

Alina Syp¹, Dariusz Osuch²

*¹Institut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

*²Institut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej – Państwowy Instytut
Badawczy w Warszawie*

SZACOWANIE EMISJI GAZÓW CIEPLARNIANYCH NA PODSTAWIE DANYCH FADN*

Słowa kluczowe: dane FADN, emisje GHG, gospodarstwa rolne, system produkcji

Wstęp

Sektor rolniczy w Polsce (8% emisji krajowych w 2014 roku) jest drugim co do wielkości, po sektorze energetycznym (81,3%), źródłem emisji gazów cieplarnianych (GHG) wyłączając sektor „Użytkowanie gruntów, zmiany użytkowania gruntów i leśnictwo” (LULUCF) (12). Ograniczenie emisji GHG z rolnictwa było jednym z głównych czynników kształtujących założenia programu Wspólnej Polityki Rolnej (WPR) na lata 2014-2020. We wdrażanym obecnie pakiecie w ramach filaru pierwszego WPR promowane są działania, które mają ograniczyć wzrost emisji GHG. Jednym z nich jest wdrażanie pakietu „zazielenianie”, w wyniku którego rolnik otrzymuje dodatkową dopłatę do hektara za stosowanie określonych praktyk rolniczych korzystnych dla klimatu i środowiska. W Drugim filarze (Program Rozwoju Obszarów Wiejskich – PROW) promowane są działania związane z łagodzeniem zmian klimatu np. przejście na gospodarkę niskoemisyjną (11).

W ciągu ostatnich lat wiele badań pokazało, że istnieje możliwość łagodzenia zmian klimatu poprzez stosowanie różnych praktyk rolniczych (13, 15-16). Działania te mogą być wdrażane bezpośrednio lub pośrednio z uwzględnieniem wsparcia WPR. Oznacza to, że WPR może odgrywać znaczącą rolę w osiągnięciu celów polityki klimatycznej. Poza tym, w dłuższej perspektywie czasu cele redukcji emisji dla sektora rolnego są coraz bardziej ambitne (8). Według Komisji Europejskiej (8) w celu uzyskania ograniczenia emisji gazów cieplarnianych o 80-95% do 2050 r. w porównaniu

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.6 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

z 1990 r. sektor rolny musi zmniejszyć o 42-49% emisje GHG. Pierwszym krokiem w tym procesie był cel określany jako „3x20%”, tj. zmniejszenie o 20% emisji GHG w stosunku do roku 1990, zmniejszenie zużycia energii o 20% w porównaniu z prognozami dla Unii Europejskiej (UE) na 2020 r., zwiększenie udziału odnawialnych źródeł energii do 20% całkowitego zużycia w UE (3). Kolejnym etapem było zatwierdzenie przez Radę Europejską w dniu 24.10.2014 r. porozumienia w sprawie zakresu polityki klimatyczno-energetycznej do roku 2030, w ramach którego emisje GHG powinny zostać ograniczone o co najmniej 40% do 2030 r. w porównaniu z 1990 r. (10). Dla rolnictwa, które zaliczane jest do obszaru nieobjętego systemem handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych (tzw. non-ETS), ustalono redukcję emisji na poziomie 30% w stosunku do roku 2005. Jest to wzrost w stosunku do celu 2020, który dla UE wyniósł -10% w porównaniu do roku 2005. Rada Europejska zaleciła, aby w celach redukcyjnych emisji GHG do 2030 r. został uwzględniony sektor użytkowania gruntów, zmiany sposobu użytkowania gruntów i leśnictwa (tzw. sektor LULUCF). Uwzględnienie tego sektora ma zapewnić przyczynienie się przez wszystkie sektory w sposób efektywny kosztowo do działań redukujących emisje GHG. Sposób ujęcia tego sektora w polityce klimatycznej UE powinien zostać określony najpóźniej do 2020 roku.

Monitorowanie, raportowanie i weryfikacja emisji GHG jest podstawowym etapem każdej regulacji prawnej związanej z redukcją emisji GHG. W celu wypełnienia zobowiązań podjętych w ramach Ramowej Konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu (UNFCCC) i mechanizmu monitorowania emisji GHG, każdy kraj członkowski UE ma obowiązek sporządzania Krajowych Raportów Inwentaryzacyjnych, które są oficjalnym narzędziem do monitorowania emisji GHG. W ramach UNFCCC powołano Międzyrządowy Zespół ds. Zmian Klimatu (*Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC*), którego celem jest ustanowienie wspólnej metodologii szacowania emisji ze wszystkich sektorów przy użyciu prostych i dostępnych danych, możliwych do wykorzystania do celów sprawozdawczych. na całym świecie. Rolnictwo jest jednym z najważniejszych sektorów, w tym kontekście właściwe szacowanie emisji jest więc jednym z najtrudniejszych wyzwań.

Rolnicze emisje GHG są typowym przykładem zanieczyszczenia pochodzącego z różnych źródeł, dlatego też tego rodzaju emisje muszą być obliczane pośrednio. Jak już wspomniano, wspólna metodologia pośredniego szacowania emisji została opracowana przez IPCC (6) i jest uznawana w całym świecie jako standard. Niemniej jednak ten standard odnosi się do danych zagregowanych i nie wydaje się być szczególnie odpowiedni dla mikro danych. Calderoni i in. (1) zaadaptowali i zastosowali metodę IPCC do szacowania emisji na poziomie gospodarstwa. Wykorzystując dane pochodzące z gospodarstw, oszacowali emisję metanu (CH_4), podtlenku azotu (N_2O) i dwutlenku węgla (CO_2) w następujących kategoriach: produkcja zwierzęca i roślinna, nawozy, energia i zmiany użytkowania gruntów. Takie podejście umożliwia porównywanie w gospodarstwie emisji na różnych poziomach.

Ponadto, daje możliwość oceny zmienności emisji pomiędzy gospodarstwami ze względu na wielkość gospodarstwa, typ produkcji i położenie. Uzyskane wskaźniki emisji odnoszą się tylko do emisji, która powstaje w obrębie granic gospodarstwa, a nie uwzględniają emisji powstałych przy produkcji środków do produkcji rolniczej oraz transportu żywności i środków produkcji. Według Dicka i in. (2) prezentowany sposób szacowania emisji na poziomie gospodarstwa ma dwie zalety. Po pierwsze, umożliwia rolnikowi stosowanie najlepszych praktyk na każdym etapie produkcji i wpływ na wielkość emisji GHG. Po drugie, podejście to pozwala na ocenę polityki realizowanej na poziomie gospodarstw, w szczególności tej, która wpływa na zachowanie rolników pod względem wyboru sposobu produkcji i stosownych nakładów.

Cele pracy były następujące: oszacowanie emisji GHG na poziomie gospodarstwa rolnego w dwóch systemach produkcji, tj. konwencjonalnym i ekologicznym, w oparciu o dane pochodzące z bazy rachunkowości rolnej (FADN) oraz ukazanie różnic w wielkościach emisji GHG w zależności od i powierzchni gospodarstwa oraz typu rolniczego.

Material i metodyka badań

Zaproponowana w tych badaniach metodyka szacowania emisji GHG na poziomie gospodarstwa oparta była na adaptacji metodologii opracowywanej przez IPCC (6) w połączeniu z głównymi typami produkcji rolniczej. Dane dotyczące produkcji rolniczej pochodziły z polskiej bazy FADN. Do szacowania emisji GHG wykorzystane zostały wskaźniki opracowane przez IPCC, uzupełnione o wskaźniki opracowane dla Polski w celu odzwierciedlenia specyfiki warunków krajowych. Wskaźniki te prezentowane są w oficjalnych dokumentach prezentowanych przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE), który w Polsce jest jednostką odpowiedzialną za opracowywanie krajowej inwentaryzacji gazów cieplarnianych zgodnie z obowiązującymi wytycznymi IPCC (6, 12). Standardowe podejście z wykorzystaniem danych FADN zapewnia łatwiejsze i przejrzyste zbieranie danych dotyczących wszystkich działalności w gospodarstwie dla różnych kierunków produkcji rolniczej. Ponadto, korzystanie z danych FADN pozwala na połączenie emisji GHG z innymi wskaźnikami ekonomicznymi gospodarstwa, umożliwiając formułowanie hipotez na temat możliwych przyczyn różnej wydajności emisji w zależności od zachodzących zmian.

Zgodnie z metodyką IPCC, „Rolnictwo” jako sektor (w odniesieniu do gospodarstwa rolnego) emituje głównie dwa gazy cieplarniane, tj. CH_4 i N_2O w dziewięciu różnych grupach, z czego sześć uwzględnianych jest w raportach KOBiZE, ponieważ występują w polskich warunkach, tj. fermentacja jelitowa, odchody zwierzęce, gleby rolne, spalanie resztek poźniwnych, wapnowanie i stosowanie mocznika. Emisje CO_2 pochodzące z wykorzystania maszyn, budynków gospodarskich i transportu produktów

rolnych nie są wliczane do sektora „Rolnictwo”, a zaliczane do sektora „Energia”. Ponadto, emisje i pochłanianie CO₂ z gleb rolniczych oraz biomasy klasyfikowane jest w sektorze LULUCF. Jednakże, w celu właściwego oszacowania emisji na poziomie gospodarstwa zastosowano metodologię, która obejmie źródła klasyfikowane w dwóch sektorach, tj. Rolnictwo i Energia (Tab. 1). Według metodyki IPCC, emisje z każdego sektora szacowane są osobno. W celu wyrażenia całkowitych emisji w ekwiwalentach CO₂ (4, 6), emisje poszczególnych związków (N₂O, CH₄ i CO₂) są mnożone przez wskaźniki potencjału tworzenia efektu cieplarnianego (GWP). Wartość tego wskaźnika w 100 letnim okresie dla CO₂ wynosi 1, a dla N₂O i CH₄ odpowiednio – 298 i 25 (4). Podstawowe podejście metodologii IPCC (Tier 1) do obliczania rolniczych emisji GHG zakłada liniową zależność pomiędzy wielkością emisji i danymi z poszczególnych działalności. W analizie wykorzystano wskaźniki emisji opracowane dla Polski (12), a w przypadku ich braku standardowe wartości zdefiniowane przez IPCC (6). W wyniku takiego postępowania, wartości emisji GHG z różnych źródeł są agregowane do czterech kategorii: produkcja zwierzęca i roślinna, stosowane nawozy oraz zużyta energia. Tab. 2 prezentuje dane, które zostały wykorzystane z bazy FADN do oszacowania poszczególnych kategorii emisji.

W związku z tym, że baza danych FADN nie była stworzona w celu zbierania danych niezbędnych do szacowania emisji GHG na poziomie gospodarstwa, konieczne są pewne założenia w celu uzupełnienia danych niezbędnych do kalkulacji emisji według czterech wymienionych wyżej kategorii.

Emisje GHG z produkcji zwierzęcej obejmują emisje z fermentacji jelitowej i odchodów zwierzęcych. Fermentacja jelitowa jest procesem, który polega na rozkładzie w warunkach beztlenowych włókna pochodzącego z pasz objętościowych. Ilość emitowanego metanu zależy od gatunku, wieku i wagi zwierząt oraz od ilości i jakości paszy. W szacowaniu emisji CH₄ z fermentacji jelitowej wykorzystano dwa typy metod: pierwsza – uproszczona, w oparciu o domyślne wskaźniki rekomendowane przez IPCC (Tier 1), a druga – z wykorzystaniem wskaźników krajowych (Tier 2). Metodę Tier 1 zastosowano w szacunkach emisji dla trzody chlewnej, kóz i koni, a Tier 2 dla bydła. Wskaźniki emisji CH₄ dla przeżuwaczy zostały opracowane na podstawie dziennego zapotrzebowania zwierząt na energię. Emisja CH₄ z drobiu nie jest szacowana, z powodu braku wytycznych IPCC. Ilość emitowanego CH₄ w wyniku procesu fermentacji jelitowej obliczana jest jako iloczyn stanu średniorocznego liczby zwierząt w poszczególnych kategoriach i wskaźnika emisji (EF). Kolejnym ważnym źródłem emisji CH₄ są rozkładające się w warunkach beztlenowych odchody zwierzęce. Powstająca ilość CH₄ zależy od masy odchodów i technologii przechowywania. Największe emisje CH₄ występują przy składowaniu odchodów w postaci ciekłej. Przy składowaniu odchodów stałych dopływ powietrza ogranicza warunki beztlenowe, a przez to wpływa na mniejsze emisje CH₄ (17). Najkorzystniejszym rozwiązaniem ze względu na zanieczyszczenie środowiska jest bezpośrednie wywożenie i przyoranie odchodów na polu (z krótkotrwałym składowaniem lub jego pominięciem). Emisja CH₄ z odchodów zwierzęcych bydła

i trzody chlewnej została oszacowana z wykorzystaniem krajowych wskaźników emisji (Tier 2) opracowanych zgodnie z wytycznymi IPCC. Wskaźniki emisji, podobnie jak w fermentacji jelitowej, zależą od dziennego zapotrzebowania zwierząt na energię oraz systemu utrzymania. Ilość emitowanego CH_4 z odchodów zwierzęcych obliczono jako iloczyn stanu średniorocznego liczby zwierząt i wskaźnika emisji (EF). W ramach tej kategorii nie są ujęte emisje pochodzące ze spalania obornika oraz emisje występujące przy produkcji biogazu.

W czasie składowania odchodów zwierzęcych poza emisją CH_4 do atmosfery występuje też emisja N_2O . Szacunki emisji N_2O na poziomie Tier 2 dokonano w oparciu o krajowe dane o systemach utrzymania poszczególnych kategorii zwierząt (12). Podstawą do obliczeń ilości azotu w odchodach zwierzęcych były standardowe współczynniki opracowane na podstawie ilości i strawności zadawanych pasz. Ponieważ baza danych FADN zawiera bardzo szczegółowe dane na temat pogłowia zwierząt, w szacowaniu emisji GHG uwzględniono kategorie wagowe i wiekowe zwierząt.

Emisje GHG z produkcji roślinnej w naszych badaniach obejmują emisje pochodzące z resztek poźniwnych oraz azotu z odchodów zwierzęcych na pastwiskach i wygonach. W analizie pominięto emisje z gleb organicznych, ponieważ żadne z gospodarstw nie posiadało takiego typu gleb. Emisje z reszek poźniwnych zostały oszacowane na podstawie powierzchni upraw poszczególnych roślin i wielkości plonów. Emisje z odchodów zwierzęcych obliczono na podstawie pogłowia zwierząt, krajowych wskaźników zawartości azotu w odchodach oraz danych o systemie gospodarowania odchodami. W obliczeniach emisji z produkcji roślinnej wykorzystano współczynniki stosowane przy sporządzaniu krajowych raportów inwentaryzacyjnych oraz domyślne wskaźniki emisji Tier 1 (12).

Nawozy to kolejna kategoria emisji GHG występująca w gospodarstwie rolnym. Zalicza się do niej emisje pochodzące ze stosowania: azotowych nawozów mineralnych, organicznych, mocznika, depozycji azotu z atmosfery i wymywania azotu do gruntu. W obliczeniach tych emisji wykorzystano dane z bazy FADN dotyczące: ilości zastosowanego azotu i mocznika, pogłowia zwierząt, powierzchni upraw oraz plonów poszczególnych roślin w gospodarstwie. Dla każdego z tych źródeł wykorzystano ogólne wskaźniki emisji opracowane przez IPCC (6).

W celu obliczenia emisji GHG związanych ze zużyciem paliw w gospodarstwie wykorzystano wskaźnik emisji CO_2 z sektora transportu. Wskaźnik ten dla Europy wynosi 3,140 kg CO_2 na kg spalanego oleju napędowego (6). Emisję GHG obliczono jako iloczyn ilości zużytego oleju napędowego w gospodarstwie i wskaźnika emisji. W naszych szacunkach emisji nie uwzględniono emisji GHG związanych z sektorem LULUCF ponieważ analiza dotyczy tylko jednego roku.

Podstawowym źródłem informacji wykorzystanych w opracowaniu były dane pochodzące z bazy Polskiego FADN dotyczące produkcji w 2015 r. W badanej populacji ze względu na stosowane systemy produkcji, wydzielono dwie grupy gospodarstw, tj. konwencjonalne i ekologiczne o powierzchni użytków rolnych

od 10 do ≤ 20 ha. Gospodarstwa z tego przedziału wielkości określane są zgodnie z nomenklaturą FADN jako „średnio-małe”. Do badań wybrano gospodarstwa o takiej wielkości ponieważ w Polsce największy odsetek gospodarstw ekologicznych znajduje się w tym przedziale (9). Według „Raportu o stanie rolnictwa ekologicznego w Polsce w latach 2013-2015”, w 2013 r. gospodarstwa te stanowiły 26,3%, a w 2014 r. już 28,2% ogółu gospodarstw w Polsce (9). W 2015 r., w bazie Polskiego FADN było 95 gospodarstw ekologicznych. Jednakże, ze względu na obowiązujące zasady upowszechniania danych FADN analizę przeprowadzono tylko dla 78 gospodarstw sklasyfikowanych w następujących typach: uprawy polowe (21), krowy mleczne (24) i mieszane (33). Liczba gospodarstw w pozostałych typach była mniejsza niż 15 (Tab. 3). Dla wybranych gospodarstw ekologicznych dobrano próbę gospodarstw konwencjonalnych, które spełniały te same zasady doboru, tj. powierzchnię użytków rolnych i typ produkcji. Ponadto, gospodarstwa o tradycyjnym systemie uprawy dobierano w sąsiedztwie gospodarstw ekologicznych. Szczegółową charakterystykę gospodarstw w obu systemach uprawy prezentują tabele 4-7.

Emisje GHG wyrażone w ekwiwalentach CO₂ oszacowano dla każdego systemu produkcji oraz wybranych typów rolniczych w obu systemach produkcji. Do oceny oddziaływania gospodarstw na środowisko wykorzystano trzy wskaźniki intensywności emisji GHG. Pierwszy wskaźnik określa poziom emisji GHG, jaki występuje dla osiągnięcia wartości produkcji równej 1 zł, drugi prezentuje wielkość emisji na 1 ha użytków rolnych, a trzeci na 1 jednostkę przeliczeniową zwierzęcia (DJP). Wielkości prezentowane w badaniach to średnie i odchylenia standardowe.

Tabela 1

Źródła emisji rolniczych uwzględnione w badaniach

Kategoria IPCC	Źródło	GHG
3A	fermentacja jelitowa	CH ₄
3B	odchody zwierzęce	N ₂ O, CH ₄
3D	gleby rolne	N ₂ O
3G	aplikacja mocznika	CO ₂
1A	spalanie paliw	CO ₂

Źródło: IPCC, 2006 (6)

Tabela 2

Zestawienie wykorzystanych kategorii emisji GHG i danych z bazy FADN

Źródła emisji	Kategoria emisji	Baza FADN
N ₂ O odchody zwierzęce	produkcja zwierzęca	liczba zwierząt
CH ₄ odchody zwierzęce	produkcja zwierzęca	liczba zwierząt
CH ₄ fermentacja jelitowa	produkcja zwierzęca	liczba zwierząt
N ₂ O emisje z gleb		
N ₂ O emisja bezpośrednia		
Stosowanie nawozów mineralnych	nawozy	ilość zużytego azotu
Stosowanie nawozów organicznych	nawozy	liczba zwierząt
Resztki poźniwne	produkcja roślinna	powierzchnia użytków rolnych i plony roślin
Odchody zwierzęce na pastwiskach i wygonach	produkcja roślinna	liczba zwierząt
<i>N₂O emisja pośrednia</i>		
Depozycja azotu z atmosfery	nawozy	ilość zużytego azotu/ Liczba zwierząt
Wymywanie azotu z gruntu	nawozy	ilość zużytego azotu/ Liczba zwierząt/powierzchnia upraw i plony roślin
CO ₂ mocznik	nawozy	ilość zużytego mocznika
CO ₂ energia	paliwo	ilość zużytego paliwa

Źródło: opracowanie własne na podstawie Coderoni i in., 2013 (1)

Wyniki badań

Potencjał ekonomiczny gospodarstw konwencjonalnych wynosił 17 754 Euro i był o 9% większy niż gospodarstw ekologicznych. Wynikał on z posiadania większej ilości zasobów produkcji, tj. liczby zwierząt (Tab. 4). Średnia wartość produkcji w gospodarstwach konwencjonalnych była o 24% większa niż w ekologicznych. Największe różnice w wartości produkcji wystąpiły w gospodarstwach z produkcją zwierzęcą (Tab. 5-7). W gospodarstwach tych różnica wartości produkcji w odniesieniu do 1 ha użytków rolnych wynosiła 30%. Wielkości te wskazują na wyższą efektywność wykorzystania posiadanych zasobów produkcji w porównaniu z posiadaniem potencjałem produkcji który określony jest wielkością ekonomiczną gospodarstwa. W obu badanych systemach produkcji wystąpiła bardzo duża różnica w nakładach na nawozy i środki ochrony roślin ogółem i na 1 ha UR. Jest to kolejny wskaźnik potwierdzający wyższą efektywność środków produkcji w gospodarstwach konwencjonalnych. Jednakże, wyższa wartość produkcji osiągnięta poprzez lepsze zarządzanie nie zapewniła wyższych dochodów gospodarstwom o konwencjonalnym systemie gospodarowania. W 2015 r., średni dochód w tej grupie gospodarstw był

niższy o 28% w porównaniu do gospodarstw ekologicznych. Tylko w gospodarstwach polowych w obu systemach uprawy uzyskano dochody na tym samym poziomie. Wyższy dochód gospodarstw ekologicznych wynikał z otrzymania wyższych dopłat i niższych kosztów produkcji. Koszty produkcji w gospodarstwach ekologicznych były niższe o 18, 37 i 41%, odpowiednio dla gospodarstw polowych, mlecznych i mieszanych, w porównaniu do gospodarstw konwencjonalnych. Udział dopłat w dochodzie w badanej grupie gospodarstw wynosił 89 i 79%, odpowiednio dla gospodarstw konwencjonalnych i ekologicznych. Otrzymane wyniki wskazują, że dopłaty w gospodarstwach ekologicznych rekompensują niską wartość produkcji. Wielkość emisji GHG wynosiła 42 i 31,3 Mg eq. CO₂, odpowiednio w gospodarstwach konwencjonalnych i ekologicznych (Tab. 8). W obu systemach produkcji największy udział miały emisje powstałe w produkcji zwierzęcej. Znaczący udział miały też emisje wynikające ze zużycia paliw. Jednakże, w ujęciu wartościowym, nie różniły one się znacząco, mimo że w gospodarstwach ekologicznych wykonywano mniejszą liczbę zabiegów agrotechnicznych, wynikających z ograniczonego stosowania nawozów i środków ochrony. W gospodarstwach ekologicznych udział emisji ze stosowania nawozów wynosił tylko 6%. Jest to efektem działania na rzecz ochrony środowiska przyrodniczego określonego w Rozporządzeniu Rady (WE) nr 834/2007 (11). Całkowita wartość emisji GHG w przeliczeniu na JDP w systemie konwencjonalnym wynosiła 3,9 Mg eq. CO₂, a w systemie ekologicznym 3,7 Mg eq. CO₂ (Tab. 9). Obliczone wartości są zbliżone do danych uzyskanych przez J a r o s z i i n. (7) w wyniku symulacji z wykorzystaniem modelu Holos. Różnica w intensywności emisji pomiędzy oboma systemami produkcji w przeliczeniu 1 zł wartości produkcji wynosiła 8%. W gospodarstwach grupowanych według typu rolniczego, w obu badanych grupach gospodarstw kolejność emisji GHG była następująca: krowy mleczne > mieszane > uprawy polowe (Tab. 10). Największa różnica w wartościach emisji GHG pomiędzy obu systemami produkcji wystąpiła w gospodarstwach polowych. Było to następstwem stosowania nawozów mineralnych w gospodarstwach konwencjonalnych. Porównując intensywność emisji w odniesieniu do 1 zł wartości produkcji, powierzchni 1 ha UR i 1 DJP odnotowano najmniejsze różnice w wartościach emisji dla gospodarstw specjalizujących się w produkcji mleka (Tab. 11). Wielkości emisji GHG powstałe przy wartości produkcji równej 1 zł były większe w gospodarstwach polowych i mieszanych w konwencjonalnym systemie produkcji w porównaniu z ekologicznymi. Odwrotną zależność zanotowano dla gospodarstw specjalizujących się w produkcji mleka. Wyniki te wskazują na lepsze zarządzanie konwencjonalnych gospodarstw mlecznych w porównaniu z ekologicznymi. Oszacowane wielkości wskazują, że w tych gospodarstwach ekologicznych należy poprawić zarządzanie.

Tabela 3

Dobór gospodarstw do analizy

Zmienna – liczba gospodarstw w próbie	Typy gospodarstw			
	uprawy polowe	krowy mleczne	mieszane	ogółem
Gospodarstwa konwnecjonalne	21	24	33	78
Gospodarstwa ekologiczne	21	24	33	78

Źródło: baza danych FADN

Tabela 4

Charakterystyka gospodarstw objętych rachunkowością rolną w 2015 r.

Wyszczególnienie	Gospodarstwa konwencjonalne	Gospodarstwa ekologiczne	Różnica (%)
Liczba gospodarstw	78	78	-
Wielkość ekonomiczna (Euro)	17 754	16 353	9
Powierzchnia użytków rolnych (ha)	14,7	14,9	-1
Liczba zwierząt (DJP)	10,8	8,5	27
Produkcja ogółem (zł)	73 385	59 302	24
Produkcja roślinna (zł)	33 970	28 719	18
Produkcja zwierzęca (zł)	38 505	28 620	35
Koszty ogółem (zł)	68 333	51 298	33
Nawozy (zł)	7 049	1 533	360
Środki ochrony roślin (zł)	2 230	112	1 899
Produktywność ziemi (zł ha UR ⁻¹)	4993	3992	25
Koszty zł ha UR ⁻¹	4649	3453	35
Dochód gospodarstwa rolnego	24 719	34 330	-28
Dopłaty do działalności operacyjnej	21 958	27 087	-19
Dopłaty do produkcji ekologicznej	0	7 909	-100

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych FADN

Tabela 5

Charakterystyka gospodarstw w typie uprawy polowe

Wyszczególnienie	Gospodarstwa konwencjonalne	Gospodarstwa ekologiczne	Różnica (%)
Liczba gospodarstw	21	21	-
Wielkość ekonomiczna (Euro)	14 831	15 362	-3
Powierzchnia użytków rolnych (ha)	15,8	14,9	5
Liczba zwierząt (DJP)	1,2	0,9	38
Produkcja ogółem (zł)	72 635	66 624	9
Produkcja roślinna (zł)	67 208	62 978	7
Produkcja zwierzęca (zł)	4 093	1 966	108
Koszty ogółem (zł)	63 782	54 018	18
Nawozy (zł)	9 790	4 003	145
Środki ochrony roślin (zł)	4 251	196	2 069
Produktywność ziemi (zł ha UR ⁻¹)	4609	4457	3
Koszty zł ha UR ⁻¹	4609	4457	12
Dochód gospodarstwa rolnego	31 874	39 158	-19
Dopłaty do działalności operacyjnej	27 172	27 105	-0,2
Dopłaty do produkcji ekologicznej	0	8 444	-100

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych FADN

Tabela 6

Charakterystyka gospodarstw w typie krowy mleczne

Wyszczególnienie	Gospodarstwa konwencjonalne	Gospodarstwa ekologiczne	Różnica (%)
Liczba gospodarstw	24	24	-
Wielkość ekonomiczna (Euro)	23 424	20 992	12
Powierzchnia użytków rolnych (ha)	15,1	14,5	4
Liczba zwierząt (DJP)	19,5	17,0	15
Produkcja ogółem (zł)	90 117	66 310	36
Produkcja roślinna (zł)	67 208	62 978	7
Produkcja zwierzęca (zł)	83 799	61 138	37
Koszty ogółem (zł)	79 053	57 538	37
Nawozy (zł)	5 899	525	1 023
Środki ochrony roślin (zł)	1 052	0	-
Produktywność ziemi (zł ha UR ⁻¹)	5 956	4 572	30

Tabela 6 cd.

Koszty zł ha UR ⁻¹	5 225	3 967	32
Dochód gospodarstwa rolnego	31 421	35 586	-12
Dopłaty do działalności operacyjnej	22 040	27 281	-19
Dopłaty do produkcji ekologicznej	0	6 579	-100

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych FADN

Tabela 7

Charakterystyka gospodarstw w typie mieszane

Wyszczególnienie	Gospodarstwa konwencjonalne	Gospodarstwa ekologiczne	Różnica (%)
Liczba gospodarstw	33	33	-
Wielkość ekonomiczna (Euro)	15 491	13 611	14
Powierzchnia użytków rolnych (ha)	14,1	14,7	-4
Liczba zwierząt (DJP)	10,6	7,2	47
Produkcja ogółem (zł)	61 694	49 547	25
Produkcja roślinna (zł)	33 285	24 175	38
Produkcja zwierzęca (zł)	27 461	21 933	25
Koszty ogółem (zł)	63 431	45 028	41
Nawozy (zł)	6 141	694	785
Środki ochrony roślin (zł)	1 801	139	1 196
Produktywność ziemi (zł ha UR ⁻¹)	4 383	3 375	30
Koszty zł ha UR ⁻¹	4 506	3 067	47
Dochód gospodarstwa rolnego	15 291	30 345	-50
Dopłaty do działalności operacyjnej	18 580	26 935	-310
Dopłaty do produkcji ekologicznej	0	8 536	-100

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych FADN

Tabela 8

Emisje GHG w gospodarstwach dla całej próby według makro kategorii

Kategorie emisji	Gospodarstwa konwencjonalne (Mg eq. CO ₂)	Udział poszczególnych kategorii (%)	Gospodarstwa ekologiczne (Mg eq. CO ₂)	Udział poszczególnych kategorii (%)
Produkcja zwierzęca	25,1 (31,3)	60	21,9 (28,7)	70
Produkcja roślinna	3,9 (4,9)	9	3,4 (4,6)	11
Nawozy	8,2 (7,8)	20	2,0 (2,9)	6
Paliwo	4,7 (3,5)	11	4,0 (2,1)	13
Ogółem gospodarstwo	42,0 (39,8)	100	31,3 (35,7)	100

W nawiasach podano wartości odchylenia standardowego.

Źródło: opracowanie własne

Tabela 9

Intensywność emisji GHG w gospodarstwach

Wyszczególnienie	Gospodarstwa konwencjonalne	Gospodarstwa ekologiczne	Różnica (%)
Intensywność emisji GHG w Mg eq. CO ₂ na 1 zł wartości produkcji	0,57 (0,90)	0,53 (0,77)	8
Intensywność emisji GHG w Mg eq. CO ₂ na 1 ha	2,9 (13,0)	2,1 (12,3)	-28
Intensywność emisji GHG w Mg eq. CO ₂ na 1 DJP	3,9 (2,5)	3,7 (3,7)	-5

W nawiasach podano wartości odchylenia standardowego

Źródło: opracowanie własne

Tabela 10

Emisje GHG w gospodarstwach grupowanych według typu rolniczego

Typ rolniczy	Gospodarstwa konwencjonalne (Mg eq. CO ₂)	Gospodarstwa ekologiczne (Mg eq. CO ₂)	Różnica (%)
Uprawy polowe	15,9 (9,9)	7,8 (7,9)	104
Krowy mleczne	86 (44,8)	68,6(42,9)	25
Mieszane	26,7 (13,8)	19,2 (12,1)	39

W nawiasach podano wartości odchylenia standardowego

Źródło: opracowanie własne

Tabela 11

Intensywność emisji GHG w gospodarstwach grupowanych według typu rolniczego

Typy rolnicze	Gospodarstwa konwencjonalne			Gospodarstwa ekologiczne		
	GHG 1 zł wartości produkcji ¹ (Mg eq. CO ₂)	GHG ha ⁻¹ (Mg eq. CO ₂)	GHG JDP ⁻¹ (Mg eq. CO ₂)	GHG 1 zł wartości produkcji ¹ (g eq. CO ₂)	GHG ha ⁻¹ (Mg eq. CO ₂)	GHG JDP ⁻¹ (Mg eq. CO ₂)
Uprawy polowe	0,22 (0,22)	1,0 (0,16)	12,7 (4,6)	0,11(0,13)	0,5 (0,19)	8,6 (3,3)
Krowy mleczne	0,95 (0,83)	5,7 (16,5)	4,4 (4,3)	1,03 (0,94)	4,7 (14,1)	4,0 (4,0)
Mieszane	0,43 (0,42)	1,9 (4,7)	2,5 (2,5)	0,39 (0,35)	1,3 (4,0)	2,7 (2,2)

W nawiasach podano wartości odchylenia standardowego

Źródło: opracowanie własne

Podsumowanie

Celem pracy było przedstawienie wpływu dwóch systemów produkcji na wielkość emisji GHG z gospodarstwa. Szacunków emisji dokonano w oparciu o dane ekonomiczne zawarte w bazie Polskiego FADN. W analizie uwzględniono zróżnicowanie gospodarstw ze względu na system produkcji, powierzchnię użytków rolnych i typ rolniczy. Porównywane gospodarstwa różniły się organizacją produkcji,

produkcyjnością i osiąganymi dochodami. Gospodarstwa o konwencjonalnym systemie produkcji posiadały większą liczbę zwierząt i nieco mniejszą powierzchnię użytków rolnych w porównaniu z gospodarstwami ekologicznymi. Czynniki te miały wpływ na wyższą wartość produkcji w każdym z analizowanych typów gospodarstw. Jednakże wyższa wartość produkcji była powiązana z wysokimi kosztami produkcji, co w efekcie spowodowało mniejsze dochody gospodarstw o systemie konwencjonalnym. Wyższa produktywność gospodarstw miała wpływ na większe emisje GHG. Przedstawione wyniki potwierdzają, że w gospodarstwach konwencjonalnych cele ekonomiczne znajdują się na pierwszym miejscu, a produktywność przesłania problem ochrony środowiska. System produkcji ekologicznej charakteryzuje produkcja żywności metodami tradycyjnymi, bez stosowania nawozów sztucznych i środków ochrony roślin. Ten system produkcji korzystnie wpływa na środowisko, ponieważ nie powoduje zanieczyszczenia gleb i wód gruntowych, a emisje GHG są znacznie mniejsze. Otrzymywane dopłaty w pełni rekompensują niższą produktywność i powodują że dochody gospodarstw posiadających produkcję zwierzęcą są wyższe. Mimo że liczba gospodarstw ekologicznych w Polsce wzrosła z 3 760 w 2004 r. do 25 427 w 2014 r., to ciągle stanowią one niewielki udział w całej populacji (5). Wielkość produkcji z tych gospodarstw nie jest wystarczająca, aby zapewnić bezpieczeństwo żywnościowe kraju. Dlatego też ważne jest, aby w gospodarstwach o konwencjonalnym systemie produkcji wdrażać nowe metody przyjazne dla środowiska i analizować powstałe wielkość emisji GHG na każdym etapie produkcji. Nowoczesne rolnictwo powinna łączyć wysoka produktywność i niski wpływ na środowisko naturalne.

Literatura

1. Coderoni S., Bonati G., D'angelo L., Longhitano D., Mambella M., Papaleo A., Vanino S.: Using FADN data to estimate agricultural greenhouse gases emissions at farm level. W: Vrolijk H. eds., Pacioli 20 (eds). Complex farms and sustainability in farm level data collection, LEI Proceedings 13-054, 2013.
2. Dick J., Smith P., Smith R., Lilly A., Moxey A., Booth J., Campbell C. Coulter D., Calculating farm scale greenhouse gas emissions. University of Aberdeen, Carbon Plan, the Macaulay Institute, Pareto consulting, SAOS Ltd, Scotland. 2008.
3. 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 dyrektywę 2001/77/ WE i 2003/30/EC, Dz. Urz. UE, 140(56).
4. Forster, P., Ramaswamy V., Artaxo P., Bernsten T., Betts R., Fahey D.W., Haywood J., Lean J., Lowe D.C., Myhre, G., Nganga J., Prinn R., Raga G., Schulz M., Van Dorland R.: Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on ClimateChange [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007.
5. Gołaś Z.: Development of organic farming in Poland. Journal of Agribusiness and Rural Development, 2016, **4(42)**: 533-543.
6. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (Eds S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, and K. Tanabe), Agriculture, Forestry and Other Land Use, Vol. 4, IGES, Japan. 2006.

7. Jarosz Z., Faber A., Syp A.: Ocena zmian wielkości emisji gazów cieplarnianych po zmianie profilu gospodarstwa z konwencjonalnego na ekologiczny. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie* 2013, **4(44)**: 43-53.
8. Plan działania prowadzący do przejścia na konkurencyjną gospodarkę niskoemisyjną do 2050 r. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów. Komisja Europejska, 2011. KOM (2011) 112 wersja ostateczna, Dz. Urz. UE, C 376/100.
9. Raport o stanie rolnictwa ekologicznego w Polsce w latach 2013-2014. Inspekcja Jakości Handlowej i Artykułów Rolno-Spożywczych. Warszawa 2015.
10. Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie rocznych wiążących ograniczeń emisji gazów cieplarnianych przez państwa członkowskie w latach 2021–2030 na rzecz stabilnej unii energetycznej i w celu wywiązania się ze zobowiązań wynikających z porozumienia paryskiego, oraz zmieniające rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady nr 525/2013 w sprawie mechanizmu monitorowania i sprawozdawczości w zakresie emisji gazów cieplarnianych oraz zgłaszania innych informacji mających znaczenie dla zmiany klimatu Komisja Europejska, 2016. COM(2016) 482 wersja ostateczna. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/ALL/?uri=CELEX%3A52016SC0248>
11. Rozporządzenie Rady (WE) nr 834/2007 z dnia 28 czerwca 2007 r. w sprawie produkcji ekologicznej i znakowania produktów ekologicznych (Dz.Urz. UE L 189 z 20.07.2007, z późn. zm.).
12. Olecka, A., Bebkiewicz, K., Debski, B., Jedrysiak, P., Kanafa, M., Kargulewicz, I., Rutkowski, J., Skoskiewicz, J., Wasniewska, S., Zasina, D., Zimakowska-Laskowska M., Zaczek, M.: Poland's National Inventory Report 2016, 2016. National Centre for Emission Management, Poland.
13. Smagacz J.: Konsekwencje organizacyjne i środowiskowe różnych systemów uprawy roli. *Studia i Raporty IUNG-PIB, Puławy*, 2016, **47(1)**: 139-153.
14. Strategia na rzecz inteligentnego i zrównoważonego rozwoju sprzyjającego włączeniu społecznemu. Komisja Europejska, 2010, 2020 KOM(2010) 2020 wersja ostateczna. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/pl/ALL/?uri=CELEX:52010DC2020>.
15. Syp A., Faber A.: Zastosowanie modelu DNDC do symulacji plonów roślin i oceny wpływu zmian na środowisko w zmieniających się warunkach klimatycznych i różnych systemach uprawy. *Rocz. Nauk. SERiA*, 2012, **14(5)**: 183-187.
16. Vijaya Venkata Raman, S., Iniyar, S., Goic, R.: A review of climate change, mitigation and adaptation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2012, **16**: 878-897.
17. Zaliwski S.A.: Tendencje zmian emisji metanu (CH₄) i nadtlenu azotu (N₂O) w przekroju województw, *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2010, **20**: 87-96.

Adres do korespondencji:

*dr hab. Alina Syp, prof. nadzw.
Zakład Biogospodarki i Analiz Systemowych
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy
tel. 81 4786 762
e-mail: asyp@iung.pulawy.pl*