

**Antoni Faber, Zuzanna Jarosz**

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

REDUKCJA EMISJI GAZÓW CIEPLARNIANYCH I AMONIAKU  
W PERSPEKTYWIE ZMNIEJSZENIA ZUŻYCIA NAWOZÓW\*

**Słowa kluczowe:** praktyki rolnicze, emisja gazów cieplarnianych, emisja amoniaku, redukcja emisji

---

### Wstęp

Polityka klimatyczna uwzględniona w Zielonym Ładzie ma doprowadzić Unię Europejską (UE) w 2050 r. do osiągnięcia neutralności klimatycznej. Cel ten został poparty przez Parlament Europejski (7), jak również Radę Europejską (6). Zielony Ład traktuje neutralność klimatyczną do 2050 r. jako cel o najwyższym znaczeniu poprzez swoje pierwsze kluczowe działanie mające prowadzić do „zwiększenia ambicji klimatycznych UE na lata 2030 i 2050” (1). Inicjatywy idące w tym kierunku od strony prawnej uregulowane zostały w Europejskim Prawie Klimatycznym (2) oraz Europejskim Pakcie Klimatycznym (8).

Europejskie Prawo Klimatyczne wpisało w prawodawstwo cel stawiany przed europejską gospodarką i społeczeństwem, aby do 2050 r. osiągnąć neutralność klimatyczną (2). Ustawa zobowiązuje do: zbilansowania emisji i pochłaniania wszystkich gazów cieplarnianych (GHG), nie tylko CO<sub>2</sub>, zgodnie z porozumieniem paryskim; określenia trajektorii redukcji emisji GHG ze szczegółowymi ramami czasowymi i sukcesywną oceną postępów oraz do zdefiniowania Strategii Adaptacyjnej jako uzupełnienia działań mitygacyjnych. We wrześniu 2020 r. przewodnicząca Komisji Europejskiej wskazała, że proponowanym celem jest osiągnięcie „co najmniej” 55% redukcji emisji gazów cieplarnianych do 2030 r. w porównaniu z poziomem odniesienia z 1990 r. (wartość ta może zostać podniesiona przez Parlament Europejski do 60%). Wniosek Komisji Europejskiej dotyczący planu w zakresie celów odnoszących się

---

\*Opracowanie wykonano w ramach zadania 1.1 pt. „Nawożenie użytków rolnych” z dotacji budżetowej przeznaczonej na realizację zadań MRiRW w 2022 r.

do klimatu (16) obejmuje szerszy europejski system handlu uprawnieniami do emisji (ETS), w którym uwzględniono nowe sektory gospodarki. Obejmuje on również zmianę przepisów dotyczących wspólnego wysiłku redukcyjnego dla sektorów ETS oraz nieobjętych systemem handlu uprawnieniami do emisji (non-ETS), takich jak: transport, budownictwo, rolnictwo i odpady. W pierwszej połowie 2021 r. Komisja Europejska dokonała przeglądu całego prawodawstwa w zakresie klimatu i energii, tak aby było ono dostosowane do redukcji emisji o 55%. Przegląd obejmował handel emisjami, energię odnawialną, efektywność energetyczną i opodatkowanie energii.

Europejski Pakt Klimatyczny ma zachęcać do szerokiego zaangażowania społecznego na rzecz ochrony klimatu poprzez informowanie zainteresowanych stron i wspieranie współpracy pomiędzy nimi (8). Strategia UE w zakresie adaptacji do zmiany klimatu została określona w czerwcu 2021 r. Głównym jej celem jest zagwarantowanie, że przedsiębiorstwa, miasta i obywatele będą w stanie włączyć zmiany klimatu do swoich praktyk zarządzania ryzykiem. Sektor rolniczy może potencjalnie odegrać znaczącą rolę w tym dostosowaniu.

Przed ustanowieniem celu redukcji emisji GHG o 55% rolnictwo objęte było przepisami UE dotyczącymi wspólnego wysiłku redukcyjnego w sektorach non-ETS (21). Z dokumentu tego wynikało, że emisja sektorów non-ETS powinna być zredukowana o 30% do 2030 r. w stosunku do 2005 r. Krajowy Plan Energetyczno-Klimatyczny na lata 2021–2030, nieuwzględniający aktualnych celów redukcji emisji, zakładał wzrost emisji GHG z rolnictwa w Polsce o 5% oraz zmniejszenie o połowę pochłaniania GHG w sektorze LULUCF (20).

W Prawie Klimatycznym (2) podkreślono potencjalną rolę rolnictwa w ograniczaniu emisji gazów cieplarnianych i dodano konieczność ograniczenia emisji z użytkowania gruntów, zmian użytkowania oraz leśnictwa, jak zaplanowano w rozporządzeniu LULUCF z 2018 r. (22). Zgodnie z rozporządzeniem LULUCF emisja i pochłanianie gazów cieplarnianych z LULUCF zostaną włączone do ram klimatycznych i energetycznych na 2030 r. Jest to instrument prawny służący realizacji celu, zgodnie z którym wszystkie sektory powinny przyczynić się do osiągnięcia unijnego celu redukcji emisji na 2030 r., w tym sektor użytkowania gruntów. Dokument ten zawiera przepisy dotyczące rolników i obligujące do opracowania praktyk rolniczych przyjaznych dla klimatu oraz wspierania agroleśnictwa. Wniosek dotyczący prawa klimatycznego może być odczytywany jako sposób na zapisanie „zasady braku obciążeń” z rozporządzenia LULUCF w prawie UE po 2030 r., de facto włączając użytkowanie gruntów i leśnictwo do wysiłków UE na rzecz redukcji emisji, choć bez konkretnego celu (z wyjątkiem „zasady braku obciążeń”). W projekcie ustawy klimatycznej zapisano również, że należy zachować naturalne pochłanianie emisji przez lasy, gleby, grunty rolne i tereny podmokłe.

W dniu 19 września 2020 r. w komunikacie Komisji „Zwiększanie ambicji Europy w zakresie klimatu do 2030 r.” zaproponowano połączenie rolnictwa i sektora LULUCF w jeden regulowany sektor, stwierdzając, że „sektor taki mógłby stać się szybko neutralny dla klimatu do około 2035 r. w sposób efektywny kosztowo, a na-

stępnie generować więcej pochłaniania niż emisji gazów cieplarnianych”. Ten wzrost ambicji obejmuje nowy cel redukcji emisji gazów cieplarnianych nie-CO<sub>2</sub> (35% w latach 2015–2030) oraz potrzebę zwiększenia pochłaniania dwutlenku węgla przez sektor LULUCF, które obecnie ulega zmniejszeniu.

W dniu 14 października 2020 r. KE przedstawiła strategię redukcji emisji metanu (3). Nie określa ona celów ilościowych, ale wzywa do monitorowania emisji z rolnictwa, w tym do obliczania bilansu ekwiwalentu węgla na poziomie gospodarstwa. Strategia ta zmierza również do tego, aby rozwijać badania i rozpowszechniać najlepsze praktyki. Wywiązanie się przez rolnictwo z przedstawionych zobowiązań do redukcji emisji GHG zależeć będzie od wielkości emisji i efektywności praktyk mitygacyjnych.

Udział polskiego rolnictwa, w tym gruntów uprawnych i użytków zielonych, w całkowitych emisjach gazów cieplarnianych netto był stosunkowo stabilny w latach 1990–2018, osiągając około 8% w 2018 r. i pozostając poniżej średniej UE (13%) (4). Znacznie gorzej prezentują się emisje nie-CO<sub>2</sub> (głównie CH<sub>4</sub> i N<sub>2</sub>O), które wynosiły w naszym rolnictwie 33,1 mln ton ekwiwalentu CO<sub>2</sub> (2018 r.) i były czwarte co do wielkości w UE, przyczyniając się do ponad 8% wszystkich emisji tych gazów w UE-24. W porównaniu z danymi z 1990 r. Polska wykazuje większy spadek emisji gazów cieplarnianych nie-CO<sub>2</sub> z rolnictwa niż średnia dla UE. W 2018 r. emisje gazów cieplarnianych z rolnictwa były niższe o 32% w porównaniu ze wskaźnikiem redukcji wynoszącym 21% dla UE. Jednak znaczna część tej redukcji miała miejsce w roku 2000. Emisje nie-CO<sub>2</sub> z rolnictwa w ostatnich latach rosną w tempie wyższym niż średnia dla UE-27. Trzema głównymi rolniczymi źródłami emisji tych gazów cieplarnianych w Polsce w 2018 r. były: gleby (46% emisji wobec 38% w UE), fermentacja jelitowa, głównie bydła (39% wobec 44% w UE), oraz gospodarka obornikiem (11% emisji wobec 14% w UE). Wartości emisji zarówno z fermentacji jelitowej na jednostkę żywego inwentarza, jak i z gleb na 1 ha są wyższe niż średnia UE, natomiast emisje z gospodarowania nawozami naturalnym na jednostkę żywego inwentarza są niższe. Emisje we wszystkich trzech kategoriach wzrosły w latach 2013–2018.

Emisje amoniaku (NH<sub>3</sub>) z rolnictwa w Polsce zmniejszyły się z 340 kt w 1995 r. do 304 kt w 2005 r. i 260 kt w 2016 r. (4). Jednak od 2016 r. emisje wykazują tendencję wzrostową, osiągając prawie 299 kt w 2018 r. Wraz ze spadkiem udziału emisji z innych sektorów (odpadów i transportu) proporcjonalnie wzrasta udział sektora rolniczego w ogólnych emisjach NH<sub>3</sub>. W 2018 r. rolnictwo było odpowiedzialne za 94% wszystkich emisji NH<sub>3</sub> w Polsce (UE-28: 93%). Zwierzęta gospodarskie były odpowiedzialne za 76% (UE-28: 73%) wszystkich emisji NH<sub>3</sub> związanych z rolnictwem, podczas gdy uprawy za pozostałe 24% (UE-28: 23%). Znaczna część emisji NH<sub>3</sub> w polskim rolnictwie pochodzi ze stosowania nawozów mineralnych (21,5%), sektora bydła mlecznego (12%), sektora wieprzowiny (10,4%) oraz sektora bydła niemlecznego (7,5%). Pomimo osiągniętych dotychczas redukcji, zgodnie z oceną Komisji Europejskiej (5), Polska jest uważana za kraj o wysokim

ryzyku niewypełnienia zobowiązań w zakresie redukcji amoniaku ustanowionych w dyrektywie NEC (23). Na jej mocy emisje  $\text{NH}_3$  powinny być zredukowane o 1% dla każdego roku w latach 2020–2029 i o 17% dla każdego roku od 2030 r. w stosunku do poziomu bazowego z 2005 r.

Od dłuższego czasu prowadzone są badania zmierzające do określenia potencjału redukcji emisji gazów cieplarnianych w rolnictwie UE. Z ostatnich badań wynika, że do 2030 r. emisja GHG w stosunku do obecnej wielkości emisji może obniżyć się o 1,6% przy aktualnej WPR (24). Oznacza to, że ulegnie ona zmniejszeniu o 22% w latach 1990–2030 (24). Z innych badań wynika, że wprowadzenie w życie strategii „od pola do stołu” może obniżyć emisję gazów nie- $\text{CO}_2$  o 17,4–19,0% do 2030 r. (24). Prognozowany ostatnio maksymalny udział różnych praktyk rolniczych w redukcji emisji w stosunku do jej wielkości w 2030 r. podano w tabeli 1.

Tabela 1

Maksymalnie możliwy wpływ praktyk rolniczych na ograniczenie rolniczych emisji gazów cieplarnianych w 2030 r. (szacunki niezależne od siebie)

Praktyka rolnicza	GHG	% emisji z rolnictwa
Lepsze dostosowanie czasu nawożenia roślin	$\text{N}_2\text{O}$	0
Rolnictwo precyzyjne	$\text{N}_2\text{O}$	3,7
Technologia różnicowania dawek N	$\text{N}_2\text{O}$	1,0
Inhibitory nityfikacji	$\text{N}_2\text{O}$	2,9
Zwiększenie udziału roślin wiążących azot w użytkach zielonych	$\text{N}_2\text{O}$ ; $\text{CO}_2$	0,3
Poplony ozime	$\text{CO}_2$	0,5
Odłogowanie gleb organicznych	$\text{N}_2\text{O}$ ; $\text{CO}_2$	3,0
Biogazownie	$\text{CH}_4$ ; $\text{N}_2\text{O}$	2,5
Pasze o niskiej zawartości azotu	$\text{CH}_4$ ; $\text{N}_2\text{O}$	0,4
Dodatki paszowe; siemię lniane	$\text{CH}_4$	4,7
Dodatki paszowe; azotany	$\text{CH}_4$	2,2
Szczepienia zwierząt	$\text{CH}_4$	2,1
Hodowla zwierząt w kierunku zwiększenia efektywności żywienia	$\text{CH}_4$	2,1

Źródło: opracowanie własne na podstawie (24)

Patrząc na cele redukcji emisji z polskiej perspektywy, można stwierdzić, że przy respektowaniu zasady wspólnego celu redukcyjnego całej gospodarki powinniśmy obniżyć emisję GHG do 2030 r. pomiędzy 44 a 51% w stosunku do 1990 r. (25). Jest to cel bardzo ambitny, ponieważ do 2018 r. udało się zredukować emisję gazów cieplarnianych o 13% w stosunku do 1990 r. Prognozuje się, że jest możliwe ograniczenie emisji o 41% (bez rolnictwa i leśnictwa). Oznacza to, że luka w stosunku do celu unijnego wynieść może 2–9% (25). Sugeruje się, że lukę tę mogłyby pokryć ograniczenia emisji w rolnictwie i leśnictwie (25).

Celem opracowania było oszacowanie wielkości redukcji emisji gazów cieplarnianych i amoniaku dla wybranych praktyk rolniczych przyczyniających się do zmniejszenia zużycia i strat azotu (ograniczenia wymywania, spływów powierzchniowych) oraz zwiększenia sekwestracji węgla w glebie w perspektywie 2030 r.

### Material i metodyka badań

Podstawą do oszacowania redukcji emisji były wybrane praktyki rolnicze, które zmniejszały zużycie nawozów azotowych, przyczyniały się do lepszego ich wykorzystania lub zwiększały akumulację węgla organicznego w glebach. Szczegóły dotyczące obliczeń przedstawiono, analizując poszczególne aktywności i ich wpływ na redukcję emisji GHG i amoniaku. Redukcje netto emisji (różnice pomiędzy emisją a redukcją emisji) oszacowano przy użyciu współczynników emisji poziomu pierwszego zaczerpniętych z przewodników do szacowania emisji krajowych gazów cieplarnianych i amoniaku opracowanych przez IPCC (10, 11) oraz EMEP/EEA (9). Wyszacowane emisje i redukcje emisji dwutlenku węgla ( $\text{CO}_2$ ), podtlenku azotu ( $\text{N}_2\text{O}$ ) i amoniaku ( $\text{NH}_3$ ) podano na hektar w jednostkach masy gazów, a dla GHG również w ekwiwalentach  $\text{CO}_2$ . Do policzenia ekwiwalentów (ekw.) stosowano aktualnie przyjęte wartości GWP dla okresu 100-lecia (12), tj.:

$$\begin{aligned}\text{CO}_2 & - 1, \\ \text{CH}_4 & - 28, \\ \text{N}_2\text{O} & - 265.\end{aligned}$$

Oszacowane emisje lub redukcje emisji netto odniesiono do emisji całkowitej gazów cieplarnianych (GHG) w 1990 r. (przyjęty rok odniesienia dla redukcji emisji w UE o 55%) oraz emisji amoniaku z rolnictwa polskiego w 2005 r. (rok odniesienia w dyrektywie NEC). Całkowita emisja GHG z rolnictwa wynosiła w 1990 r. 48463,25 kt ekw.  $\text{CO}_2$  (14), zaś emisja amoniaku z rolnictwa – 302,86 Gg  $\text{NH}_3$  w 2005 r. (15).

Mocną stroną zastosowanej metody szacunków redukcji emisji jest jej zgodność z metodami inwentaryzacji emisji krajowych. Słabą stroną natomiast to, że aktualnie nie ma możliwości zastosowania metody Tier-2 i współczynników emisji poziomu drugiego, które z definicji są dokładniejsze od współczynników poziomu pierwszego. Dokładność szacunków, a ściślej ich niepewność, została scharakteryzowana dla użytych współczynników emisji w metodykach IPCC oraz EMEP/EEA (9, 10).

### Wyniki badań

Praktyką ograniczającą emisję gazów cieplarnianych i amoniaku jest zrównoważone nawożenie, którego podstawą jest plan nawożenia. Nawożenie roślin jest jednym z głównych elementów decydujących o plonach produkcji roślinnej. Dostosowanie dawek nawozów (zwłaszcza azotowych) do potrzeb pokarmowych roślin z uwzględ-

nieniem wszystkich źródeł dopływu azotu pozwala na efektywne jego wykorzystanie a tym samym ograniczenie strat azotu w postaci podtlenku azotu, amoniaku czy azotanów (wymywanie, spływy powierzchniowe).

W analizach uwzględniono uprawy: pszenicy, kukurydzy na ziarno, rzepaku, buraka cukrowego i ziemniaka. W szacunkach emisji i redukcji emisji gazów cieplarnianych założono wzrost efektywności wykorzystania azotu o 80%, co pozwoliło na zmniejszenie zalecanej dawki azotu o 13% dla wszystkich badanych roślin. Obliczenia wykonano dla dwóch wariantów: zbiór ziarna i słomy z pola oraz zbiór ziarna i przyoranie resztek poźniwnych. W przypadku ziemniaka obliczenia wykonano dla wariantu zbiór bulw i przyoranie łętów.

Pszenicę zaproponowano nawozić dawką mniejszą od zalecanej o  $23 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Areał uprawy pszenicy w 2018 r. wyniósł 2 511 329 ha. Emisje i redukcje emisji podano w tabeli 2.

Tabela 2

Emisje i redukcje emisji gazów cieplarnianych i amoniaku w uprawie pszenicy z obniżoną dawką azotu

Emisja i redukcja emisji	Wariant			
	zbiór ziarna i słomy		zbiór ziarna i przyoranie słomy	
	jednostka			
	$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	$\text{kg ekw. CO}_2 \cdot \text{ha}^{-1}$	$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	$\text{kg ekw. CO}_2 \cdot \text{ha}^{-1}$
Redukcja emisji bezpośredniej $\text{N}_2\text{O}$	0,36	95,78	0,36	95,78
Redukcja emisji pośredniej $\text{N}_2\text{O}$	0,018	4,79	0,018	4,79
Emisja $\text{N}_2\text{O}$ z przyoranej słomy	-	-	0,55	145,75
Redukcja emisji wskutek akumulacji węgla	-	-	300	1091
Suma redukcji emisji netto	0,38	100,57	-	1046
Redukcja emisji $\text{NH}_3$	1,40	-	1,40	

Źródło: opracowanie własne

Przedstawione obliczenia wskazują, że w wariacie uprawy ze zbiorem ziarna i słomy redukcja emisji netto wyniosła  $100,57 \text{ kg ekw. CO}_2 \cdot \text{ha}^{-1}$ , co w przeliczeniu na areał dawało 252 558 t ekw.  $\text{CO}_2$ , stanowiąc 0,52% emisji z rolnictwa w 1990 r. W wariacie uprawy z przyoraniem słomy redukcja emisji wyniosła 1 046  $\text{kg ekw. CO}_2 \cdot \text{ha}^{-1}$ , co dla areału uprawy dawało 2 625 890 t ekw.  $\text{CO}_2$  i stanowiło 5,4% emisji z rolnictwa w 1990 r. Emisja amoniaku zmniejszyła się o  $1,40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , co dla areału wyniosło 4 258 t i stanowiło 1,4% emisji w 2005 r.

Kukurydzę zaproponowano nawozić dawką mniejszą od zalecanej o  $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Areał uprawy kukurydzy na ziarno w 2018 r. wyniósł 694 948 ha. Emisje i redukcje emisji podano w tabeli 3.

Tabela 3

Emisje i redukcje emisji gazów cieplarnianych i amoniaku w uprawie kukurydzy z obniżoną dawką azotu

Emisja i redukcja emisji	Wariant			
	zbiór ziarna i słomy		zbiór ziarna i przyoranie słomy	
	jednostka			
	kg·ha <sup>-1</sup>	kg ekw. CO <sub>2</sub> ·ha <sup>-1</sup>	kg·ha <sup>-1</sup>	kg ekw. CO <sub>2</sub> ·ha <sup>-1</sup>
Redukcja emisji bezpośredniej N <sub>2</sub> O	0,47	124,93	0,47	124,93
Redukcja emisji pośredniej N <sub>2</sub> O	0,024	6,25	0,024	6,25
Emisja N <sub>2</sub> O z przyoranej słomy	-	-	0,64	170,74
Redukcja emisji wskutek akumulacji węgla	-	-	340	1247
Suma redukcji emisji netto	0,50	131,18	-	1207
Redukcja emisji NH <sub>3</sub>	1,82	-	1,82	-

Źródło: opracowanie własne

W wariantcie uprawy ze zbiorem ziarna i słomy redukcja emisji netto wyniosła 131,18 kg ekw. CO<sub>2</sub>·ha<sup>-1</sup>, co w przeliczeniu na areal uprawy dawało 910160 t ekw. CO<sub>2</sub>, stanowiąc 0,19% emisji z rolnictwa w 1990 r. W uprawie z przyoraniem słomy redukcja emisji wyniosła 1 207 kg ekw. CO<sub>2</sub>·ha<sup>-1</sup>, co dla arealu uprawy dawało 839 108 t ekw. CO<sub>2</sub> i stanowiło 1,7% emisji z rolnictwa w 1990 r. Emisja amoniaku zmniejszyła się o 1,82 kg·ha<sup>-1</sup>, dając dla arealu 1 537 t, co stanowiło 0,51% emisji w 2005 r.

Rzepak zaproponowano nawozić dawką mniejszą od zalecanej o 16 kg·ha<sup>-1</sup>. Areal uprawy rzepaku w 2018 r. wynosił 875 208 ha. Emisje i redukcje emisji podano w tabeli 4.

Tabela 4

Emisje i redukcje emisji gazów cieplarnianych i amoniaku w uprawie rzepaku z obniżoną dawką azotu

Emisja i redukcja emisji	Wariant			
	zbiór nasion i rzepaczanki		zbiór nasion i przyoranie rzepaczanki	
	jednostka			
	kg·ha <sup>-1</sup>	kg ekw. CO <sub>2</sub> ·ha <sup>-1</sup>	kg·ha <sup>-1</sup>	kg ekw. CO <sub>2</sub> ·ha <sup>-1</sup>
Redukcja emisji bezpośredniej N <sub>2</sub> O	0,25	66,60	0,25	66,60
Redukcja emisji pośredniej N <sub>2</sub> O	0,013	3,30	0,023	6,00
Emisja N <sub>2</sub> O z przyoranej rzepaczanki	-	-	0,71	187,40
Redukcja emisji wskutek akumulacji węgla	-	-	190	701
Suma redukcji emisji netto	0,26	69,96	-	584
Redukcja emisji NH <sub>3</sub>	1,45	-	1,45	-

Źródło: opracowanie własne

W wariancie uprawy ze zbiorem nasion i rzepaczanki redukcja emisji wyniosła 69,96 kg ekw.  $\text{CO}_2 \cdot \text{ha}^{-1}$ , co w przeliczeniu na areał dawało 61 230 t ekw.  $\text{CO}_2$ , stanowiąc 0,13% emisji z rolnictwa w 1990 r. W uprawie z przyoraniem rzepaczanki redukcja emisji wyniosła 584 kg ekw.  $\text{CO}_2 \cdot \text{ha}^{-1}$ , co dla areálu uprawy dawało 510 743 t ekw.  $\text{CO}_2$  i stanowiło 1,1% emisji z rolnictwa w 1990 r. Emisja amoniaku zmniejszyła się o 1,45  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  i odpowiednio dla areálu o 1 032 t, co stanowiło 0,34% emisji w 2005 r.

Burak cukrowy zaproponowano nawozić dawką mniejszą od zalecanej o 30  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Areał uprawy buraka w 2018 r. wynosił 241 757 ha. Emisje i redukcje emisji podano w tabeli 5.

Tabela 5

Emisje i redukcje emisji gazów cieplarnianych i amoniaku w uprawie buraka cukrowego z obniżoną dawką azotu

Emisja i redukcja emisji	Wariant			
	zbiór korzeni i liści		zbiór korzeni i przyoranie liści	
	jednostka			
	$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	$\text{kg ekw. CO}_2 \cdot \text{ha}^{-1}$	$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	$\text{kg ekw. CO}_2 \cdot \text{ha}^{-1}$
Redukcja emisji bezpośredniej $\text{N}_2\text{O}$	0,47	124,93	0,47	124,93
Redukcja emisji pośredniej $\text{N}_2\text{O}$	0,024	6,25	0,024	6,25
Emisja $\text{N}_2\text{O}$ z przyoranych liści	-	-	1,54	408,10
Redukcja emisji wskutek akumulacji węgla	-	-	320	1155
Suma redukcji emisji netto	0,50	131,18	-	878
Redukcja emisji $\text{NH}_3$	1,82	-	1,82	-

Źródło: opracowanie własne

W przypadku buraka cukrowego w wariancie uprawy ze zbiorem korzeni i liści redukcja emisji wyniosła 0,50  $\text{kg ekw. CO}_2 \cdot \text{ha}^{-1}$ , co w przeliczeniu na areał dawało 31 712 t ekw.  $\text{CO}_2$ , stanowiąc 0,07% emisji z rolnictwa w 1990 r. W uprawie z przyoraniem liści redukcja emisji wyniosła 878  $\text{kg ekw. CO}_2 \cdot \text{ha}^{-1}$ , co dla areálu uprawy dawało 212 281 t ekw.  $\text{CO}_2$  i stanowiło 0,4% emisji z rolnictwa w 1990 r. Emisja amoniaku zmniejszyła się o 1,82  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , dając dla areálu 535 t, co stanowiło 0,18% emisji w 2005 r.

Ziemniak zaproponowano nawozić dawką mniejszą od zalecanej o 15  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Areał uprawy ziemniaka w 2018 r. wynosił 302 480 ha. Emisje i redukcje emisji podano w tabeli 6.



Tabela 6

Emisje i redukcje emisji gazów cieplarnianych i amoniaku w uprawie ziemniaka z obniżoną dawką azotu

Emisja i redukcja emisji	Zbiór bulw i przyoranie łątów	
	kg·ha <sup>-1</sup>	kg ekw. CO <sub>2</sub> ·ha <sup>-1</sup>
Redukcja emisji bezpośredniej N <sub>2</sub> O	0,24	62,46
Redukcja emisji pośredniej N <sub>2</sub> O	0,012	3,12
Emisja N <sub>2</sub> O z przyoranych łątów	0,63	166,57
Redukcja emisji wskutek akumulacji węgla	160	601
Suma redukcji emisji netto	-	500
Redukcja emisji NH <sub>3</sub>	0,91	-

Źródło: opracowanie własne

W uprawie ze zbiorem bulw i przyoraniem łątów redukcja emisji wyniosła 500 kg ekw. CO<sub>2</sub>·ha<sup>-1</sup>, co dla areału uprawy dawało 151 335 t ekw. CO<sub>2</sub> i stanowiło 0,3% emisji z rolnictwa w 1990 r. Emisja amoniaku zmniejszyła się o 0,91 kg·ha<sup>-1</sup> a dla areału o 335 t, co stanowiło 0,11% emisji w 2005 r.

Reasumując, należy stwierdzić, że w wariantach uprawy z przyoraniem plonów ubocznych emisje N<sub>2</sub>O malały ze względu na obniżenie dawek N, rosły ze względu na wzrost ilości azotu w przyoranej biomacie i malały wskutek rosnącej akumulacji węgla organicznego w glebie.

Ograniczenie strat azotu i jego zrównoważone wykorzystanie można uzyskać także poprzez wdrażanie na szerszą skalę rolnictwa precyzyjnego. Technologia pozwala na precyzyjne dostosowanie dawek środków produkcji w zależności od zmienności warunków glebowych na polu. Jednak ze względu na wysokie koszty niezbędnego wyspecjalizowanego sprzętu wdrożenie praktyki jest opłacalne w dużych gospodarstwach. Wsparciem mogłyby być instrumenty finansowe w ramach Planu Strategicznego WPR.

Prognozuje się, że do 2030 r. powierzchnia objęta rolnictwem precyzyjnym może wzrosnąć o 42 680 ha (21). Spowoduje to zmniejszenie zużycia azotu na każdym hektarze o 14,58 kg. W efekcie emisje podtlenku azotu i amoniaku z tego areału będą maleć (tab. 7).

Tabela 7

Redukcje emisji gazów cieplarnianych i amoniaku wskutek rozszerzenia stosowania rolnictwa precyzyjnego

Redukcja emisji	Jednostka	
	kg·ha <sup>-1</sup>	kg ekw. CO <sub>2</sub> ·ha <sup>-1</sup>
Redukcja emisji bezpośredniej N <sub>2</sub> O	0,229	60,70
Redukcja emisji pośredniej N <sub>2</sub> O	0,012	3,03
Suma redukcji emisji netto	0,241	63,73
Redukcja emisji NH <sub>3</sub>	0,885	-

Źródło: opracowanie własne

Upowszechnienie rolnictwa precyzyjnego ograniczy emisję o 63,73 kg ekw. CO<sub>2</sub>·ha<sup>-1</sup>, co w przeliczeniu na prognozowany areal wyniesie 2 720 t ekw. CO<sub>2</sub>, stanowiąc obniżenie emisji o 0,01% w stosunku do 1990 r. Emisja amoniaku obniży się o 0,89 kg·ha<sup>-1</sup>, tj. o 46 t, co stanowi 0,02% emisji z 2005 r.

Do ograniczenia zużycia nawozów mineralnych (zwłaszcza azotowych), a tym samym redukcji emisji GHG i amoniaku przyczynia się wykorzystanie do nawożenia w produkcji roślinnej pofermentu powstającego przy produkcji biogazu. Wprowadzenie tempa rozwoju biogazowni rolniczych na terenie kraju nie jest zbyt dynamiczne, jednak obserwujemy powolny trend wzrostowy (średnio 12 instalacji rocznie). Zakładając utrzymanie tej tendencji do 2030 r., należy się spodziewać produkcji biogazu na poziomie 416 mln m<sup>3</sup> oraz wzrostu wytwarzanego pofermentu (19).

Poferment powstający w produkcji biogazu dostarczy, jak się prognozuje, 3 793 t azotu w latach 2020–2030. Wykorzystanie tego azotu sprawi, że zaoszczędzone zostaną emisje gazów cieplarnianych występujące podczas produkcji nawozów mineralnych. Oszczędności na 1 kg azotu w pofermencie wynosić będą (kg·kg<sup>-1</sup> N): CO<sub>2</sub> – 2,827; CH<sub>4</sub> – 0,00868; N<sub>2</sub>O – 0,00964, co w sumie wyniesie 5,625 ekw. CO<sub>2</sub>·kg<sup>-1</sup> N. W efekcie zastąpienia azotu mineralnego przez azot pofermentu zaoszczędzone zostaną emisje wszystkich analizowanych gazów cieplarnianych (tab. 8).

Tabela 8

Redukcje emisji gazów cieplarnianych wskutek nawozowego wykorzystywania pofermentu

Redukcja emisji	Jednostka	
	t	t ekw. CO <sub>2</sub>
Redukcja emisji CO <sub>2</sub>	10723	10723
Redukcja emisji CH <sub>4</sub>	32,9	922
Redukcja emisji N <sub>2</sub> O	36,6	9690
Suma redukcji emisji gazów cieplarnianych	-	21334
Redukcja emisji NH <sub>3</sub>	921	-

Źródło: opracowanie własne

Przeprowadzona analiza wykazała, że upowszechnienie nawozowego wykorzystania pofermentu ograniczy emisję do 2030 r. o 21 334 t ekw. CO<sub>2</sub>, co stanowić będzie redukcję emisji o 0,04% w stosunku do 1990 r. Emisja amoniaku obniży się o 921 t, co odpowiada 0,30% emisji z 2005 r. Należy jednak zwrócić uwagę, że aktualnie praktyka ta dotyczy niewielkiej liczby gospodarstw i ma znaczenie regionalne.

Rekomendowanym wskaźnikiem do oceny wpływu produkcji rolniczej na środowisko jest bilans składników nawozowych, zwłaszcza azotu i fosforu. Metoda pozwala na określenie różnicy pomiędzy ilością wnoszonego i wynoszonego z pola azotu. Nadmiar (dodatnie saldo) informuje o możliwych stratach azotu i negatywnym oddziaływaniu na środowisko. Nadwyżka ta akumuluje się w glebie, bądź też przedostaje się do wody lub atmosfery i przyczynia się do wzrostu emisji podtlenku azotu i amoniaku. Na podstawie literatury przyjmuje się, że saldo azotu brutto powinno znajdować się w granicach 30–70 kg N·ha<sup>-1</sup> UR. Projekcje dotyczące zużycia nawozów wykonane do 2030 r. wykazały, że zużycie mineralnych nawozów azotowych zmniejszy się o 102 000 t N, zaś zużycie N w nawozach naturalnych wzrośnie 5 600 t (17). Prognozowane zmiany w bilansie zużycia mineralnych i naturalnych nawozów zawierających azot doprowadzą do redukcji emisji gazów cieplarnianych o 418 011 t ekw. CO<sub>2</sub>, co stanowi 0,86% emisji tych gazów z rolnictwa w stosunku do 1990 r. (tab. 9). Emisje amoniaku zmaleją o 4 833 t, co odpowiada redukcji emisji o 1,6% w stosunku do 2005 r.

Tabela 9

Emisje i redukcje emisji gazów cieplarnianych i amoniaku  
wynikające z projekcji bilansu azotu do 2030 r.

Redukcja emisji	Jednostka	
	t	t ekw. CO <sub>2</sub>
Emisja bezpośrednia N <sub>2</sub> O ze wzrostu N w nawozach naturalnych	88	23320
Emisja pośrednia N <sub>2</sub> O ze wzrostu N w nawozach naturalnych	18	4664
Emisja amoniaku ze wzrostu N w nawozach naturalnych	1360	-
Redukcja emisji bezpośredniej N <sub>2</sub> O ze spadku N w nawozach mineralnych	1603	424757
Redukcja emisji pośredniej N <sub>2</sub> O ze spadku N w nawozach mineralnych	80	21238
Redukcja emisji amoniaku ze spadku N w nawozach mineralnych	6193	-
Saldo emisji N <sub>2</sub> O	-1577	-418011
Saldo emisji NH <sub>3</sub>	-4833	-

Źródło: opracowanie własne

Istotne znaczenie w ograniczaniu emisji GHG i amoniaku ma rozwój rolnictwa ekologicznego. Wsparcie finansowe tego systemu gospodarowania w ramach WPR UE oraz rosnący popyt na zdrowe produkty przyczyniło się do znacznego wzrostu

liczby gospodarstw ekologicznych. Proponowane w Planie Strategicznym dla WPR wsparcie będzie jeszcze wyższe niż w PROW 2014-2020, co powinno skutkować jeszcze większym zainteresowaniem rolników systemem rolnictwa ekologicznego. Zakłada się, że w 2030 r. 7% gruntów rolnych będą stanowiły uprawy ekologiczne.

Prognozuje się, że w wariantcie realistycznym areał rolnictwa ekologicznego wzrośnie o 459 000 ha UR do 2030 r., co spowoduje ograniczenie nawożenia azotem o 73,8 kg·ha<sup>-1</sup> w stosunku do rolnictwa konwencjonalnego (13). Pozwoli to na oszczędzenie 33 874 t mineralnych nawozów azotowych oraz redukcję emisji GHG i amoniaku (tab. 10).

Tabela 10

Emisje i redukcje emisji gazów cieplarnianych i amoniaku związane z prognozowanym wzrostem areału rolnictwa ekologicznego

Redukcja emisji	Jednostka	
	t	t ekw. CO <sub>2</sub>
Redukcja emisji bezpośredniej N <sub>2</sub> O	532	141061
Redukcja emisji pośredniej N <sub>2</sub> O	26,6	7053
Suma emisji N <sub>2</sub> O	559	148114
Emisja amoniaku	2057	-

Źródło: opracowanie własne

Prognozowany wzrost areału rolnictwa ekologicznego przyczyni się do redukcji emisji gazów cieplarnianych o 148 114 t ekw. CO<sub>2</sub>, co stanowi 0,29% emisji w stosunku do 1990 r. Emisja amoniaku zredukowana zostanie o 2 057 t, co odpowiada 0,68% emisji z 2005 r.

Sposobem na ograniczenie emisji gazów cieplarnianych i amoniaku jest podejmowanie działań zwiększających zawartość materii organicznej w glebie, między innymi takich jak: przyorywanie resztek poźniwnych ograniczające mineralizację glebowej materii organicznej, uprawa międzyplonów, przyorywanie obornika czy stosowanie systemów uprawy konserwującej. Praktyki te wpływają także na zmniejszenie zapotrzebowania na nawozy (zwłaszcza azotowe) i zapobiegają stratom biogenów.

Realizacja programów rolno-środowiskowo-klimatycznych (PROW 2007-2013, 2014-2020) spowodowała, że międzyplony uprawiane były na powierzchniach około 297 tys. ha. Wprowadzenie w ramach Planu Strategicznego dla WPR ekoschematów może spowodować, jak się prognozuje, wzrost powierzchni międzyplonów do około 700 tys. ha. Dałoby to przyrost areału międzyplonów o 403 tys. ha. Zakładając jednakowy udział w uprawie (33%) międzyplonów ozimych, poplonów ścierniskowych i wsiewek międzyplonowych, może to prowadzić do zwiększenia akumulacji węgla średnio o 163 kg C·ha<sup>-1</sup>·r<sup>-1</sup> oraz zmniejszenia strat azotu średnio o 51 kg C·ha<sup>-1</sup>·r<sup>-1</sup> (przy plonie 2 t s.m.). Wynikające stąd redukcje przedstawiono w tabeli 11.

Tabela 11

Emisje i redukcje emisji gazów cieplarnianych i amoniaku w wyniku uprawy międzyplonów

Redukcja emisji	Jednostka	
	t	t ekw. CO <sub>2</sub>
Redukcja emisji bezpośredniej N <sub>2</sub> O	333	85253
Redukcja emisji pośredniej N <sub>2</sub> O	16	4263
Suma emisji N <sub>2</sub> O	338	89516
Emisja amoniaku	1243	-

Źródło: opracowanie własne

Rozszerzenie areału uprawy międzyplonów przyczyni się do redukcji emisji N<sub>2</sub>O o 89 516 t ekw. CO<sub>2</sub> oraz zwiększenia sekwestracji węgla o 240 994 t ekw. CO<sub>2</sub>, co odpowiada redukcji emisji N<sub>2</sub>O o 0,18% i CO<sub>2</sub> o 0,68% w stosunku do emisji z 1990 r. Emisja amoniaku zredukowana zostanie o 1 243 t, co stanowi 0,41% emisji z 2005 r.

Reasumując uzyskane wyniki, można stwierdzić, że zaproponowane praktyki zmniejszą emisję gazów cieplarnianych o 2,3% w przypadku N<sub>2</sub>O lub o 9,8% w przypadku N<sub>2</sub>O i CO<sub>2</sub> oraz emisję amoniaku o 5,6% (tab. 12).

Tabela 12

Redukcje emisji gazów cieplarnianych i amoniaku dla zaproponowanych praktyk rolniczych

Praktyka rolnicza	Redukcja emisji GHG w stosunku do 1990 r.	Redukcja emisji NH <sub>3</sub> w stosunku do 2005 r.
	% emisji rolniczej	
Kompleksowy plan nawożenia (5 upraw) N <sub>2</sub> O	0,91	2,54
N <sub>2</sub> O; CO <sub>2</sub> (przyoranie słomy)	8,90	
Rolnictwo precyzyjne (N <sub>2</sub> O)	0,01	0,02
Biogazownie (N <sub>2</sub> O)	0,04	0,30
Bilans azotu (N <sub>2</sub> O)	0,86	1,60
Rolnictwo ekologiczne (N <sub>2</sub> O)	0,29	0,68
Uprawa międzyplonów N <sub>2</sub> O	0,18	0,41
N <sub>2</sub> O; CO <sub>2</sub> (przyoranie)	0,86	
Suma emisji N <sub>2</sub> O	2,29	-
Suma emisji N <sub>2</sub> O; CO <sub>2</sub> (przyoranie)	9,76	-
Suma emisji NH <sub>3</sub>	-	5,55
Razem	12,05	5,55

Źródło: opracowanie własne

## Podsumowanie

Przedstawione szacunki emisji wskazują, że zaproponowane praktyki potencjalnie mogą ograniczyć emisje podtlenku azotu o 2,3%. Pożądane ograniczenie emisji gazów nie-CO<sub>2</sub> (CH<sub>4</sub> i N<sub>2</sub>O) w UE szacowane jest na 35% do 2030 r. Jeśli każdy z 28 krajów UE zredukuje te emisje na podobnym poziomie, to cel emisyjny zostanie osiągnięty z nawiązką. Jednakże nadal należałoby poszukiwać efektywnych metod ograniczenia tych emisji. Zwłaszcza że przyoranie słomy i uprawa międzyplonów powodujące ograniczenie emisji gazów cieplarnianych wskutek sekwestracji węgla organicznego w glebach na poziomie 9,8% jest praktyką efektywną w okresie 20–25 lat. Po tym okresie sekwestracja będzie zanikać. Tak więc w wieloletniu należy dążyć do lepszego wykorzystania potencjału ograniczenia emisji CH<sub>4</sub> i N<sub>2</sub>O. W perspektywie do 2030 r. produkcja roślinna polskiego rolnictwa może potencjalnie wypełnić lukę inflacyjną w emisji gazów cieplarnianych całej gospodarki na poziomie 2–12%. Gorzej prezentują się możliwości ograniczenia emisji amoniaku w przyjętych praktykach, które szacuje się na 5,6%. Są to wartości niewystarczające dla osiągnięcia celu dyrektywy NEC, która w latach 2020–2029 nakłada obowiązek ograniczenia emisji amoniaku o 1% w każdym roku. Należy także zwrócić uwagę, iż przedstawiona analiza dla wybranych praktyk rolniczych nie wyczerpuje całego zestawu działań przyczyniających się do redukcji emisji GHG i amoniaku.

## Literatura

1. European Commission, 2019. Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. The European Green Deal. COM (2019) 640 final, pp. 24 + Annex.
2. European Commission, 2020. Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulation (EU) 2018/1999 (European Climate Law). COM (2020) 80 final, pp.46.
3. European Commission, 2020. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions on an EU strategy to reduce methane emissions. COM (2020) 663 final, pp. 21.
4. European Commission, 2020. Commission Staff Working Document. Commission recommendation for Poland's CAP strategic plan. Accompanying the document Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Recommendations to the Member States as regards their strategic plan for the Common Agricultural Policy. SWD(2020) 389 final, Brussels, 18.12.2020.
5. European Commission, 2020. Report from the Commission to the Parliament and the Council on the progress made on the implementation of Directive (EU) 2016/2284 on the reduction of national emissions of certain atmospheric pollutants. COM(2020) 266.
6. European Council, 2019. European Council meeting. Conclusion. Brussels, EUCO 29/19, 12 December 2019.
7. European Parliament, 2019. European Parliament resolution of 14 March 2019 on climate change - a European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy in accordance with the Paris Agreement. P8\_TA(2019)027, pp. 13.

8. European Commission. European Climate Pact. [https://ec.europa.eu/clima/policies/eu-climate-action/pact\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/eu-climate-action/pact_en)
9. EMEP/EEA: EMEP/EEA emission inventory guidebook 2019. Copenhagen: European Environment Agency. 2019.
10. IPCC: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use. <https://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>
11. IPCC: Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. 2019.
12. IPCC: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group 1 to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Table 8.7.
13. J o Ń c z y k K., S t a l e n g a J., K o p i ń s k i J., M a d e j A.: Ocena zmian użytkowania gruntów rolnych, struktury zasiewów oraz powierzchni rolnictwa ekologicznego w perspektywie do 2030 r. w kontekście ograniczenia strat biogenów. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2022, **69(23)**: 113-127.
14. KOBiZE: Krajowy Raport Inwentaryzacyjny 2020. Inwentaryzacja gazów cieplarnianych dla lat 1988-2018. Ministerstwo Klimatu, Warszawa, 2020.
15. KOBiZE: Krajowy bilans emisji SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, NH<sub>3</sub>, NMLZO, pyłów, metali ciężkich i TZO za lata 1990–2018. Raport syntetyczny. Ministerstwo Klimatu, Warszawa 2020.
16. Komisja Europejska, 2020. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów. Ambitniejszy cel klimatyczny Europy do 2030 r. Inwestowanie w przyszłość neutralną dla klimatu z korzyścią dla obywateli. Com(2020) 562 final, Bruksela 17.9.2020.
17. K o p i ń s k i J., J u r g a B.: Analiza i propozycje wskaźników dla potrzeb Planu Strategicznego Wspólnej Polityki Rolnej, dotyczących realizacji celu Strategii „Bioróżnorodności” oraz Strategii „Od pola do stołu” (F2F) – ograniczania strat składników pokarmowych oraz stosowania/zużycia nawozów. Ekspertyza dla MRiRW, Puławy 2021 (materiały niepublikowane).
18. M a d e j A., P e c i o A.: Możliwości ograniczenia strat biogenów poprzez optymalizację nawożenia w warunkach rolnictwa precyzyjnego w Polsce. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2022, **69(23)**: 99-111.
19. M a t y k a M., W i t o r o ż e c - P i e c h n i k A.: Prognozowane znaczenie pofermentu z biogazowni rolniczych w kontekście realizacji celów Europejskiego Zielonego Ładu. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2022, **69(23)**: 169-175.
20. Ministerstwo Aktywów Państwowych, 2019. Krajowy plan na rzecz energii i klimatu na lata 2021-2030. Założenia i cele oraz polityki i działania. <https://www.gov.pl/web/aktywa-panstwowe/krajowy-plan-na-rzecz-energii-i-klimatu-na-lata-2021-2030-przekazany-do-ke>
21. Official Journal of the European Union, 2018. Regulation (EU) 2018/842 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 on binding annual greenhouse gas emission reductions by Member States from 2021 to 2030 contributing to climate action to meet commitments under the Paris Agreement and amending Regulation (EU) No 525/2013. Official Journal of the European Union 19.6.2018. L 156/26.
22. Official Journal of the European Union, 2018. Regulation (EU) 2018/841 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 on the inclusion of greenhouse gas emissions and removals from land use, land use change and forestry in the 2030 climate and energy framework, and amending Regulation (EU) No 525/2013 and Decision No 529/2013/EU. Official Journal of the European Union 19.6.2018. L 156/1.
23. Parlament Europejski i Rada Unii Europejskiej, 2016. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/2284 z dnia 14 grudnia 2016 r. w sprawie redukcji krajowych emisji niektórych rodzajów zanieczyszczeń atmosferycznych, zmiany dyrektywy 2003/35/WE oraz uchylecia dyrektywy 2001/81/WE. Dziennik Urzędowy UE L344/1, 17.12.2016.
24. What is the size of the mitigation potential in EU agriculture by 2030? <http://capreform.eu/what-is-the-size-of-the-mitigation-potential-in-eu-agriculture-by-2030/>

25. Czy Polska da radę udźwignąć nowe unijne cele redukcji emisji CO<sub>2</sub>? „Cel jest ambitny, ale osiągalny”. <https://300gospodarka.pl/300klimat/czy-polska-da-rade-udzwignac-nowe-unijne-cele-redukcji-emisji-co2-cel-jest-ambitny-ale-osiagalny>
- 

Adres do korespondencji:

*prof. dr hab. Antoni Faber; dr Zuzanna Jarosz*  
*Zakład Biogospodarki i Analiz Systemowych*  
*IUNG-PIB*  
*ul. Czartoryskich 8,*  
*24-100 Puławy*  
*tel.: 81 47 86 766; 81 47 86 767*  
*e-mail: faber@iung.pulawy.pl; zjarosz@iung.pulawy.pl*

---

AUTOR	ORCID
Zuzanna Jarosz	0000-0002-3428-5804
Antoni Faber	0000-0002-3055-1968