

**Zuzanna Jarosz, Antoni Faber**

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – PIB w Puławach*

## **MOŻLIWOŚCI OGRANICZENIA EMISJI ROLNICZYCH Z UPRAWY KUKURYDZY PRZEZNACZONEJ DO PRODUKCJI BIOETANOLU**

### *THE POSSIBILITY OF AGRICULTURAL EMISSION LIMITATIONS FROM CORN CULTIVATION ON BIOETHANOL*

**Słowa kluczowe: model DNDC, emisja rolnicza, ograniczenie emisji**

*Key words: model DNDC, agricultural emission, reduce emission*

*JEL codes: Q16*

**Abstrakt.** W opracowaniu porównano emisje polowe  $N_2O$  z czterech systemów uprawy kukurydzy przeznaczonej do produkcji bioetanolu, oszacowane metodą IPCC oraz symulowane za pomocą modelu DNDC. Uzyskane wyniki wykorzystano do oszacowania emisji rolniczych z zastosowaniem kalkulatora Biograce v. 4 public, który został uznany przez Komisję Europejską za oficjalne narzędzie do obliczania emisji gazów cieplarnianych zgodnie z wymaganiami dyrektywy 2009/28/WE. Uwzględnienie wartości emisji polowych oszacowanych metodą IPCC w obliczeniach emisji rolniczych wykazało ograniczenie emisji GHG w stosunku do paliw konwencjonalnych  $\geq 50\%$  w 12 województwach. Po wprowadzeniu do obliczeń wartości emisji polowych  $N_2O$  symulowanych za pomocą modelu DNDC okazało się, że bazę surowcową dla produkcji bioetanolu można rozszerzyć również o województwo wielkopolskie i zachodniopomorskie.

### **Wstęp**

W 2003 roku Parlament Europejski i Rada Unii Europejskiej (UE) przyjęły *Dyrektywę 2003/30/WE w sprawie wspierania użycia w transporcie biopaliw* [Dz.U. UE L 123 z 17.5.2003], która zalecała, aby do 2010 roku udział biopaliw w sprzedawanych paliwach wynosił 5,75%. Wyznaczony cel nie był obowiązkowy i nie został osiągnięty. Ustawą, która miała kluczowe znaczenie dla Polski była *Ustawa z 25 sierpnia 2006 r. o biokomponentach i biopaliwach ciekłych* [Dz.U. 2006, nr 169, poz. 1199]. Umożliwiła ona rolnikom indywidualnym produkcję biopaliw w ilości 100 l/ha. Obecnie na wzrost produkcji i wykorzystania biopaliw wpływ mają regulacje prawne związane z polityką klimatyczną dążącą do przeciwdziałania zmianom klimatu i ograniczenia emisji gazów cieplarnianych. *Dyrektywa 2009/28/WE (RED) z 23 kwietnia 2009 roku w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych* [Dz.U. UE L 09.140.16.2009], nakłada obowiązek pozyskiwania 10% energii wykorzystywanej w transporcie ze źródeł odnawialnych oraz spełnienia kryteriów zrównoważonej produkcji.

W październiku 2012 roku politycy UE zaproponowali zmiany w dyrektywie 2009/28/WE (RED). Zmiany te dotyczyły: zwiększenia do 60% minimalnego progu ograniczenia emisji gazów cieplarnianych w odniesieniu do instalacji nowych, wprowadzenia wartości emisji związanych z pośrednią zmianą użytkowania gruntów, ograniczenia do 5% biopaliw wytwarzanych z surowców spożywczych oraz stworzenia zachęt rynkowych dla biopaliw wyższej generacji produkowanych z surowców niepowodujących dodatkowego zapotrzebowania na grunty. W Polsce propozycje zmian postrzegano krytycznie. Ostatecznie nowy projekt dyrektywy narzuca 7-procentowy poziom zużycia energii pochodzącej z biopaliw I generacji w transporcie w 2020 roku.

Zaliczenie biopaliwa do paliw odnawialnych wymaga od producenta wprowadzającego biopaliwo na rynek wykazania, że wartość ograniczenia emisji w pełnym cyklu życia biopaliwa (LCA) jest  $\geq 35\%$ . Od 2017 roku wartość ta ma wynosić co najmniej 50% dla instalacji działających, a dla instalacji rozpoczynających produkcję ograniczenie emisji musi wynosić 60% od 2018 roku.

Dyrektywa RED zawiera szczegółową metodykę obliczania emisji gazów cieplarnianych – GHG (*greenhouse gas*). W szacunkach całkowitych emisji GHG należy uwzględnić emisje rolnicze powstające w produkcji surowców przeznaczonych na cele paliwowe. Są to emisje uwalniane: z produkcji materiału siewnego, nawozów, środków ochrony roślin, zużycia paliw niezbędnych do wykonywania zabiegów, związane z akumulacją węgla w glebie oraz emisje połowe podtlenu azotu ( $N_2O$ ), które stanowią największy udział w strukturze emisji rolniczych. Zgodnie z komunikatem Komisji Europejskiej [2010] do wykonywania szacunków emisji połowych zaleca się stosowanie metodyki IPCC (poziom 1.), ale dopuszcza się także metody dokładniejsze – modele (poziom 3.).

Celem opracowania było oszacowanie możliwych do osiągnięcia ograniczeń emisji rolniczych z kukurydzy przeznaczonej do produkcji bioetanolu dzięki zastosowaniu różnych systemów uprawy i zastąpieniu oszacowanych metodą IPCC emisji połowych  $N_2O$  szacunkami symulowanymi za pomocą modelu DNDC.

### Material i metodyka badań

Do symulowania w skali przestrzennej Polski emisji podtlenu azotu ( $N_2O$ ) zastosowano mechanistyczny model DNDC (*denitrification – decomposition*) [The DNDC... 2015]. Model był wykorzystywany w wielu krajach w badaniach przemian węgla i azotu [Leip i in. 2007; 2008; Lugato i in. 2010; Li i in. 2010; Smith i in. 2010; De Vries i in. 2011]. W Polsce został zastosowany do analizy sekwestracji węgla w glebach [Faber i in. 2013].

Skalibrowany i zweryfikowany dla warunków polski model DNDC zastosowano do symulacji emisji połowych  $N_2O$ , dla 136 kwadratów o boku 50 x 50 km pokrywających terytorium kraju. Symulacje prowadzono dla gospodarstw bezinwentarzowych, specjalizujących się w produkcji roślinnej (nieposiadających obornika), które są głównymi dostawcami surowców do produkcji biopaliw w Polsce. Dane dotyczące agrotechniki (terminy siewów i zbiorów, dawki nawozów N) pochodziły z zaleceń agrotechnicznych IUNG-PIB oraz COBORU. Dodatkowo wykorzystano 275 ankiet inwentaryzujących technologie produkcji kukurydzy. Badania ankietowe obejmowały lata 2005-2010. Badania własne wykazały, że większą redukcję emisji GHG można uzyskać przez zwiększenie sekwestracji węgla w glebie wskutek poprawy agrotechniki [Jarosz, Faber 2014]. Symulacje prowadzono dla czterech systemów uprawy:

- uprawy płuznej (pełnej) przy zbiorze całej ilości resztek poźniwnych,
- uprawy płuznej i przyorywanie całej ilości resztek poźniwnych,
- uprawy uproszczonej i pozostawianie całej ilości resztek poźniwnych na polu,
- uprawy bezorkowej i pozostawianie całej ilości resztek poźniwnych na polu.

Symulowane przy pomocy modelu DNDC emisje połowe  $N_2O$  porównywano z ich wielkościami oszacowanymi według metodyki IPCC. Do oszacowania emisji rolniczych wykorzystano kalkulator Biograce wersja 4 public [Biograce. Harmonised... 2011].

### Wyniki badań

Bezpośrednie emisje  $N_2O$  są efektem stosowania nawozów azotowych, na pośrednie zaś wpływ ma wymywanie azotu oraz emisje amoniaku  $NH_3$ . Za emisje podtlenu azotu odpowiadają dwa procesy mikrobiologiczne: denitryfikacja i w mniejszym stopniu nityfikacja. Przeprowadzone symulacje wykazały, że emisje  $N_2O$  różniły się w zależności od systemu uprawy, co wiązało się z różnym tempem mineralizacji resztek poźniwnych. W systemie płuznym z przyorywaniem resztek poźniwnych oraz uproszczonym z pozostawianiem słomy na polu odnotowano emisję o 45% większą niż w systemie uprawy płuznej ze zbiorem całej ilości resztek poźniwnych (tab. 1). Podobną tendencję stwierdzono w przypadku emisji podtlenu azotu pochodzącego z uprawy pszenicy [Jarosz, Faber 2015c]. Większe w tych systemach uprawy były także emisje  $NH_3$  i wymywanie azotu. W uprawie płuznej z przyorywaniem słomy wyniosły one odpowiednio: 118 i 107%. Natomiast w uprawie uproszczonej z pozostawianiem resztek poźniwnych na polu emisje  $NH_3$  i wymywanie azotu wzrosły o 3 i 1% w stosunku do uprawy płuznej ze zbiorem słomy. Nieco mniejszą emisję  $N_2O$  wynoszącą 34%

stwierdzono w uprawie bezorkowej z pozostawieniem całej ilości słomy na polu. Ten system uprawy wpłynął na ograniczenie emisji  $\text{NH}_3$  o 3% i zmniejszenie wymywania azotu o 33% w porównaniu do uprawy pełnej ze zbiorem resztek poźniwnych.

Poprawa dokładności szacunków emisji polowych ma istotne znaczenie dla ograniczenia emisji rolniczych. Zastosowanie dokładniejszych szacunków  $\text{N}_2\text{O}$  uzyskanych przy pomocy modelu DNDC do obliczania emisji pochodzących z uprawy kukurydzy pozwala na redukcję całkowitych emisji gazów cieplarnianych. Emisje podtlenku azotu symulowane DNDC porównywano z szacunkami wykonanymi zgodnie z metodyką IPCC. Szacunki wykonane metodą IPCC wykazały pewne zróżnicowanie emisji  $\text{N}_2\text{O}$  dla systemów uprawy i województw (tab. 2). Zróżnicowanie to było jednak znacznie mniejsze niż stwierdzone w symulacjach DNDC. W systemie płuznym ze zbiorem resztek poźniwnych emisje polowe

dla upraw kukurydzy oszacowane metodą IPCC mieściły się w przedziale od 2,86 do 3,23 kg  $\text{N}_2\text{O}$ /ha/rok (tab. 2, wariant 1.). W pozostałych systemach uprawy emisje polowe kształtowały się na podobnym poziomie i osiągały wartości z przedziału 2,71-3,39 kg  $\text{N}_2\text{O}$  ha/rok.

Emisje podtlenku azotu symulowane DNDC były znacznie mniejsze. W uprawie pełnej ze zbiorem resztek poźniwnych mieściły się w zakresie 1,05-3,36 kg  $\text{N}_2\text{O}$ /ha/rok, a udział emisji DNDC w IPCC zawierał się w przedziale 34-76% z wyjątkiem województwa lubuskiego, dla którego udział wyniósł 106%. Pozostawienie na polu całej ilości resztek poźniwnych spowodowało wzrost emisji  $\text{N}_2\text{O}$  symulowanych DNDC. W systemie płuznym i uproszczonym emisje mieściły się w zakresie 1,17-3,40 kg  $\text{N}_2\text{O}$  ha/rok (tab. 2, wariant 2. i 3.). Udział emisji symulowanych DNDC w emisjach oszacowanych metodą IPCC wynosił odpowiednio: 35-106% w systemie płuznym z przyorywaniem słomy i 35-107% w systemie uproszczonym z pozostawieniem resztek poźniwnych na polu. Natomiast pozostawianie słomy na polu w systemie uprawy bezorkowej wpłynęło na zmniejszenie zarówno emisji  $\text{N}_2\text{O}$  symulowanych DNDC, jak i ograniczenie ich udziału w emisjach oszacowanych metodą IPCC (tab. 2, wariant 4.). Reasumując należy stwierdzić, że emisje uzyskane w wyniku zastosowania modelu DNDC były zdecydowanie niższe od oszacowanych zgodnie z metodyką IPCC. Jak już wspomniano wyjątkiem były szacunki uzyskane dla województwa lubuskiego. Większe symulowane emisje  $\text{N}_2\text{O}$ , a tym samym większe udziały w emisjach IPCC wynikały z większych zawartości węgla w glebie.

Stwierdzone różnice w wielkościach emisji szacowanych porównywanymi metodami nie są zaskoczeniem. Badania przeprowadzone na terenie Europy przez Lesschen i współautorów [2011] wykazały, że emisje podtlenku azotu na obszarze Polski są mniejsze niż oszacowane metodą IPCC.

Oszacowane emisje polowe  $\text{N}_2\text{O}$  wykorzystano do szacunków emisji rolniczych (g  $\text{CO}_2$  eq MJ) z zastosowaniem kalkulatora Biograce. Emisje rolnicze z kukurydzy pochodzącej z uprawy płuznej

Tabela 1. Wpływ systemów uprawy kukurydzy na emisje  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$  i wymywanie azotu

Table 1. Influence of tillage systems on  $\text{N}_2\text{O}$  emissions corn,  $\text{NH}_3$  and nitrogen leaching

System uprawy (warianty)/ <i>Tillage system (variants)*</i>	Emisja $\text{N}_2\text{O}$ / <i>Nitrous oxide emission</i>		Utlenianie $\text{NH}_3$ / <i>Ammonia volatilization</i>		Wymywanie N/ <i>Nitrate leached</i>	
	kg N/ha	%	kg N/ha	%	kg N/ha	%
1.	0,77	100	1,47	100	14,8	100
2.	1,12	145	1,74	118	15,8	107
3.	1,12	145	1,52	103	15,0	101
4.	1,03	134	1,43	97	9,9	67

\*warianty 1-4/ *variants 1-4:*

1. uprawa płuzna przy zbiorze całej ilości resztek poźniwnych/  
*tillage with the total quantity of crop residues collection,*
2. uprawa płuzna i przyorywanie 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. Emisje polowe N<sub>2</sub>O z uprawy kukurydzy szacowane metodą IPCC oraz DNDC  
 Table 2. N<sub>2</sub>O field emissions of the corn crop estimated by the IPCC and DNDC

Województwo/Province	Systemy uprawy (warianty) [kg N <sub>2</sub> O ha <sup>-1</sup> r <sup>-1</sup> ] / Tillage systems (variants) [kg N <sub>2</sub> O ha <sup>-1</sup> year <sup>-1</sup> ]														
	1.*				2.				3.				4.		
	IPCC	DNDC	DNDC/IPCC	IPCC	DNDC	DNDC/IPCC	IPCC	DNDC	DNDC/IPCC	IPCC	DNDC	DNDC/IPCC	IPCC	DNDC	DNDC/IPCC
Dolnośląskie	3,09	2,04	66	3,34	2,71	81	3,37	3,12	93	3,37	2,05	62	3,37	2,05	62
Kujawsko-pomorskie	2,86	2,10	76	2,71	2,57	93	2,71	2,57	95	2,71	2,21	81	2,71	2,21	81
Lubelskie	3,11	1,05	34	3,37	1,55	46	3,40	1,62	48	3,40	1,64	48	3,40	1,64	48
Lubuskie	3,23	3,36	106	3,23	3,23	106	3,23	3,40	107	3,23	2,33	73	3,23	2,33	73
Łódzkie	3,03	1,74	57	3,35	2,34	70	3,31	2,20	68	3,31	2,10	65	3,31	2,10	65
Małopolskie	3,16	1,07	34	3,49	1,49	43	3,48	1,41	41	3,43	1,46	43	3,43	1,46	43
Mazowieckie	3,07	1,18	38	3,36	1,63	49	3,36	1,64	48	3,36	1,47	44	3,36	1,47	44
Opolskie	3,08	1,45	47	3,47	1,76	53	3,46	1,85	54	3,42	1,88	55	3,42	1,88	55
Podkarpackie	3,16	1,06	34	3,48	1,49	43	3,49	1,45	42	3,43	1,44	42	3,43	1,44	42
Podlaskie	3,02	1,33	44	3,33	1,77	53	3,33	1,76	53	3,33	1,76	53	3,33	1,76	53
Pomorskie	3,06	1,34	44	3,35	2,16	64	3,35	2,02	62	3,30	1,61	50	3,30	1,61	50
Śląskie	3,11	1,13	37	3,48	1,17	35	3,49	1,18	35	3,42	1,00	29	3,42	1,00	29
Świętokrzyskie	3,11	1,61	52	3,45	2,08	60	3,45	2,04	59	3,42	1,70	50	3,42	1,70	50
Warmińsko-mazowieckie	3,06	1,07	35	3,35	1,75	51	3,35	1,78	53	3,36	1,52	45	3,36	1,52	45
Wielkopolskie	2,89	1,75	58	3,25	2,03	62	3,25	2,18	66	3,25	1,91	58	3,25	1,91	58
Zachodnio-pomorskie	2,96	1,61	53	3,29	2,53	77	3,29	2,62	80	3,29	1,90	57	3,29	1,90	57

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

Źródło: opracowanie własne

Source: own study

ze zbiorem resztek poźniowych uwzględniające N<sub>2</sub>O oszacowane metodą IPCC mieściły się w zakresie 14,38-27,39 g CO<sub>2</sub> eq/MJ bioetanolu (tab. 3). Przyorywanie resztek poźniowych w tym systemie uprawy spowodowało w większości województw wzrost emisji rolniczych. Wyższy poziom emisji rolniczych, w porównaniu do uprawy płużnej ze zbiorem słomy, odnotowano także w systemie uprawy uproszczonej z pozostawianiem resztek poźniowych na polu. Emisje zawierały się w przedziale 12,61-28,24 g CO<sub>2</sub> eq/MJ (tab. 3, wariant 3.). Na zbliżonym poziomie kształtowały się emisje rolnicze z kukurydzy pochodzącej z uprawy bezorkowej z pozostawianiem słomy na polu.

Podobną tendencję stwierdzono w emisjach rolniczych symulowanych przy pomocy modelu DNDC (tab. 4). Jednak bez względu na system uprawy były one niższe od emisji oszacowanych metodą IPCC i w wyjątkiem kujawsko-pomorskiego i lubuskiego) były niższe od wartości standardowej (20 g CO<sub>2</sub> eq/MJ) podanej w dyrektywie. Przy takich wartościach emisji rolniczych agrorafinerie w Polsce są w stanie spełnić wymóg ograniczenia emisji GHG w produkcji bioetanolu wynoszący ≥ 35%.

Interesujące było także, jakie są możliwości spełnienia wymagań obowiązujących od 1 stycznia 2017 roku. Badania własne wykazały, że szacunki z zastosowaniem metodyki IPCC dla kukurydzy pochodzącej z uprawy płużnej ze zbiorem słomy, pozwalają na uzyskanie ograniczenia emisji ≥ 50% w

Tabela 3. Emisje rolnicze z uwzględnieniem szacunku N<sub>2</sub>O metodą IPCCTable 3. Agricultural emissions with regard to N<sub>2</sub>O emissions estimated by the IPCC methodology

Województwo/ Province	System uprawy (warianty) [g CO <sub>2</sub> eq/MJ bioetanolu]/ Tillage system (variants) [g CO <sub>2</sub> eq/bioethanol MJ]			
	1.*	2.	3.	4.
Dolnośląskie	17,21	19,31	18,77	18,12
Kujawsko-pomorskie	24,93	26,77	25,57	24,25
Lubelskie	15,28	16,07	15,56	15,03
Lubuskie	27,39	29,57	28,24	26,87
Łódzkie	16,36	18,26	18,52	17,80
Małopolskie	14,38	13,51	12,61	14,13
Mazowieckie	16,30	18,30	17,59	16,83
Opolskie	15,82	14,10	13,65	14,06
Podkarpackie	14,80	14,07	13,12	14,35
Podlaskie	17,62	19,80	18,97	18,08
Pomorskie	18,85	22,02	20,88	19,55
Śląskie	15,54	14,07	13,21	14,46
Świętokrzyskie	14,90	14,61	14,15	14,42
Warmińsko-mazowieckie	16,51	18,00	17,58	16,88
Wielkopolskie	21,33	24,18	22,98	21,74
Zachodniopomorskie	19,67	22,28	22,01	21,12

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

Źródło: opracowanie własne

Source: own study

Tabela 4. Emisje rolnicze z uwzględnieniem szacunku N<sub>2</sub>O metodą DNDCTable 4. Agricultural emissions with regard to N<sub>2</sub>O emissions estimated by the DNDC methodology

Województwo/ Province	System uprawy (warianty) [g CO <sub>2</sub> eq/MJ bioetanolu]/ Tillage system (variants) [g CO <sub>2</sub> eq/bioethanol MJ]			
	1.*	2.	3.	4.
Dolnośląskie	14,66	17,78	18,17	14,92
Kujawsko-pomorskie	22,22	26,26	25,07	22,45
Lubelskie	10,90	12,44	12,01	11,50
Lubuskie	27,86	30,05	28,87	23,56
Łódzkie	13,37	15,94	15,84	14,87
Małopolskie	10,29	10,24	9,31	10,44
Mazowieckie	12,03	14,39	13,70	12,56
Opolskie	12,20	11,12	10,84	11,17
Podkarpackie	10,69	10,77	9,83	10,64
Podlaskie	13,54	16,04	15,18	14,29
Pomorskie	12,94	18,94	17,44	15,20
Śląskie	11,33	10,15	9,37	9,81
Świętokrzyskie	11,79	12,14	11,61	11,13
Warmińsko-mazowieckie	11,96	14,44	14,04	12,74
Wielkopolskie	17,93	20,54	19,79	17,74
Zachodniopomorskie	15,87	20,14	20,08	17,12

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

Źródło: opracowanie własne

Source: own study

12 województwach [Jarosz, Faber 2015a]. Produkcja bioetanolu z kukurydzy uprawianej w tym systemie w województwach kujawsko-pomorskim, lubuskim, wielkopolskim i zachodniopomorskim nie spełnia kryteriów zrównoważonej produkcji. Celem bezpiecznego spełnienia normy w produkcji bioetanolu, kukurydza powinna pochodzić z uprawy pełnej z przyoraniem resztek poźniwnych lub z uprawy uproszczonej. Zastąpienie emisji polowych N<sub>2</sub>O oszacowanych metodą IPCC, emisjami symulowanymi za pomocą modelu DNDC pozwoliło rozszerzyć bazę surowcową o województwa wielkopolskie i zachodniopomorskie [Jarosz, Faber 2015b]. W pozostałych systemach uprawy ograniczenia całkowitych emisji GHG wynosiły > 80%.

## Podsumowanie

Uwzględnienie w analizach cyklu życia bioetanolu szacunków emisji N<sub>2</sub>O wysymulowanych modelem DNDC może zmniejszyć wielkość emisji średnio o 5% i zapewnić w 14 województwach osiągnięcie ograniczenia GHG ≥ 50% w produkcji bioetanolu z kukurydzy pochodzącej z uprawy pełnej ze zbiorem resztek poźniwnych. Zapewnienie ograniczenia emisji GHG ≥ 50% we wszystkich województwach wymaga pozyskania surowca (kukurydzy) z uprawy pełnej z przyoraniem słomy. Większe ograniczenia emisji można uzyskać w uprawie kukurydzy w systemie uproszczonym i bezorkowym z pozostawianiem resztek poźniwnych na polu. Uzyskane wyniki



mają duże znaczenie utylitarne, gdyż wszystkie podmioty produkujące biopaliwa muszą spełniać zawarte w dyrektywie RED kryteria zrównoważonej produkcji. Ponadto, ewentualna konieczność uwzględniania w szacunkach GHG emisji związanych z pośrednią zmianą użytkowania gruntów będzie dodatkowym kosztem emisyjnym.

Z biopaliwami I generacji wiązano ogromne nadzieje. Produkcja i wykorzystanie biopaliw miały stanowić istotne korzyści środowiskowe, ekonomiczne i społeczne. Do zalet produkcji biopaliw zalicza się m.in. [Borychowski 2014]:

- możliwość uniezależnienia się od paliw kopalnych,
- dywersyfikację dochodów rolników, czego jednym ze sposobów jest produkcja roślin na cele energetyczne,
- wzrost popytu na surowce rolne wykorzystywane do produkcji biopaliw, co zwiększa dochody rolników,
- możliwość zagospodarowania nadwyżek produkcji rolniczej, co wpływa stabilizująco na ceny surowców rolnych,
- wsparcie gospodarki obszarów wiejskich dzięki generowaniu nowych miejsc pracy.

Grzyb i Wilkosz [2013] zwracali także uwagę na śrutę poekstrakcyjną powstającą w łańcuchu wytwarzania biopaliw, stanowiącą wartościowy składnik pasz. Jednak w ostatnim czasie produkcja biopaliw z surowców rolniczych budzi wiele kontrowersji. Większy popyt na surowce rolnicze do produkcji biopaliw przyczynia się do wzrostu cen żywności, a konkurencyjne wykorzystywanie surowców na cele energetyczne zamiast żywnościowe stanowi zagrożenie bezpieczeństwa żywnościowego [Hamalczuk 2014, Szajner 2013]. Dyskusyjny jest także wpływ biopaliw na środowisko naturalne ze względu na nieznaczną redukcję gazów cieplarnianych. Skuteczniejsza redukcja emisji GHG wymaga wprowadzenia biopaliw II generacji, które są w fazie opracowywania. Biorąc pod uwagę inwestycje, które poczyniono na potrzeby przemysłowej produkcji biopaliw I generacji, należy sądzić, że dalszy rozwój może polegać na maksymalizacji efektywności produkcji biopaliw konwencjonalnych i stopniowej dywersyfikacji na rzecz biopaliw wyższych generacji.

## Literatura

- Biograce. *Harmonised Calculations of Biofuel Greenhouse Gass Emissions in Europe*, [online]. 2011: <http://www.biograce.net>.
- Borychowski M. 2014: „Produkcja biopaliw w Polsce a zrównoważony rozwój rolnictwa. Dylemat biogospodarki”, *Roczniki Naukowe SERiA XVI* (6): 51-56.
- Dyrektywa 2003/30/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 8 maja 2003 r. w sprawie wspierania użycia w transporcie biopaliw lub innych paliw odnawialnych. Dz.U. UE 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)*. Projekt N N313 759240 finansowany przez Narodowe Centrum Nauki. Raport 165.
- Grzyb Andrzej, Wilkosz Łukasz. 2013: *Bioekonomia dla Europy – czy wykorzystamy szanse na rozwój?* [w:] A. Czyżewski, A. Matuszczak (red.), *Wspólna polityka rolna 2007-2013 i jej nowa perspektywa*, Wyd. KPSW, Bruksela-Bdgoszcz-Poznań, 13-33.
- Hamalczuk M. 2014: *Polityka biopaliwowa a ceny surowców rolnych – wybrane problemy*, *Rocz. Nauk. SERiA*, t. XVI, z. 2, 82-87.
- Jarosz Zuzanna, Antoni Faber. 2014. „Możliwości ograniczenia emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia biopaliw”. *Studia i Raporty IUNG-PIB* 39 (13): 9-27.
- Jarosz Zuzanna, Antoni Faber. 2015a. „Możliwości spełnienia wymogów UE w zakresie zrównoważonej produkcji biopaliw”. *Roczniki Naukowe SERiA XVII* (1): 85-90.
- Jarosz Zuzanna, Antoni Faber. 2015b. „Możliwość zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia biopaliw”. *Roczniki Naukowe SERiA XVII* (3): 158-163.
- Jarosz Zuzanna, Antoni Faber. 2015c. „Możliwości ograniczenia emisji rolniczych z uprawy pszenicy przeznaczonej na cele paliwowe”. *Problemy Inżynierii Rolniczej* 2(88): 75-83.

- 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. 19.6.2010, C160/8 PL, <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2010:160:0008:0016:PL:PDF>.
- Leip Adrian, Guido Marchi, Renate Koeble, Markus Kempen, Wolfgang Britz, Li Changsheng. 2007. „Linking an economic model for European agriculture with a mechanistic model to estimate nitrogen losses from cropland soil in Europe”. *Biogeoscience Discussion* 4: 2215-2278.
- Leip Adrian, Guido Marchi, Renate Koeble, Markus Kempen, Wolfgang Britz, Li Changsheng. 2008. „Linking an economic model for European agriculture with a mechanistic model to estimate nitrogen and carbon losses from arable soils in Europe”. *Biogeoscience* 5: 73-94.
- Lesschen Jan Peter, Gerard Velthof, Wim de Vries, Johannes Kros. 2011. „Differentiation of nitrous oxide emission factors for agricultural soils”. *Environmental Pollution* 159: 3215-3222.
- Li Hong, Jianjun Qiu, Li-gang Wang, Huajuan Tang, Changsheng Li, Eric van Ranst. 2010. „Modelling impacts of alternative farming management practices on greenhouse gas emissions from a winter wheat–maize rotation system in China”. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 135: 24-33.
- Lugato Emanuele, Michel Zuliani, Giorgio Alberti, Delle Vedove Gemini, Beniamino Gioli, Franco Miglietta, Alessandro Peressotti. 2010. „Application of DNDC biogeochemistry model to estimate greenhouse gas emissions from Italian agricultural areas at high spatial resolution”. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 139: 546-556.
- Smith Ward, Brian Grant, Raymond Desjardins, Devon Worth, Changsheng Li, Steve Boles, Ted Huffman. 2010. „A tool to link agricultural activity data with DNDC model to estimate GHG emission factor in Canada”. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 136: 301-309.
- Szajner Piotr (red.). 2013: *Światowa produkcja biopaliw w kontekście bezpieczeństwa żywnościowego*, IERiGŻ-PIB, Warszawa, raport nr 70.
- The DNDC Model*. Institute for the Study of Earth, Oceans, and Space, University of New Hampshire. Durham, USA, <http://www.dndc.sr.unh.edu>, dostęp 26.03.2015.
- Ustawa z 25 sierpnia 2006 r. o biokomponentach i biopaliwach ciekłych*. Dz.U. 2006, nr 169, poz. 1199.
- Vries de Wim, Adrian Leip, Gert Jan Reinds, Johannes Kros, Jan Peter Lesschen, Arno Bouwman. 2011. „Comparison of land nitrogen budgets for European agriculture by various modeling approaches”. *Environmental Pollution* 159(11): 3254-68.

### Summary

*The study compared the field N<sub>2</sub>O emissions for the four corn cropping systems for the production of bioethanol estimated by the IPCC methodology and simulated by DNDC model. The obtained results were used to estimate the agricultural greenhouse emissions. Agricultural emission estimations were made using the calculator BioGrace v. 4 public, which has been recognized by the European Commission as the official tool for calculating greenhouse gas emissions in accordance with the requirements of Directive 2009/28/EC. The application of field emissions estimated by the IPCC methodology ensure GHG emissions reduction ≥ 50% in 12 provinces. Introduction of a N<sub>2</sub>O field emission simulated by DNDC model to the calculation can extend the resource base of Wielkopolskie and Zachodniopomorskie.*

Adres do korespondencji  
 dr Zuzanna Jarosz, prof. dr hab. Antoni Faber  
 Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – PIB w Puławach  
 ul. Czarotoryskich 8, 24-100 Puławy  
 tel. (81) 886 34 21 w. 766  
 e-mail: zjarosz@iung.pulawy.pl