

Zuzanna Jarosz, Antoni Faber

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – PIB w Puławach

MOŻLIWOŚCI SPEŁNIENIA WYMOGÓW UNII EUROPEJSKIEJ W ZAKRESIE ZRÓWNOWAŻONEJ PRODUKCJI BIOPALIW

POSSIBILITY OF FULFILMENT OF THE EUROPEAN UNION REQUIREMENTS IN THE FIELD OF SUSTAINABLE BIOFUELS PRODUCTION

Słowa kluczowe: biopaliwa, emisja gazów cieplarnianych, ograniczenie emisji, zrównoważona produkcja biopaliw

Key words: biofuels, greenhouse gas emission, reduce emission, sustainable production of biofuels

Abstrakt. Celem badań było oszacowanie emisji i ograniczeń emisji gazów cieplarnianych powstających w pełnym cyklu życia biopaliw (LCA) oraz określenie możliwości spełnienia wymagań zawartych w dyrektywie 2009/28/WE w zakresie zrównoważonej produkcji biopaliw. Możliwości redukcji emisji gazów cieplarnianych poszukiwano przez zwiększenie sekwestracji węgla organicznego w glebie wskutek poprawy agrotechniki. Stwierdzono, że uzyskanie wymaganego 50% ograniczenia emisji od 2017 roku jest możliwe w produkcji bioetanolu i biodiesla z surowca pochodzącego z uprawy plującej z pozostawieniem na polu całej ilości resztek poźniwnych.

Wstęp

Polska prowadzić powinna politykę zgodną ze strategią Unii Europejskiej (UE), która oparta jest na stałym wzroście udziału energii pozyskiwanej ze źródeł odnawialnych. Przyjęta dyrektywa 2009/28/WE (RED) z 23 kwietnia 2009 roku, nakłada obowiązek pozyskiwania 10% energii wykorzystywanej w transporcie ze źródeł odnawialnych oraz spełnienia kryteriów zrównoważonej produkcji [Dz.U. UE L 09.140.16.2009]. Najważniejszym kryterium jest wymóg ograniczenia emisji gazów cieplarnianych (*greenhouse gas* – GHG) w pełnym cyklu produkcji biopaliw. Od 1 kwietnia 2013 roku wielkość ograniczenia powinna wynosić co najmniej 35%, a w 2017 roku 50%. Dla instalacji nowych, rozpoczynających produkcję w 2017 roku wielkość redukcji emisji od 2018 roku ma wynosić 60%.

RED zawiera szczegółowe wymagania dotyczące metodyki liczenia ograniczenia GHG w cyklu życia biopaliw. Tylko biopaliwa produkowane zgodnie z wymogami metodycznymi mogą uzyskać audyt potwierdzony certyfikatem i zostać zaliczone do paliw odnawialnych.

Celem badań było oszacowanie według metodyki określonej w dyrektywie 2009/28/WE emisji gazów cieplarnianych powstających w pełnym cyklu życia biopaliw (LCA) i ograniczenia GHG oraz określenie możliwości spełnienia wymagań w zakresie zrównoważonej produkcji.

Material i metodyka badań

Szacunki całkowitej emisji i ograniczeń emisji gazów cieplarnianych wykonano wykorzystując dane zgeneralizowane dla województw, które pochodziły z symulacji wykonanych dla 136 kwadratów z użyciem modelu DNDC (*DeNitrification-DeComposition*) zastosowanego do analiz sekwestracji węgla organicznego w glebach Polski (plony, dawki azotu N, sekwestracje węgla organicznego [Faber i in. 2013]. Pozostałe dane dotyczące produkcji rolnej pochodziły z badań ankietowych przeprowadzonych w gospodarstwach wytwarzających surowce (pszenicę ozimą, kukurydzę, rzepak ozimy) do produkcji biopaliw. Ankietami objęto gospodarstwa bezinwentarżowe wytypowane do badań losowo w taki sposób, aby ich liczba (dla pszenicy ozimej – 272, kukurydzy – 275 i rzepaku ozimego – 1218), odpowiadała w przybliżeniu próbie 3% gospo-

darstw z ogółu gospodarstw produkujących surowce na cele paliwowe. Liczba gospodarstw w poszczególnych województwach odzwierciedlała udział badanych upraw w strukturze zasiewów. Szacunki emisji powinny być wykonane z uwzględnieniem różnych typów gleb, warunków klimatycznych i poziomów plonów. Uprawy w gospodarstwach lokalizowane były na wszystkich kategoriach agronomicznych gleb. Produkcję prowadzono w zmiennych warunkach pogodowych obejmujących lata 2005-2010.

Szacunki całkowitej emisji i ograniczenia emisji GHG w pełnym cyklu życia biopaliw poprzez zwiększenie sekwestracji węgla wskutek poprawy agrotechniki wykonano dla czterech wariantów uprawy:

- uprawa płuzna 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.

Oszacowane wielkości całkowitej emisji gazów cieplarnianych zmniejszono o wartość emisji alokacji wynikającej z wykorzystania półproduktów (wywaru (DDGS), śrutę poekstrakcyjną oraz gliceryny). Do wykonania szacunków wykorzystano kalkulator Biograce wersja 4 public, który został uznany przez Komisję Europejską jako dobrowolny program do szacowania emisji gazów cieplarnianych [*Biograce. Harmonised... 2011, Decyzja Komisji z dnia 30 maja 2013 roku...*, Dz.U. UE L 2013.147.46.]. Zastosowana metodyka szacowania ograniczeń emisji GHG w cyklu życia bioetanolu i biodiesla (LCA) jest zgodna z wymaganiami metodycznymi określonymi w RED oraz uwzględnia późniejsze decyzje Komisji Europejskiej [*Decyzja Komisji z dnia 10 czerwca 2010 roku...*, Dz.U. UE L 2010.151.19. 2010].

Wyniki badań

Spełnienie kryteriów zawartych w dyrektywie 2009/28/WE wymaga, aby każdy podmiot uczestniczący w produkcji biokomponentu lub biopaliwa przedstawił szacunek emisji. Wymóg ten dotyczy także emisji powstającej w produkcji rolniczej. Zapisy dyrektywy dają możliwość zastosowania wartości standardowych, które wynoszą odpowiednio dla: pszenicy -23, kukurydzy -20 i rzepaku 29 g CO₂ eq/MJ bądź wykorzystanie wartości rzeczywistych lub kombinacji wartości rzeczywistych i standardowych.

Badania własne wykazały, że rzeczywiste wartości emisji rolniczych oszacowane dla Polski są mniejsze od wartości standardowych (tab. 1) [Faber i in. 2011]. Osiągnięcie emisji rolniczych na podanym poziomie możliwe było dzięki zastosowaniu niższego wskaźnika emisji (zboża – 3414,2, rzepak – 3253,2 g CO₂ eq/kg N) dla polskich nawozów w miejsce przyjętego w Unii Europejskiej (UE), wynoszącego 5880,6 g CO₂ eq/kg N. Przy takich emisjach rolniczych agrorafinerie w Polsce są w stanie osiągnąć wymagane ograniczenia emisji GHG na obecnym poziomie (35%).

Dalszych możliwości redukcji emisji gazów cieplarnianych, a tym samym spełnienia wymagań obowiązujących po 2017 roku, poszukiwano przez zwiększenie sekwestracji węgla organicznego w glebie wskutek poprawy agrotechniki.

Produkcja bioetanolu z pszenicy ozimej uprawianej w systemie płuznym ze zbiorem całej ilości słomy związana była z emisjami 39-42 g CO₂ eq/MJ (tab. 2, wariant 1.). Pozostawienie na polu całej ilości resztek poźniwnych zwiększa sekwestrację węgla organicznego w glebie, wskutek

Tabela 1. Rzeczywiste emisje rolnicze oszacowane dla Polski
Table 1. The agricultural emissions estimated for Poland

Roślina/ <i>Plant</i>	Emisje rolnicze/ <i>Agricultural emissions</i> [g CO ₂ eq/MJ]		
	minimalne/ <i>min.</i>	maksymalne/ <i>max.</i>	mediana/ <i>median</i>
Pszenica/ <i>Winter wheat</i>	20	23	22,6
Kukurydza/ <i>Corn</i>	18	20	19,2
Rzepak/ <i>Rape</i>	21	28	24,5

Źródło: badania własne
Source: own research

czego maleją emisje GHG (tab. 2, wariant 2.). Wprowadzenie uprawy uproszczonej z przyoraniem słomy nie dawało znacząco większych sekwestracji węgla w stosunku do uprawy płuźnej z przyoraniem słomy, dlatego oszacowane całkowite emisje były zbliżone (tab. 2, wariant 3.). Siew bezpośredni zapewniający największe sekwestracje węgla powodował, że po odliczeniu akumulowanego w glebie węgla emisje w cyklu życia bioetanolu produkowanego z pszenicy przyjmowały wartości ujemne (tab. 2, wariant 4.).

Tabela 2. Zmienność wielkości całkowitej emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia bioetanolu w zależności od poprawy agrotechniki

Table 2. Variability in total greenhouse gas emissions in the life cycle of bioethanol from wheat depending on the improvement of agricultural technology

Województwo/ Province	Całkowite emisje gazów cieplarnianych bioetanolu (warianty)/Total greenhouse gas emissions [g CO ₂ eq/MJ] bioethanol (variants)			
	1.	2.	3.	4.
Dolnośląskie	38,90	9,42	10,24	-87,74
Kujawsko-pomorskie	41,91	11,13	10,70	-76,65
Lubelskie	41,27	10,09	10,28	-101,95
Lubuskie	39,64	14,13	14,06	-68,54
Łódzkie	41,59	7,77	6,93	-98,41
Małopolskie	38,80	4,54	4,83	-109,19
Mazowieckie	41,94	9,95	9,70	-100,99
Opolskie	39,38	4,66	5,21	-99,87
Podkarpackie	40,45	7,14	7,07	-111,62
Podlaskie	42,35	9,47	8,13	-106,58
Pomorskie	40,24	8,80	9,30	-96,97
Śląskie	40,64	3,76	4,00	-109,50
Świętokrzyskie	39,31	8,87	8,58	-87,84
Warmińsko-mazurskie	40,89	9,12	9,58	-110,64
Wielkopolskie	40,10	11,86	12,23	-78,82
Zachodnio-pomorskie	39,03	9,40	9,32	-80,89

warianty 1-4/variants 1-4:

1. uprawa płuźna przy zbiorze całej ilości resztek poźniwnych/tillage with the total quantity of crop residues collection,
2. uprawa płuźna 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: badania własne
Source: own research

Podobne wielkości emisji uzyskano w produkcji bioetanolu z kukurydzy. W systemie uprawy płuźnej ze zbiorem słomy oszacowane całkowite emisje mieściły się w przedziale 38-51 g CO₂ eq/MJ bioetanolu (tab. 3, wariant 1.). Produkcja bioetanolu z kukurydzy z przyoraniem całej słomy spowodowała zmniejszenie emisji do poziomu 9-16 g CO₂ eq/MJ (tab. 3,

Tabela 3. Zmienność wielkości całkowitej emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia bioetanolu z kukurydzy w zależności od poprawy agrotechniki
Table 3. Variability in total greenhouse gas emissions in the life cycle of bioethanol from corn depending on the improvement of agricultural technology

Województwo/ Province	Całkowite emisje gazów cieplarnianych [g CO ₂ eq/MJ] bioetanolu (warianty)/Total greenhouse gas emissions [g CO ₂ eq/MJ] bioethanol (variants)			
	1.	2.	3.	4.
Dolnośląskie	40,57	13,02	13,58	-80,78
Kujawsko-pomorskie	48,28	8,75	7,51	-111,86
Lubelskie	38,63	15,49	15,46	-72,74
Lubuskie	50,74	13,89	13,92	-109,03
Łódzkie	39,72	12,36	10,33	-84,24
Małopolskie	37,74	13,15	12,98	-75,41
Mazowieckie	39,65	14,44	13,59	-82,49
Opolskie	39,17	13,42	13,07	-63,02
Podkarpackie	38,15	14,87	14,34	-76,56
Podlaskie	40,97	13,95	12,06	-95,65
Pomorskie	42,20	10,89	10,61	-103,30
Śląskie	38,89	13,18	12,76	-74,80
Świętokrzyskie	38,26	14,11	13,46	-65,43
Warmińsko-mazurskie	39,87	13,50	13,24	-95,09
Wielkopolskie	44,69	13,26	13,53	-94,20
Zachodnio-pomorskie	43,02	9,85	9,20	-100,48

warianty 1-4 jak w tab. 2/variants 1-4 see tab. 2

Źródło: badania własne
Source: own research

Tabela 4. Zmienność wielkości całkowitej emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia biodiesla z rzepaku w zależności od poprawy agrotechniki

Table 4. Variability in total greenhouse gas emissions in the life cycle of biodiesel from rape depending on the improvement of agricultural technology

Województwo/ Province	Całkowite emisje gazów cieplarnianych [g CO ₂ eq/MJ] biodiesla (warianty)/ Total greenhouse gas emissions [g CO ₂ eq/MJ] biodiesel (variants)			
	1.	2.	3.	4.
Dolnośląskie	51,62	17,14	17,57	-105,65
Kujawsko-pomorskie	54,88	16,81	15,83	-95,28
Lubelskie	56,78	16,94	16,77	-133,41
Lubuskie	51,89	21,87	22,07	-78,94
Łódzkie	51,57	14,77	13,31	-109,13
Małopolskie	53,54	8,41	7,50	-147,79
Mazowieckie	53,27	16,70	15,62	-125,32
Opolskie	52,06	12,18	11,77	-110,39
Podkarpackie	52,85	11,66	10,29	-147,59
Podlaskie	56,46	16,04	13,52	-150,00
Pomorskie	54,94	13,77	13,67	-128,59
Śląskie	52,21	10,40	9,18	-132,15
Świętokrzyskie	53,14	13,26	12,14	-121,63
Warmińsko-mazurskie	53,72	15,34	15,18	-145,84
Wielkopolskie	51,50	19,16	19,72	-93,46
Zachodnio-pomorskie	51,77	15,55	15,19	-103,60

warianty 1-4 jak w tab. 2/variants 1-4 see tab. 2

Źródło: badania własne

Source: own research

wariant 2.). Wprowadzenie uprawy uproszczonej z przyoraniem całej ilości resztek poźniwnych nie zmieniło oszacowanych emisji (tab. 3, wariant 3.). Natomiast wprowadzenie siewu bezpośredniego z przyoraniem słomy w uprawie kukurydzy skutkowało uzyskaniem ujemnych wartości emisji (tab. 3, wariant 4.).

Produkcja biodiesla z rzepaku pochodzącego z uprawy pełnej ze zbiorem słomy związana była z emisjami 52-57 g CO₂ eq/MJ (tab. 4, wariant 1.). Przyoranie słomy zwiększa sekwestracje węgla, wskutek czego maleją emisje GHG (tab. 4, wariant 2.). Nieznaczne zmniejszenie emisji uzyskano w produkcji biodiesla z rzepaku uprawianego w systemie uproszczonym z przyoraniem resztek poźniwnych. Siew bezpośredni zapewniający największe sekwestracje węgla, powodował, że emisje w cyklu życia biodiesla przyjmowały wartości ujemne (tab. 4, wariant 4.).

Oszacowane ograniczenia emisji w produkcji bioetanolu z pszenicy pochodzącej z uprawy płuźnej ze zbiorem słomy były $\geq 50\%$, z wyjątkiem województwa podlaskiego (tab. 5). Przyoranie resztek poźniwnych wpłynęło na zwiększenie ograniczenia emisji do 83-96%. Wprowadzenie siewu bezpośredniego skutkowało jeszcze większymi ograniczeniami emisji, które wahały się w zakresie 182-233%.

Produkcja bioetanolu z kukurydzy pochodzącej z uprawy płuźnej ze zbiorem resztek poźniwnych pozwalała osiągać ograniczenie emisji $\geq 50\%$ w większości województw, z wyjątkiem

Tabela 5. Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia bioetanolu z pszenicy w zależności od poprawy agrotechniki

Table 5. Reducing greenhouse gas emissions in the life cycle of bioethanol from wheat depending on the improvement of agricultural technology

Województwo/ Province	Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych/ Reducing greenhouse gas emissions [%]			
	1.	2.	3.	4.
Dolnośląskie	54	89	88	205
Kujawsko-pomorskie	50	87	87	191
Lubelskie	51	88	88	222
Lubuskie	53	83	83	182
Łódzkie	50	91	92	217
Małopolskie	54	95	94	230
Mazowieckie	50	88	88	221
Opolskie	53	94	94	219
Podkarpackie	52	91	92	233
Podlaskie	49	89	90	227
Pomorskie	52	89	89	216
Śląskie	52	96	95	231
Świętokrzyskie	53	89	90	205
Warmińsko-mazurskie	51	89	89	232
Wielkopolskie	52	86	85	194
Zachodnio-pomorskie	53	89	89	197

warianty 1-4 jak w tab. 2/variants 1-4 see tab. 2

Źródło: badania własne

Source: own research

Tabela 6. Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia bioetanolu z kukurydzy w zależności od poprawy agrotechniki

Table 6. Reducing greenhouse gas emissions in the life cycle of bioethanol from corn depending on the improvement of agricultural technology

Województwo/ Province	Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych/ Reducing greenhouse gas emissions [%]			
	1.	2.	3.	4.
Dolnośląskie	52	84	84	196
Kujawsko-pomorskie	42	90	91	233
Lubelskie	54	82	82	187
Lubuskie	39	83	83	230
Łódzkie	53	85	88	201
Małopolskie	55	84	85	190
Mazowieckie	53	83	84	198
Opolskie	53	84	84	175
Podkarpackie	54	82	83	191
Podlaskie	51	83	86	214
Pomorskie	50	87	87	223
Śląskie	54	84	85	189
Świętokrzyskie	54	83	84	178
Warmińsko-mazurskie	52	84	84	213
Wielkopolskie	47	84	84	212
Zachodniopomorskie	49	88	89	220

warianty 1-4 jak w tab. 2/*variants 1-4 see tab. 2*

Źródło: badania własne

Source: own research

Tabela 7. Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia biodiesla z rzepaku w zależności od poprawy agrotechniki

Table 7. Reducing greenhouse gas emissions in the life cycle of biodiesel from rape depending on the improvement of agricultural technology

Województwo/ Province	Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych/ Reducing greenhouse gas emissions [%]			
	1.	2.	3.	4.
Dolnośląskie	38	80	79	226
Kujawsko-pomorskie	35	80	81	214
Lubelskie	32	80	80	259
Lubuskie	38	74	74	194
Łódzkie	38	82	84	230
Małopolskie	36	90	91	276
Mazowieckie	36	80	81	250
Opolskie	38	85	86	232
Podkarpackie	37	86	88	276
Podlaskie	33	81	84	279
Pomorskie	34	84	84	253
Śląskie	38	88	89	258
Świętokrzyskie	37	84	86	245
Warmińsko-mazurskie	36	82	82	274
Wielkopolskie	39	77	76	212
Zachodniopomorskie	38	81	82	224

warianty 1-4 jak w tab. 2/*variants 1-4 see tab. 2*

Źródło: badania własne

Source: own research

kujawsko-pomorskiego, lubuskiego, wielkopolskiego i zachodniopomorskiego (tab. 6). Wzrost sekwestracji węgla wskutek poprawy agrotechniki powoduje, że zwiększają się ograniczenia GHG.

Produkcja biodiesla z rzepaku pochodzącego z uprawy płuźnej ze zbiorem słomy nie pozwalała osiągnąć 50% ograniczenia GHG we wszystkich województwach (tab. 7). Pozostawienie na polu całej ilości resztek poźniwnych spowodowało wzrost ograniczenia emisji do 74-90%. Uwzględnienie w szacunkach poprawy agrotechniki przez wprowadzenie siewu bezpośredniego z pozostawieniem całej słomy pozwoliło na znaczne ograniczenie emisji w cyklu życia biodiesla. Uzyskane wartości wahały się w zakresie 194-279%.

Podsumowanie

Reasumując wyniki można stwierdzić, że uzyskanie wymaganego 50-procentowego ograniczenia emisji od 2017 roku jest możliwe w produkcji bioetanolu z surowca (pszenicy ozimej, kukurydzy) pochodzącego z uprawy płuźnej z pozostawieniem całej ilości słomy. Mniejsze ograniczenia GHG uzyskano w badaniach własnych, w których zastosowano niższe wartości sekwestracji węgla w glebie i średni wsad resztek poźniwnych [Jarosz, Faber 2014]. Dla uzyskania bezpiecznego spełnienia normy ograniczenia o 50% w produkcji biodiesla, rzepak powinien pochodzić z uprawy płuźnej z przyoraniem resztek poźniwnych.

Literatura

- Biograce. Harmonised Calculations of Biofuel Greenhouse Gass Emissions in Europe*, [online]. 2011: [http://www.biograce.net/].
- 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), Dz.U. UE L 2010.151.19.
- Decyzja Komisji z dnia 30 maja 2013 r. w sprawie zatwierdzenia systemu „narzędzie do obliczania emisji gazów cieplarnianych Biograce” w odniesieniu do wykazania zgodności z kryteriami zrównoważonego rozwoju zgodnie z dyrektywami Parlamentu Europejskiego i Rady 98/78/WE oraz 2009/28/WE, Dz.U. UE L 2013.147.46.
- 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 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 biodiesla*. 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 biodiesla (LCA)*, Projekt N N313 759240, finansowany przez Narodowe Centrum Nauki, Raport, 165.
- Jarosz Z., Faber A. 2014: *Możliwości ograniczenia emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia biopaliw*. Studia i Raporty IUNG-PIB, 39 (13), 9-27.

Summary

The aim of this study was to estimate emissions and greenhouse gas reductions resulting in the full life cycle of biofuels (LCA) and determining the ability to meet the requirements of Directive 2009/28/EC as regards to the sustainable production of biofuels. Opportunities to reduce greenhouse gas emissions were sought thru increasing sequestration of organic carbon in the soil as a result of the improvement of agricultural technology. It was found that to achieve the required 50% reduction in emissions by 2017 was possible in the production of bioethanol and biodiesel from crops grown in the field where, tillage with the total quantity of crop residues incorporation was used.

Adres do korespondencji
dr Zuzanna Jarosz, prof. dr hab. Antoni Faber
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – PIB w Puławach
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy
tel. (81) 886 34 21, w. 210
e-mail: zjarosz@iung.pulawy.pl