczne źródła biogenów w wodach powierzchniowych

Odpowiednia jakość wód powierzchniowych i podziemnych stanowi priorytetowy cel ochrony środowiska krajów europejskich. Pomimo wielu dotychczasowych działań mających na celu zmniejszenie ładunku biogenów wprowadzanych do Morza Bałtyckiego, w 2015 roku rzekami przedostało się tam 76,6 tys. t azotu ogólnego i 4,8 tys. t fosforu ogólnego. Znaczna część tych związków pochodziła z rolniczej przestrzemi produkcyjnej. Wpływ rolnictwa na jakość wód zwykle ma charakter obszarowy i dotyczy tzw. obszarów krytycznych źródeł zanieczyszczeń CSA (critical source areas), które charakteryzują się dużą koncentracją składników pokarmowych i warunkami sprzyjającymi wymywaniu (Skowron i Igras, 2012 i 2013, Skowron i in., 2017).

W ramach badań dotyczących antropogenicznych źródeł biogenów w wodach powierzchniowych i podziemnych pracownicy Uniwersytetu Przyrodniczego realizują prace między innymi w zakresie

- monitoringu zawartości najważniejszych biogenów (N, P i K) w wodach powierzchniowych w celu lokalizacji tzw. hot spots, w tym CSA (critical source areas) oraz oceny jakości wód,
- optymalizacji procesów usuwania zanieczyszczeń w oczyszczalniach ścieków.

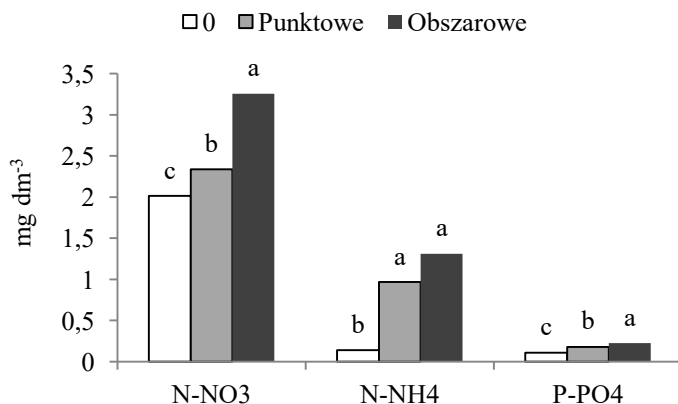
3.1. Monitoring zawartości biogenów w wodach powierzchniowych

W badaniach monitoringowych wód prowadzonych przez okres 36 miesięcy na terenie zlewni rzeki Bystrzycy w 26 punktach pomiarowych usytuowanych na całej długości ciek, z uwzględnieniem 5 dopływów, wyznaczono tzw. hot spots w oparciu o:

- grupowanie (istotnie statystycznie wyższe zawartości biogenów w danym punkcie pomiarowym sygnalizowały możliwość występowania emitera),
- dane dotyczące charakterystyki zlewni (ukształtowanie terenu, stosowanie nawozów, obecność oczyszczalni ścieków).

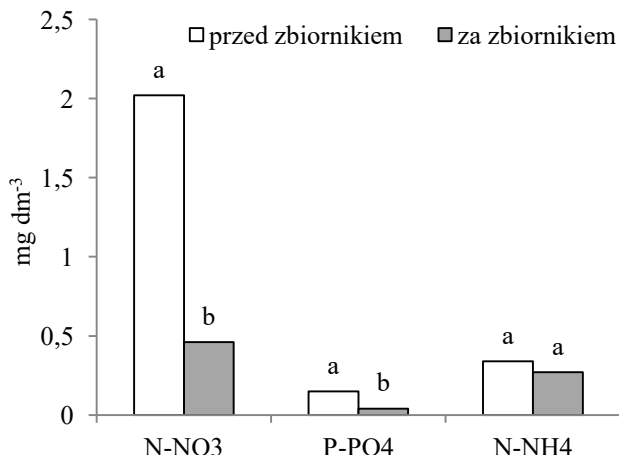
Przeprowadzone badania wykazały, że największe stężenia biogenów występowały na terenach oddziaływania intensywnie użytkowa-

nych agroekosystemów i w punktach pomiarowych narażonych na wpływ oczyszczalni ścieków (rys. 4). Stwierdzono również, że obecność w biegu rzeki zbiornika retencyjnego może zredukować niemal do zera stężenie azotanów i fosforanów, co jest związane z procesami biologicznymi, chemicznymi oraz z nierównomierną dystrybucją wód o zróżnicowanej zawartości nutrientów w płaszczyźnie pionowej zbiornika i gromadzeniu się ich w warstwach, które nie odpływają ze śluzy wylotowej (rys. 5). Niestety odbywa się to kosztem walorów rekreacyjnych takiego akwenu. W identyfikacji źródeł zanieczyszczenia mogą być pomocne zależności pomiędzy stężeniami jonów potasowych, fosforanowych i azotanowych (Skowron i in., 2017).



0 – minimalny wpływ antropogeniczny, punktowe – zanieczyszczenia punktowe, obszarowe – zanieczyszczenia obszarowe

Rys. 4. Średnie stężenia biogenów w wodzie rzecznej poddanej minimalnemu wpływowi działalności człowieka (0) oraz w warunkach oddziaływania antropogenicznego (na podstawie: Skowron i Igras, 2012, 2013; Skowron i in., 2017)



Rys. 5. Stężenie biogenów w punktach pomiarowych przed i za zbiornikiem retencyjnym (na podstawie: Skowron i Igras, 2012, 2013; Skowron i in., 2017)

3.2. Optymalizacja procesów usuwania zanieczyszczeń w oczyszczalniach ścieków

W badaniach nad wykorzystaniem alkalicznych materiałów filtracyjnych (w tym granulatu wapiennego i skały wapienno-krzemionkowej) do usuwania ortofosforanów (V) z biologicznie oczyszczonych ścieków bytowych z przeznaczeniem do zastosowania w trzecim stopniu oczyszczania ścieków w przydomowych oczyszczalniach stwierdzono, że złoża te mogą być stosowane jako końcowy element technologicznego wyposażenia przydomowych oczyszczalni ścieków pod warunkiem, że w ich składzie nie występuje w dużych ilościach wapń, a pH ścieków będących z nimi w kontakcie nie przekracza wartości 8,5. W przeciwnym wypadku dochodzi do powstawania osadów blokujących przestrzenie międzyziarnowe, cementacji i ostatecznej utraty cech funkcjonalnych złóż filtracyjnych. W przypadku wykorzystania jako materiału filtracyjnego opoki najskuteczniejsza eliminacja fosforu ze ścieków (średnio 97%) występowała, gdy użyty materiał wykazywał

się dużym rozdrobnieniem (1-2 mm), a obciążenie hydrauliczne było niskie (0,72 l/dobę) (Jóźwiakowski in., 2017a).

W badaniach prowadzonych przez pracowników Katedry Kształtowania Środowiska i Geodezji wykazano, że natlenianie ścieków nadtlenkiem wodoru może być wykorzystane do optymalizacji procesu nitrifikacji w oczyszczalniach ścieków. W procesie usuwania azotu amonowego ze ścieków z zastosowaniem H_2O_2 najwyższą skuteczność uzyskano przy poziomie utleniania 30-40% (Jóźwiakowski i in., 2017b).

4. Sekwestracja węgla w agroekosystemach

Możliwość wiązania węgla w formie glebowych związków organicznych w agroekosystemach jest uwarunkowana zmiennym w czasie ukształtowaniem się czynników siedliskowych (glebowo-klimatycznych) i antropogenicznych związanych przede wszystkim z agrotechniką roślin uprawnych. Prace naukowe dotyczące sekwestracji węgla w agroekosystemach realizowane przez pracowników Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie skupiają się przede wszystkim na zagadnieniach związanych z:

- ograniczeniem strat węgla,
- zwiększeniem zawartości węgla organicznego w plonach,
- zwiększaniem zawartości węgla organicznego w glebie.

4.1. Ograniczenie strat węgla

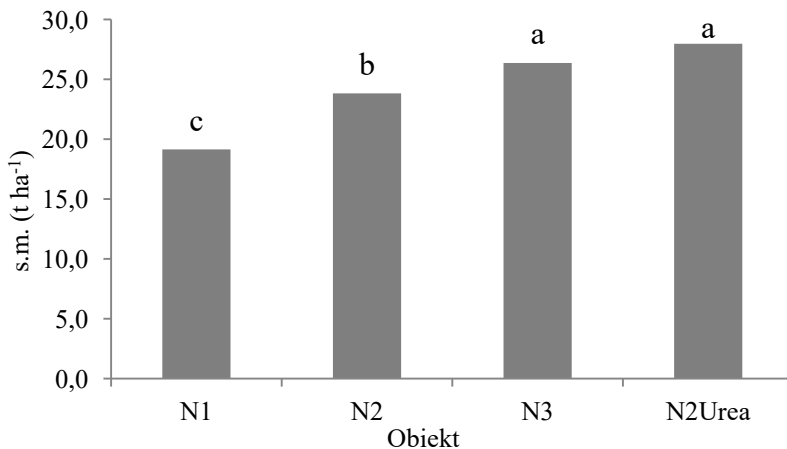
Ograniczony dopływ świeżej biomasy w postaci resztek pozbiornowych i/lub nawozów naturalnych oraz innych materiałów organicznych przy jednoczesnym wykonywaniu zabiegów agrotechnicznych intensyfikujących mineralizację SOM przyczyniają się do strat węgla (w wyniku procesów erozyjnych, wymywania rozpuszczalnego węgla organicznego czy emisji CO_2) i zmniejszenia zawartości substancji organicznej w glebach uprawnych. W badaniach prowadzonych na Płaskowyżu Naęczowskim stwierdzono, że nieerodowane gleby płowe wytworzone z lessu zawierają średnio $15,4 \text{ g kg}^{-1}$ próchnicy, podczas gdy gleby zerodowane już tylko $12,4\text{-}13,6 \text{ g kg}^{-1}$. W czarnoziemach zerodowanych ubytek zawartości SOM był jeszcze większy, z $21,5 \text{ g kg}^{-1}$ w poziomie Ap czarnoziemu nieerodowanego do $11,1 \text{ g kg}^{-1}$ w glebie bardzo silnie zerodowanej (Paluszek, 2010).

W eksperymencie dotyczącym wpływu czynników biotycznych i abiotycznych na wymywanie rozpuszczalnego węgla organicznego (DOC) na terenach użytkowanych rolniczo wykazano, że zawartość tej formy ulega zwiększeniu w wodach drenarskich w wyniku stosowania obornika i nawozów NPK, wzrostu temperatury i opadów (podczas lata). Jej poziom jest także uzależniony od właściwości gleb (udziału frakcji o średnicy 0,02 mm, zawartości fosforu oraz pH). W warunkach polowych oddziaływanie poszczególnych czynników na stężenie DOC w wodach może być jednak trudne do przewidzenia z uwagi na ich nakładanie się (Skowron i Skowrońska, 2009).

W doświadczeniach, w których oceniano wpływ nawożenia i uprawy na emisję ditlenku węgla dowiedziono, że gazowe straty tego związku z gleby były istotnie większe w warunkach tradycyjnego systemu uprawy i nawożenia aniżeli w systemie bezorkowym z doglebową aplikacją nawozów.

4.2. Zwiększenie zawartości węgla w plonach

Zwiększenie produkcji biomasy roślinnej i puli związanego w niej CO₂ pod wpływem aplikacji nawozów jest przede wszystkim wynikiem zoptymalizowania właściwości środowiska wzrostu roślin (Filipek i in., 2015). W pracach naukowych dotyczących oddziaływania wglębnego stosowania nawozu wieloskładnikowego aplikowanego łącznie z siewem nasion na akumulację biomasy przez kukurydzę (rys. 6) stwierdzono, że gromadzenie suchej masy przez rośliny w całym okresie wegetacji zależało od pobrania azotu ($r=0,921$), dawki i rodzaju nawozu (Skowrońska i in., 2016b). Zlokalizowane stosowanie nawozów, będących źródłem N-NH₄, może stanowić efektywny sposób poprawiający wykorzystanie azotu i zwiększający plony roślin, na co ma wpływ mniejsze zużycie energii podczas absorpcji jonów NH₄⁺ (10 ATP na mol N) oraz ich stymulujący wpływ na asymilację CO₂ i gromadzenie biomasy, w porównaniu do nawożenia N-NO₃ (Skowrońska i in., 2016a). Większa ilość biomasy pozostawiona na polu w warunkach stosowania zlokalizowanego nawożenia i uproszczonej uprawy, szczególnie w przypadku uprawy kukurydzy ziarnowej, znajdowała odzwierciedlenie w korzystniejszym bilansie glebowej substancji organicznej.



N1 – 80 kg N ha⁻¹ rzutowo w formie mocznika (przedsiewnie), 60 kg P₂O₅ ha⁻¹ w postaci superfosfatu wzbogaconego i klasyczna uprawa kukurydzy; **N2** – 120 kg N ha⁻¹ rzutowo w formie mocznika (67% przedsiewnie, 33% w fazie 4 – 6 liści), 60 kg P₂O₅ ha⁻¹ w postaci superfosfatu wzbogaconego i klasyczna uprawa kukurydzy; **N3** – 160 kg N ha⁻¹ rzutowo w formie mocznika (50% przedsiewnie, 50% w fazie 4 – 6 liści), 60 kg P₂O₅ ha⁻¹ w postaci superfosfatu wzbogaconego i klasyczna uprawa kukurydzy; **N2Urea** – zlokalizowane nawożenie nawozem wieloskładnikowym NPS(Mikro) (120 kg N ha⁻¹) i uproszczona uprawa kukurydzy

Rys. 6. Plony kukurydzy kiszonkowej w zależności od zastosowanego nawożenia (na podstawie: Skowrońska i in., 2016b)

4.3. Zwiększanie zawartości C-org w glebie

Z uwagi na negatywne oddziaływanie na zawartość glebowej substancji organicznej większości praktyk stosowanych na terenach użytkowanych rolniczo, konieczne jest wprowadzanie zabiegów pozwalających na jej utrzymanie (gleby zasobne w SOM) i/lub zwiększenie, głównie poprzez stosowanie zewnętrznej materii organicznej. Działanie materiałów organicznych polega najczęściej z jednej strony na ich korzystnym wpływie na zawartość glebowej substancji organicznej, która z kolei poprawia właściwości gleb stymulujące wzrost i rozwój roślin,

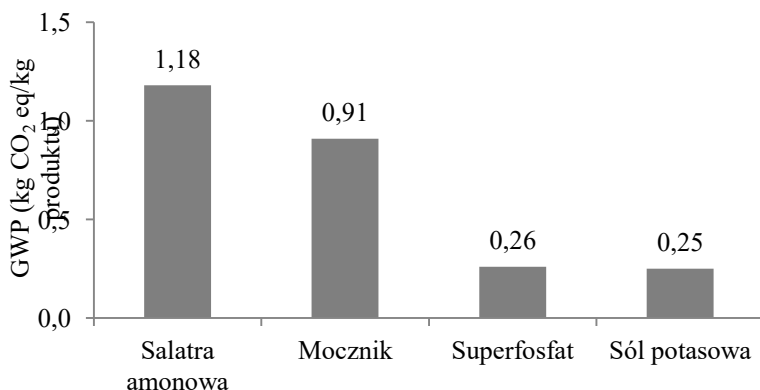
a z drugiej na dostarczaniu składników pokarmowych, co zwiększa produktywność agroekosystemów.

Wyniki doświadczeń realizowanych w Uniwersytecie Przyrodniczym w Lublinie dotyczące oddziaływania materiałów organicznych, w tym odpadów pochodzących z przemysłu rolno-spożywczego i drzewnego, na skład jakościowy i ilościowy glebowej substancji organicznej wskazują, że największy wpływ na akumulację SOM miały obornik, trociny z dodatkiem wapna defekacyjnego i wywar gorzelniany melasowy. W celu trwałej poprawy bilansu SOM na glebach lekkich należałoby te odpady stosować częściej niż raz na trzy lata (Skowrońska, 2007). W badaniach Żukowskiej (2013) poprawa gospodarki SOM, oceniana na podstawie trzech wieloletnich doświadczeń polowych w oparciu o wskaźnik uwzględniający zawartość i labilność węgla tj. wskaźnik CMI (Carbon Management Index), następowała w największym zakresie w przypadku zastosowania zmianowania wzbogacającego glebę w SOM wraz z aplikacją obornika i nawozów mineralnych, a następnie ulegała osłabieniu w kolejności: zmianowanie wzbogacające glebę w SOM + nawożenie obornikiem > słoma stosowana 2-3 razy w rotacji + azot mineralny > nawożenie obornikiem + NPK. Należy jednocześnie podkreślić, że nadrzędny wpływ na sekwestrację węgla miały w tych doświadczeniach czynniki siedliskowe, tj. jakość skały macierzystej i przebieg procesu glebotwórczego.

5. Wpływ nawożenia i uprawy na emisję gazów cieplarnianych

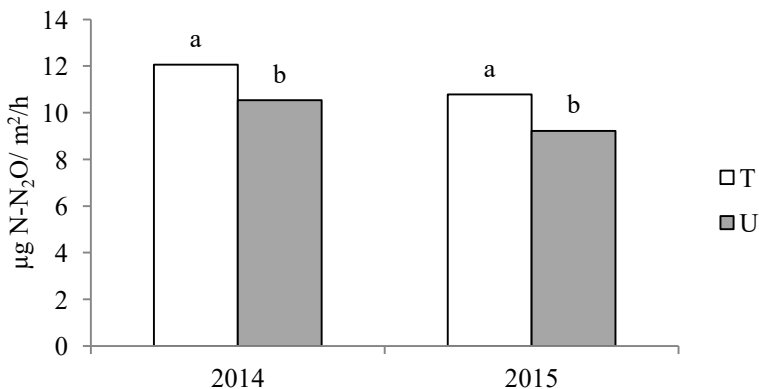
Analizując skutki środowiskowe związane ze stosowaniem nawozów mineralnych należy wyodrębnić ich oddziaływania na poziomie przemysłowych technologii wytwarzania oraz podczas ich stosowania w agroekosystemach. Produkcja nawozów mineralnych zwiększa emisję gazów cieplarnianych, przede wszystkim w postaci CO₂ ze stosowania paliw kopalnych, podczas wytwarzania amoniaku, w mniejszym stopniu w reakcji fosforytów z kwasem siarkowym czy w trakcie wydobycia surowców fosforo- czy potasonośnych oraz N₂O głównie w wyniku produkcji kwasu azotowego (V). Wielkości emisji są zróżnicowane w zależności od rodzaju nawozu, użytych surowców, obecności technologii pozwalających na odzyskiwanie CO₂, ograniczania emisji N₂O (np. w wyniku nieselektywnej katalitycznej redukcji NSCR). Do emisji ga-

zów cieplarnianych przyczynia się także transport nawozów. Wyniki przeprowadzonych analiz wskazują, że wartość potencjału globalnego ocieplenia pochodzenia nawozowego w agroekosystemach jest kształtowana przede wszystkim przez emisje tlenu diazotu, a w mniejszym stopniu ditlenku węgla. Niekiedy głównym determinantem emisji na poziomie pola jest typ zastosowanych nawozów, a właściwy ich wybór pozwala na istotne ograniczenie negatywnego oddziaływania na środowisko (Skowrońska i Filipek, 2014).



Rys. 7. Emisja gazów cieplarnianych podczas produkcji nawozów (na podstawie: Fertilizers Europe 2011; Skowrońska i Filipek, 2014)

W doświadczeniach polowych przeprowadzonych w Czesławicach, w których badano wpływ bezpiecznego dla środowiska systemu nawożenia i siewu kukurydzy wykazano, że zastosowane uproszczenia w technologii uprawy i zlokalizowana aplikacja nawozów przyczyniają się do obniżenia emisji tlenu diazotu (rys. 8) i ditlenku węgla. Ilość wydzielanego z gleby N₂O zależała także od przebiegu pogody – w warunkach niższych opadów (2015 rok) była mniejsza (Rutkowska i in., 2017).



T – tradycyjna uprawa, rzutowe stosowanie nawozów; U – uproszczona uprawa, zlokalizowane stosowanie nawozów

Rys. 8. Emisja tlenu diazotu z gleby w zależności od zastosowanej uprawy i nawożenia (na podstawie: Rutkowska i in., 2017)

Prace naukowe dotyczące ochrony środowiska i zmian klimatu w sektorze rolnictwa planowane do realizacji przez pracowników Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie skupiają się przede wszystkim na tematyce zrównoważonej gospodarki z uwzględnieniem aspektów ilościowego zrównoważenia (sustainability) i ekonomicznej wydajności (efficiency). Zwraca się w nich uwagę między innymi na utrzymanie odpowiednich relacji pomiędzy zasobami wewnętrznymi i zużyciem środków zewnętrznych, integrację produkcji roślinnej i zwierzęcej, recykling odpadów zwierzęcych i z produkcji żywności oraz na płodozmiany z udziałem roślin bobowatych.

Literatura

Dresler S., Bednarek W., Tkaczyk P. (2011). Effects of soil properties and nitrogen fertilization on distribution of NO₃-N in soils of Eastern Poland. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 42,17: 2100-2111.

Fertilizers Europe (2011). Carbon footprint reference values. ss. 5.

Filipek T., Badora A., Lipiński W., Brodowska M. S., Domańska J., Harasim P., Kozłowska-Strawska J., Skowron P., Skowrońska M., Tkaczyk P. (2015). Zakwaszenie i wapnowanie gleb. Fundacja Programów Pomocy dla Rolnictwa FAPA, Warszawa, ss. 236.

Filipek T., Skowrońska M. (2009). Optymalizacja odczynu gleby i gospodarki składnikami pokarmowymi w rolnictwie polskim. *Postępy Nauk Rolniczych* 1: 25-37.

Filipek T., Skowrońska M. (2013). Aktualnie dominujące przyczyny oraz skutki zakwaszenia gleb użytkowanych rolniczo w Polsce. *Acta Agrophysica*, 20(2): 283-294.

Jóźwiakowski K., Gajewska M., Pytka A., Marzec M., Gizińska-Górna M., Jucherski A., Walczowski A., Nastawny M., Kamińska A., Baran S. (2017a). Influence of the particle size of carbonate-siliceous rock on the efficiency of phosphorous removal from domestic wastewater. *Ecological Engineering* 98: 290-296.

Jóźwiakowski K., Marzec M., Fiedurek J., Kamińska A., Gajewska M., Wojciechowska E., Wu S., Dach J., Marczuk A., Kowalczyk-Juško A. (2017b). Application of H₂O₂ to optimize ammonium removal from domestic wastewater. *Separation and Purification Technology* 173: 357-363.

Paluszek J. (2010). Zmiany pokrywy glebowej pod wpływem erozji. *Prace i Studia Geograficzne* 45: 279-294.

Rutkowska B., Szulc W., Szara E., Skowrońska M., Jadczyzyn T. (2017). Soil N₂O emissions under conventional and reduced tillage

methods and maize cultivation. *Plant Soil Environ.* 63, 8: 342-347.

Skowron P. (2004). Zawartość aktywnych form azotu w glebach o zróżnicowanym pH w warunkach doświadczenia modelowego. *Annales UMCS, Sec. E*, 59, 1: 363-368.

Skowron P. (2010). Acidification as a controlling factor for the content of active forms of nutrients in soil. *MTT Science*, 10: 53.

Skowron P., Igras J. (2012). Anthropogenic sources of nitrogen in the Bystrzyca. *Przem. Chem.* 91, 5: 970-977.

Skowron P., Igras J. (2013). Anthropogenic sources of phosphorus in the catchment of the Bystrzyca river. Preliminary analysis of the share of agriculture in the process of water pollution. *Przem. Chem.* 92, 5: 78-790.

Skowron P., Skowrońska M. (2009). Dissolved organic carbon concentrations in drainage waters and soils from agricultural ecosystems. *Ecological Chemistry and Engineering*, 1/2, 61-69.

Skowron P., Skowrońska M., Filipek T., Igras J., Kowalczyk-Juśko A, Krzepińko A. (2017). Anthropogenic sources of potassium in surface water: a case study of the Bystrzyca river catchment area, Poland (w druku).

Skowrońska M. (2005). Skład frakcyjny glebowej substancji organicznej w warunkach stosowania odpadów organicznych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 506: 383-389.

Skowrońska M. (2007). The influence of waste application on selected soil quality parameters. *Ecological Chemistry and Engineering*, 14: 1-10.

Skowrońska M., Filipek T. (2010). Accumulation of nitrogen and phosphorus by maize as the result of a reduction in the potassium fertilization rate. *Ecological Chemistry and Engineering*, 17, 1: 83-88.

Skowrońska M., Filipek T. (2014). Life cycle assessment of fertilizers: a review. *Int. Agrophys.* 28, 101-110.

Skowrońska M., Filipek T., Harasim P., Rusek P., Stępień W., Jadczy-szyn T. (2016a). Dynamika nagromadzenia składników mineralnych przez kukurydzę w warunkach niskonakładowej i bezpiecznej dla środowiska technologii nawożenia i siewu. *Przemysł chemiczny* 95/8: 1595-1598.

Skowrońska M., Filipek T., Harasim P., Rusek P., Stępień W., Ochal P. (2016b). Akumulacja biomasy przez kukurydzę w warunkach zróżnicowanego nawożenia i siewu. *Przemysł chemiczny* 95/9: 1761-1764.

Temple W.D., Skowrońska M., Bomke A.A. (2014). Centrifugal spreader mass and nutrients distribution patterns for application of fresh and aged poultry litter. *J. Environ. Manage.* 139: 200-207.

Żukowska G. (2013). Wskaźniki jakościowe substancji organicznej gleb o zróżnicowanym nawożeniu i zmianowaniu. *Komitet Inżynierii Środowiska PAN, Lublin*, ss. 153.

LUBLIN UNIVERSITY OF LIFE AND SCIENCE STUDIES IN THE FIELD OF ENVIRONMENTAL PROTECTION AND CLIMATE CHANGE IN THE AGRICULTURAL SECTOR

S u m m a r y

Scientists from The University of Life Sciences in Lublin are engaged in research initiatives which tackle the major agricultural challenges of the 21st century, including environmental protection requirements and climate change. The chapter of the monograph presents the main findings of their studies, particularly in areas such as:

- the environmental aspects of soil acidification and liming
- balanced fertilization as a tool for reducing nutrient losses from soils
- anthropogenic sources of C, N, P and K in surface waters
- carbon sequestration in agroecosystems
- the influence of fertilization and tillage methods on GHG emissions.

Key words: Lublin University of Live of Science, researches, environment, climate change, soil.

Budynek Biblioteki Głównej Uniwersytetu Przyrodniczego
w Lublinie



Fot. Monika Skowrońska

Kierunki badań realizowanych w latach 2010-2016 w zakresie możliwości wykorzystania odnawialnych źródeł energii pochodzenia rolniczego

Zuzanna Jarosz, Antoni Faber

*Institut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut
Badawczy w Puławach*

Wstęp

Współczesne rolnictwo stoi przed wieloma trudnymi wyzwaniami. Z jednej strony istnieje potrzeba poszukiwania nowoczesnych rozwiązań technologicznych, które gwarantowałyby zabezpieczenie popytu na żywność, z drugiej zaś istnieje konieczność ograniczania emisji gazów cieplarnianych odpowiedzialnych za proces ocieplenia i przyczyniających się do zmian klimatu.

Przyjęty przez Parlament Europejski w grudniu 2008 roku pakiet energetyczno-klimatyczny (znany także jako pakiet „3x20” lub „20-20-20”) określił w perspektywie 2020 r. podstawowe cele w zakresie polityki energetycznej. Dokumenty wchodzące w skład pakietu skupiały się na trzech kluczowych zagadnieniach:

- redukcji o 20% emisji gazów cieplarnianych w stosunku do poziomu emisji z 1990 roku,
- zwiększeniu udziału zużycia energii pochodzącej z odnawialnych źródeł energii do 20% i o co najmniej 10% udziału biopaliw w ogólnym zużyciu paliw transportowych,
- zwiększeniu o 20% efektywności energetycznej.

Cel 20% udziału energii ze źródeł odnawialnych (OZE) w 2020 r. został przełożony na indywidualne cele poszczególnych państw członkowskich. Dla Polski udział energii z OZE ma wynosić 15%.

Polska, funkcjonując w strukturach europejskich, powinna prowadzić politykę zgodną ze strategią Unii Europejskiej, której podstawą jest stały wzrost udziału energii pozyskiwanej ze źródeł odnawialnych i dążenie do ograniczania emisji gazów cieplarnianych. W grudniu 2010 roku Rada Ministrów przyjęła "Krajowy plan działania w zakresie energii ze źródeł odnawialnych", w którym stwierdzono, że rozwój wykorzystania OZE umożliwi zaspokojenie rosnącego zapotrzebowania na energię oraz pozwoli na uniezależnienie się od dostaw energii z importu. Większe wykorzystanie OZE umożliwi także zwiększenie dywersyfikacji dostaw energii, powstanie nowych miejsc pracy, promowanie rozwoju regionalnego oraz stworzenie warunków do rozwoju energetyki rozproszonej opartej na lokalnych źródłach.

Obecnie energetyka odnawialna w Polsce bazuje na zasobach biomasy, ale dalsze wykorzystanie potencjału energetycznego biomasy zależy od możliwości produkcyjnych rolnictwa. Każdy rodzaj biomasy na cele energetyczne może być produkowany pod warunkiem spełnienia podstawowej funkcji rolnictwa jaką jest produkcja żywności. Dlatego coraz większą uwagę przywiązują się do rozpoznawania źródeł biomasy ubocznej z produkcji rolniczej, odpadów z gospodarki leśnej, przemysłu spożywczego i drzewnego, a także biomasy będącej biodegradowalnym odpadem komunalnym.

Potencjał techniczny słomy z upraw zbożowych i oleistych do alternatywnego wykorzystania

Głównym asortymentem biomasy rolniczej wykorzystywanym w energetyce jest słoma (Denisiuk i in., 2005; Scarlat i in., 2010). Wielkość zasobów słomy w skali lokalnej (powiatu, regionu) zależy od rozpoznania lokalnych możliwości produkcyjnych.

Czynnikami warunkującymi wielkość produkcji słomy z upraw zbożowych jest powierzchnia zasiewów poszczególnych gatunków zbóż i ich wydajność z hektara. Produkcja upraw zbożowych jest zróżnicowana regionalnie. Strukturę zasiewów zbóż determinują warunki przyrodnicze i organizacyjno-ekonomiczne (Kuś, 2002; Krasowicz, Kuś, 2006).

Jakość gleb i ich przydatność rolnicza decydują o strukturze gatunkowej i plonach zbóż. W strukturze zasiewów wzrasta udział pszenicy, jęczmienia oraz kukurydzy, czyli roślin o większych wymaganiach glebowych. Maleje natomiast udział żyta, owsa i mieszanek zbożowych.

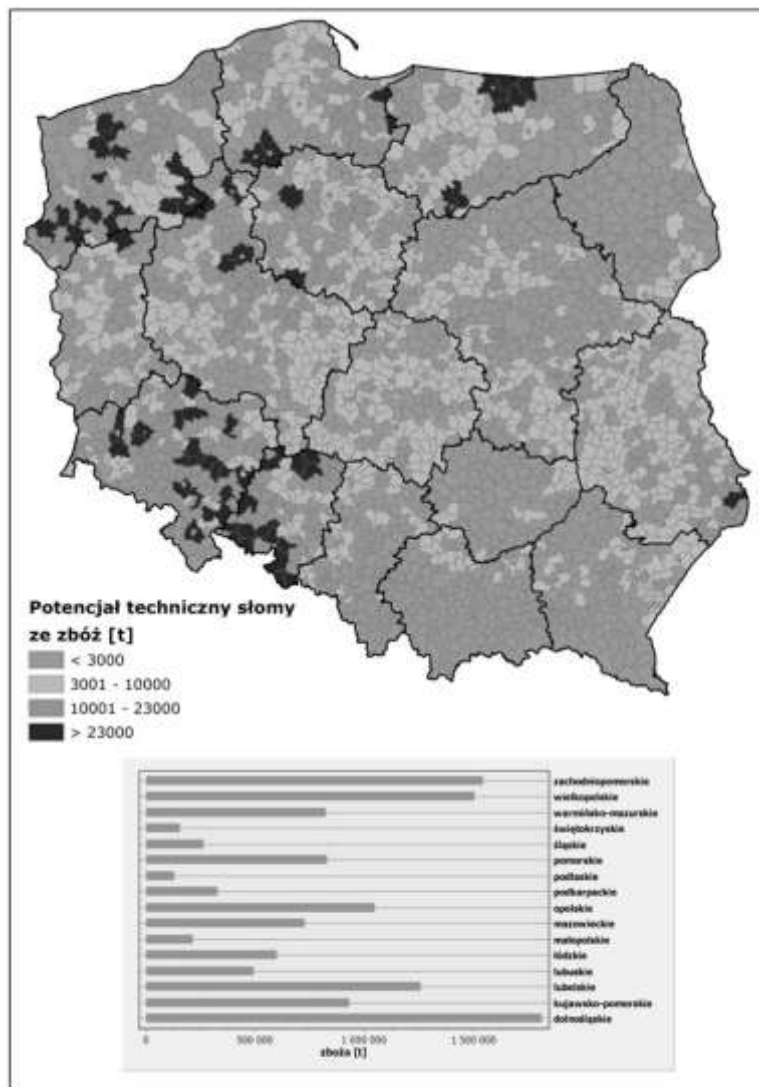
Wykorzystując informacje o powierzchni zasiewów i wielkości uzyskiwanych plonów oraz wskaźniki określające stosunek plonu ziarna do plonu słomy oszacowano potencjał teoretyczny słomy. Słoma wykorzystywana jest jako pasza objętościowa dla zwierząt, ściółka oraz substrat zwiększający reprodukcję materii organicznej w glebie. Po odliczeniu zapotrzebowania słomy na wymienione cele otrzymujemy nadwyżkę słomy (potencjał techniczny) do alternatywnego wykorzystania (rys. 1).

Całkowita nadwyżka z upraw zbożowych, którą można przeznaczyć na cele energetyczne wyniosła 12,5 mln ton. Potencjał techniczny słomy z upraw zbożowych jest mocno zróżnicowany regionalnie (Jarosz i in., 2014a). Największe zasoby słomy występują w zachodniej, północnej i częściowo wschodniej (tereny województwa lubelskiego) części kraju. Najmniejsze zaś w południowej i północno-wschodniej Polsce.

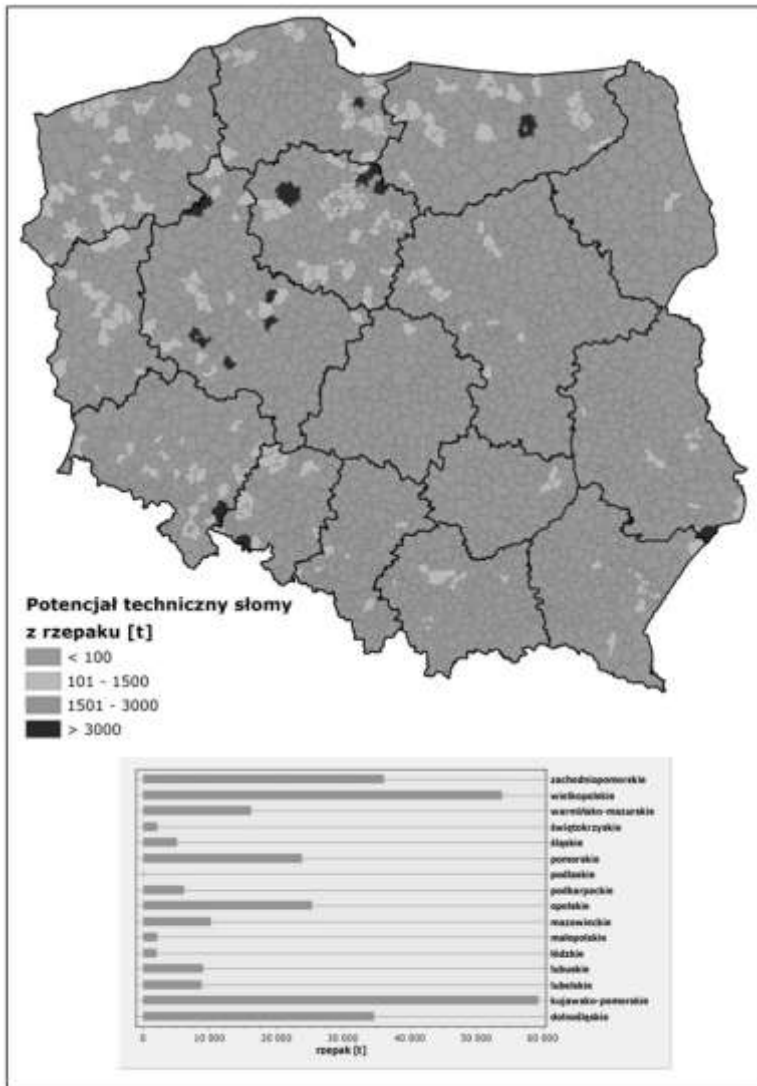
Surowcem pochodzenia rolniczego, który z powodzeniem może być wykorzystywany na cele energetyczne jest słoma pochodząca z uprawy roślin oleistych, głównie rzepaku i rzepiku. Tradycyjne produkcja rzepaku limitowana była zapotrzebowaniem przemysłu tłuszczowego. W ostatnich latach obserwuje się coraz większe zainteresowanie uprawą tej rośliny spowodowane między innymi produkcją paliw ekologicznych.

Rzepak jest rośliną o dużych wymaganiach glebowych i tylko na glebach bardzo dobrych i dobrych można uzyskać wysokie plony rzepaku. W Polsce posiadamy ponad 7,5 mln ha gleb przydatnych do uprawy rzepaku. Oceniając wielkość zasobów słomy, którą możemy przeznaczyć na cele energetyczne, należy ilość zebranej słomy pomniejszyć o jej wykorzystanie w rolnictwie. Słoma rzepakowa jest gruba i twarda. W produkcji zwierzęcej może być wykorzystywana na ściółkę. Jednak ze względu na twardość i małą chłonność jest najmniej przydatna. Najczęściej na ściółkę wykorzystywana jest słoma zbóż ozimych (Harasim, 2011). Doskonale zaś słoma rzepakowa nadaje się do nawożenia gruntów ornych. Jest bogatsza w składniki mineralne niż słoma zbóż.

Całkowitą nadwyżkę słomy z upraw roślin oleistych oszacowano na 294 854 t, co stanowi około 12,7% jej rocznej produkcji (rys. 2). Wielkość nadwyżki jest zróżnicowana regionalnie (Jarosz i in., 2014b).



Rys. 1. Potencjał techniczny słomy z upraw zbożowych



Rys. 2. Potencjał techniczny słomy z upraw oleistych

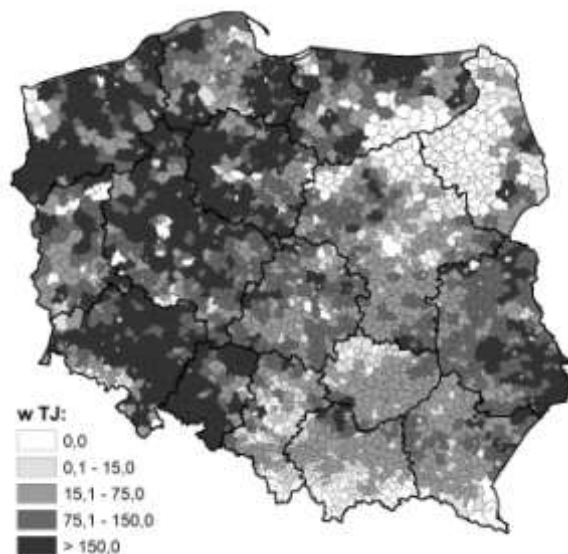
Największe zasoby słomy do alternatywnego wykorzystania występują na terenie województwa dolnośląskiego, kujawsko-pomorskiego, opolskiego, zachodniopomorskiego i wielkopolskiego.

Potencjał energetyczny słomy

W latach 2010-2015 nastąpiły istotne zmiany w produkcji rolniczej (w powierzchni zasiewów i wielkości plonów poszczególnych gatunków zbóż, roślin oleistych oraz trwałych użytków zielonych, zmiany pogłowia zwierząt gospodarskich). W 2015 r. powierzchnia zasiewów zbóż zmniejszyła się do 6 749,7 tys. ha, a rzepaku i rzepiku nieznacznie wzrosła do 947,1 tys. ha w porównaniu do 2010 r. Wzrosły natomiast średnie plony zbóż, do 37,3 dt z ha, a rzepaku i rzepiku do 28,5 dt z ha. Znaczące zmiany zaobserwowano w powierzchni zasiewów i plonowaniu kukurydzy, które w 2010 r. wynosiły odpowiednio 334,2 tys. ha i 59,7 dt z ha. W 2015 r. zaś uprawa kukurydzy zajmowała 670,3 tys. ha powierzchni i plonowała na poziomie 47,1 dt z ha. Stwierdzone zmiany wpłynęły na podwyższenie zbiorów słomy w 2015 r., które wyniosło 32,8 mln ton. Przeprowadzone obliczenia wykazały, że na potrzeby utrzymania zwierząt gospodarskich należy przeznaczyć 11 332 tys. t, co stanowiło 34,5%. Zarówno zmiany w produkcji zwierzęcej powodujące niedobór obornika w gospodarstwach, jak i zmiany w strukturze zasiewów powodujące wzrost udziału roślin o niekorzystnych właściwościach oddziaływania na gleby zwiększają popyt na słomę niezbędną na przyoranie. Oszacowana wielość słomy pozostawianej na polu i wykorzystanej jako nawóz wyniosła około 4 698,7 tys. ton, tj. 14,3%. Odliczając zapotrzebowanie słomy na cele rolnicze, do zagospodarowania pozostało 16 789 tys. ton nadwyżki słomy.

Ten znaczący dla energetyki rodzaj biomasy pochodzenia roślinnego może dostarczyć 219 934 TJ energii. Przyjmując, że średnia wartość opałowa węgla wynosi 24 MJ kg^{-1} , oszacowana biomasa mogłaby zastąpić ponad 9,16 mln. ton węgla. Największe zasoby słomy energetycznej występują w gminach skupionych w zachodniej, północnej i częściowo wschodniej części kraju (rys. 3). Największym potencjałem charakteryzują się województwa: wielkopolskie – 30 415,3 TJ/rok, dolnośląskie – 27 791,0 TJ/rok i lubelskie – 23 191,2 TJ/rok. Nieco mniejszy potencjał energetyczny zasobów słomy stwierdzono

w województwach: zachodniopomorskim – 20 800,5 TJ/rok, kujawsko-pomorskim – 19 441,0 TJ/rok i opolskim – 16 306,6 TJ/rok.



Rys. 3. Potencjał energetyczny słomy

Jednym z kierunków pozyskania energii z biomasy jest bezpośrednie spalanie surowców. Słoma w postaci bel wykorzystywana jest głównie do produkcji energii cieplnej. Jednak spalanie słomy budzi coraz więcej kontrowersji. Zwolennicy podkreślają szczególne korzyści środowiskowe współspalania lub spalania biomasy zamiast węgla kamiennego (Dzikuć, 2014). Uważa się, że CO₂ emitowany przy spalaniu biomasy został uprzednio zasymilowany przez rośliny w procesie fotosyntezy. W opozycji istnieje pogląd, że podczas spalania biomasy emisja CO₂ wcale nie jest zerowa, a nadwyżki słomy należy przeznaczać na przyoranie zwiększając sekwestrację węgla organicznego (Wójcicki, 2015). Należy podkreślić, że duży udział zbóż w strukturze zasiewów generuje konieczność ich uprawy w uproszczonych zmianowaniach, a często w monokulturze. Uprawa zbóż w monokulturze i wieloletnie przyorywanie słomy zubażają różnorodność materii organicznej (wzrasta

zagęszczenie gleby, obniżeniu ulega pH, pogarsza się struktura gleby). Częste przyorywanie słomy potęguje także występowanie chorób.

Potencjał energetyczny siana

Istotnym źródłem energii odnawialnej może być biomasa z trwałych użytków zielonych. W ostatnim czasie TUZ utraciły prymat w produkcji pasz dla przeżuwaczy. Zmniejszenie opłacalności chowu zwierząt przeżuwających, zmiany zasad żywienia zmniejszyły zapotrzebowanie na paszę pastwiskową oraz siano i kiszonkę z trwałych użytków zielonych (Terlikowski, 2012). Ograniczony stopień wykorzystania TUZ powoduje szkody przyrodnicze (degradacja gleb i roślinności) oraz straty ekonomiczne (niewykorzystany potencjał produkcyjny łąk i pastwisk), zatem część tej biomasy może być wykorzystana do celów energetycznych.

W 2015 r. z trwałych użytków zielonych można zebrać w skali kraju ponad 13 902,5 tys. ton biomasy. Po odliczeniu zapotrzebowania na pasze objętościowe dla bydła, oszacowana na 3078,3 tys. ton biomasa może stanowić źródło energii odnawialnej. Przewidywany zbiór siana pozwala na wyprodukowanie 41 249 TJ energii cieplnej i może zastąpić 1719 tys. ton węgla o średniej wartości opałowej. Analizując potencjał energetyczny biomasy z trwałych użytków zielonych można zauważyć, że największym potencjałem charakteryzują się gminy położone na terenie południowej, zachodniej i częściowo wschodniej części kraju (rys. 4).

Największymi zasobami siana cechują się województwa: podkarpackie – 7354,4 TJ/rok i małopolskie – 4778,0 TJ/rok. Natomiast najmniejszym potencjałem energetycznym zasobów z trwałych użytków zielonych charakteryzuje się województwo kujawsko-pomorskie – 196,1 TJ/rok, opolskie – 289,5 TJ/rok i łódzkie – 644,2 TJ/rok. Jak sugerują Mikołajczak i in. (2009) najlepszym wykorzystaniem tej biomasy jest przeznaczenie do produkcji biogazu w formie sianokiszonki. Zakładając, że z 1 tony biomasy trawiastej można uzyskać około 500 m³ biogazu, można wyprodukować ponad 1,5 mld m³ biogazu rocznie. Biogaz wytwarzany z biomasy rolniczej może stanowić ważne źródło zaopatrzenia w energię elektryczną i ciepłą. Można zatem uzyskać tanią energię i przyczynić się do ochrony TUZ przed degradacją. Jednak ze względu

na dużą zmienność warunków siedliskowych wpływających na wielkość plonowania oraz zmienność przestrzenną trwałych użytków zielonych, biomasa ta powinna być wykorzystywana regionalnie w małych biogazowniach rolniczych.



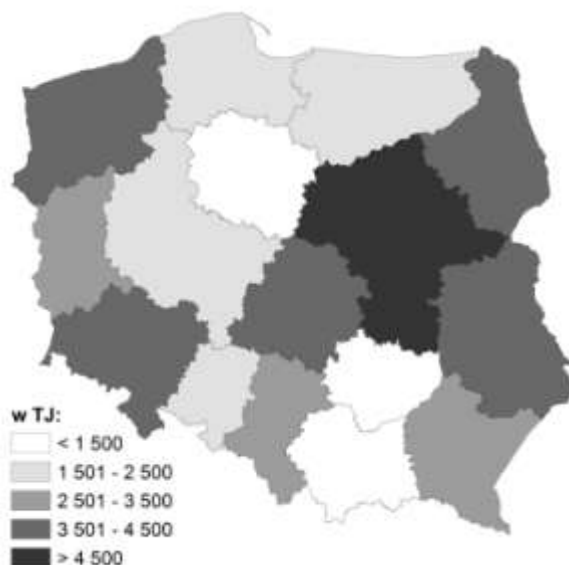
Rys. 4. Potencjał energetyczny siana

Potencjał energetyczny wieloletnich roślin energetycznych

Wieloletnie rośliny energetyczne charakteryzują się lepszymi właściwościami energetycznymi. Całkowita powierzchnia upraw wieloletnich roślin energetycznych w 2010 r. wynosiła 8114,8 ha, a potencjał energetyczny istniejących plantacji oszacowano na 1269,2 TJ. Oszacowany potencjał biomasy pochodził głównie z wieloletnich plantacji wierzby, miskanta i ślázowca pensylwańskiego.

Dla osiągnięcia wyznaczonego celu ilościowego zawartego w Dyrektywie 2009/28/WE konieczne będzie zakładanie nowych plantacji roślin energetycznych. Wiele gatunków roślin wieloletnich można polecić do uprawy na cele energetyczne. Możliwość ich uprawy zależy od

warunków siedliskowych. Duże przestrzenne zróżnicowanie warunków przyrodniczych, w tym głównie glebowych, wodnych i klimatycznych, stanowi znaczne ograniczenie w wyborze lokalizacji plantacji roślin energetycznych. Dlatego też zidentyfikowano obszary spełniające wymagania dla uprawy wieloletnich roślin energetycznych i dokonano przestrzennej delimitacji gruntów najbardziej odpowiednich do ich uprawy. W analizach założono, że wieloletnie rośliny energetyczne powinny być uprawiane poza obszarami chronionymi i górskimi, w rejonach o rocznej sumie opadów większej niż 550 mm i na glebach gorszej jakości, mniej przydatnych do produkcji żywności. Z możliwej do wykorzystania na cele energetyczne powierzchni oszacowano potencjał energetyczny z teoretycznych plantacji roślin energetycznych, który wyniósł 43 305,6 TJ. Łączny potencjał energetyczny z upraw wieloletnich dla Polski oszacowano na poziomie 44,6 tys. TJ rocznie (rys. 5).

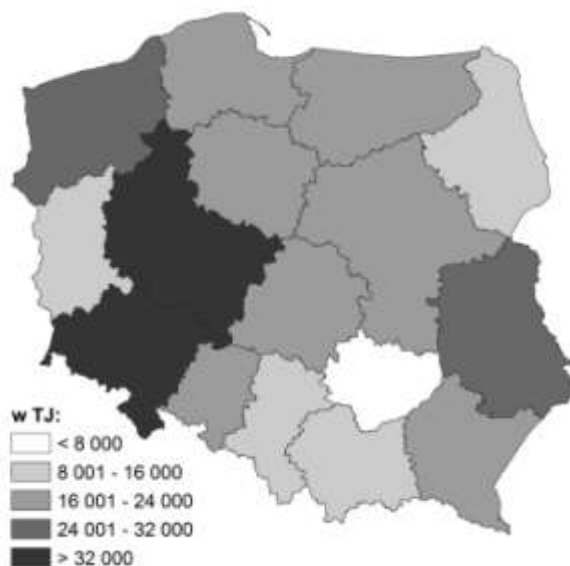


Rys. 5. Potencjał energetyczny wieloletnich roślin energetycznych

Regionami o najwyższym potencjale okazały się województwa: mazowieckie – 5 225,7 TJ/rok, zachodniopomorskie – 4 486,6 TJ/rok, podlaskie – 4 224,4 TJ/rok, łódzkie – 4 085,6 TJ/rok, dolnośląskie –

3 556,7 TJ/rok i lubelskie – 3 509,6 TJ/rok. Najmniejszym zaś potencjałem charakteryzowały się województwa: kujawsko-pomorskie – 428,4 TJ/rok, małopolskie – 890,1 TJ/rok i świętokrzyskie – 1 083,7 TJ/rok.

Polska dysponuje dużym potencjałem analizowanej biomasy roślinnej. Całkowity oszacowany potencjał wyniósł 305,8 tys. TJ (rys. 6).



Rys. 6. Całkowity potencjał energetyczny biomasy roślinnej

Największym potencjałem cechują się województwa zachodniej Polski (dolnośląskie – 34,6 tys. TJ/rok i wielkopolskie – 33,9 tys. TJ/rok). Do regionów o wysokim potencjale energetycznym należy zaliczyć także województwa: lubelskie – 30,5 tys. TJ/rok, zachodniopomorskie – 28,2 tys. TJ/rok, mazowieckie – 22,8 tys. TJ/rok i kujawsko-pomorskie – 20,1 tys. TJ/rok. Najmniejszy potencjał energetyczny biomasy roślinnej stwierdzono w województwie świętokrzyskim – 6,5 tys. TJ/rok.

Należy jednak zwrócić uwagę, że w oszacowanym potencjale biomasy roślinnej z produkcji rolnej została uwzględniona teoretyczna

biomasa z wieloletnich roślin energetycznych możliwa do uzyskania z powierzchni dedykowanych do ich uprawy. Realnie biomasa ligninocelulozowa produkowana jest na niewielkiej powierzchni, a miała stanowić jedno z głównych źródeł energii odnawialnej dla energetyki. Jednak powierzchnia tych upraw zarówno w Unii Europejskiej, jak i w Polsce nie rośnie. Powodem takiej sytuacji są wysokie koszty zakładania plantacji oraz brak systemu kontraktacji zapewniającego opłacalność produkcji. Zachętą do zakładania nowych plantacji może być promowanie partnerskich rozwiązań zmierzających do tworzenia baz surowcowych przez wszystkich zainteresowanych użytkowników, gwarantujące odbiór surowca na ustalonych warunkach.

Wykorzystanie oszacowanego potencjału biomasy roślinnej mogłoby w pełni pokryć przewidywane na 2020 r. zapotrzebowanie na energię finalną brutto z odnawialnych źródeł energii (Jarosz, 2017).

Regionalne możliwości produkcji biogazu rolniczego

Jedną z najbardziej atrakcyjnych form pozyskiwania energii elektrycznej i ciepłej jest produkcja biogazu. Biogaz rolniczy to paliwo gazowe otrzymywane w procesie fermentacji metanowej surowców rolniczych, produktów ubocznych rolnictwa, płynnych lub stałych odchodów zwierzęcych, produktów ubocznych lub pozostałości z przetwórstwa produktów pochodzenia rolniczego lub biomasy leśnej z wyłączeniem gazu pozyskiwanego z surowców pochodzących z oczyszczalni ścieków oraz składowisk odpadów.

Liczba instalacji produkujących biogaz rolniczy systematycznie rośnie, ale tempo jest bardzo wolne. Najczęściej uruchamiane są biogazownie rolnicze o mocy 1-2 MW, które wymagają znacznych ilości substratów i są budowane przez inwestorów dysponujących znacznym kapitałem. Utrzymanie takiej tendencji może nie wypełnić założeń przyjętych w 2010 roku przez Radę Ministrów w dokumencie „Kierunki rozwoju biogazowni rolniczych w Polsce na lata 2010-2020”, według którego w każdej gminie do roku 2020 powstanie jedna biogazownia (MRiRW, 2010).

Zmiany legislacyjne polegające na zastąpieniu koncesjonowania produkcji energii obowiązkiem wpisu do rejestru producentów biogazu, wprowadzenie uproszczeń w postępowaniu z pozostałościami po fermentacji oraz zwolnienie biogazowi o mocy poniżej 0,5 MW z obowiązku sporządzania raportu oceny oddziaływania na środowisko wpłynęły

na zainteresowanie rolników małymi instalacjami, których zainstalowana moc elektryczna mieści się w zakresie 40-200 kW lub o mocy cieplnej 120-600 kW oraz mikroinstalacjami o zainstalowanej mocy elektrycznej do 40 kW lub cieplnej do 120 kW. Mikrobiogazownie są szansą dla indywidualnych gospodarstw rolnych, umożliwiając zagospodarowanie biomasy jak najbliższej miejsca jej powstania.

Wydajność produkcji biogazu zależy od doboru wykorzystywanych w procesie substratów, co wpływa na ekonomiczną opłacalność budowy i eksploatacji instalacji. Dobór substratów powinien być prowadzony w oparciu o ich dostępność w skali lokalnej. Zapewnienie ciągłości dostaw surowców wykorzystywanych w produkcji biogazu ma istotne znaczenie, gdyż zbyt długie magazynowanie wpływa negatywnie na ich wartość energetyczną.

Wsad do biogazowni powinien zapewniać wysoką wydajność produkcji biogazu, stabilny przebieg procesu fermentacji oraz możliwość wykorzystania powstałej masy pofermentacyjnej (Cukrowski i in., 2011). W praktyce wykorzystuje się najczęściej gnojowicę, pozostałości owoców i warzyw oraz kiszonkę kukurydzy.

Produktem ubocznym chowu zwierząt są odchody. Charakteryzują się one różną produktywnością biogazu. Więcej biogazu uzyskuje się z gnojowicy i obornika świńskiego niż bydłowego. Najbardziej przydatnym substratem do biogazowni jest gnojowica. Ilość gnojowicy jest różna i zależy od technologii utrzymania zwierząt, sposobu mycia stanowisk itp. Jednak ze względu na niską zawartość substancji organicznych w gnojowicy zaleca się uzupełnianie wsadu innymi substratami np. biomasą z upraw celowych. Najlepszym substratem roślinnym jest kiszonka kukurydzy (Michalski, 2009). Wydajność biogazu z samej kukurydzy należy do największych, co wynika z wielkości uzyskiwanych plonów oraz wydajności jednostkowej biogazu (tab. 3). Ponadto kukurydza charakteryzuje się mniejszymi kosztami i opanowaną przez rolników technologią uprawy, zbioru i zakiszania.

Doniesienia literaturowe wskazują, że bardziej zasadne jest stosowanie kilku substratów zwane kofermentacją. W Niemczech kiszonka roślinna stanowi podstawowe źródło biogazu, zaś w Austrii najczęściej stosowana jest kombinacja roślin (63%), odchodów zwierzęcych (31%) i odpadów organicznych (6%) (Wiśniewski i in., 2008). Zróżnicowanie substratów sprzyja uzyskaniu lepszych parametrów procesu, wpływa na

wzrost produkcji biogazu, a także zwiększa bezpieczeństwo zapewnienia dostaw surowca.

Zapotrzebowanie na substraty do produkcji biogazu, jest uzależnione od zakładanej mocy instalacji. Biogazownia o mocy 50 kWe działająca w 100-procentach na substracie z kiszonki kukurydzy wymaga obsiania kukurydzą około 22 ha ziemi (tab. 1). Uwzględniając w substracie 30% gnojowicy (ponad 2 tys. t) trzeba zapewnić kukurydzę z powierzchni 15,4 ha.

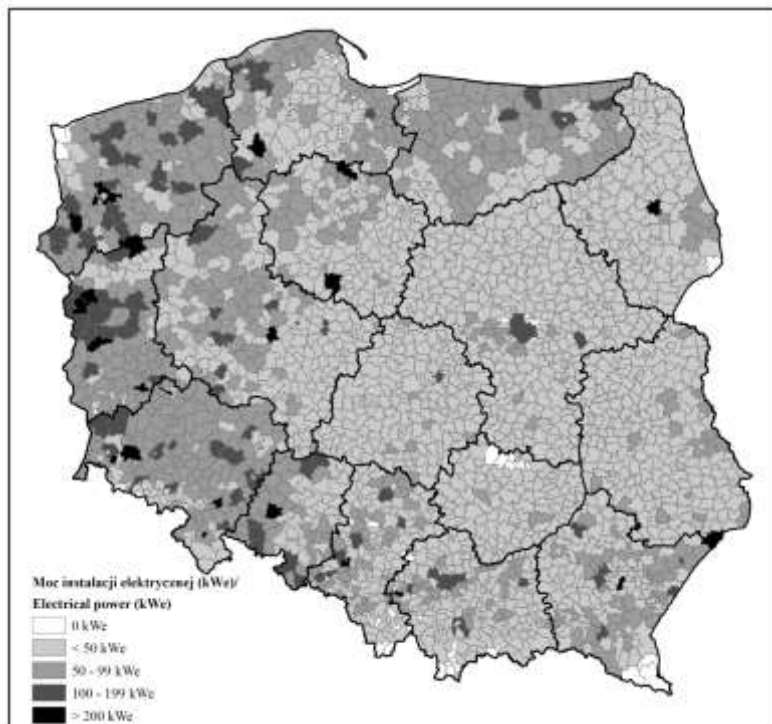
Tabela 1. Zapotrzebowanie na substraty w zależności od zainstalowanej mocy

Zainstalowana moc	Zapotrzebowanie na biogaz [m ³]	Kiszonka 100%		Kiszonka 100%, gnojowica 30%			
		Zapotrzebowanie na kiszonkę		Zapotrzebowanie na kiszonkę		Zapotrzebowanie na gnojowicę	
		t	ha	t	ha	t	ha
1 MW	3 650 000	21 000	440,0	14 700	308,0	40 556	1 763,0
500 kWe	1 825 000	10 500	220,0	7 350	154,0	20 278	882,0
300 kWe	1 095 000	6 300	132,0	4 410	92,0	12 167	529,0
200 kWe	730 000	4 200	88,0	2 940	62,0	8 111	353,0
100 kWe	365 000	2 100	44,0	1 470	30,8	4 056	176,0
50 kWe	182 500	1 050	22,0	735	15,4	2 028	88,0
30 kWe	110 606	636	13,3	445	9,3	1 229	53,0
20 kWe	73 000	420	8,8	294	6,2	811	35,0
10 kWe	36 500	210	4,4	147	3,1	406	18,0
5 kWe	18 250	105	2,2	74	1,5	203	9,0

Źródło: Żmuda, 2011.

Baza surowcowa substratów niezbędnych do zasilania biogazowni jest jednym z ważniejszych czynników decydujących o lokalizacji i planowanej mocy instalacji. Kluczową rolę w doborze substratów odgrywa kukurydza. Najbardziej predysponowanymi do budowy mikrobiogazowni o mocy 50-99 kWe wykorzystującymi jako substrat wyłącznie kiszon-

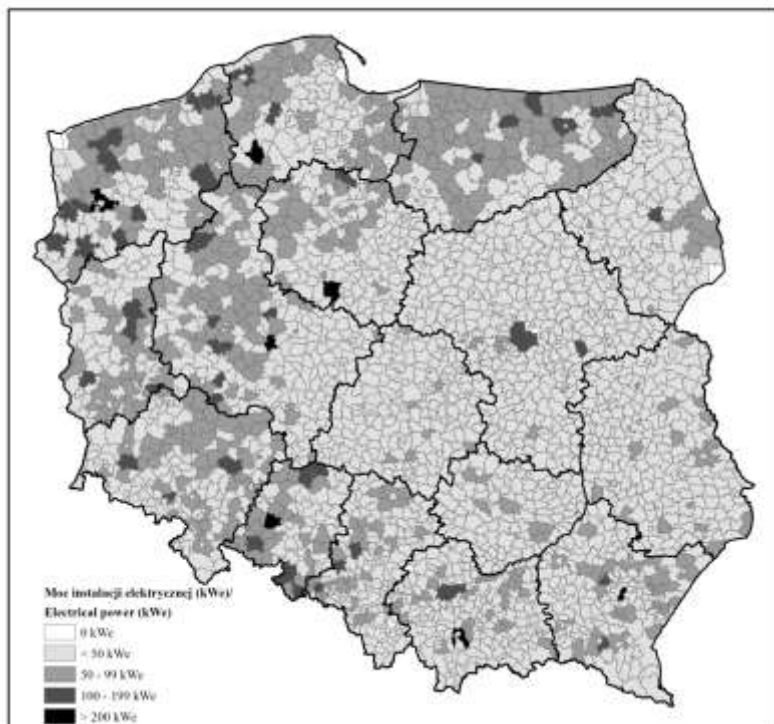
kę kukurydzy są gminy położone na terenie województw: dolnośląskiego, lubuskiego, pomorskiego, warmińsko-mazurskiego, wielkopolskiego i zachodniopomorskiego (rys. 7).



Rys. 7. Możliwość budowy biogazowni z wsadem 100% kiszonki kukurydzy

Znaczne ilości produkcji surowca kiszonkowego zanotowano także w województwie podlaskim. Jednak ze względu na największą w kraju obsadę bydła na 100 ha użytków rolnych, kukurydza w tym województwie jest przeznaczana głównie na paszę. W północnej części województwa lubuskiego oraz w gminach województwa zachodniopomorskiego istnieje także możliwość pozyskania surowca dla małych instalacji o mocy 100-199 kWe (Jędrejek A., Jarosz Z., 2016).

W gminach skupionych w województwach: dolnośląskim, lubuskim, pomorskim, warmińsko-mazurskim, wielkopolskim i zachodniopomorskim istnieje także możliwość budowy mikrobiogazowni o mocy 50-99 kWe wykorzystujących do produkcji biogazu kosubstrat (70% kiszonka kukurydzy i 30% gnojowica) (rys. 8).



Rys. 8. Możliwość budowy biogazowni z wsadem 70% kiszonki kukurydzy i 30% gnojowicy

W rolnictwie polskim istnieje duży potencjał produkcji biogazu w biogazowniach rolniczych bazujących na stosowaniu substratu w postaci kiszonki z kukurydzy lub mieszaniny z gnojowicą. Przestrzenna analiza wykazała, że rejony o dużych możliwościach pozyskania substratów do produkcji biogazu, a tym samym najkorzystniejszych warunkach do budowy biogazowni koncentrują się w zachodniej i północnej części kraju.

Literatura

Cukrowski A., Oniszk-Popławska A., Wiśniewski G., Zowski M. (2011). Mała biogazownia rolnicza, Instytut Energii Odnawialnej EC BREC, s. 32.

Denisiuk W., Piechocki J. (2005). Techniczne i ekonomiczne wykorzystanie słomy na cele grzewcze, Wyd. UWM Olsztyn, ISBN 83-7299-410-2.

Dzikuć M. (2014). Znaczenie wykorzystania współspalania biomasy w produkcji energii elektrycznej w Polsce. Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, 361, 48-56.

Harasim A. (2011). Gospodarowanie słomą, Puławy, IUNG, ss. 77.

http://www.igeos.home.pl/igeos.pl/images/stories/web/files/2011/1-03_Enex/1-Enex.pdf

Jarosz Z. (2017). Potencjał energetyczny biomasy roślinnej i możliwości wykorzystania do celów energetycznych. Zeszyty Naukowe SGGW Problemy Rolnictwa Światowego, XXXII, 2: 81-92.

Jarosz Z., Faber A., Borzęcka-Walker M, Pudełko R. (2014a). Szacowanie i regionalizacja potencjału biomasy ubocznej z produkcji zbóż. Roczniki Naukowe SERiA, XVI, z. 2: 98-102.

Jarosz Z., Pudełko R., Borzęcka-Walker M., Faber A. (2014b). Regionalizacja potencjału biomasy ubocznej z produkcji roślin oleistych. Roczniki Naukowe SERiA, XVI, z. 3: 99-103.

Jędrejek A., Jarosz Z. (2016). Regionalne możliwości produkcji biogazu rolniczego. Roczniki Naukowe SERiA, XVIII, z. 5.

Krasowicz S., Kuś J. (2006): Regionalne zróżnicowanie produkcji roślinnej w Polsce na tle warunków przyrodniczych i ekonomiczno-organizacyjnych, Wyd. „Wieś Jutra”, 6: 3-5.

Kuś J. (2002). Rejonizacja produkcji roślinnej w Polsce, Pam. Puł., nr 130/II, 435-454.

Michalski T. (2009). Biogazownia w każdej gminie – czy wystarczy surowca, Wieś Jutra, 3(128): 12-14.

Mikołajczyk J., Wróbel B., Jurkowski A. (2009). Możliwości i bariery w produkcji biogazu z biomasy trwałych użytków zielonych w Polsce. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, 2(26): 139-155.

Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, 2010: Kierunki rozwoju biogazowi rolniczych w Polsce na lata 2010-2020, Warszawa, <http://www.pigeor.pl/media/js/kcfinder/upload/files/Kierunki-Rozwoju-Biogazowni-Rolniczych-w-Polsce-na-lata-2010-2020.pdf>

Scarlat N., Martinov M., Dallemand J.F. (2010): Assessment of the availability of agricultural crop residues in the European Union: Potential and limitations for bioenergy use. Waste Manage., 30: 1889-1897.

Terlikowski J. (2012). Biomasa z trwałych użytków zielonych jako źródło energii odnawialnej. Probl. Inż. Rol., 1(75): 43-49.

Wisniewski G., Oniszk-Popławska A., Sulima P. (2008). Kierunki rozwoju technologii biogazu rolniczego w UE i Polsce, EC BREC – IEO, Warszawa, s. 15.

Wójcicki Z. (2015). Znaczenie biomasy w energetyce i gospodarce żywnościowej. Probl. Inż. Rol., 1(87): 5-15.

Żmuda K. (2011). Odnawialne źródła w polityce Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi, Kielce,

DIRECTIONS OF RESEARCH CARRIED OUT IN THE YEARS 2010-2016 REGARDING THE POSSIBILITIES OF USING RENEWABLE ENERGY SOURCES OF AGRICULTURAL ORIGIN

S u m m a r y

The need to ensure energy security, decouple energy production from fossil fuels and reduce greenhouse gas emission are driving the use of renewable energy sources. Estimation of the technically potential of straw allows one to obtain information about the opportunities to meet the energy needs for the local district (region). The technical potential of straw was calculated taking into account the reuse of straw in agriculture (litter, feed, straw incorporation). The total straw surplus, which can be used for energy purposes amounted to more than 12,5 million tons. The regional differences in the production of rape seed were characterised against the background of natural and organizational conditions. The factors limiting the size of rapeseed production are: the quality of soil (about 33% of the poor soils), freezes risk especially in the north-eastern parts of the country and a large share of small farms in south-eastern Poland. The technical potential of straw from oilseed crops available for energy purposes was approximately 285 thousand tons. Bearing in mind the primary objective to secure the food needs, use of residues from products is of great importance. The energy potential of the crop biomass was estimated taking into account surpluses of straw, hay and perennial energy crops biomass. The study shows that energy potential of the biomass without jeopardizing food production amounts at 305,8 thousand TJ per year. The substrates used in biogas production are, among others, animal waste (slurry) and maize for silage. The most suitable voivodships for building a micro biogas plant of 50-100 kWe using maize silage as the only substrate are: dolnośląskie, lubuskie, pomorskie, warmińsko-mazurskie, wielkopolskie and zachodniopomorskie. In the

local districts located in the aforementioned voivodships there is also a possibility of building micro biogas plants producing biogas from substrates such as: maize silage (70%) and slurry (30%).

Key words: Puławy Institute of Soil Science and Plant Cultivation, research, renewable energy sources.

Kierunki badań realizowanych w latach 2010-2015 nad redukcją emisji gazów cieplarnianych w produkcji surowców na cele paliwowe

Zuzanna Jarosz, Antoni Faber

*Institut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut
Badawczy w Puławach*

Wstęp

Wymagania UE mające na celu ograniczenie emisji gazów cieplarnianych oraz promowanie zużycia energii ze źródeł odnawialnych przy jednoczesnym zapewnieniu ochrony środowiska mają umocowanie m. in. w dwóch dyrektywach: 2009/28/WE i 2009/30/WE (Dyrektywa..., 2009a; Dyrektywa..., 2009b). Dyrektywy te zawierają zapisy określające wymagane poziomy redukcji gazów cieplarnianych dzięki wykorzystaniu biopaliw oraz warunki, jakie mają spełniać źródła pozyskiwania surowców do produkcji biopaliw. Dyrektywa 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania wykorzystywania energii ze źródeł odnawialnych nałożyła, na wszystkie podmioty uczestniczące w cyklu produkcji biopaliw i biopłynów, obowiązek spełnienia kryteriów zrównoważonej produkcji (art. 17). Najważniejszym spośród tych kryteriów jest wymóg ograniczenia emisji gazów cieplarnianych (*greenhouse gas*- GHG) w pełnym cyklu produkcji biopaliw i biopłynów. Dla instalacji działających przed 23.01.2008 r. wielkość tego ograniczenia od 01.04. 2013 r. powinna wynosić co najmniej 35%, a w 2017 r. 50%. Natomiast dla instalacji, które rozpoczną produkcję od 2017 r. wielkość ograniczenia GHG w 2018 r. ma wynosić 60%.

Wszystkie podmioty uczestniczące w procesie produkcji biokomponentu lub biopaliwa mają obowiązek przedstawiać szacunek emisji. Końcowy szacunek emisji i jej ograniczeń przedstawia podmiot wprowadzający biopaliwo na rynek. Metodę liczenia ograniczenia emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia biopaliw zawiera aneks V Dyrektywy. Wiarygodność i poprawność informacji oraz spełnienie kryteriów muszą być potwierdzone przez niezależny audyt. Pozytywny wynik takiego audytu i uzyskany w jego rezultacie certyfikat jest potwierdzeniem zgodności realizowanych działań z wymaganiami zatwierdzonego systemu zarządzania w zakresie kryteriów zrównoważonego rozwoju. Aby kolejni przetwórcy surowca rolniczego mogli oszacować emisje powstające w trakcie ich procesów technologicznych muszą oni uwzględnić wielkość emisji powstającej w produkcji rolniczej. Mogą w tym celu wykorzystać wartości standardowe, rzeczywiste lub kombinację wartości standardowych i rzeczywistych. Dyrektywa daje również możliwość wpływania na wielkość emisji w pełnym cyklu życia biopaliw poprzez zwiększenie sekwestracji węgla organicznego w glebie wskutek poprawy agrotechniki (Decyzja..., 2010).

Emisje rolnicze gazów cieplarnianych z uprawy surowców na cele paliwowe

W ekspertyzie (Poziom emisji..., 2011) wykonanej na zlecenie Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi oszacowano, według metodyki określonej w Dyrektywie 2009/28/WE, emisje gazów cieplarnianych (CO_2 , N_2O i CH_4), wyrażone w gramach ekwiwalentu CO_2 na MJ biopaliwa, powstające w trakcie uprawy pszenicy, pszenżyta, kukurydzy i żyta przeznaczonych do produkcji bioetanolu oraz uprawy rzepaku do produkcji biodiesla, a następnie określono średnie wielkości emisji rolniczych dla tych upraw w przekroju województw (NUTS 2) oraz porównano je z wartościami standardowymi emisji rolniczych określonymi w Dyrektywie w celu wyznaczenia województw o emisjach mniejszych od emisji standardowych.

Emisje rolnicze GHG wiążą się z przemysłową produkcją nawozów mineralnych (N, P, K, Ca), pestycydów, zużyciem paliw napędowych (ON, OO), produkcją materiału siewnego oraz emisjami podtlenku azotu (N_2O) powstającymi po aplikacji nawozów azotowych. W obliczeniach emisji rolniczej bardzo istotną rolę odgrywa wielkość emisji tych

gazów powstająca przy produkcji mineralnych nawozów azotowych. W UE przyjmuje się, że średnia emisja powstająca przy produkcji 1 kg nawozu azotowego w czystym składniku wynosi $5880,6 \text{ g eq CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$. Niektóre kraje przyjęły dla tego parametru wartości mniejsze na podstawie danych pozyskanych od części lub wszystkich producentów nawozów azotowych (Hiederer i in., 2010). Również w Polsce na podstawie danych uzyskanych od producentów nawozów określono średnie ważone emisje dla poszczególnych asortymentów mineralnych nawozów azotowych. W szacunkach emisji rolniczych dla surowców przeznaczonych na biopaliwa wykorzystano dla rzepaku wielkość emisji wynoszącą $3253,2 \text{ g CO}_2 \text{ eq} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ N}$, a dla zbóż $3414,2 \text{ g CO}_2 \text{ eq} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ N}$. Na podstawie średnich wartości charakteryzujących technologię produkcji poszczególnych upraw oszacowano emisje rolnicze w województwach (tab. 1).

Tabela 1. Średnie emisje rolnicze gazów cieplarnianych w poszczególnych uprawach

Województwa	Emisje rolnicze w $\text{CO}_2 \text{ eq} \cdot \text{MJ}^{-1}$		
	pszenica	kukurydza	rzepak
Dolnośląskie	22.58	18.29	24.60
Kujawsko-pomorskie	22.97	19.82	25.59
Lubelskie	22.47	19.36	24.65
Lubuskie	22.20	19.24	22.19
Łódzkie	20.84	19.51	24.40
Małopolskie	22.51	19.13	25.43
Mazowieckie	22.77	18.59	24.09
Opolskie	22.66	19.65	25.79
Podkarpackie	19.80	18.61	21.32
Podlaskie	22.33	(19.57)	28.25
Pomorskie	22.80	(25.47)	26.56
Śląskie	22.75	19.87	25.54
Świętokrzyskie	21.59	(20.55)	24.08
Warmińsko-mazurskie	22.84	(27.17)	24.02
Wielkopolskie	22.27	18.74	21.79
Zachodnio-pomorskie	22.83	(24.88)	23.74

() – mało danych do policzenia średniej, ponieważ kukurydza na ziarno jest rzadziej uprawiana w tych województwach ze względu na wysokie prawdopodobieństwo niedojrzewania ziarna

W Dyrektywie 2009/28/WE określone zostały standardowe emisje GHG powstające przy produkcji surowców rolnych produkowanych na cele paliwowe na terenie Wspólnot. Do surowców produkowanych w Polsce odnoszą się wartości standardowe określone dla pszenicy ($23 \text{ g CO}_2 \text{ eq} \cdot \text{MJ}^{-1}$), kukurydzy ($20 \text{ g CO}_2 \text{ eq} \cdot \text{MJ}^{-1}$) oraz rzepaku ($29 \text{ g CO}_2 \text{ eq} \cdot \text{MJ}^{-1}$). Oszacowane emisje rolnicze GHG dla pszenicy ozimej i rzepaku we wszystkich województwach były mniejsze od wartości standardowych. Natomiast uprawy kukurydzy na ziarno w Polsce zlokalizowane są głównie w 11 województwach. W pozostałych jest duże prawdopodobieństwo, że ziarno nie osiągnie dojrzałości zbiorczej. Ponieważ dla 5 województw liczby gospodarstw były niewystarczające dla obliczenia wiarygodnych średnich, ich emisje podano w nawiasach jako wartości orientacyjne. Przy takich emisjach rolniczych agrorafinerie w Polsce są w stanie osiągnąć wymagane przez Dyrektywę (art. 17 ust. 2) ograniczenie emisji gazów cieplarnianych o 35%. Jednak osiągnięcie postawionego przez Dyrektywę celu ograniczenia emisji o 50% od 2017 r. i 60% od 2018 r. dla instalacji nowych, wymagało poszukiwania możliwości dalszego ograniczania emisji GHG w cyklu życia biopaliw.

Ograniczenia emisji gazów cieplarnianych w pełnym cyklu produkcji biopaliw w zależności od systemu technologii produkcji

Sposobem ograniczenia emisji w pełnym cyklu życia biopaliw jest zwiększenie sekwestracji węgla w glebie wskutek poprawy agrotechniki. Określono zmiany zasobów węgla organicznego i przyrosty sekwestracji węgla w glebie w zależności od systemu uprawy (Borzęcka i in., 2011; Faber i in., 2012; Faber i in., 2013) W szacunkach emisji GHG w cyklu życia biopaliw oraz ograniczeń emisji uwzględnia się nie tylko wzrost sekwestracji węgla, ale również wzrost emisji połowej N_2O związany z wniesieniem do gleby pewnych ilości azotu z resztkami poźniwnymi. Pozostawienie całej ilości resztek poźniwnych na polu skutkowało zwiększeniem emisji N_2O z azotu zawartego w resztkach poźniwnych, a tym samym wzrostem emisji rolniczych z uprawy surowców na cele paliwowe. Natomiast wzrost sekwestracji węgla w glebie zmniejsza emisje w cyklu życia biopaliw i zwiększa ograniczenia emisji dla wszystkich analizowanych gatunków. Wyniki szacunków są więc wypadkową działania tych przeciwstawnych wpływów (Jarosz, Faber, 2014a).

Podczas produkcji biopaliw oprócz produktu głównego powstają również produkty uboczne oraz odpady. Zgodnie z metodyką podaną w Dyrektywie, emisję GHG powstałą podczas produkcji alokuje się do produktu głównego oraz produktów ubocznych. Emisję gazów cieplarnianych dzieli się pomiędzy paliwo i produkty uboczne proporcjonalnie do ich wartości energetycznej (określonej na podstawie wartości opałowej w przypadku produktów ubocznych innych niż energia elektryczna). Zmniejszenie wielkości całkowitych emisji GHG w cyklu życia uzyskano poprzez uwzględnienie alokacji w procesach konwersji (tab. 2, 3, 4).

Tabela 2. Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia bioetanolu z pszenicy (%) w zależności od poprawy agrotechniki

Województwa	Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych (%)			
	system płuźny	sys. płuźny + resztki poźniwne	upr. uproszcz. + resztki poźniwne	sys. bezor-kowy + resztki poźniwne
Dolnośląskie	36	42	50	56
Kujawsko-pomorskie	35	40	47	52
Lubelskie	36	43	51	57
Lubuskie	37	43	50	56
Łódzkie	38	45	53	60
Małopolskie	36	42	50	57
Mazowieckie	36	42	49	55
Opolskie	35	42	49	55
Podkarpackie	39	47	56	55
Podlaskie	36	43	52	59
Pomorskie	35	42	50	56
Śląskie	36	42	50	56
Świętokrzyskie	38	44	53	55
Warmińsko-mazurskie	36	42	51	57
Wielkopolskie	37	43	51	57
Zachodnio-pomorskie	36	41	48	54

Tabela 3. Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia bioetanolu z kukurydzy (%) w zależności od poprawy agrotechniki

Województwa	Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych (%)			
	system płużny	sys. płużny + resztki poźniwne	upr. uproszcz. + resztki poźniwne	sys. bezorkowy + resztki poźniwne
Dolnośląskie	55	59	65	69
Kujawsko-pomorskie	53	58	65	69
Lubelskie	53	58	65	69
Lubuskie	54	60	67	72
Łódzkie	54	60	67	72
Małopolskie	55	60	67	72
Mazowieckie	54	59	65	69
Opolskie	53	58	64	69
Podkarpackie	55	59	65	70
Podlaskie	43	60	68	75
Pomorskie	47	54	63	69
Śląskie	52	57	63	67
Świętokrzyskie	52	58	66	72
Warmińsko-mazurskie	42	50	58	64
Wielkopolskie	54	59	65	70
Zachodnio-pomorskie	48	55	63	70

Tabela 4. Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia biodiesla z rzepaku (%) w zależności od poprawy agrotechniki

Województwa	Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych (%)			
	system płużny	sys. płużny + resztki późniwne	upr. uproszcz. + resztki późniwne	sys. bezorkowy + resztki późniwne
Dolnośląskie	44	50	57	63
Kujawsko-pomorskie	43	48	56	62
Lubelskie	44	50	58	64
Lubuskie	46	52	59	65
Łódzkie	43	50	59	66
Małopolskie	43	49	57	63
Mazowieckie	44	50	58	64
Opolskie	43	49	57	64
Podkarpackie	48	54	62	68
Podlaskie	40	47	56	63
Pomorskie	42	47	55	61
Śląskie	43	49	57	63
Świętokrzyskie	43	49	57	63
Warmińsko-mazurskie	44	49	57	63
Wielkopolskie	47	52	59	65
Zachodnio-pomorskie	45	51	58	64

W przypadku pszenicy ograniczenia emisji GHG w systemie uprawy płużnej wynoszą średnio dla województw 36% dla szlaku produkcji z wykorzystaniem gazu ziemnego jako paliwa technologicznego (tab. 2). Przekraczają więc o 1% wymóg ograniczenia emisji, które od 01.04.2013 r. wynosi 35%. Przy uwzględnieniu dla pszenicy ograniczenia emisji w systemie uprawy płużnej dla szlaku o paliwie niezdefiniowanym leżałyby one poniżej obligatoryjnej wartości 35%. Pozostawienie na polu resztek późniwnych w systemie uprawy płużnej skutkowało ograniczeniem emisji średnio dla województw o około 43%. Uzyskanie ograniczenia emisji 50% od 2017 r. wymagać będzie produkcji surowca

w systemie z uproszczoną uprawą (średnia wartość ograniczenia dla województw 50%) lub w systemie bezorkowym (średnia wartość ograniczenia dla województw 56%). Niepokojące jest to, że nawet jeśli surowiec produkowany będzie w systemie bezorkowym nie zapewni to ograniczenia emisji 60%, które wymagane będzie dla nowych instalacji od 2018 r.

Tam gdzie spełnienie norm dla szlaku pszenicy nie będzie możliwe - konieczne będzie stosowanie kukurydzy do produkcji bioetanolu. Zapewnia ona bowiem większe niż pszenica ograniczenia emisji (tab. 3). W przypadku tego surowca ograniczenia emisji w większości województw przekraczać będą wartość 50% nawet, jeśli kukurydza będzie produkowana w systemie uprawy płuznej. Stwarza to szanse takiego dobrania proporcji surowców z kukurydzy i pszenicy, aby spełniony był wymóg ograniczenia emisji. Wynika to z faktu, że zakłady rozliczać się będą nie z emisji dla poszczególnych asortymentów surowca, lecz dla surowca łącznie (w bilansie masowym). Jeśli zaś kukurydza uprawiana będzie w systemach z poprawioną agrotechniką ograniczenia emisji będą znacznie przekraczać 50% (tab. 3).

W przypadku rzepaku uprawianego w systemie płuznym ograniczenia emisji wahać się będą w granicach 40-48%, co zapewni spełnienie wymaganego ograniczenia emisji 35% (tab. 4). Dla uzyskania bezpiecznego spełnienia normy ograniczenia o 50% surowiec powinien pochodzić z uprawy uproszczonej lub bezorkowej. W nowych instalacjach przetwarzany powinien być surowiec uprawiany w systemie bezorkowym (tab. 4).

Ograniczenie emisji rolniczych poprzez stosowanie optymalnych dawek nawożenia azotem

W emisjach rolniczych największe udziały mają emisje powstające przy produkcji i stosowaniu nawozów azotowych, co związane jest głównie z emisjami N_2O . Zmniejszenie emisji rolniczych można osiągnąć poprzez stosowanie w uprawie surowców na cele paliwowe optymalnych dawek N oraz asortymentów nawozów obciążonych mniejszą emisją przy ich produkcji. Określono zależność pomiędzy wielkością emisji, a plonami i dawkami nawożenia N dla poszczególnych upraw (Jarosz i Faber, 2014b). Zastosowanie procedur optymalizujących wielkość emisji rolniczych GHG w uprawie badanych surowców, w zależno-

ści od plonu i wielkości dawki nawożenia mineralnego N, pozwoliło stwierdzić, że optymalnymi dawkami azotu dla tych upraw w produkcji rolnej były: pszenica – 119, kukurydza – 133 oraz rzepak 169 kg N · ha⁻¹.

Uzyskanie 50% ograniczenia emisji GHG w cyklu życia bioetanolu produkowanego z ziarna pszenicy ozimej jest możliwe w systemie uprawy uproszczonej, z wyjątkiem zastosowania dawki 119 kg N · ha⁻¹ w formie CAN (tab. 5). Poprawa agrotechniki poprzez wprowadzenie uprawy bezorkowej prowadzi do zwiększenia ograniczenia emisji do 62-65%.

Tabela 5. Redukcja emisji gazów cieplarnianych dla pszenicy ozimej w zależności od zastosowanego nawożenia (dawka 119 kg N · ha⁻¹), uprawy uproszczonej zapewniającej sekwestrację węgla organicznego 0,1260 t CO₂ · ha⁻¹ · r⁻¹ oraz uprawy bezorkowej zapewniającej sekwestrację węgla organicznego 0,6142 t CO₂ · ha⁻¹ · r⁻¹

Nawóz	Emisja CO ₂ eq · kg ⁻¹ N	Uprawa płużna %	Uprawa uproszcz. %	Uprawa bezorkowa %
Saletra amonowa 119 kg	3494,5	48	52	64
RSM 119 kg	3080,0	49	52	65
Saletrzak 119 kg	4007,6	47	51	63
CAN (Salmag) 119 kg	5012,0	46	49	62
Wieloskładnikowe NPK 30 kg, saletra 89 kg	3244,1	49	52	65

Oszacowane ograniczenia emisji GHG w pełnym cyklu życia bioetanolu produkowanego z ziarna kukurydzy mieściły się w zakresie 49-66% w zależności od zastosowanego asortymentu nawożenia mineralnego i technologii produkcji (tab. 6). Spełnienie wymagań dyrektywy co do wielkości ograniczenia emisji dla produkcji bioetanolu z kukurydzy nie powinno nastroczać problemów.

Tabela 6. Redukcja emisji gazów cieplarnianych dla kukurydzy w zależności od zastosowanego nawożenia (dawka 133 kg N · ha⁻¹), uprawa uproszczona zapewniająca sekwestrację węgla organicznego 0,1260 t CO₂ · ha⁻¹ · r⁻¹, uprawa bezorkowa zapewniająca sekwestrację węgla organicznego 0,6142 t CO₂ · ha⁻¹ · r⁻¹

Nawóz	Emisja CO ₂ eq · kg ⁻¹ N	Uprawa płużna %	Uprawa uproszcz. %	Uprawa bezorkowa %
Saletra amonowa 133 kg	3494,5	52	55	66
RSM 133 kg	3080,0	53	55	66
Saletrzak 133 kg	4007,6	51	54	65
CAN (Salmag) 133 kg	5012,0	49	52	63
Wieloskładnikowe NPK 70 kg, saletra 63 kg	3599,4	52	55	65

Dobór niskoemisyjnych asortymentów mineralnych nawozów azotowych dla optymalnej dawki N nie zapewnia ograniczenia emisji GHG w cyklu życia biodiesla do 50% (tab. 7). Zwiększenie sekwestracji węgla organicznego w glebie poprzez przejście do uprawy rzepaku w systemie bezorkowym zwiększyło ograniczenia emisji do 58-60%. Ze względu na wysokie koszty mało realnym jest wprowadzanie w uprawie surowców na cele biopaliwowe systemu bezorkowego, zwłaszcza w uprawie rzepaku.

Tabela 7. Redukcja emisji gazów cieplarnianych dla rzepaku w zależności od zastosowanego nawożenia (dawka 169 kg N · ha⁻¹), uprawy uproszczonej zapewniającej sekwestrację węgla organicznego 0,1260 t CO₂ · ha⁻¹ · r⁻¹ oraz uprawę bezorkową zapewniającą sekwestrację węgla organicznego 0,6142 t CO₂ · ha⁻¹ · r⁻¹

Nawóz	Emisja CO ₂ eq · kg ⁻¹ N	Uprawa płużna %	Uprawa uproszcz. %	Uprawa bezorkowa %
Saletra amonowa 169 kg	3494,5	43	46	59
RSM 169 kg	3080,0	44	47	60
Saletrzak 169 kg	4007,6	42	45	58
Mocznik 30 kg, saletra 139 kg	3606,2	43	46	59
Siarczan amonu 30kg, saletra 139 kg	3263,2	44	47	60
Saletrosan 30kg, saletra 139 kg	3936,0	42	45	58
Wieloskładnikowe NPK 30 kg, saletra 139 kg	3384,8	43	47	59

Redukcja emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia biopaliw wskutek obowiązku uwzględniania pośrednich zmian użytkowania gruntów

W październiku 2012 roku Komisja Europejska zaproponowała nowelizację Dyrektywy 98/70/WE oraz Dyrektywy 2009/28/WE polegającą na uwzględnieniu w szacunkach emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia biopaliw wielkości emisji związanych z pośrednimi zmianami użytkowania gruntów (*Indirect Land Use Change - ILUC*). Do końca 2017 r. przewidywano publikację sprawozdania KE oraz przedstawienie wniosków ustawodawczych mających na celu wprowadzenie szacunkowych wskaźników ILUC do kryteriów zrównoważonego rozwoju uwzględnionych w obydwu dyrektywach, które powinny obowiązywać od 01.01.2021 r., oraz rewizję skuteczności instrumentów promocji stosowania biopaliw wytwarzanych z odpadów i pozostałości. Dało to

asumpt do określenia możliwości ograniczenia emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia biopaliw wskutek ewentualnego obowiązku uwzględniania ILUC i spełnienia wymaganej redukcji co najmniej 50% od 01.01.2017 r. Szacunki wykorzystywane były w negocjacjach z KE nad wprowadzeniem ILUC.

Obowiązek uwzględniania ILUC w szacunkach emisji (po 2020 r.) wpłynąłby w sposób zasadniczy na produkcję biopaliw. ILUC jest dodatkową emisją, która zwiększać będzie w sposób bardzo znaczący wielkości emisji w cyklu życia biopaliw i tym samym obniżyć wielkości ograniczeń emisji w stosunku do konwencjonalnych paliw płynnych. Proponowana przez Komisję Europejską dodatkowa emisja ma wynosić dla zbóż $12 \text{ g CO}_2 \text{ eq} \cdot \text{MJ}^{-1}$, zaś dla rzepaku $55 \text{ g CO}_2 \text{ eq} \cdot \text{MJ}^{-1}$ biopaliwa.

Poniżej przedstawiono wyniki symulacji ograniczeń emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia bioetanolu (produkowanego z ziarna pszenicy ozimej i kukurydzy) oraz biodiesla (produkowanego z nasion rzepaku ozimego) uzyskane wskutek stosowania uprawy uproszczonej i bezorkowej z uwzględnieniem lub nie pośredniej zmiany użytkowania gruntów (Jarosz i Faber, 2014c).

Wyprodukowanie bioetanolu zapewniającego ograniczenie emisji gazów cieplarnianych $\geq 50\%$ z ziarna pszenicy pochodzącego z uprawy pełnej nie jest możliwe (tab. 8). We wszystkich województwach ograniczenia emisji były mniejsze od 50% i wahały się w przedziale 42% (opolskie) do 49% (lubelskie, lubuskie, podkarpackie). Ewentualne wprowadzenie obowiązku uwzględniania ILUC w szacunkach zmniejsza osiągnięte ograniczenia emisji o 6-9% (tab. 8, wariant 2). Produkowany bioetanol z pszenicy w systemie uprawy pełnej nie spełnia wymogów Dyrektywy i nie może być zaliczony do paliw odnawialnych. Ziarno pszenicy pochodzące z uprawy uproszczonej we wszystkich województwach umożliwia produkcję bioetanolu z tego surowca spełniając obowiązek uzyskania ograniczenia emisji $\geq 50\%$. Oszacowane ograniczenia emisji GHG wyniosły od 56% (mazowieckie) do 103% (podkarpackie). Wprowadzenie obowiązku uwzględniania ILUC wyklucza produkcję bioetanolu z ziarna pszenicy pochodzącej z uprawy uproszczonej w województwach mazowieckim i warmińsko-mazurskim (tab. 8, wariant 4). Poprawa agrotechniki polegająca na stosowaniu bezorkowej uprawy pszenicy gwarantuje produkcję bioetanolu z tego surowca jako paliwa

odnawialnego, nawet wówczas gdyby należało w szacunkach uwzględnić ILUC (tab. 8, wariant 5 i 6).

Tabela 8. Ograniczenia emisji w cyklu życia bioetanolu produkowanego z pszenicy ozimej przy pozostawianiu na polu średniej ilości resztek poźniwnych

Województwo	ILUC	C seq	Ograniczenie emisji w cyklu życia (warianty)					
			1	2	3	4	5	6
	t CO ₂ ha ⁻¹ r ⁻¹	%						
Dolnośląskie	0.63	0.51	48	40	60	51	73	65
Kujawsko-pomorskie	0.63	0.51	48	39	59	51	73	64
Lubelskie	0.54	0.51	49	40	62	54	78	69
Lubuskie	0.55	0.51	49	40	62	54	78	69
Łódzkie	0.50	0.51	46	38	61	52	78	69
Małopolskie	0.52	1.94	43	35	94	85	118	109
Mazowieckie	0.56	0.51	43	34	56	48	71	63
Opolskie	0.61	1.94	42	36	77	79	106	97
Podkarpackie	0.48	1.94	49	40	103	94	129	121
Podlaskie	0.49	0.51	44	36	59	50	76	68
Pomorskie	0.55	1.94	43	35	91	82	114	105
Śląskie	0.55	1.94	43	35	91	83	114	106
Świętokrzyskie	0.50	0.51	46	38	61	51	78	68
Warmińsko-mazurskie	0.51	0.51	43	35	58	49	74	66
Wielkopolskie	0.56	0.51	45	37	58	50	73	65
Zachodnio-pomorskie	0.59	1.94	45	36	89	81	111	102

Warianty:

1 – ograniczenie emisji bez sekwestracji węgla organicznego w glebie wskutek poprawy agrotechniki;

2 – ograniczenie emisji bez sekwestracji węgla z uwzględnieniem ILUC;

- 3 – ograniczenie emisji z sekwestracją węgla uzyskaną wskutek stosowania uprawy uproszczonej;
- 4 – ograniczenie emisji z sekwestracją węgla uzyskaną wskutek stosowania uprawy uproszczonej z uwzględnieniem ILUC;
- 5 – ograniczenie emisji z sekwestracją węgla uzyskaną wskutek stosowania uprawy bezorkowej;
- 6 – ograniczenie emisji z sekwestracją węgla uzyskaną wskutek stosowania uprawy bezorkowej z uwzględnieniem ILUC.

Produkcja bioetanolu z ziarna kukurydzy pochodzącego z systemu produkcji pełnej jest możliwa w 7 województwach, w których ograniczenie emisji GHG wyniosło $\geq 50\%$ (tab. 9, wariant 1). W pozostałych 9 województwach niewprowadzenie poprawy agrotechniki nie zapewnia wymaganego poziomu ograniczenia emisji gazów cieplarnianych. Uwzględnienie w szacunkach emisji ILUC zmniejsza osiągnięte ograniczenia emisji o 7-9%. Wielkość oszacowanych ograniczeń emisji po wprowadzeniu ILUC we wszystkich województwach jest mniejsza od 50% (tab. 9, wariant 2). Pozyskanie i wykorzystanie w produkcji bioetanolu ziarna kukurydzy z uprawy uproszczonej znacznie redukuje wielkość oszacowanych emisji GHG. W większości województw wielkość ograniczenia emisji w cyklu życia bioetanolu produkowanego z kukurydzy była $\geq 60\%$ (tab. 9, wariant 3). Jedynie w województwie warmińsko-mazurskim oszacowana wielkość wyniosła 50%. Uwzględnienie w szacunkach ILUC zmniejsza ograniczenia emisji, jednak nadal oszacowane wielkości we wszystkich województwach poza warmińsko-mazurskim są większe od 50% (tab. 9, wariant 4). Wprowadzenie uprawy bezorkowej zapewnia uzyskanie progowego ograniczenia emisji 50% we wszystkich województwach bez względu na konieczność lub nie rozliczania ILUC (tab. 9, wariant 5 i 6).

Tabela 9. Ograniczenia emisji w cyklu życia bioetanolu produkowanego z kukurydzy przy pozostawianiu na polu średniej ilości resztek poźniwnych

Województwo	ILUC	C seq	Ograniczenie emisji w cyklu życia (warianty)					
			1	2	3	4	5	6
	t CO ₂ ha ⁻¹ r ⁻¹	%						
Dolnośląskie	0.74	0.51	50	42	60	52	71	63
Kujawsko-pomorskie	0.71	0.51	49	41	61	52	72	64
Lubelskie	0.69	0.51	49	42	60	52	72	64
Lubuskie	0.63	0.51	51	43	62	55	76	68
Łódzkie	0.62	0.51	51	43	63	55	76	68
Małopolskie	0.66	1.94	51	43	93	85	110	102
Mazowieckie	0.73	0.51	50	43	60	52	72	64
Opolskie	0.68	1.94	48	39	89	80	105	97
Podkarpackie	0.74	1.94	51	44	89	81	104	96
Podlaskie	0.51	0.51	49	41	63	55	80	72
Pomorskie	0.51	1.94	42	35	96	89	118	110
Śląskie	0.75	1.94	48	40	85	77	100	92
Świętokrzyskie	0.57	0.51	48	40	61	53	76	68
Warmińsko-mazurskie	0.52	0.51	36	28	50	42	66	58
Wielkopolskie	0.71	0.51	51	44	62	54	74	66
Zachodnio-pomorskie	0.53	1.94	43	35	96	88	117	109

Oznaczenia 1-6 jak w tab. 8

Wyprodukowanie biodiesla zapewniającego ograniczenie emisji GHG $\geq 50\%$ nie jest możliwe z rzepaku pochodzącego z uprawy pełnej, a tym bardziej z uwzględnieniem w szacunkach ILUC. We wszystkich województwach oszacowane wielkości ograniczenia emisji w cyklu życia biodiesla produkowanego z rzepaku ozimego nie osiągnęły wymaganego poziomu 50% (tab.10, wariant 1). Ewentualne wprowadzenie ILUC

zmniejsza osiągnięte ograniczenia emisji do wartości bliskich zeru (tab.10, wariant 2). Uzyskanie w szacunkach wartości ujemnych wskazuje, że emisja z biodiesla jest większa niż z paliwa konwencjonalnego. Uprawa uproszczona zapewnia surowiec do produkcji biodiesla z 12 województw (tab.10, wariant 3). Natomiast uwzględnienie w szacunkach ILUC powoduje znaczne zmniejszenie ograniczeń emisji GHG i tylko w województwie podkarpackim i śląskim możliwa jest produkcja biodiesla z rzepaku spełniająca wymagania Dyrektywy. Bliskie osiągnięcia 50% ograniczenia emisji są województwa: małopolskie, opolskie, pomorskie i zachodniopomorskie (tab.10, wariant 4). Produkcja biodiesla z rzepaku pochodzącego z uprawy bezorkowej spełnia wymagania Dyrektywy we wszystkich województwach (tab. 10, wariant 5). Jednak rozliczenie w szacunkach dodatkowych emisji ILUC ogranicza możliwość produkcji biodiesla z rzepaku do województw leżących w strefie klimatu umiarkowanego wilgotnego (tab. 10, wariant 6).

Tabela 10. Ograniczenia emisji w cyklu życia biodiesla produkowanego z rzepaku ozimego przy pozostawianiu na polu średniej ilości resztek poźniwnych

Województwo	ILUC	C seq	Ograniczenie emisji w cyklu życia (warianty)					
			1	2	3	4	5	6
	t CO ₂ ha ⁻¹ r ⁻¹	%						
Dolnośląskie	2.56	0.51	37	-2	50	11	65	26
Kujawsko-pomorskie	2.60	0.51	36	-3	49	10	64	25
Lubelskie	2.43	0.51	36	-2	50	12	65	27
Lubuskie	2.68	0.51	40	2	53	14	67	29
Łódzkie	2.19	0.51	37	-2	52	13	69	31
Małopolskie	2.46	1.94	35	-3	87	49	108	69
Mazowieckie	2.51	0.51	37	-1	50	12	66	27
Opolskie	2.47	1.94	35	-5	89	49	111	70
Podkarpackie	2.52	1.94	42	3	92	54	113	74
Podlaskie	2.25	0.51	32	-6	47	9	65	26
Pomorskie	2.74	1.94	34	-6	83	42	102	62

Śląskie	2.39	1.94	35	-3	88	50	109	71
Świętokrzyskie	2.51	0.51	36	-3	49	11	65	26
Warmińsko-mazurskie	2.65	0.51	37	-2	49	11	64	26
Wielkopolskie	2.73	0.51	41	2	53	14	67	29
Zachodniopomorskie	2.65	1.94	38	0	86	48	106	67

Oznaczenia 1-6 jak w tab. 8

Możliwość zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia biopaliw

W szacunkach całkowitych emisji gazów cieplarnianych należy uwzględniać wielkości emisji rolniczych powstających z uprawy surowców na cele paliwowe. W strukturze emisji rolniczych największy udział mają emisje polowe N_2O . Do szacowania emisji podtlenku azotu Dyrektywa zaleca stosowanie metodyki IPCC. Pozostawia jednak także możliwość stosowania metod dokładniejszych (modeli). Zastąpienie szacunków emisji polowych N_2O wykonanych metodą IPCC, dokładniejszymi szacunkami tej emisji uzyskanymi z modelu DNDC zwiększy ograniczenia emisji (Jarosz i Faber, 2015a).

Dla wszystkich surowców oszacowano ograniczenie emisji w stosunku do paliwa konwencjonalnego. W przypadku pszenicy ograniczenie GHG w systemie uprawy płużnej ze zbiorem słomy mieściło się w przedziale 55-62% (tab. 11, wariant 1). Zastąpienie szacunków emisji podtlenku azotu dokładniejszymi szacunkami tej emisji uzyskanymi z modelu DNDC zwiększa ograniczenia emisji średnio o 8%. Uzyskane wyniki wskazują, iż możliwym jest w 11 województwach uzyskanie emisji GHG $\geq 60\%$ czyli spełnienie wymagań Dyrektywy obowiązujących od 2018 roku dla instalacji nowych, rozpoczynających produkcję od 2017 roku (tab. 11, wariant 1). Poprawa agrotechniki w uprawie pszenicy znacznie zwiększa ograniczenie emisji gazów cieplarnianych.

Tabela 11. Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia bioetanolu z pszenicy (%) w zależności od poprawy agrotechniki, z uwzględnieniem szacunku N₂O metodą DNDC

Województwa	Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych (%)			
	1	2	3	4
Dolnośląskie	62	96	95	213
Kujawsko-pomorskie	58	94	93	199
Lubelskie	61	96	96	231
Lubuskie	55	84	84	187
Łódzkie	59	99	100	226
Małopolskie	62	104	102	239
Mazowieckie	59	95	96	230
Opolskie	62	102	102	227
Podkarpackie	62	99	100	241
Podlaskie	59	98	98	236
Pomorskie	60	97	96	224
Śląskie	62	105	103	240
Świętokrzyskie	61	96	98	213
Warmińsko-mazurskie	60	97	97	240
Wielkopolskie	60	92	91	201
Zachodnio-pomorskie	62	96	95	205

Warianty:

- 1 – uprawa płuzna przy zbiorze całej ilości resztek poźniwnych,
- 2 – uprawa płuzna i przyorywanie całej ilości resztek poźniwnych,
- 3 – uprawa uproszczona i pozostawienie całej ilości resztek poźniwnych na polu,
- 4 – uprawa bezorkowa i pozostawienie całej ilości resztek poźniwnych na polu.

Stosowanie kukurydzy do produkcji bioetanolu zapewnia mniejsze niż pszenica ograniczenia emisji. Produkcja bioetanolu z uprawy kukurydzy w systemie uprawy płuznej ze zbiorem resztek poźniwnych zapewnia spełnienie kryterium ograniczenia emisji $\geq 50\%$ w 14 województwach (tab. 12, wariant 1). Zastosowanie modelu DNDC do symu-

lowania emisji podtlenku azotu pozwoliło na rozszerzenie bazy surowcowej o województwo wielkopolskie i zachodniopomorskie. Pozostawienie na polu resztek poźniwnych lub wprowadzenie uprawy uproszczonej zapewnia spełnienie normy ograniczenia 50% w produkcji bioetanolu (tab. 12, wariant 2 i 3).

Tabela 12. Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia bioetanolu z kukurydzy (%) w zależności od poprawy agrotechniki, z uwzględnieniem szacunku N₂O metodą DNDC

Województwa	Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych (%)			
	1	2	3	4
Dolnośląskie	55	86	85	200
Kujawsko-pomorskie	45	91	92	235
Lubelskie	59	86	86	191
Lubuskie	39	82	82	234
Łódzkie	57	88	91	204
Małopolskie	60	88	89	195
Mazowieckie	58	88	89	203
Opolskie	57	88	87	178
Podkarpackie	59	86	87	195
Podlaskie	56	87	90	219
Pomorskie	57	91	91	228
Śląskie	59	88	90	194
Świętokrzyskie	57	85	87	182
Warmińsko-mazurskie	57	89	88	218
Wielkopolskie	51	88	88	217
Zachodnio-pomorskie	54	90	92	225

Oznaczenia 1 – 4 jak w tab. 11

Wyprodukowanie biodiesla zapewniającego ograniczenie emisji GHG $\geq 50\%$ jest możliwe z rzepaku pochodzącego z uprawy płuźnej ze zbirem słomy tylko w 4 województwach (tab.13, wariant 1). Celem bezpiecznego spełnienia normy w produkcji biodiesla rzepak powinien po-

chodzić z uprawy płużnej z przyoraniem słomy lub z uprawy uproszczonej (tab. 13, wariant 2 i 3).

Tabela 13. Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia biodiesla z rzepaku (%) w zależności od poprawy agrotechniki, z uwzględnieniem szacunku N₂O metodą DNDC

Województwa	Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych (%)			
	1	2	3	4
Dolnośląskie	48	90	89	237
Kujawsko-pomorskie	47	91	91	225
Lubelskie	47	94	93	272
Lubuskie	43	80	81	204
Łódzkie	49	94	96	242
Małopolskie	48	102	104	290
Mazowieckie	49	93	94	264
Opolskie	50	96	97	244
Podkarpackie	50	98	101	289
Podlaskie	47	96	99	294
Pomorskie	48	95	96	266
Śląskie	51	101	101	270
Świętokrzyskie	49	96	98	258
Warmińsko-mazurskie	49	95	95	286
Wielkopolskie	50	87	86	225
Zachodnio-pomorskie	48	91	93	236

Oznaczenia 1 – 4 jak w tab. 11

Uwzględnienie w analizach cyklu życia biopaliw szacunków N₂O wysymulowanych modelem DNDC zmniejszyło wielkość emisji o 3-15% i zapewniało we wszystkich województwach osiągnięcie ograniczenia GHG $\geq 50\%$ w produkcji bioetanolu z pszenicy ozimej pochodzącej z uprawy płużnej ze zbiorem resztek poźniwnych. Uzyskanie

ograniczenia emisji GHG $\geq 50\%$ w przypadku produkcji bioetanolu z kukurydzy oraz biodiesla z rzepaku wymagałoby pozyskania surowców z uprawy płużnej z przyoraniem całej słomy. Zastosowanie w szacunkach wyników symulacji emisji DNDC pozwalało uzyskiwać w uprawie ograniczonej surowce ze wszystkich województw, zwiększając jednocześnie ograniczenia emisji o 20-47%, zaś w siewie bezpośrednim o 123-182% w stosunku do metody IPCC. Zastosowanie w praktyce rolniczej uprawy płużnej lub uprawy ograniczonej będzie mniej kosztowne niż siewu bezpośredniego. Reasumując należy stwierdzić, że emisje podtlenku azotu symulowane przez model DNDC gwarantują zmniejszenie całkowitych emisji GHG i uzyskanie większych ograniczeń emisji w cyklu życia biopaliw.

Literatura

Borzęcka –Walker M., Faber A., Mizak K., Pudełko R., Syp A. (2011). Soil carbon sequestration under bioenergy crops in Poland. "Soil Science", InTech - Open Access Publisher: 151-166.

Decyzja Komisji z dnia 10 czerwca 2010 r. w sprawie wytycznych dotyczących obliczania zasobów węgla w ziemi do celów załącznika V do dyrektywy 2009/28/WE (*notyfikowana jako dokument nr C(2010) 3751*) (2010/335/UE), Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, 17.6.2010, L151/19PL,<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:151:0019:0041:PL:PDF>.

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniająca i w następstwie uchylająca dyrektywy 2001/77/WE oraz 2003/30/WE. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej. L140/16,5.6.2009,PL,<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:pl:PDF>.

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/30/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. zmieniająca dyrektywę 98/70/WE odnoszącą się do specyfikacji benzyny i olejów napędowych oraz wprowadzającą mechanizm monitorowania i ograniczania emisji gazów cieplarnianych oraz

zmieniającą dyrektywę Rady 1999/32/WE odnoszącą się do specyfikacji paliw wykorzystywanych przez statki żeglugi śródlądowej oraz uchylającą dyrektywę 93/12/EWG. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej. L140/88,5.6.2009,<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0088:0113:PL:PDF>.

Faber A., Jarosz Z., Borek R., Borzęcka-Walker M., Syp A., Pudełko R. (2011). Poziom emisji gazów cieplarnianych (CO₂, N₂O i CH₄) dla upraw pszenicy, pszenżyta, kukurydzy i żyta przeznaczonych do produkcji bioetanolu oraz upraw rzepaku przeznaczonych do produkcji biodiesła. Ekspertyza wykonana na zlecenie Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi, 91.

Faber A., Jarosz Z., Nieróbca A., Smagacz J. (2013). Sekwestracja węgla organicznego w glebach Polski jako sposób na ograniczenie emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia bioetanolu i biodiesła (LCA), Projekt N N313 759240, finansowany przez Narodowe Centrum Nauki, Raport 2013, 165.

Faber A., Łopatka A., Kaczyński R., Pudełko R., Kozyra J., Borzęcka-Walker M., Syp A. (2012). Assessment of existing soil organic carbon stocks and changes at a national and regional level in Polans. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 10 (3&4): 1210-1213.

Hiederer R., Ramos F., Capitani C., Koeble R., Blujdea V., Gomez O., Mulligan D., Marelli L. 2010. Biofuels: a New Methodology to Estimate GHG Emissions from Global Land Use Change(http://iet.jrc.ec.europa.eu/bfca/sites/bfca/files/files/documents/E_U_report_24483_Final.pdf)

Jarosz Z., Faber A. (2014a). Możliwości ograniczenia emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia biopaliw. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 39 (13): 9-28.

Jarosz Z., Faber A. (2014b). Ograniczenie emisji rolniczych poprzez stosowanie optymalnych dawek nawożenia azotem. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 39 (13): 29-42.

Jarosz Z., Faber A. (2014c). Redukcja emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia biopaliw wskutek obowiązku uwzględniania pośrednich zmian użytkowania gruntów. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 39 (13): 43-54.

Jarosz Z., Faber A. (2015a). Możliwość zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia biopaliw. *Roczniki Naukowe SERiA*, XVII, z. 3: 158-163.

DIRECTIONS OF RESEARCH CARRIED OUT IN 2010-2015 ON REDUCTION OF GREENHOUSE GAS EMISSION IN THE PRODUCTION OF RAW MATERIALS FOR FUEL PURPOSES

S u m m a r y

Production of biofuels is required to fulfil the sustainability criteria, the most important of which is the requirement of GHG emissions reduction in a full biofuel and bio-liquid production cycle. For installations in operation before the 23 January 2008 the required reduction should amount to at least 35% since 1 April 2013, and 50% in the year 2017, while for installations starting production in 2017 the reduction of GHG emissions should amount to 60% in 2018. All the actors involved in the production of bio-components or biofuels are required to submit reports of estimated emissions, including the emissions from agricultural production. Agricultural emissions from the cultivation of wheat and maize for bioethanol production as well as from the cultivation of rape for biodiesel were lower than standard emission values presented in the Directive. Fulfilment of the sustainability criteria in the biofuel production requires improving the agricultural techniques aiming at increased carbon sequestration in soil. Introduction of reduced tillage, which is less costly than direct seeding, enables production of bioethanol from wheat and maize grain, fulfilling the requirement of GHG emissions reduction at the level of at least 50%. A possible necessity to include/take into account the indirect land use change (ILUC) does not significantly change the conditions for the bioethanol production in Poland. Worse is

the situation of the biodiesel production. In Poland, the potential resource base of rape is limited to voivodships located in a humid temperate climate zone. Replacement of the N₂O field emissions estimates calculated using the IPCC method with more accurate estimates obtained using the DNDC model will increase the GHG emissions reduction by 3-15% and ensure reaching the required 50% in all the voivodships from the production of bioethanol from winter wheat under the conventional plough cultivation without the incorporation of crop residues. Achieving the 50% reduction level in the production of bioethanol from maize and the production of biodiesel from rape would require obtaining material from conventional ploughing with incorporation of straw. It is a cost-free way to achieve higher reduction levels in the life-cycle (LCA) of bioethanol produced from winter wheat and maize and in the life-cycle of biodiesel produced from winter rape.

Key words: Puławy Institute of Soil Science and Plant Cultivation, research, GHG emissions, raw material, fuel.

Działania departamentu rolnictwa w zakresie prowadzonych badań

Artur Łączyński¹, Elżbieta Ziółkowska²

¹*Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, Dyrektor Departamentu
Rolnictwa*

²*Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, Naczelnik Wydziału Analiz
i Opracowań Rolniczych*

Rolnictwo

Zakres prac badawczych Departamentu Rolnictwa określają specyficzne warunki produkcyjno-ekonomiczne rolnictwa, takie jak m.in. biologiczny charakter produkcji, duże uzależnienie od zmienności warunków agrometeorologicznych, sezonowość produkcji oraz znaczne jej rozproszenie i zróżnicowanie terytorialne.

Podstawowym założeniem przy opracowywaniu tematyki badań jest realizacja zapotrzebowania krajowych i zagranicznych odbiorców informacji, w tym wypełnienie przez Polskę jako kraju członkowskiego wymogów Eurostat.

W zakresie podstawowych informacji z dziedziny rolnictwa opracowywanych w DR, znajdują się następujące bloki tematyczne:

- **gospodarka ziemią** - badanie z tego zakresu obejmuje informację o zasobach i wykorzystaniu ziemi, władaniu gruntami, obrocie ziemią i strukturze agrarnej gospodarstw,
- **produkcja roślinna** - badanie powierzchni zasiewów poszczególnych upraw lub grup upraw rolnych i ogrodniczych, ocena stanu upraw rolnych i ogrodniczych, a także poziomu plonów określanych trzy

razy w roku w formie szacunków: wstępnego (prognozy - przed zbiorami), przedwzrostkowego uściślającego wcześniejsze przewidywania oraz wynikowego (po zbiorach),

- **produkcja zwierzęca** - badanie dotyczy liczebności pogłowia poszczególnych gatunków zwierząt gospodarskich, struktury stada, dynamiki zmian stanów zwierząt, wielkości uzyskanej produkcji zwierzęcej wraz z kierunkami jej rozdysponowania (w tym produkcji żywcia rzeźnego poszczególnych gatunków, mleka, jaj, wełny), wielkości przemysłowych ubojów bydła (buhajów, wołów, krów, jałówek i cieląt), świń, owiec, koni, kóz i pozostałych gatunków zwierząt, wielkości wyługów drobiu według gatunków i kierunków użytkowania piskląt, liczby unasienionych krów i jałowic oraz prognoz produkcji zwierzęcej (GIP),

- **skup i ceny produktów rolnych** - badanie skupu produktów rolnych bezpośrednio od producentów rolnych (w ujęciu ilościowym i wartościowym), badanie cen skupu i cen targowiskowych produktów rolnych, badanie cen użytków rolnych,

- **środki produkcji** - badanie zaopatrzenia i zużycia nawozów, dostaw środków ochrony roślin, pasz oraz wyposażenia gospodarstw w sprzęt rolniczy,

- **syntetyczne mierniki produkcji rolnictwa oraz rolnicze bilanse materiałowe** - bilanse produktów rolniczych, syntetyczne mierniki produkcji rolniczej (rolnicza produkcja globalna, końcowa i towarowa oraz wartość dodana brutto) oraz rachunki ekonomiczne rolnictwa,

- **ocena czynników warunkujących rozwój produkcji rolniczej i analiza wyników produkcyjnych na tle zużycia środków produkcji,**

- **wskaźniki rolno-środowiskowe** - prowadzenie prac zmierzających do stworzenia trwałego systemu zbierania danych niezbędnych do obliczania tych wskaźników z różnych, identyfikowanych w trakcie opracowywania tematu źródeł, jak również sposobu administrowania tymi danymi,

- **bezpieczeństwo żywności** - prowadzenie prac w zakresie pozyskiwania i przygotowania do udostępnienia danych statystycznych z działań prowadzonych przede wszystkim przez organy urzędowej kontroli żywności i żywienia, m.in. w zakresie kontroli zwierząt, mięsa, produktów roślinnych, przedmiotów użytku oraz występowania zakaźnych chorób zwierzęcych, jak również dotyczące realizacji nadzoru sanitarnego, weterynaryjnego oraz stanu higieny radiacyjnej,

- **koniunktura w rolnictwie** - w badaniu zbierane są opinie i oce-

ny rolników dotyczące aktualnej i przewidywanej ogólnej sytuacji gospodarstw rolnych, a także opłacalności produkcji rolnej i popytu. Pozytywne dane są wykorzystywane do wyliczenia wskaźników koniunktury, jak również do analiz sytuacji produkcyjno-ekonomicznej w rolnictwie, prognozowania kierunków zmian, a w powiązaniu z danymi z innych rolniczych badań statystycznych, dają możliwość określenia kierunków i trendów rozwojowych.

Leśnictwo

Kierunki działań badawczych w zakresie leśnictwa ustalono zgodnie z potrzebami krajowych i zagranicznych odbiorców danych statystycznych, priorytetami określonymi w krajowym prawodawstwie leśnym oraz zaleceniami międzynarodowymi.

Integrując zasoby informacyjne GUS, zasilenia z administracyjnych źródeł danych oraz z Państwowego Monitoringu Środowiska, badania z leśnictwa obejmą rozległy zakres tematyczny dotyczący:

- stanu ilościowego i jakościowego zasobów leśnych, ich zagrożeń i ochrony,
- ekologicznych i społecznych funkcji lasów,
- zagospodarowania lasu,
- zadrzewień na terenach miejskich i wiejskich,
- użytkowania lasu i obrotu produktami leśnymi,
- stanu liczebnego zwierząt łownych oraz gospodarowania ich pogłowiem,
- ekonomicznych aspektów działalności leśnej.

Uwzględniając światowe tendencje w podejściu do funkcji lasów i leśnictwa, ukierunkowane na wspieranie zrównoważonego rozwoju lasów oraz zapewnienia ich trwałości i wielofunkcyjności, w szerokim zakresie w badaniach będzie uwzględniona problematyka stanu, zagrożeń i ochrony środowiska leśnego.

W aspekcie realizacji założeń Krajowego Programu Zwiększania Lesistości Kraju przewiduje się dalsze doskonalenie badań statystycznych dotyczących zasobów leśnych, w tym szczególnie w lasach prywatnych, mając na względzie stały wzrost znaczenia roli lasów tej własności.

W celu sporządzenia zestawu informacji charakteryzujących lasy i leśnictwo w Polsce w kierunku zobrazowania ich roli w gospodarce narodowej, realizowane są prace nad satelitarnymi rachunkami leśnic-

twa, zwłaszcza w kontekście standardów Unii Europejskiej oraz planowanego ich włączenia do Europejskich Rachunków Ekonomicznych Środowiska.

Dążąc do kompleksowego ujęcia i prezentacji problematyki leśnictwa w badaniach będą wykorzystywane systemy informacyjne administracji publicznej, w tym: aktualizacje i wielkoobszarowe inwentaryzacje stanu lasów, wykonywane przez Biuro Urządzania Lasów i Geodezji Leśnej; monitoring środowiska leśnego realizowany przez Instytut Badawczy Leśnictwa w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska; systemy ewidencyjne Agencji Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa; Krajowy System Informacji o Pożarach Lasów oraz opracowania i ekspertyzy Instytutu Badawczego Leśnictwa, w tym monitoring występowania ważniejszych szkodników i chorób drzew leśnych; System Informatyczny Lasów Państwowych (SILP) oraz Bank Danych o Lasach (BDL).

Realizacja badań rolniczych

Badania statystyczne realizowane w Departamencie Rolnictwa oparte są w większości na badaniach reprezentacyjnych prowadzonych metodą wywiadów. Wyniki tych badań, ze względu na metodę pozyskiwania danych, są uogólniane do poziomu województw. Agregacja danych dla mniejszych jednostek podziału administracyjnego kraju jest problemem, na który natrafiają odbiorcy danych zainteresowani dokładnymi danymi na poziomie gminy czy powiatu. Przetwarzanie i opracowywanie wyników związane jest ze skomplikowanymi procesami zbierania danych przy pomocy ankiet elektronicznych, przesyłania danych, walidacji czy agregacji. W przypadku użytkowania gruntów i produkcji roślinnej wykorzystywane są jako uzupełniające ekspertyzy rzeczoznawców terenowych GUS, informacje z teledetekcji satelitarnej i nowoczesnych technik komputerowych, stosowane przez Instytut Geodezji i Kartografii oraz jako dodatkowe źródło informacji, dane pozyskane z Krajowego Systemu Ewidencji Producentów, Ewidencji Gospodarstw Rolnych oraz ewidencji wniosków o przyznanie płatności, pozostającego w gestii Agencji Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa (ARiMR).

W pracach analitycznych w zakresie badań statystycznych pogłowia zwierząt gospodarskich (bydła i owiec) wykorzystywane są dane pozyskane z Systemu Identyfikacji i Rejestracji Zwierząt, administrowanego przez ARiMR.

Prezentowanie zmian zachodzących w rolnictwie i wpływu rolnictwa na środowisko w zależności od kierunku produkcji wymaga regularnego dostarczenia wysokiej jakości danych statystycznych przy wykorzystaniu nowoczesnych metod badania. Na podstawie szerokiego zakresu informacji zebranych w badaniach rolniczych opracowywane są dane o produkcji rolniczej w podziale na produkcję roślinną i zwierzęcą oraz informacje opisujące gospodarstwa rolne, w tym procesy intensyfikacji, koncentracji i mechanizacji oraz ich wpływ na środowisko naturalne.

Badanie struktury gospodarstw rolnych w 2016 r.

Unijne badanie „**Struktura gospodarstw rolnych (R-SGR)**”, realizowane jest zgodnie z:

rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1166/2008 z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie badań struktury gospodarstw rolnych i badania metod produkcji rolnej oraz uchylające rozporządzenie Rady (EWG) nr 571/88, rozporządzeniem Komisji Europejskiej (UE) nr 715/2014 z dnia 26 czerwca 2014 r. zmieniające załącznik III do ww. rozporządzenia 1166/2008, w odniesieniu do wykazu cech objętych badaniem struktury gospodarstw rolnych w 2016 r., rozporządzeniem Komisji Europejskiej (UE) nr 2015/1391 z dnia 13 sierpnia 2015 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1200/2009 wdrażające rozporządzenie 1166/2008, w odniesieniu do współczynników dotyczących sztuk dużych oraz definicji cech objętych badaniem, załącznikiem do rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 21 lipca 2015 r. w sprawie programu badań statystycznych statystyki publicznej na rok 2016 (Dz.U. z 2015 r., poz. 1304).

Badanie struktury gospodarstw rolnych przeprowadzone zostało w 2016 r. na terenie całej Unii Europejskiej, a jego podstawowym celem było dostarczenie informacji na potrzeby kształtowania narzędzi Wspólnej Polityki Rolnej (WPR). Badanie dostarczyło także szeregu danych na potrzeby krajowe.

W badaniu zostały zebrane informacje m. in. o:

- liczbie gospodarstw rolnych,
- wieku i wykształceniu kierującego gospodarstwem rolnym,
- liczbie pracujących i czasie ich pracy,

- strukturze dochodów gospodarstwa domowego z użytkownikiem gospodarstwa rolnego,
- rodzajach i znaczeniu działalności innej niż rolnicza,
- użytkowaniu gruntów,
- powierzchni upraw głównych ziemiopłodów,
- pogłowie zwierząt gospodarskich,
- wyposażeniu gospodarstw rolnych w ciągniki i maszyny rolnicze,
- zużyciu nawozów mineralnych i organicznych oraz stosowaniu środków ochrony roślin.

Metody zbierania danych

Badanie R-SGR realizowane było na formularzu elektronicznym z zastosowaniem trzech metod zbierania danych:

CAII - samodzielne wypełnienie formularza on-line przez respondenta,

CATI - wywiad telefoniczny wspomagany komputerem

CAPI - wywiad bezpośredni z respondentem z wykorzystaniem urządzenia „hand-held”

Wykorzystanie danych

Celem R-SGR jest uzyskanie dobrej jakości danych niezbędnych do kształtowania narzędzi i oceny WPR, jak również polityk krajowych. Uzyskane informacje zostaną wykorzystane m.in. do:

monitorowania zmian w strukturze gospodarstw rolnych,
przygotowania wieloprzekrojowej charakterystyki gospodarstw rolnych,

opracowania typologii gospodarstw rolnych (określenie typu rolniczego i wielkości ekonomicznej),

oceny wpływu rolnictwa na środowisko,

opisu obszarów wiejskich,

porównań polskich gospodarstw rolnych z gospodarstwami z innych krajów UE.

Wyniki badania SGR wskazują, że w Polsce było 1410,7 tys. **gospodarstw rolnych prowadzących działalność rolniczą**. W ogólnej liczbie gospodarstw, małe jednostki o powierzchni 1-10 ha użytków rolnych stanowiły ponad 74% i użytkowały ok. 28% powierzchni UR. Udział gospodarstw większych obszarowo, o powierzchni ponad 10 ha

UR wynosił ok. 26%. W tych gospodarstwach znajdowało się ok. 72% użytkowanych gruntów. W porównaniu z wynikami badania struktury gospodarstw rolnych przeprowadzonego w 2013 r., liczba gospodarstw ogółem zmniejszyła się o ponad 1%. Zmiany w strukturze gospodarstw rolnych w największym stopniu dotyczyły redukcji gospodarstw najmniejszych o powierzchni 0-1 ha i 1-2 ha UR – razem o 5,7%. Wyniki badania wskazują wyraźny wzrost liczby gospodarstw wysoko produkcyjnych w grupie obszarowej 50-300 ha (o ok. 10%), przy czym największy wzrost zanotowano w grupie obszarowej 100-200 ha – 12,6%. Bardzo wolno zwiększa się przy tym przeciętna powierzchnia użytków rolnych w gospodarstwie, która w 2016 r. wynosiła 10,3 ha.

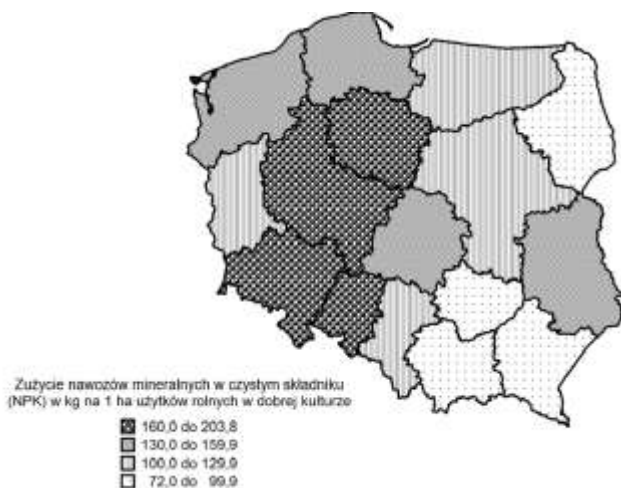
Ogólna powierzchnia zasiewów w gospodarstwach rolnych wyniosła ok. 10,6 mln ha i była mniejsza o ok. 113 tys. ha (o 1,1%) w stosunku do roku poprzedniego. W strukturze powierzchni zasiewów dominowały jak zwykle zboża, które stanowiły ok. 70%. Udział upraw przemysłowych i pastewnych w powierzchni zasiewów ogółem wynosił po ok. 10%, ziemniaków i strączkowych na ziarno po ok. 3%, oraz pozostałych upraw – ok. 4%. Przewaga powierzchni upraw zbożowych wpływa z pewnością na krajobraz rolniczy i kształtuje warunki środowiskowe na terenach objętych uprawą. Intensyfikacja produkcji prowadzi do zwiększenia zużycia nawozów mineralnych. Pod zbiory 2016 r. ok. 1194 tys. gospodarstw rolnych (ponad 85%) stosowało nawozy, w tym nawozy mineralne lub wapniowe zastosowało ok. 1066 tys. gospodarstw (ok. 76% jednostek biorących udział w badaniu). W celu optymalizacji wzrostu plonów powszechnie używane były nawozy azotowe i wieloskładnikowe. Nawozy z grupy azotowych i wieloskładnikowych wykorzystano odpowiednio ok. 864 tys. i ok. 724 tys. użytkowników gospodarstw (stosownie 82% i 69% jednostek stosujących nawozy mineralne). Stopień wykorzystania pozostałych grup nawozów był wyraźnie mniejszy.

W roku gospodarczym 2015/16 **zużycie nawozów mineralnych (NPK)** w przeliczeniu na 1 ha użytków rolnych zwiększyło się w stosunku do okresu poprzedniego o 5,8% i wynosiło 130,3 kg. Rolnicy zastosowali pod uprawy ok. 1895,4 tys. t nawozów mineralnych (NPK) w przeliczeniu na czysty składnik. Zużycie nawozów wyniosło: azotowych – 1043,0 tys. t, fosforowych – 325,9 tys. t, potasowych – 526,5 tys. t i wapniowych – 995,1, tys. t. Wyniki badania wskazują, że do najczęściej wykorzystywanych nawozów należą: z grupy nawozów azotowych – mocznik, saletra amonowa i saletrzak; fosforowych – superfosfat; po-

tasowych – sól potasowa; wieloskładnikowych – polifoska, lubofoska i fosforan amonu. W 2015/2016 wskaźnik zużycia nawozów wapniowych na 1 ha użytków rolnych wzrósł w stosunku do roku poprzedniego i kształtował się na poziomie 68 kg wobec 39 kg przed rokiem. Przeciętnie w kraju, pod zbiory 2016 r. zużycie nawozów w czystym składniku (NPK) w przeliczeniu na 1 ha UR wyniosło 130,3 kg NPK, w tym na użytki rolne w dobrej kulturze – 131,6 kg, przy czym w gospodarstwach indywidualnych odpowiednio 127,0 kg i 128,0 kg NPK. W omawianym roku wskaźnik użyźniania gleby na 1 ha UR nawozami azotowymi (N), fosforowymi (P₂O₅) i potasowymi (K₂O) wynosił odpowiednio 71,7 kg, 22,4 kg i 36,2 kg i zwiększył się w stosunku do roku poprzedniego stosownie o 3,9%, 7,2% i 8,7%.

Zużycie nawozów na jednostkę powierzchni wzrasta jednocześnie ze wzrostem użytkowanych gruntów. Nawożenie zwiększało się od 63,1 kg NPK na 1 ha UR w dobrej kulturze w grupie gospodarstw o powierzchni 1-2 ha do 161,5 NPK w gospodarstwach największych (100 ha UR i więcej). Intensywne nawożenie – wyższe od średniej krajowej – odnotowano w czterech grupach gospodarstw o powierzchni powyżej 20 ha UR (20-30, 30-50, 50-100 i ponad 100 ha UR).

Mapa 1. Zużycie nawozów mineralnych na 1 ha UR według województw w 2015/2016 r.



Z uwagi na duże regionalne zróżnicowanie intensywności produkcji roślinnej istnieją znaczne różnice zużycia nawozów mineralnych pod względem terytorialnym. W połowie województw (dolnośląskim, kujawsko-pomorskim, lubelskim, łódzkim, opolskim, pomorskim, wielkopolskim, zachodniopomorskim) nawożenie było wyższe od średniego zużycia w kraju. Największe zużycie odnotowano w województwie opolskim – 203,8 kg/ha, a najmniejsze w województwie podkarpackim – 72,0 kg.

Nawozy sztuczne stanowią jeden z podstawowych czynników wzrostu plonów.

Tab. 1. Plony głównych ziemiopłodów

WOJEWÓDZ-TWA	Zboża	W tym zboża podstawowe z mieszankami zbożowymi			Ziemiaki	Buraki cukrowe	Rzepak i rzepik
		razem	w tym				
			pszenica	żyto			
Z ha w dt							
P O L S K A	40,3	37,8	45,8	28,4	287	665	27,0
Dolnośląskie	51,8	49,4	53,5	34,2	275	588	30,4
Kujawsko-pomorskie	43,1	39,0	43,3	29,6	310	629	25,3
Lubelskie	41,3	40,9	49,8	30,1	300	629	25,6
Lubuskie	42,2	40,5	46,0	30,7	318	698	27,4
Łódzkie	33,9	31,6	35,5	25,4	300	565	24,3
Małopolskie	40,0	35,6	39,2	27,1	236	702	31,0
Mazowieckie	31,1	29,4	35,2	24,1	289	688	21,7
Opolskie	59,9	55,2	60,1	39,8	358	706	31,9
Podkarpackie	37,5	32,7	35,4	25,4	252	788	24,9
Podlaskie	29,4	27,8	32,4	22,8	221	663	25,8
Pomorskie	39,4	39,7	49,1	29,7	304	743	28,3
Śląskie	44,0	40,0	47,8	30,5	285	635	30,3
Świętokrzyskie	30,3	29,8	33,4	21,8	258	741	25,2

Warmińsko-mazurskie	37,3	37,2	42,1	27,9	260	599	23,1
Wielkopolskie	44,0	39,0	46,8	29,8	294	700	27,3
Zachodniopomorskie	43,0	43,6	48,4	36,2	340	799	24,3

POLSKA = 100^a

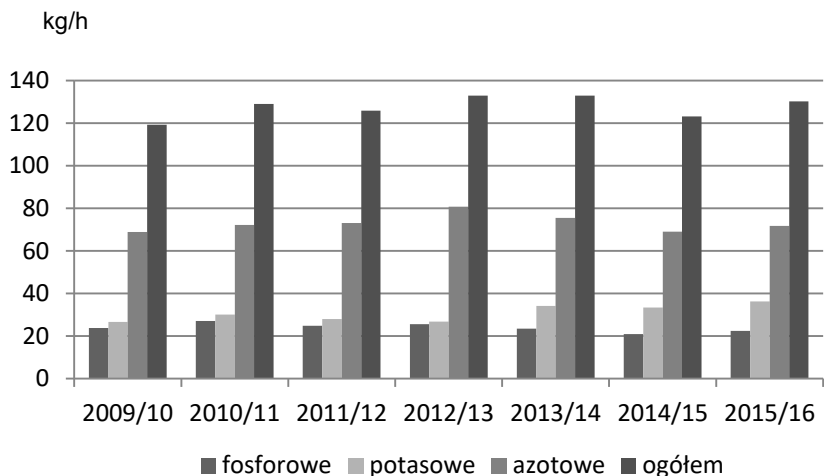
P O L S K A	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Dolnośląskie	128,5	130,7	116,8	120,4	95,8	88,4	112,6
Kujawsko-pomorskie	106,9	103,2	94,5	104,2	108,0	94,6	93,7
Lubelskie	102,5	108,2	108,7	106,0	104,5	94,6	94,8
Lubuskie	104,7	107,1	100,4	108,1	110,8	105,0	101,5
Łódzkie	84,1	83,6	77,5	89,4	104,5	85,0	90,0
Małopolskie	99,3	94,2	85,6	95,4	82,2	105,6	114,8
Mazowieckie	77,2	77,8	76,9	84,9	100,7	103,5	80,4
Opolskie	148,6	146,0	131,2	140,1	124,7	106,2	118,1
Podkarpackie	93,1	86,5	77,3	89,4	87,8	118,5	92,2
Podlaskie	73,0	73,5	70,7	80,3	77,0	99,7	95,6
Pomorskie	97,8	105,0	107,2	104,6	105,9	111,7	104,8
Śląskie	109,2	105,8	104,4	107,4	99,3	95,5	112,2
Świętokrzyskie	75,2	78,8	72,9	76,8	89,9	111,4	93,3
Warmińsko-mazurskie	92,6	98,4	91,9	98,2	90,6	90,1	85,6
Wielkopolskie	109,2	103,2	102,2	104,9	102,4	105,3	101,1
Zachodniopomorskie	106,7	115,3	105,7	127,5	118,5	120,2	90,0

a – Relacja do średniej krajowej.

Zbyt wysokie dawki nawożenia wpływają negatywnie na strukturę gleby, wzrost zakwaszenia, obniżenie urodzajności i mogą prowadzić do skażenia środowiska glebowego. Dlatego bardzo ważne jest ra-

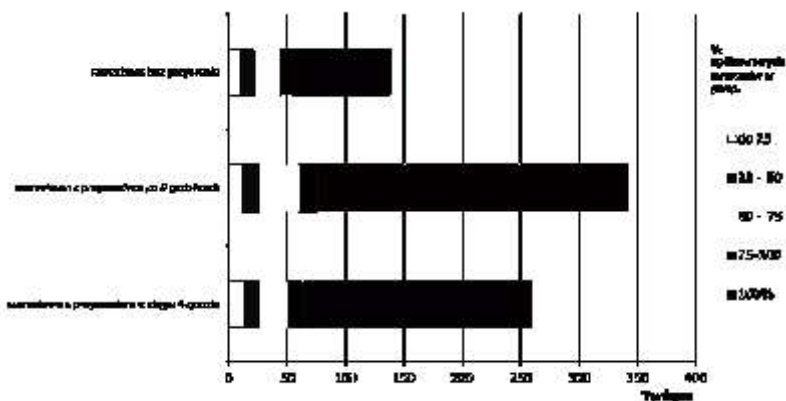
jonalne nawożenie, stosowne m.in. do wymagań uprawy i aktualnej zawartości składników mineralnych w glebie.

Wyk. 1. Zużycie nawozów mineralnych lub chemicznych w kg NPK na 1 ha użytków rolnych



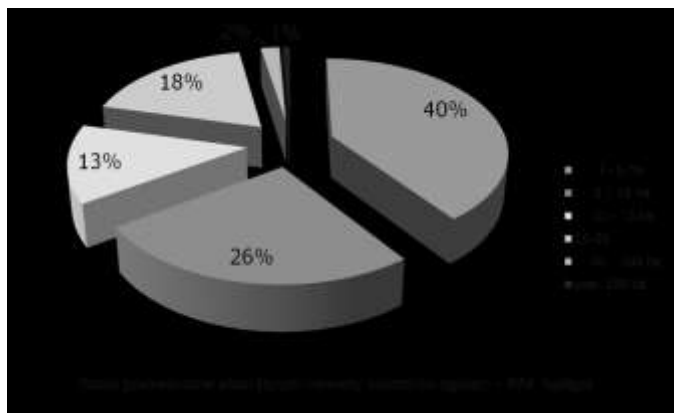
W ocenie poziomu nawożenia gleb należy również uwzględnić **nawożenie naturalne**, które obok nawożenia mineralnego stanowi cenne źródło niezbędnych składników pokarmowych roślin. Ponadto nawozy naturalne podczas rozkładu wzbogacają glebę w próchnicę i polepszają jej właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne.

Wyk. 2. Gospodarstwa stosujące nawozy naturalne według technik aplikacji

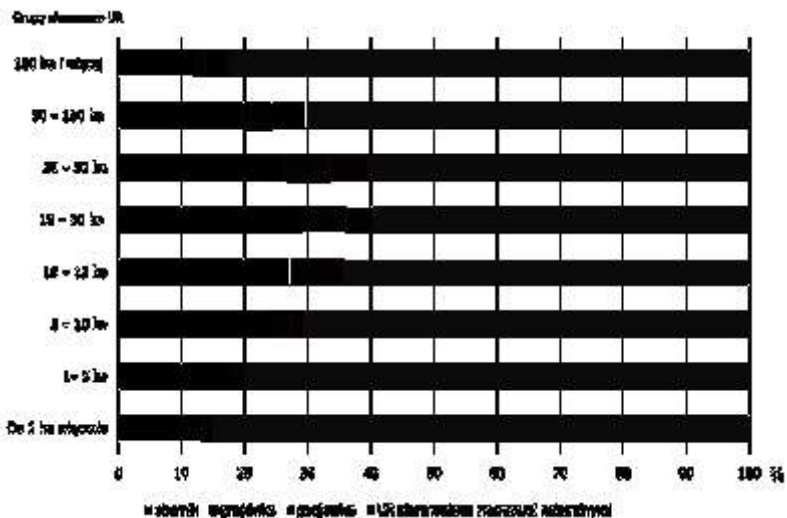


W sezonie 2015/16 ok. 674 tys. użytkowników gospodarstw zastosowało nawozy naturalne, przy czym obornik – ok. 662 tys. gospodarstw, gnojówkę – ok. 116 tys. i ok. 48 tys. gospodarstw wykorzystało do nawożenia gnojowicę. Zdecydowana większość gospodarstw stosuje nawozy naturalne rozrzutowo. Spośród nich w ponad połowie gospodarstw (ok. 342 tys.) nawozy zostały przyorane po 4 godzinach od aplikacji, a w blisko 40% (260 tys.) gospodarstw nawozy zostały przyorane w ciągu 4 godzin. W ok. 138 tys. gospodarstw (ok. 20%) po rozrzutowym zastosowaniu nawozów nie zostały one przyorane (np. na użytkach zielonych) lub przyorane po 24 godzinach od aplikacji. Pasmową i doglebową metodę aplikacji nawozów naturalnych ograniczającą emisję amoniaku stosuje znacznie mniej gospodarstw. Metodę pasmową z użyciem węży wleczonych wykorzystało ok. 6 tys. gospodarstw i redlicy lub płozy - 1,2 tys. gospodarstw. Aplikację doglebową przez dozowanie płytkie nawozów naturalnych zastosowało ok. 5 tys. gospodarstw. Tylko w 900 gospodarstwach zastosowano nawozy naturalne przez dozowanie głębokie. Do nawożenia zużyto ok. 50 mln ton obornika, i po ok. 10 m³ gnojówki i gnojowicy, co w przeliczeniu na czysty składnik wzbogaciło użytki rolne w dobrej kulturze o ponad 46 kg NPK.

Wyk. 3. Udział powierzchni nawożonej nawozami naturalnymi w powierzchni użytków rolnych



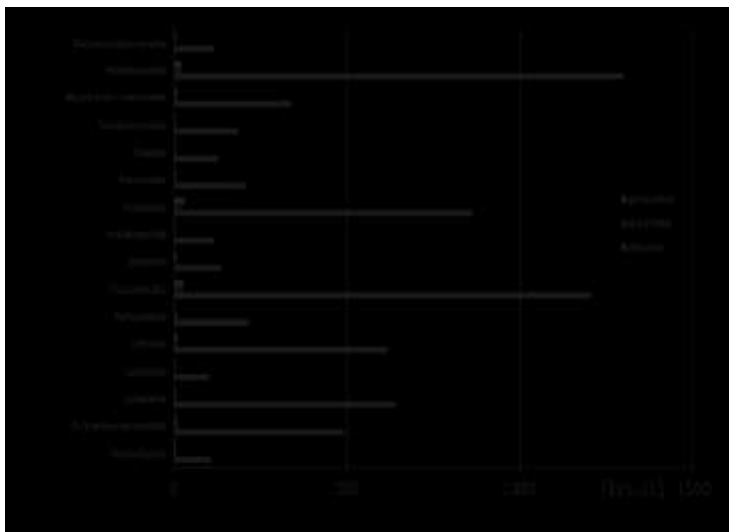
Wyk. 4. Udział powierzchni nawożonej nawozami naturalnymi w powierzchni użytków rolnych



Ponad 130 tys. gospodarstw stosujących nawożenie naturalne w roku gospodarczym 2015/16 wykorzystało ok. 18 mln ton nawozów naturalnych (obornika, gnojówki i gnojowicy) spoza gospodarstwa. Wywóz (eksport) ponad 74 mln ton wyprodukowanych w gospodarstwie nawozów naturalnych zadeklarowało blisko 61 tys. gospodarstw.

Zwiększone zużycie nawozów naturalnych występuje w rejonach o wysokiej koncentracji produkcji zwierzęcej

Wyk. 5. Zużycie nawozów naturalnych w czystym składniku NPK



. Tab. 2. Pogłowie bydła i trzody chlewnej wg stanu w grudniu 2016 r.

Województwa	Ogółem				W tym krowy			
	w tys. szt.	2015= =100	w odsetkach	na 100 ha użytków rolnych ^a w szt	w tys. szt.	2015= =100	w odsetkach	na 100 ha użytków rolnych ^a w szt
BYDŁO								
P o l s k a	5970.2	103.6	100,0	41,1	2303.5	100.0	100,0	15,8
Dolnośląskie...	102.5	98.0	1.7	11,4	40.4	98.4	1.8	4,5
Kujawsko-pomorskie	492.6	105.6	8.3	47,8	155.5	103.3	6.8	15,1
Lubelskie.....	371.8	102.5	6.2	26,0	136.7	98.9	5.9	9,6
Lubuskie.....	73.0	100.3	1.2	18,3	27.5	97.9	1.2	6,9
Łódzkie	473.2	105.0	7.9	49,2	183.1	101.2	8.0	19,0
Małopolskie....	178.1	105.0	3.0	31,9	86.7	104.4	3.8	15,5
Mazowieckie..	1098.5	100.6	18.4	57,2	481.7	97.8	20.9	25,1

Opolskie	122.9	105.2	2.1	24,1	41.8	102.3	1.8	8,2
Podkarpackie..	84.4	94.5	1.4	14,3	47.2	93.3	2.0	8,0
Podlaskie	959.8	100.8	16.1	87,7	436.3	97.7	18.9	39,9
Pomorskie	209.4	108.0	3.5	28,9	66.4	98.7	2.9	9,2
Śląskie	122.7	105.5	2.1	33,3	44.8	105.3	1.9	12,1
Świętokrzy- skie	166.5	102.8	2.8	33,9	56.7	93.6	2.5	11,6
Warmińsko- mazurskie	419.1	103.3	7.0	41,0	186.9	103.7	8.1	18,3
Wielkopolskie	1003.3	110.0	16.8	59,3	274.3	105.1	11.9	16,2
Zachodniopo- morskie	92.5	96.4	1.5	10,9	37.5	96.9	1.6	4,4

TRZODA CHLEWNA

P o l s k a	1106,7	104,9	100,0	76,4	859,0	105,5	100,0	5,9
Dolnośląskie...	196.0	98.0	1,8	21,7	28.5	98.0	3.3	3,2
Kujawsko-	1197.4	103.3	10,8	116,2	107.5	106.3	12.5	10,4
Lubelskie.....	550.2	105.1	5,0	38,5	43.6	95.9	5.1	3,1
Lubuskie.....	153.2	105.9	1,4	38,4	11.0	99.2	1.3	2,8
Łódzkie	1119.8	123.9	10,1	116,5	70.2	115.2	8.2	7,3
Małopolskie...	168.7	98.2	1,5	30,2	19.6	98.4	2.3	3,5
Mazowieckie..	934.4	104.4	8,4	48,7	64.5	107.4	7.5	3,4
Opolskie	391.0	103.6	3,5	76,7	33.3	110.7	3.9	6,5
Podkarpackie..	166.8	104.5	1,5	28,4	16.1	110.2	1.9	2,7
Podlaskie	320.6	97.0	2,9	29,3	24.8	98.9	2.9	2,3
Pomorskie	746.3	104.7	6,7	103,0	66.8	99.7	7.8	9,2
Śląskie	243.6	131.7	2,2	66,0	21.9	135.8	2.5	5,9
Świętokrzy- skie	209.5	102.0	1,9	42,7	23.0	104.2	2.7	4,7
Warmińsko- mazurskie	466.9	103.2	4,2	45,6	43.7	102.8	5.1	4,3
Wielkopol-	3959.3	101.8	35,6	234,0	257.3	106.8	30.0	15,2
Zachodniopo-	283.0	101.3	2,5	33,3	27.1	95.4	3.2	3,2

a Stan w czerwcu.

W 2016 r. na potrzeby rolnictwa sprzedano ok. 68 tys. t środków ochrony roślin w masie towarowej, tj. o 1,2% więcej niż w 2015 r. Zdecydowana większość (ok. 74%) środków pochodziła z importu. W strukturze sprzedaży dominowały środki chwastobójcze (ponad 39 tys. t w masie towarowej), które stanowiły 58,1% sprzedaży wszystkich środ-

ków ochrony roślin. Dostawy środków grzybobójczych (ponad 18 tys. t w masie towarowej) stanowiły odpowiednio 26,8%. Udział w sprzedaży pozostałych środków ochrony roślin (owadobójczych, regulatorów wzrostu, gryzoniobójczych i pozostałych) stanowił łącznie 15,1%. Sprzedaż substancji czynnej zawartej w środkach ochrony roślin na potrzeby rolnictwa zwiększyła się w stosunku do 2015 r. o 456 t (o 1,9%) i wyniosła 24,5 tys. t.

Od 2007 roku, zgodnie z metodologią określoną w przepisach rozporządzenia (WE) Nr 1185/2009 z dnia 25 listopada 2009 r. w sprawie statystyk dotyczących pestycydów, w Polsce realizowane jest **badanie zużycia środków ochrony roślin**. Badanie to prowadzone jest przez Państwową Inspekcję Ochrony Roślin i Nasiennictwa we współpracy z Ministerstwem Rolnictwa i Rozwoju Wsi, Głównym Urzędem Statystycznym oraz Instytutem Ochrony Roślin – PIB w Sońnicowicach. Celem badania jest uzyskanie danych dotyczących przeciętnego zużycia substancji czynnej na określone gatunki roślin (w cyklach 5. letnich). W wybranych losowo gospodarstwach rolnych przeprowadza się szczegółową ankietę o stosowaniu środków ochrony roślin na uprawy przewidziane w danym roku do badania. Opracowaniem wyników zajmuje się Instytut Ochrony Roślin – PIB.

Tab. 3. Zestawienie wyników badania zużycia środków ochrony roślin (w kg/ha)

2011	2012	2013	2014	2015	2016
<p>pszenica ozima - 1,5 burak cukrowy - 2,8 pomidor gruntowy - 9,7 ogórek gruntowy - 3,8 marchew - 2,0</p>	<p>żyto - 0,3 ziemniaki - 1,9 kapusta głowiasta - 1,1 jabłoni - 10,5 truskawki - 2,5</p>	<p>jęczmień jary - 0,6 rzepak ozimy - 2,0 burak chwiltowy - 0,8 malina - 2,0 wiśnia - 5,4</p>	<p>owies - 0,5 pszenica jara - 0,7 porzeczka - 1,7 śliwa - 2,4 burak pastewny - 0,9</p>	<p>mieszanka zbożowe - 0,5 jęczmień ozimy - 1,1 czereśnie - 2,1</p>	<p>pszenżyto ozime - 0,8 kukurydza - 0,8 burak cukrowy - 2,7 cebula - 4,6 marchew - 1,7 grusza - 6,1</p>

Zużycie środków ochrony roślin dla poszczególnych rodzajów upraw jest bardzo zróżnicowane, przy czym generalnie najczęściej środków na jednostkę powierzchni stosuje się w uprawach sadowniczych i warzywniczych. W 2016 r. wskaźnik zużycia środków ochrony roślin w substancji czynnej na 1 ha uprawy pszenżyta ozimego wynosił 0,76 kg, kukurydzy – 0,75 kg, buraka cukrowego – 2,67 kg, cebuli – 4,56 kg, marchwi – 1,66 kg oraz gruszy – 6,08 kg. W uprawie czereśni największy udział w ogólnej ilości zużytych środków ochrony roślin stanowiły środki grzybobójcze i bakteriocydy, w przeliczeniu na substancje czynne ok. 92%. Przy uprawie kukurydzy, buraka cukrowego i marchwi użytkownicy stosowali przede wszystkim środki zaliczane do grupy herbicydów, środków hamujących wzrost pędów i środków mchobójczych – odpowiednio ok. 95%, 88% i 58% (w substancji czynnej). Natomiast w uprawie cebuli i pszenżyta ozimego znaczące zastosowanie miały środki grzybobójcze i bakteriocydy (odpowiednio ok. 54% i 31%) oraz herbicydy, środki hamujące wzrost pędów i środki mchobójcze (odpowiednio ok. 39% i ok. 58%). W 2016 r. zabiegi środkami ochrony roślin stosowało ok. 928 tys. użytkowników gospodarstw rolnych, tj. 65,8% ogółu użytkowników. Przy wyborze odpowiedniego środka ok. 915 tys. rolników (98,7% gospodarstw stosujących środki ochrony roślin) uwzględniało jego szkodliwość dla ludzi, pszczoł i środowiska naturalnego. Najwięcej zabiegów wykonano w celu ochrony zbóż - 1616 tys. oraz plantacji upraw trwałych - 673 tys. W okresie wegetacji, przeciętnie w kraju wykonano 9 zabiegów na uprawy trwale, 2 zabiegi na zboża i 4 na warzywa. Ponadto w roku gospodarczym 2015/16 wykonano ponad 1 zabieg w zamkniętej przestrzeni magazynowej.

Powszechne w rolnictwie stosowanie pestycydów powoduje powstawanie zagrożeń we wszystkich ekosystemach i w konsekwencji wpływa na całe środowisko.

Na podstawie wyników badania koniunktury przeprowadzonego w grudniu 2016 r. optymistyczne opinie (oprócz opinii dotyczących popytu na produkty rolne) wyrażali rolnicy prowadzący gospodarstwa ukierunkowane na produkcję zwierzęcą, w szczególności użytkownicy gospodarstw specjalizujących się w chowie bydła mlecznego i rzeźnego, a także gospodarstw prowadzących uprawy buraków cukrowych. Najgorzej swoją sytuację ocenili rolnicy prowadzący plantacje drzew i krzewów owocowych oraz hodowcy drobiu rzeźnego.

W II półroczu 2016 r. spośród respondentów oceniających sytuację i opłacalność produkcji pozytywnie wypowiedzieli się rolnicy specjalizujący się w chowie bydła, w szczególności bydła mlecznego. Najwięcej negatywnych opinii, analogicznie jak w grudniu 2015 r., wyrażali producenci prowadzący plantacje drzew i krzewów owocowych, warzyw gruntowych, a także hodowcy drobiu rzeźnego.

W opinii rolników w I półroczu 2017 r. należy spodziewać się poprawy sytuacji ogólnej gospodarstw rolnych i popytu na produkty rolne. Wśród użytkowników gospodarstw nastawionych na produkcję zwierzęcą, pozytywne opinie o poprawie ogólnej sytuacji gospodarstwa, opłacalności produkcji i popycie wyrażali rolnicy specjalizujący się w chowie bydła mlecznego i rzeźnego, a także hodowcy drobiu nieśnego. Wśród użytkowników gospodarstw nastawionych na produkcję roślinną opinie o poprawie ogólnej sytuacji gospodarstwa, opłacalności produkcji i popycie wyrażali rolnicy prowadzący uprawy rzepaku i rzepiku.

Zachodzące procesy intensyfikacji, koncentracji i mechanizacji produkcji rolnej w różnym zakresie i stopniu wpływają na środowisko naturalne. Istnieje zatem potrzeba monitorowania wpływu rolnictwa na środowisko, rozwiązywania związanych z tym problemów i kreowania polityki środowiskowej. Do tego celu służą m.in. wskaźniki rolno-środowiskowe. Do wyliczenia tych wskaźników niezbędne są dane pochodzące w większości z badań rolniczych prowadzonych w GUS.

Udział GUS w projektach

Główny Urząd Statystyczny posiada szerokie doświadczenie w realizacji projektów statystycznych dofinansowywanych ze środków Komisji Europejskiej.

W okresie od 2014 roku w DR GUS zrealizowano następujące projekty:

Badania pilotażowe mające na celu metodologiczne doskonalenie statystyki rolno-środowiskowej i rozwój statystyki użytków zielonych

Wynikiem pierwszej części projektu było nawiązanie/usprawnienie współpracy z instytucjami raportującymi wskaźniki rolno-środowiskowe. Dokonano również zestawienia i analizy wskaźników pod kątem potrzeb i problemów w pozyskiwaniu źródeł danych do

wyliczania wskaźników. W drugiej części projektu bazując na wybranym obszarze pilotażowym, dokonano porównania dotychczasowej metodologii szacowania produkcji z użytków zielonych i ich powierzchni z zastosowaniem nowoczesnych metod satelitarnych. Wyniki projektu są wykorzystywane do prac nad wykorzystaniem zdjęć satelitarnych w rolniczych badaniach statystycznych.

System zbierania danych o cenach gruntów rolnych i dzierżawy zgodny z docelową wspólną metodologią

Rezultatem projektu jest udoskonalenie systemu statystycznego do monitorowania, gromadzenia i agregacji danych dot. cen kupna/sprzedaży ziemi i dzierżaw zgodnie z docelową wspólną metodologią. Wyniki projektu to kompletne i porównywalne dane z danymi państw Unii Europejskiej. W projekcie wykorzystano administracyjne źródła danych, tj. RCiWN i Rejestr dzierżaw. Umożliwiło to pozyskanie danych dobrej jakości, bez angażowania respondentów co obniżyło koszty badania.

Wyniki projektu były wykorzystywane w pracach mających na celu wprowadzenie testowanej metody do praktycznego stosowania.

Badanie pilotażowe dot. dostarczenia zharmonizowanych danych statystycznych z zakresu użytkowania gruntów/pokrycia ziemi (Powiązania między systemem LUCAS i systemem krajowym)

Przygotowany został przegląd danych z krajowych źródeł administracyjnych instytucji posiadających bazy danych z zakresu użytkowania gruntów i pokrycia terenu. Dokonano analizy definicji, kompletności zbiorów i ich przydatności do integracji badań statystycznych z europejskim badaniem LUCAS. W ramach prac dokonano pilotażowej konwersji i integracji danych z różnych źródeł krajowych do informacji zbieranych w ramach badania LUCAS.

Badania dotyczące walidacji w zakresie produkcji zwierzęcej

Projekt umożliwił inwentaryzację stosowanych reguł walidacji i wprowadzenie nowych reguł walidacji na każdym etapie zbierania danych w zakresie produkcji zwierzęcej. Wprowadzone automatyczne walidacje ułatwiają kontrolę i analizę danych oraz wpływają na poprawę jakości danych statystycznych. Podjęta współpraca GUS z ARiMR po-

zwolniła uzyskać dane do analiz w zakresie pogłowia i ubojów zwierząt gospodarskich, a także podjąć stałą współpracę w tym zakresie.

Badanie struktury gospodarstw rolnych w Polsce w 2016 r.

Wyniki badania struktury gospodarstw rolnych uaktualniły informacyjną bazę o rolnictwie udostępnianą szerokiemu odbiorcy w postaci danych o gospodarstwach rolnych, prowadzonej przez nich działalności gospodarczej innej niż rolnicza, użytkowaniu gruntów, powierzchni zasiewów, powierzchni nawadnianej, pogłowiu zwierząt, ciągnikach rolniczych, zużyciu nawozów i ochronie roślin, metodach nawożenia naturalnego, stosowanych metodach w produkcji rolnej oraz pracujących w rolnictwie. Pozyskane dane są wykorzystywane do aktualnej oceny sytuacji w rolnictwie, do wyliczeń wskaźników rolno-środowiskowych, w ekspertyzach i analizach instytucji naukowych. Dane uzyskane z badania są wykorzystywane do aktualizacji operatu do badań rolniczych.

ESSnet. Pilotaż I w ramach Big Data (umowa szczegółowa nr 1 do umowy ramowej 11104.2015.006-2015.720)

W zakresie obszaru „Rolnictwo”, opracowano koncepcję wykorzystania zdjęć radarowych i optycznych z satelit Sentinel-1 i Sentinel-2 w celu rozpoznawania upraw. Wykorzystano serię czasowych danych reprezentujących rozwój upraw, a następnie je zharmonizowano na potrzeby optymalizacji działania algorytmów. Wykorzystano informację zebraną w reprezentacyjnym terenowym badaniu (*in situ*) oraz istniejące dane administracyjne. Przeprowadzono agregację uzyskanych wyników na poziomie jednego województwa oraz porównano je z danymi referencyjnymi. W raporcie opisany został również use case tj. badanie pilotażowe przeprowadzone w 2015 roku.

Wypracowane w projekcie koncepcje wykorzystania zdjęć radarowych i optycznych do identyfikacji i monitorowania upraw są wykorzystywane w pracach prowadzonych w GUS zmierzających do wprowadzenia w badaniach statystycznych innowacyjnych metod zbierania danych o uprawach opartych na połączeniu informacji ze zdjęć satelitarnych, badania terenowego *in-situ* i danych administracyjnych.

Badanie pilotażowe w zakresie łączenia IACS i innych rejestrów administracyjnych oraz danych statystycznych

Zastosowane w projekcie do analizy i oceny jakości rejestrów administracyjnych kryteria oceny są wykorzystywane w pracach przygotowawczych do Powszechnego Spisu Rolnego 2020 (PSR 2020) i Narodowego Spisu Powszechnego Ludności i Mieszkań 2021 (NSP 2021), w opracowaniu modelu oceny dostępności i użyteczności w spisach rejestrów administracyjnych. W/w kryteria oceny znajdują zastosowanie w obecnie realizowanych badaniach bieżących z różnych dziedzin statystyki. Została wprowadzona do praktyki i stanowi obowiązujący standard w polskiej statystyce publicznej metodyka podnoszenia jakości zbiorów danych przekazywanych do GUS z systemu IACS. Wdrożono koncepcję budowy rejestru gospodarstw rolnych z wykorzystaniem danych z różnych źródeł administracyjnych, w tym rejestru IACS. Wprowadzono metody zbierania danych zwiększające wykorzystanie przez statystykę danych z systemu IACS i innych rejestrów administracyjnych zapewniając szybszy dostęp do aktualnych danych.

Wykorzystanie administracyjnych źródeł danych, w szczególności informacji ze Zintegrowanego Systemu Zarządzania i Kontroli (IACS), dla potrzeb statystyki rolnictwa - Badanie pilotażowe dot. łączenia administracyjnych źródeł danych z innymi danymi statystycznymi

Opracowany podczas projektu system wspierający wykorzystanie danych administracyjnych jako źródeł danych do statystyk rolnych (platforma integracyjna) jest wykorzystywany do projektowania nowych badań i modernizacji już istniejących. Wypracowane metody szerszego gromadzenia statystyk rolniczych wyłącznie na podstawie danych administracyjnych przy użyciu jednego rejestru i poprzez łączenie danych z kilku rejestrów administracyjnych przyczyniają się do realnego obniżenia kosztów badań prowadzonych metodą ankietową i obniżenia obciążenia respondentów. Wdrożono prace nad uzyskaniem szerszego dostępu do danych z systemów administracyjnych kontynuując współpracę z Agencją Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa związaną z pozyskiwaniem danych o powierzchni upraw rolnych.

Obecnie GUS bierze udział w realizacji następujących projektów:

Aktualne ceny gruntów rolnych i dzierżawy w oparciu o badania pilotażowe dot. uzyskania zharmonizowanych danych z zakresu cen gruntów rolnych i dzierżawy

Przystąpienie w lipcu br. do nowego projektu stanowi kontynuację i rozszerzenie prac prowadzonych w ramach grantu System zbierania danych o cenach gruntów rolnych i dzierżawy zgodny z docelową wspólną metodologią. Projekt ma na celu udoskonalenie narzędzi monitorowania cen kupna/sprzedaży i dzierżawy użytków rolnych, jak również stworzenie kompletnych i porównywalnych danych pomiędzy państwami Unii Europejskiej.

W odróżnieniu od poprzedniego projektu prowadzone będą działania umożliwiające pozyskanie informacji o gruntach nawadnianych i nienawadnianych z wykorzystaniem danych z badania Struktury Gospodarstw Rolnych.

W dostosowaniu do uaktualnionej metodologii, zmieniona będzie metoda wyliczenia średniej ceny na kraj, przyjmując jako wagę powierzchnię gruntów ornych i trwałych użytków zielonych także z badania SGR.

Ukierunkowanie projektu to możliwość zastąpienia aktualnie prowadzonego badania ankietowego GUS dotyczącego cen zakupu/sprzedaży i dzierżawy gruntów ornych i łąk danymi z rejestrów. Koszty takiego badania obejmować wówczas będą prace rachunkowo-analityczne i programowe integrujące informacje z różnych baz danych, ze szczególnym uwzględnieniem źródeł administracyjnych.

ESSnet. Pilotaże I w ramach Big Data. Druga umowa szczegółowa (w ramach umowy ramowej 11104.2015.006-2015.720)

W ramach prowadzonych prac planowane jest udoskonalanie koncepcji wykorzystania danych teledetekcyjnych w ramach tematu: Rolnictwo. Trwają prace związane z optymalizacją metody losowania prób terenowych w oparciu o dane administracyjne umożliwiające analizy przestrzenne powiązane z poszczególnymi pasami przelotów satelit typu Sentinel. Wyniki projektu znajdą zastosowanie w pracach nad doskonaleniem wykorzystania danych satelitarnych w identyfikacji i monitorowaniu upraw rolnych.

Realizacja zadań w projektach wpływa na popularyzację nowych rozwiązań i metod badań, a tym samym na rozwój statystyki rolnictwa oraz szersze wykorzystanie danych statystycznych poprzez:

- dostarczenie danych wykorzystywanych w ocenach skutków regulacji zapewniających konkretne merytoryczne argumenty dla wprowadzenia danej legislacji,
- dostarczenie danych do strategii, planów rozwojowych, ekspertyz i prac naukowych wpływając na efektywność realizacji celów społecznych i gospodarczych postawionych przed instytucjami państwowymi,
- wykorzystanie danych w procesie zarządzania gospodarką przestrzenną poprzez dostarczenie danych na poziomie gmin,
- dostarczenie danych na poziomie gmin wspomagając kształtowanie polityk rozwoju na poziomie regionalnym i lokalnym,
- wykorzystanie big data (duże zbiory danych satelitarnych i administracyjnych) służące wspieraniu efektywnego funkcjonowania rynków (zwłaszcza rynków rolnych) i instytucji publicznych związanych nie tylko z rolnictwem,
- dostarczenie danych i prezentacji wyników w formie cyfrowej służące rozwojowi rynków i instytucji publicznych,
- stworzenie bądź podniesienie poziomu wykorzystania trwałych i skutecznych rozwiązań w zakresie adaptacji produkcji rolno-spożywczej do zmian klimatu,
- łatwy i równy dostęp do wyników badania wszystkich zainteresowanych wpływając na rozwój aktywności obywatelskiej i stwarzając możliwości partycypacji społecznej w procesach budowania polityk rozwojowych oraz zwiększając efektywność administracji publicznej,
- wykorzystanie danych przy tworzeniu mechanizmów pozwalających na ochronę i poprawę jakościową krajobrazu kulturowego (zwłaszcza obszarów wiejskich), a tym samym zapobiegających narastaniu nieładu przestrzennego,
- wykorzystanie danych przy tworzeniu modeli i metod pomiaru efektywności wdrażania innowacji ze środków publicznych (wykorzystanie danych w ocenie kontrfaktycznej),
- wykorzystanie danych do budowania modeli wspierania przedsiębiorstw działających w obszarze rolnictwa,
- dostarczanie danych szybciej, bardziej dokładnych (dla mniejszych jednostek podziału administracyjnego kraju) przy zmniejszeniu obciążeń wpływając na zwiększenie efektywności wydatków w zakresie dostarczania wysokiej jakości infrastruktury i usług publicznych,

- popularyzację zastosowanych technik pozyskiwania danych z wykorzystaniem zdjęć satelitarnych wpływając na rozwój przemysłu kosmicznego.

Wykorzystanie danych statystycznych z badań rolniczych

Głównym odbiorcą wyników badań jest Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi (MRiRW) wraz z podległymi jednostkami, instytuty naukowe, wyższe uczelnie, jednostki samorządu terytorialnego, organizacje branżowe, rolnicy a także studenci i pracownicy naukowci, którzy pracach magisterskich, doktorskich, habilitacyjnych wykorzystują informacje statystyczne.

W Ministerstwie Rolnictwa i Rozwoju Wsi dane statystyczne wykorzystywane są do bieżącego monitorowania oraz analizy i oceny sytuacji w rolnictwie. Wskaźniki wyliczone na podstawie danych uzyskanych z badań mogą być wykorzystane do monitorowania „Strategii zrównoważonego rozwoju wsi, rolnictwa i rybactwa na lata 2012-2020” oraz do oceny działań realizowanych w ramach Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014-2020 (PROW 2014-2020).

Podległy MRiRW Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa Państwowy Instytut Badawczy (IUNG-PIB) w ramach swojej działalności ukierunkowanej na problemy rozwoju zrównoważonego produkcji rolniczej i kształtowanie środowiska rolniczego oraz wspieranie decyzji władz administracyjnych i samorządowych może wykorzystywać dane o uprawach pozyskane z systemu SATMIROL w przygotowywanych analizach, opracowaniach, wystąpieniach czy prezentacjach.

Podległy MRiRW, **Instytut Technologiczno-Przyrodniczy (ITP)** przy realizacji prowadzonych m.in. badań naukowych i prac rozwojowych oraz działalności monitoringowej dotyczącej kształtowania struktury użytkowania powierzchni i ładu przestrzennego oraz gospodarki na trwałych użytkach zielonych może wykorzystywać dane uzyskane z systemu do identyfikacji i monitorowania upraw rolnych oraz metod oceny wpływu zjawisk ekstremalnych takich jak: powódź, susza, przymrozki, podtopienia, gradobicia itp. na stan upraw w okresie wegetacji.

Kolejny odbiorca danych - **Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej – Państwowy Instytut Badawczy (IE-RiGŻ-PIB)** to placówka naukowo-badawcza skoncentrowana w swojej działalności na najważniejszych zagadnieniach dotyczących ekonomicz-

nej, produkcyjnej i społecznej sytuacji polskiej wsi, rolnictwa i szeroko rozumianej gospodarki żywnościowej. IERiGŻ-PIB korzysta z danych GUS dotyczących sytuacji ekonomiczno-finansowej przemysłu spożywczego, produkcji i cen żywności oraz danych dotyczących sytuacji w handlu zagranicznym artykułami rolno-żywnościowymi. Dane odnoszące się do powierzchni upraw dostępne na wszystkich poziomach podziału administracyjnego kraju (według województw, powiatów, gmin) mogą być wykorzystane w IERiGŻ-PIB w ekspertyzach opracowywanych na zlecenie najważniejszych organów administracji państwowej (Sejmu, Senatu, URM, Kancelarii Prezydenta, MRiRW, MF, NIK) czy agend rządowych (ARiMR, KOWR) lub w publikacjach.

Z danych statystycznych GUS korzysta Komitet Przestrzennego Zagospodarowania Kraju PAN. W 2011 roku między Komitetem a GUS zostało podpisane porozumienie dotyczące obustronnej współpracy w zakresie badań regionalnych i zagospodarowania przestrzennego. **Dane w ujęciu przestrzennym będą wykorzystane przez Komitet** przy opracowywaniu ekspertyz, ocen i opinii naukowych dla organów administracji państwowej odpowiedzialnych za europejską politykę spójności, planowanie zagospodarowania przestrzennego, politykę regionalną i miejską, rozwój obszarów wiejskich, ochronę środowiska i infrastrukturę. Jednym z kierunków planowanej działalności Komitetu na lata 2015-2018 jest bieżące opiniowanie dokumentów i programów rządowych dotyczących rozwoju regionalnego i sfery dotyczącej funkcjonowania gospodarki przestrzennej, w której partnerami Komitetu są Ministerstwo Rozwoju i GUS.

Dane o powierzchni upraw z systemu SATMIROL mogą być wykorzystane w **Instytucie Rozwoju Wsi i Rolnictwa Polskiej Akademii Nauk (IRWIR PAN)** do diagnozowania procesów zachodzących na wsi i w rolnictwie, prognozowania przyszłych kierunków zmian oraz opracowywania scenariuszy rozwoju. Badania podejmowane w IRWIR PAN dotyczą przemian społecznych i gospodarczych na obszarach wiejskich z uwzględnieniem trendów krajowych i globalnych. Wśród wielu zagadnień i tematów podejmowanych w Instytucie znajdują się m.in. użytkowanie ziemi czy zmiany struktury gospodarczej na wsi.

Jednostki samorządu terytorialnego mogą wykorzystywać dane statystyczne do opracowania i oceny strategii rozwoju gminy, strategii rozwoju województwa, miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego, czy zarządzania przestrzenią rolniczą.

Literatura

GUS (2014). Departament Rolnictwa, Charakterystyka gospodarstw rolnych 2013, Warszawa.

GUS (2017). Departament Rolnictwa, Rolnictwo w 2016, Warszawa.

GUS (2017). Koniunktura w rolnictwie 2016 i 2017, Warszawa 2017.

GUS (2017). Pogłowie bydła 2016, Warszawa.

GUS (2017). Pogłowie świń 2016, Warszawa.

GUS (2017). Program badań statystycznych statystyki publicznej, Warszawa, Wydanie elektroniczne.

GUS (2017). Środki produkcji w rolnictwie w roku gospodarczym 2015/2016, Warszawa.

GUS (2017). Użytkowanie gruntów i powierzchnia zasiewów w 2016 r., Warszawa.

GUS (2017). Wyniki produkcji roślinnej w 2016, Warszawa.

ACTIONS OF THE DEPARTMENT OF AGRICULTURE IN THE FIELD OF RESEARCH

S u m m a r y

The research work of the Department of Agriculture in Central Statistical Office of Poland specifies the specific economic and production conditions of agriculture, such as: the nature of the production, the dependence on agro-meteorological conditions, the seasonality of production and its considerable dispersion and territorial diversity. The basic assumption in developing research topics is the realization of the demand of domestic and foreign recipients of information, including the fulfillment by Poland of a Member State of Eurostat requirements.

Key words: Central Statistical Office of Poland, Department of Agriculture, research, collecting data.