



**AgEcon** SEARCH  
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

*The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library*

**This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.**

**Help ensure our sustainability.**

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

[aesearch@umn.edu](mailto:aesearch@umn.edu)

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

**Zuzanna Jarosz**

*Institut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – PIB w Puławach*

## **OGRANICZENIE EMISJI GAZÓW CIEPLARNIANYCH W CYKLU ŻYCIA BIOPALIW Z UWZGLĘDNIENIEM POŚREDNICH ZMIAN UŻYTKOWANIA GRUNTÓW**

*GREENHOUSE GAS EMISSIONS LIMITATION IN LIFE CYCLE OF BIOFUELS  
WITH REGARD OF INDIRECT LAND USE CHANGES*

**Słowa kluczowe: biopaliwa, emisja gazów cieplarnianych, ograniczenie emisji, pośrednia zmiana użytkowania gruntów**

*Key words: biofuels, greenhouse gas emission, reduce emission, Indirect Land Use Change*

*JEL codes: Q16*

**Abstrakt.** Celem badań było oszacowanie emisji i ograniczeń emisji gazów cieplarnianych powstających w pełnym cyklu życia biopaliw oraz określenie, jaki wpływ na ograniczenie emisji GHG (*GreenHouse Gas* – emisja gazów cieplarnianych) będzie miało uwzględnienie dodatkowej emisji związanej z wdrożeniem ILUC (*Indirect Land Use Change* – pośrednia zmiana użytkowania gruntów). Szacunki emisji polowych wykonane metodą IPCC zastąpiono, dokładniejszymi szacunkami tej emisji uzyskanymi z modelu DNDC (*DeNitrification-DeComposition*). Stwierdzono, że wyprodukowanie bioetanolu zapewniającego spełnienie kryteriów zrównoważonej produkcji i uzyskanie (z uwzględnieniem ILUC) ograniczenia emisji GHG  $\geq 50\%$  jest możliwe z ziarna pszenicy i kukurydzy pochodzących z uprawy płuźnej z przyoraniem resztek poźniwnych lub uprawy uproszczonej z pozostawieniem słomy na polu. Uzyskanie minimum 50% ograniczenia od 2017 roku w produkcji biodiesla wymaga uprawy rzepaku w systemie uprawy płuźnej z przyoraniem słomy lub uprawy uproszczonej z pozostawieniem resztek poźniwnych (z wyjątkiem województwa lubuskiego).

### **Wstęp**

Dynamiczny rozwój transportu zwłaszcza drogowego wyraźnie wpływa na wzrost zapotrzebowania na paliwa. Alternatywę dla wyczerpujących się paliw kopalnych mogą stanowić biopaliwa. Zwiększanie wykorzystania biopaliw w transporcie stwarza możliwości niezależnienia się od paliw tradycyjnych, ograniczenia zależności od importu paliw, ograniczenia emisji gazów cieplarnianych oraz zapewnia wzrost bezpieczeństwa energetycznego. Uprawa roślin na cele energetyczne stanowi dodatkowe źródło dochodów, przyczynia się do wzrostu opłacalności produkcji rolniczej, zwiększa możliwości zatrudnienia na obszarach wiejskich i zamożności rolników.

Rozwój sektora biopaliw w Polsce determinowany jest decyzjami Unii Europejskiej (UE). Aktem prawnym określającym rozwój biopaliw w krajach UE w latach 2003-2009 była dyrektywa 2003/30/WE [Dz.U. WE L 123 z 17.5.2003]. Transpozycja tej dyrektywy do prawodawstwa polskiego znalazła wyraz w ustawie z 25 sierpnia 2006 r. [Dz.U. nr 169, poz. 1199, z późn. zm.]. Od 2008 roku wprowadzono obowiązek stosowania biokomponentów w paliwach i biopaliwach ciekłych w ilości wynikającej z Narodowego Celu Wskaźnikowego, a brak wykonania zobowiązań sankcjonowano wysokimi karami.

W 2009 roku wprowadzono dyrektywę 2009/28/WE [Dz.U. UE L 09.140.16]. Dyrektywa zawiera zapisy określające wymagane poziomy redukcji gazów cieplarnianych dzięki wykorzystaniu biopaliw oraz warunki, jakie mają spełniać źródła pozyskiwania surowców do produkcji biopaliw. W zakresie wymaganego poziomu ograniczenia emisji gazów cieplarnianych (GHG) dzięki wykorzystaniu biopaliw, według kryteriów zrównoważonego rozwoju redukcja musi wynosić (dla instalacji działających) 35% od 1 kwietnia 2013 roku. Od 1 stycznia 2017 roku ograniczenie to ma być na poziomie co najmniej 50%, a dla instalacji, które rozpoczną produkcję od 2017 roku lub później, redukcja od 1 stycznia 2018 roku ma wynosić 60%.

W ostatnim czasie poparcie dla biopaliw I generacji produkowanych z surowców rolniczych zostało podważone. Wskutek polityki UE, która zobowiązała państwa członkowskie do osiągnięcia 10-procentowego wykorzystania biopaliw w transporcie do 2020 roku, zaczęto przekształcać tereny agrarne z upraw roślin na cele żywnościowe pod rośliny do produkcji biopaliw. Aby sprostać rosnącemu popytowi na żywność konieczne było pozyskanie nowych terenów rolniczych. Mowa o tzw. pośredniej zmianie użytkowania gruntów – ILUC (*Indirect Land Use Change*). Pojawiły się propozycje zmian legislacyjnych dotyczących konieczności uwzględniania emisji związanych z pośrednimi zmianami użytkowania gruntów w całkowitych szacunkach emisji GHG w cyklu życia biopaliw. Ocena metodyki ILUC ma być dokonana do 2018 roku, a praktyczne wdrożenie po 2020 roku.

Zaproponowane zmiany skłoniły do przeprowadzenia analiz i określenia możliwości ograniczenia emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia (LCA) bioetanolu produkowanego z pszenicy ozimej i kukurydzy oraz biodiesla produkowanego z rzepaku ozimego wskutek ewentualnego obowiązku uwzględniania ILUC i spełnienia wymaganej redukcji co najmniej 50% od 1 stycznia 2017 roku.

### Material i metodyka badań

Dyrektywa 2009/28/WE zawiera szczegółowe wymagania dotyczące liczenia GHG w cyklu życia biopaliw. Do szacowania emisji podtlenku azotu (największy udział w emisjach rolniczych) oraz obliczania zasobów węgla w glebie zaleca stosowanie metodyki IPCC (poziom 1), ale dopuszcza stosowanie metod dokładniejszych – modeli [*Komunikat Komisji... Dz.Urz.UE z 19.6.2010*]. W badaniach wykorzystano dane dla 136 kwadratów o boku 50 x 50 km pokrywających terytorium całego kraju. Do symulacji emisji polowych  $N_2O$  zastosowano skalibrowany i zweryfikowany do warunków Polski model DNDC (*DeNitrification-DeComposition*). Uzyskane wyniki (plony, dawki nawożenia azotem, sekwestracje węgla organicznego) posłużyły do oszacowania całkowitej emisji i ograniczeń emisji gazów cieplarnianych. Dodatkowo wykorzystano dane inwentaryzujące technologię produkcji pochodzące z badań ankietowych przeprowadzonych w gospodarstwach wytwarzających surowce na cele paliwowe. Losowo wytypowano 272 gospodarstwa uprawiające pszenicę ozimą, 275 kukurydzę i 1218 rzepak ozimy. Szacunki emisji i ograniczeń emisji wykonano z zastosowaniem kalkulatora Biograce v. 4 public, który zapewniał pełną zgodność z metodyką opisaną w dyrektywie [*Biograce 2011*].

Na wielkość ograniczeń emisji GHG w pełnym cyklu życia biopaliw istotny wpływ ma zwiększona sekwestracja węgla organicznego wskutek poprawy agrotechniki [Faber i in. 2013]. Szacunki wykonano dla różnych systemów uprawy zwiększających sekwestrację węgla:

- uprawa płuzna (pełna) przy zbiorze całej ilości resztek poźniwnych,
- uprawa płuzna i przyorywanie całej ilości resztek poźniwnych,
- uprawa uproszczona i pozostawienie całej ilości resztek poźniwnych na polu,
- uprawa bezorkowa i pozostawienie całej ilości resztek poźniwnych na polu.

Wpływ poprawy agrotechniki na emisje i ograniczenia emisji szacowano dla pszenicy ozimej i kukurydzy przeznaczonych do produkcji bioetanolu oraz rzepaku wykorzystywanego na biodiesel. W szacunkach uwzględniono zaproponowane przez Komisję Europejską wskaźniki ILUC: 12 g  $CO_2$  eq/MJ dla zbóż i 55 g  $CO_2$  eq/MJ dla rzepaku.

- Szacunki całkowitych emisji w cyklu życia biopaliw i ograniczeń emisji przeprowadzono dla:
- szlaku produkcji bioetanolu z pszenicy, w którym paliwem technologicznym był gaz ziemny wykorzystywany w kotle parowym,
  - szlaku produkcji bioetanolu z kukurydzy, w którym energia na cele technologiczne pochodziła z elektrociepłowni opalanej gazem ziemnym,
  - szlaku produkcji biodiesla z nasion rzepaku, w którym Biograce nie wymaga określenia paliwa technologicznego.

## Wyniki badań

Wprowadzenie obowiązku uwzględniania ILUC w całkowitych szacunkach emisji gazów cieplarnianych zwiększa emisje, a tym samym zmniejsza ograniczenie GHG. Oszacowane emisje gazów cieplarnianych dla produkcji bioetanolu z pszenicy ozimej uprawianej w systemie płuznym ze zbiorem resztek poźniwnych mieściły się w zakresie 38-45 g CO<sub>2</sub> eq/MJ bioetanolu (tab. 1, wariant 1.). Zastosowanie uprawy płuznej z przyoraniem słomy zwiększa sekwestrację węgla organicznego, wskutek czego emisje GHG znacznie maleją (tab.1, wariant 2.). Na podobnym poziomie kształtowały się emisje gazów dla produkcji bioetanolu z pszenicy pochodzącej z uprawy w systemie uproszczonym z pozostawieniem resztek poźniwnych na polu. Mieściły się one w przedziale 3-19 eq/MJ bioetanolu (tab. 1, wariant 3.). Uprawa bezorkowa z pozostawianiem całej słomy zapewniająca największe sekwestracje węgla (1,93-2,72 t C/ha), powodowała, że po odliczeniu akumulowanego w glebie węgla emisje w cyklu życia bioetanolu produkowanego z pszenicy przyjmowały wartości ujemne (tab. 1, wariant 4.).

Badania własne wykazały, że zastosowanie wyników symulacji emisji polowych N<sub>2</sub>O pochodzących z modelu DNDC gwarantowało zmniejszenie całkowitych emisji GHG i uzyskanie większych ograniczeń emisji w cyklu życia biopaliw [Jarosz, Faber 2015]. Dla pszenicy ozimej pochodzącej z uprawy płuznej ze zbiorem resztek poźniwnych wielkość ograniczeń mieściła się w zakresie 2-10%, co pozwalało uzyskać wymagane ograniczenia >50% we wszystkich województwach. Uwzględnienie dla tych samych warunków dodatkowej emisji związanej z pośrednią zmianą użytkowania gruntów (dla pszenicy ozimej 12 g CO<sub>2</sub> eq/MJ) wpłynęło na zmniejszenie ograniczeń GHG i spowodowało, że pszenica uprawiana w systemie płuznym ze zbiorem resztek poźniwnych w województwie lubuskim nie spełnia wymaganego ograniczenia > 50% (tab. 2, wariant 1.). Szacunki wykonane dla pszenicy uprawianej w pozostałych systemach uprawy i wykorzystywanej do produkcji biopaliw wykazały, że wprowadzenie do obliczeń ILUC zmniejszyło ograniczenia emisji, ale nadal były one bardzo duże. Ograniczenia emisji GHG dla bioetanolu produkowanego z pszenicy pochodzącej z uprawy bezorkowej wahały się w zakresie

Tabela 1. Zmienność wielkości całkowitej emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia bioetanolu z pszenicy w zależności od poprawy agrotechniki z uwzględnieniem ILUC i szacunku N<sub>2</sub>O metodą DNDC

Table 1. Variability in total greenhouse gas emissions in the life cycle of bioethanol from wheat depending on the improvement of agricultural technology including the ILUC and N<sub>2</sub>O emissions estimated by the DNDC methodology

Województwo/ Province	Całkowite emisje gazów cieplarnianych [g CO <sub>2</sub> eq/MJ bioetanolu] (warianty)/Total greenhouse gas emissions [g CO <sub>2</sub> eq/MJ bioethanol] (variants)			
	1.*	2.	3.	4.
Dolnośląskie	38,33	9,87	10,94	-88,01
Kujawsko-pomorskie	40,70	11,62	11,80	-77,02
Lubelskie	39,44	9,38	9,69	-102,94
Lubuskie	44,60	19,21	18,91	-66,44
Łódzkie	40,10	7,61	6,99	-99,31
Małopolskie	38,38	3,77	4,23	-110,21
Mazowieckie	39,98	9,32	9,22	-102,23
Opolskie	37,93	4,42	5,13	-100,50
Podkarpackie	38,95	6,34	6,56	-112,59
Podlaskie	40,22	8,72	7,64	-107,76
Pomorskie	39,05	8,65	9,25	-97,50
Śląskie	38,73	2,74	3,20	-110,62
Świętokrzyskie	38,33	8,83	8,69	-88,35
Warmińsko-mazurskie	39,24	8,54	9,27	-111,56
Wielkopolskie	39,54	13,11	13,51	-78,81
Zachodniopomorskie	38,08	9,49	9,71	-81,23

\*warianty/variants:

1. uprawa płuzna przy zbiorze całej ilości resztek poźniwnych/tillage with the total quantity of crop residues collection,
2. uprawa płuzna i przyorwanie całej ilości resztek poźniwnych/tillage with the total quantity of crop residues incorporation,
3. uprawa uproszczona i pozostawienie całej ilości resztek poźniwnych na polu/reduced tillage and leaving entire amount of crop residues at the field,
4. uprawa bezorkowa i pozostawienie całej ilości resztek poźniwnych na polu/no tillage and leaving entire amount of crop residues at the field

Źródło: opracowanie własne

Source: own study

Tabela 2. Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia bioetanolu z pszenicy w zależności od poprawy agrotechniki z uwzględnieniem ILUC i szacunku N<sub>2</sub>O metodą DNDC

*Table 2. Reducing greenhouse gas emissions in the life cycle of bioethanol from wheat depending on the improvement of agricultural technology including the ILUC and N<sub>2</sub>O emissions estimated by the DNDC methodology*

Województwo/ Province	Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych/ Reducing greenhouse gas emissions [%]			
	1.*	2.	3.	4.
Dolnośląskie	54	88	87	205
Kujawsko-pomorskie	51	86	86	192
Lubelskie	53	89	88	223
Lubuskie	47	77	77	179
Łódzkie	52	91	92	219
Małopolskie	54	96	95	232
Mazowieckie	52	89	89	222
Opolskie	55	95	94	220
Podkarpackie	54	92	92	234
Podlaskie	52	90	91	229
Pomorskie	53	90	89	216
Śląskie	54	97	96	232
Świętokrzyskie	54	89	90	205
Warmińsko-mazurskie	53	90	89	233
Wielkopolskie	53	84	84	194
Zachodnio-pomorskie	55	89	88	197

\* oznaczenia 1-4 jak w tab. 1/designation 1-4 see tab. 1

Źródło: opracowanie własne  
Source: own study

Tabela 3. Zmienność wielkości całkowitej emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia bioetanolu z kukurydzy w zależności od poprawy agrotechniki z uwzględnieniem ILUC i szacunku N<sub>2</sub>O metodą DNDC

*Table 3. Variability in total greenhouse gas emissions in the life cycle of bioethanol from corn depending on the improvement of agricultural technology including the ILUC and N<sub>2</sub>O emissions estimated by the DNDC methodology*

Województwo/ Province	Całkowite emisje gazów cieplarnianych [g CO <sub>2</sub> eq/ MJ bioetanolu] (warianty)/ Total greenhouse gas emissions [g CO <sub>2</sub> eq/MJ bioethanol] (variants)			
	1.*	2.	3.	4.
Dolnośląskie	43,56	17,04	18,53	-78,45
Kujawsko-pomorskie	51,08	13,80	12,57	-108,11
Lubelskie	39,82	17,42	17,47	-70,75
Lubuskie	56,76	19,92	20,09	-106,79
Łódzkie	42,25	15,50	13,16	-81,65
Małopolskie	39,16	15,42	15,24	-73,56
Mazowieckie	40,92	16,07	15,24	-81,23
Opolskie	41,06	15,99	15,83	-60,36
Podkarpackie	39,56	17,14	16,57	-74,70
Podlaskie	42,48	15,77	13,86	-93,85
Pomorskie	41,85	13,36	12,72	-102,13
Śląskie	40,25	14,79	14,44	-73,90
Świętokrzyskie	40,71	17,19	16,49	-63,20
Warmińsko-mazurskie	40,84	15,46	15,22	-93,64
Wielkopolskie	46,79	15,13	15,84	-92,69
Zachodnio-pomorskie	44,79	13,28	12,79	-98,98

\* oznaczenia 1-4 jak w tab. 1/designation 1-4 see tab. 1  
Źródło: opracowanie własne  
Source: own study

197-234% (tab. 2, wariant 4.). Okazało się więc, że osiągnięcie ograniczenia rzędu 100% byłoby możliwe przy sekwestracji węgla o połowę mniejszych.

Produkcja bioetanolu z kukurydzy pochodzącej z uprawy płuźnej ze zbiorem resztek poźniwnych związana była z emisjami 40-57 g CO<sub>2</sub> eq/MJ bioetanolu (tab. 3, wariant 1.). Przyoranie resztek poźniwnych w tym systemie uprawy kukurydzy spowodowało, że całkowite emisje gazów cieplarnianych znacznie spadły (tab. 3, wariant 2.). Wprowadzenie uprawy uproszczonej z pozostawieniem słomy na polu nie dawało znacząco większych sekwestracji węgla w porównaniu do uprawy płuźnej z przyoraniem resztek poźniwnych, dlatego wyniki dla tych systemów były zbliżone. Oszacowane emisje gazów dla produkcji bioetanolu z kukurydzy uprawianej w systemie bezorkowym z pozostawieniem słomy przyjmowały wartości ujemne (tab. 3, wariant 4.).

Stosowanie kukurydzy do produkcji bioetanolu zapewnia mniejsze ograniczenia emisji niż stosowanie pszenicy. Oszacowane emisje GHG dla bioetanolu produkowanego z kukurydzy uprawianej w systemie płuźnym ze zbiorem resztek poźniwnych i z uwzględnieniem szacunku N<sub>2</sub>O metodą DNDC pozwoliły na spełnienie wymagań dyrektywy w 14 województwach, z wyjątkiem

Tabela 4. Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia bioetanolu z kukurydzy w zależności od poprawy agrotechniki z uwzględnieniem ILUC i szacunku N<sub>2</sub>O metodą DNDC

Table 4. Reducing greenhouse gas emissions in the life cycle of bioethanol from corn depending on the improvement of agricultural technology including the ILUC and N<sub>2</sub>O emissions estimated by the DNDC methodology

Województwa/ Province	Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych/ Reducing greenhouse gas emissions [%]			
	1.*	2.	3.	4.
Dolnośląskie	48	80	78	194
Kujawsko-pomorskie	39	84	85	229
Lubelskie	52	79	79	184
Lubuskie	32	76	76	227
Łódzkie	50	82	84	197
Małopolskie	53	82	82	188
Mazowieckie	51	81	82	197
Opolskie	51	81	81	172
Podkarpackie	53	80	80	189
Podlaskie	49	81	83	212
Pomorskie	50	84	85	222
Śląskie	52	82	83	188
Świętokrzyskie	51	79	80	175
Warmińsko-mazurskie	51	82	82	212
Wielkopolskie	44	82	81	211
Zachodnio-pomorskie	47	84	85	218

\* oznaczenia 1-4 jak w tab. 1/designation 1-4 see tab. 1

Źródło: opracowanie własne

Source: own study

Tabela 5. Zmienność wielkości całkowitej emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia biodiesla z rzepaku w zależności od poprawy agrotechniki z uwzględnieniem ILUC i szacunku N<sub>2</sub>O metodą DNDC

Table 5. Variability in total greenhouse gas emissions in the life cycle of biodiesel from rape depending on the improvement of agricultural technology including the ILUC and N<sub>2</sub>O emissions estimated by the DNDC methodology

Województwo/ Province	Całkowite emisje gazów cieplarnianych [g CO <sub>2</sub> eq/MJ biodiesla] (warianty)/ Total greenhouse gas emissions [g CO <sub>2</sub> eq/MJ biodiesla] (variants)			
	1.*	2.	3.	4.
Dolnośląskie	72,01	37,53	37,93	-86,48
Kujawsko-pomorskie	73,77	37,17	35,93	-75,10
Lubelskie	72,82	34,54	34,26	-116,00
Lubuskie	76,12	46,15	45,58	-58,44
Łódzkie	70,83	33,31	32,14	-90,85
Małopolskie	71,78	26,58	25,14	-130,39
Mazowieckie	71,10	34,49	33,36	-107,73
Opolskie	71,42	32,19	31,32	-91,62
Podkarpackie	71,18	29,78	28,13	-129,84
Podlaskie	73,51	33,02	30,33	-133,85
Pomorskie	72,48	33,23	33,10	-110,15
Śląskie	70,81	28,72	27,41	-113,77
Świętokrzyskie	71,94	32,06	30,85	-103,40
Warmińsko-mazurskie	72,34	33,47	33,44	-127,79
Wielkopolskie	71,21	39,35	39,96	-75,17
Zachodnio-pomorskie	71,90	35,81	35,18	-84,57

\* oznaczenia 1-4 jak w tab. 1/designation 1-4 see tab. 1

Źródło: opracowanie własne

Source: own study

kujawsko-pomorskiego i lubuskiego [Jarosz, Faber 2015]. Uwzględnienie w tym systemie uprawy dodatkowej emisji wynikającej z ILUC spowodowało, że w sześciu województwach ograniczenie emisji było < 50% (tab. 4, wariant 1.). Produkcja bioetanolu z kukurydzy uprawianej w pozostałych systemach zapewni ograniczenie emisji GHG >50% we wszystkich województwach, nawet w przypadku ewentualnej koniczności uwzględniania ILUC (tab. 4).

Produkcja biodiesla z rzepaku pochodzącego z uprawy płuznej ze zbiorem resztek poźniwnych związana była z emisjami na poziomie 71-76 g CO<sub>2</sub> eq/MJ biodiesla (tab. 5, wariant 1.). Dla rzepaku uprawianego w systemie płuznym z przyoraniem słomy oraz uproszczonym z pozostawianiem resztek poźniwnych na polu emisje kształtowały się na poziomie 27-46 g CO<sub>2</sub> eq/MJ biodiesla (tab. 5, wariant 2. i 3.). Zastosowanie uprawy bezorkowej zapewniającej większe sekwestracje węgla zmniejsza całkowite emisje GHG, które w tym systemie przybierają wartości ujemne (tab. 5, wariant 4.).

Tabela 6. Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia biodiesla z rzepaku w zależności od poprawy agrotechniki z uwzględnieniem ILUC i szacunku  $N_2O$  metodą DNDC

Table 6. Reducing greenhouse gas emissions in the life cycle of biodiesel from rape depending on the improvement of agricultural technology including the ILUC and  $N_2O$  emissions estimated by the DNDC methodology

Województwo/ Province	Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych/ Reducing greenhouse gas emissions [%]			
	1.*	2.	3.	4.
Dolnośląskie	14	55	55	203
Kujawsko-pomorskie	12	56	57	190
Lubelskie	13	59	59	238
Lubuskie	9	45	46	170
Łódzkie	15	60	62	208
Małopolskie	14	68	70	256
Mazowieckie	15	59	60	229
Opolskie	15	62	63	209
Podkarpackie	15	64	66	255
Podlaskie	12	61	64	260
Pomorskie	14	60	61	231
Śląskie	16	66	67	236
Świętokrzyskie	14	62	63	223
Warmińsko-mazurskie	14	60	60	252
Wielkopolskie	15	53	52	190
Zachodnio-pomorskie	14	57	58	201

\*oznaczenia 1-4 jak w tab. 1/designation 1-4 see tab. 1

Źródło: opracowanie własne

Source: own study

## Podsumowanie

Uwzględnienie w analizach cyklu życia biopaliw dodatkowej emisji związanej z pośrednią zmianą użytkowania gruntów zmniejsza ograniczenia emisji GHG. Spełnienie wymagań dyrektywy 2009/28/WE obowiązujących od 1 stycznia 2017 roku, tj. uzyskanie w całym kraju ograniczenia emisji gazów cieplarnianych > 50% jest możliwe dla bioetanolu produkowanego z pszenicy i kukurydzy uprawianych w systemie płuznym z przyoraniem słomy i uproszczonym z pozostawianiem resztek poźniwnych. Wymienione systemy upraw mogą dostarczyć także rzepak zapewniający produkcję biodiesla z ograniczeniem emisji > 50%, z wyjątkiem województwa lubuskiego. Największe ograniczenia emisji GHG zarówno w produkcji bioetanolu, jak i biodiesla zapewnia pozyskanie surowców z uprawy bezorkowej z pozostawianiem słomy na polu. Jednak ten system uprawy jest najbardziej kosztowny ze względu na konieczność wyposażenia gospodarstwa w odpowiedni sprzęt.

Konieczność uwzględniania w szacunkach GHG pośredniej zmiany użytkowania gruntów nie zmienia w sposób istotny produkcji odnawialnego bioetanolu w Polsce. Natomiast ograniczona baza surowcowa rzepaku i malejąca produkcja biodiesla może być substytuowana przez bioetanol.

Sposobem na ograniczenie emisji GHG w produkcji biopaliw jest zastąpienie szacunków emisji polowych  $N_2O$  wykonanych z zastosowaniem metody IPCC dokładniejszymi szacunkami tej emisji uzyskanymi z modelu DNDC. W takim scenariuszu biodiesel zapewniający ograniczenie emisji gazów cieplarnianych > 50% można by produkować z rzepaku uprawianego w systemie płuznym ze zbiorem słomy tylko w czterech województwach. Natomiast spełnienie wymagań zapewnia uprawa rzepaku w pozostałych systemach [Jarosz, Faber 2015]. Wprowadzenie do obliczeń dodatkowego kosztu emisji dla rzepaku w wysokości 55 g  $CO_2$  eq/MJ spowodowało znaczący spadek ograniczenia emisji GHG (tab. 6, wariant 1.). W żadnym województwie nie można by pozyskać rzepaku do produkcji biodiesla. Oszacowane emisje gazów cieplarnianych dla produkcji biodiesla z rzepaku uprawianego w systemie płuznym z przyoraniem słomy i uproszczonym z pozostawianiem resztek poźniwnych na polu wykluczają pozyskanie surowca w województwie lubuskim (tab. 6, wariant 2. i 3.). Jedynie biodiesel produkowany z rzepaku uprawianego w systemie bezorkowym z pozostawianiem słomy zapewnia wymagane ograniczenie > 50% we wszystkich województwach (tab. 6, wariant 4.).

## Literatura

- Biograce. Harmonised Calculations of Biofuel Greenhouse Gass Emissions in Europe.* 2011, <http://www.biograce.net/>.
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady UE 2003/30/WE z dnia 8 maja 2003 r. w sprawie wspierania użycia w transporcie biopaliw i innych paliw odnawialnych. Dz.U. WE L 123 z 17.5.2003.
- Dyrektywa 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 roku w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych. Dz.U. UE L 09.140.16.
- Faber Antoni, Zuzanna Jarosz, Anna Nieróbca, Janusz Smagacz. 2013. *Sekwestracja węgla organicznego w glebach Polski jako sposób na ograniczenie emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia bioetanolu i biodiesla (LCA)*. Raport 165. Projekt N N313 759240 finansowany przez Narodowe Centrum Nauki.
- Jarosz Zuzanna, Antoni Faber. 2015. „Możliwości zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia biopaliw”. *Roczniki Naukowe SERiA XVII* (3): 158-163.
- Komunikat Komisji w sprawie praktycznego wdrożenia unijnego systemu kryteriów zrównoważonego rozwoju biopaliw i biopłynów oraz obowiązujących zasad obliczeń w odniesieniu do biopaliw (2010/C 160/02). Dz.Urz.UE z 19.6.2010, C160/8 PL.
- Ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r. o biokomponentach i biopaliwach ciekłych. Dz.U. nr 169, poz. 1199, z późn. zm.

## Summary

*The aim of the research was to estimate emissions and greenhouse gas (GHG) reductions resulting in the full life cycle of biofuels and to determine what effect on the reduction of GHG emissions will be when taking into account the additional issue related to the implementation of ILUC. The field N<sub>2</sub>O emission estimated by the IPCC were replaced by more accurate emissions obtained from the DNDC model. It was found that the production of bioethanol, ensuring compliance with the criteria of sustainable production and acquisition reduction of GHG emission (including ILUC) > 50% is possible from wheat and corn production from tillage with crop residues incorporation or reduced tillage with leaving crop residues at the field. From 2017 obtaining of 50% minimum reduction in the biodiesel production requires the oilseed cultivation in tillage system with crop residues incorporation or reduced tillage system with leaving the straw on the field (with the exception of lubuskie province).*

Adres do korespondencji  
dr Zuzanna Jarosz  
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – PIB w Puławach  
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy  
tel. (81) 47 86 766  
e-mail: zjarosz@iung.pulawy.pl