



Zakład Biogospodarki i Analiz Systemowych, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach, ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy, Polska
*e-mail: zjarosz@iung.pulawy.pl

ZUZANNA JAROSZ *, ANTONI FABER 

Rolnictwo węglowe w łagodzeniu zmian klimatu. Praca przeglądowa

Carbon farming in mitigating climate change. A review

Abstrakt. Wzrost stężenia gazów cieplarnianych w atmosferze przyczynia się do globalnego ocieplenia, a tym samym zmian klimatu. Osiągnięcie i utrzymanie w skali globalnej zerowych emisji netto antropogenicznych gazów cieplarnianych stało się podwaliną do kształtowania polityk, programów oraz działań zmierzających do neutralności klimatycznej, która warunkowana jest osiągnięciem zero emisyjności netto do 2050 r. Imperatywem jest podejmowanie działań, które umożliwią pochłanianie i ograniczenie emisji CO₂ oraz będą skutkować poprawą stanu środowiska i przyczyniać się do stabilizacji klimatu. Źródło informacji opracowania stanowiły akty prawne, raporty i dokumenty instytucji międzynarodowych oraz literatura przedmiotu. Przedstawiono rolę rolnictwa w polityce klimatyczno-energetycznej Unii Europejskiej. Istotne znaczenie w łagodzeniu zmian klimatu może odegrać rolnictwo węglowe. Wskazano definicję, praktyki oraz możliwości redukcji emisji gazów cieplarnianych poprzez stosowanie działań rolnictwa węglowego.

Słowa kluczowe: zmiany klimatu, emisja gazów cieplarnianych, rolnictwo węglowe

WSTĘP

Od lat międzynarodowa polityka klimatyczna skupiała się na ograniczaniu emisji gazów cieplarnianych przyczyniających się do zmian klimatu. W 1992 r. podczas Konferencji Narodów Zjednoczonych na temat Środowiska i Rozwoju w Rio de Janeiro podpisana została Ramowa Konwencja Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu (ang. United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC). Umowa określała założenia międzynarodowej współpracy dotyczącej ograniczenia emisji gazów

Cytowanie: Jarosz Z., Faber A., 2024. Rolnictwo węglowe w łagodzeniu zmian klimatu. Praca przeglądowa. *Agron. Sci.* 79 (3), 5–15. <https://doi.org/10.24326/as.2024.5346>

cieplarnianych (ang. greenhouse gases – GHG) odpowiedzialnych za globalne ocieplenie. Początkowo konwencja nie zawierała wiążących nakazów określających poziom ograniczenia emisji GHG, jednak z czasem sygnatariusze konwencji uznali, że redukcja emisji wymaga zaostrzenia przepisów. W 1997 r. zawarto Protokół z Kioto, który po raz pierwszy wprowadził prawnie wiążące cele redukcji emisji przez kraje rozwinięte. Głównym założeniem Protokołu była redukcja emisji gazów cieplarnianych w latach 2008–2012 o 5% w stosunku do poziomu z 1990 r. W 2015 r. światowi przywódcy uzgodnili nowe ambitne cele związane z globalnym ociepleniem przyjmując tzw. porozumienie paryskie, w ramach którego rządy państw członkowskich zgodziły się na ograniczenie wzrostu temperatury na świecie do 1,5°C [Porozumienie paryskie 2015]. Porozumienie zobowiązywało wszystkie kraje do przedstawienia do 2020 r. długoterminowych scenariuszy ograniczenia emisji GHG zgodnie z metodologią przyjętą przez Międzypaństwowy Zespół ds. Zmian Klimatu (ang. Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC). Pomimo wysiłków globalny poziom emisji gazów cieplarnianych nadal wzrasta. Jak podkreśla Szpak [2020], jest to spowodowane rosnącymi emisjami w państwach rozwijających się, przede wszystkim w Chinach. Udział Unii Europejskiej w globalnej emisji jest niewielki (10%), a więc nie jest ona w stanie wpływać na światowy wolumen emisji gazów cieplarnianych.

Pomimo tych trudności UE pretenduje do odgrywania przywódczej roli na świecie w zakresie przeciwdziałania zmianom klimatu. Solidną podstawą do podjęcia działań był specjalny raport IPCC [2022], w którym stwierdzono, iż należy jak najszybciej ograniczyć emisje gazów cieplarnianych i powstrzymać przyrost średniej temperatury powietrza do 1,5°C, a tym samym zmniejszyć prawdopodobieństwo wystąpienia ekstremalnych zdarzeń pogodowych (fale upałów, susze, gwałtowane burze). Globalna roczna temperatura w 2020 r. była o 1,1°C wyższa od średniej z lat 1850–1900. Większość scenariuszy zmian klimatu przewiduje, że już w 2040 r. średnia globalna temperatura powietrza przekroczy próg 1,5°C. Z dużym prawdopodobieństwem szacuje się także, że pod koniec wieku średnia globalna temperatura może osiągnąć zakres 2,2–3,5°C, w zależności od scenariusza emisji GHG [Core Writing Team i in. 2023].

Dążenie do ograniczenia emisji GHG i osiągnięcia neutralności klimatycznej wymagać będzie w UE i krajach członkowskich podejmowania działań takich jak: inwestycje w technologie przyjazne dla środowiska, wspieranie innowacji przemysłowych, wprowadzanie czystszych i tańszych form transportu prywatnego i publicznego, obniżenie emisyjności sektora energii, zapewnienie większej efektywności energetycznej budynków oraz międzynarodowej współpracy w celu poprawy norm środowiskowych [European Commission 2019].

Celem opracowania było przedstawienie znaczenia rolnictwa węglowego w łagodzeniu zmian klimatu. Tak postawione zadanie badawcze znalazło odzwierciedlenie w konstrukcji pracy. Przedstawiono rolę rolnictwa w polityce klimatyczno-energetycznej Unii Europejskiej. Wskazano definicję i praktyki rolnictwa węglowego. Zaprezentowano możliwości redukcji emisji gazów cieplarnianych poprzez wdrażanie działań rolnictwa węglowego.

ROLNICTWO W POLITYCE KLIMATYCZNO-ENERGETYCZNEJ UNII EUROPEJSKIEJ

Przyjęcie w 2019 r. Europejskiego Zielonego Ładu zapoczątkowało nową strategię, której celem jest przekształcenie UE w sprawiedliwe, dobrze prosperujące społeczeństwo z nowoczesną i konkurencyjną gospodarką, która w 2050 r. osiągnie zerowy po-

ziom emisji gazów cieplarnianych, a wzrost gospodarczy będzie niezależny od wykorzystania zasobów naturalnych [European Commission 2019]. Podkreślono rolę rolnictwa w łagodzeniu zmian klimatu. Szczególną uwagę zwrócono na ochronę przyrody oraz odbudowę ekosystemów i bioróżnorodności [European Commission 2020a]. Oczekuje się także, że produkcja wysokiej jakości żywności nie będzie szkodliwa dla środowiska naturalnego [European Commission 2020b]. W ramach inicjatywy dotyczącej upraw sprzyjających pochłanianiu ditlenku węgla przez glebę Komisja będzie promować praktyki rolnictwa węglowego i nagradzać zarządzających gruntami za redukcję emisji gazów cieplarnianych i pochłanianie ditlenku węgla [European Commission 2021a]. Dążenie do uczynienia Europy kontynentem neutralnym klimatycznie do 2050 r. wymagało zwiększenia celów klimatycznych.

Rolnictwo wraz z innymi sektorami (transport, budownictwo) nie zostało objęte wprowadzonym w 2003 r. unijnym systemem handlu uprawnieniami do emisji (ang. European Union Emissions Trading System – EU ETS). Sektory te podlegają rozporządzeniu w sprawie wspólnego wysiłku redukcyjnego (ang. Effort Sharing Regulation – ESR). W przyjętych w 2014 r. konkluzjach określających ramy polityki klimatyczno-energetycznej na lata 2021–2030 wyznaczono cel redukcji emisji gazów cieplarnianych przez UE do 2030 r. wynoszący co najmniej 40% w porównaniu z poziomem z 1990 r. Jednocześnie uzgodniono dwa osobne cele: dla EU ETS (–43%) oraz dla non-ETS (–30%) w stosunku do 2005 r. Zgodnie z powyższym, krajowy cel redukcji emisji dla Polski do 2030 r. w obszarze non-ETS określono na –7% w porównaniu do 2005 r. Jednak osiągnięcie neutralności klimatycznej najpóźniej do połowy bieżącego stulecia wymagało aktualizacji wyznaczonych celów. W 2021 r. Rada i Parlament Europejski osiągnęli wstępne porozumienie, ustalając wspólne ograniczenie do 2030 r. emisji netto gazów cieplarnianych (emisje po odliczeniu pochłaniania) o co najmniej 55% w porównaniu z poziomem z 1990 r., a do 2050 r. osiągnięcie neutralności klimatycznej [Regulation 2021/1119]. Znowelizowano także rozporządzenie ESR [Regulation 2023/857]. Podniesiono cele redukcyjne na 2030 r. dla systemu EU ETS z –43% do –62% oraz w obszarze non-ETS z –30% do –40% w stosunku do 2005 r. Cel redukcyjny dla Polski na 2030 rok wynosi –17,7% w porównaniu z 2005 r.

Uznano także, że wszystkie sektory gospodarki, w tym energetyka, przemysł, transport, sektor ciepłowniczy i chłodniczy, a także budownictwo, rolnictwo, gospodarka odpadami i gruntami, zmiana użytkowania gruntów i leśnictwo powinny odgrywać rolę w dążeniach do osiągnięcia neutralności klimatycznej w Unii do 2050 r. [Regulation 2023/839].

W grudniu 2021 r. Komisja Europejska przyjęła komunikat „Sustainable Carbon Cycles”, w którym zaproponowano kilka kluczowych działań w zakresie pochłaniania CO₂ w rolnictwie i przemyśle [European Commission 2021b]. Jednym z działań jest stosowanie rozwiązań w zakresie usuwania ditlenku węgla pozwalających na wychwytywanie CO₂ z atmosfery i składowanie go przez długi czas w ekosystemach przy zastosowaniu działań z zakresu ochrony przyrody i uprawy sprzyjającej pochłanianiu ditlenku węgla przez glebę albo przy zastosowaniu innych form przechowywania w drodze rozwiązań przemysłowych. W komunikacie skoncentrowano się na działaniach krótkoterminowych ukierunkowanych na zwiększanie skali upraw sprzyjających pochłanianiu ditlenku węgla przez glebę jako modelu biznesowego zachęcającego do stosowania w ekosystemach naturalnych praktyk przyczyniających się do zwiększenia sekwestracji CO₂. W szczególności indywidualnych rolników, właścicieli gruntów i lasów lub zarządców

lasów należy zachęcać do składowania większej ilości ditlenku węgla na ich gruntach i w lasach, z priorytetowym traktowaniem podejść ekosystemowych i praktyk sprzyjających różnorodności biologicznej, takich jak praktyki gospodarki leśnej bliskiej naturze, odłogowanie, odbudowa zasobów węgla pierwiastkowego w lasach, powiększanie powierzchni zajmowanej przez systemy rolno-leśne, sekwestracja ditlenku węgla w glebie i odbudowa terenów podmokłych oraz inne innowacyjne rozwiązania [European Commission 2021b, Regulation 2023/839].

Zgodnie z propozycją do 2028 r. każdy zarządca gruntów powinien mieć dostęp do zweryfikowanych danych dotyczących emisji i pochłaniania, a rolnictwo węglowe powinno wspierać osiągnięcie proponowanego celu w zakresie usuwania netto do 2030 r. wynoszącego 310 Mt ekwiwalentu CO₂ w sektorze gruntów [European Commission 2021b]. Również do 2028 r. każda tona CO₂ wychwyconego, transportowanego, wykorzystywanego i składowanego przez gałęzie przemysłu będzie musiała być zgłaszana i rozliczana począwszy od jej pochodzenia; do 2030 r. co najmniej 20% węgla wykorzystywanego w produktach musi pochodzić ze zrównoważonych źródeł odnawialnych; a do 2030 r. co roku z atmosfery trzeba będzie usunąć 5 mln ton CO₂ i trwale składować za pomocą rozwiązań technologicznych. Aby skłonić sektory do realizacji działań w dziedzinie klimatu, konieczne jest także stworzenie bezpośrednich zachęt do wdrażania praktyk przyjaznych klimatowi. Aktualnie nie ma narzędzia politycznego, które w znaczący sposób zachęcałoby do zwiększania i ochrony pochłaniania. Wsparciem ma być finansowanie działań w ramach Wspólnej Polityki Rolnej. Praktyki rolnictwa węglowego zostały już uwzględnione w opracowanym i przyjętym przez Komisję Europejską nowym Planie Strategicznym dla WPR na lata 2023–2027 [Ustawa z dnia 13 lipca 2023].

Komisja zaproponowała także unijne ramy regulacyjne dotyczące certyfikacji usuwania ditlenku węgla [European Commission 2022]. Ramy certyfikacji pomogą zapewnić przejrzystą identyfikację rozwiązań w zakresie rolnictwa i przemysłu wykorzystującego węgiel. W celu otrzymania certyfikatu, pochłanianie ditlenku węgla będzie musiało zostać prawidłowo określone ilościowo, musi zapewniać dodatkowe korzyści klimatyczne, dążyć do długotrwałego magazynowania CO₂, zapobiegać wyciekom ditlenku węgla i przyczyniać się do zrównoważonego rozwoju [Faber i Jarosz 2023]. W projekcie dotyczącym ustanowienia ram certyfikacji usuwania CO₂ z 2022 r. Komisja Europejska zapowiedziała utworzenie grupy ekspertów, na forum której organy państw członkowskich i zainteresowane strony będą wymieniać swoje doświadczenia w zakresie wdrażania rolnictwa węglowego.

Jednym z zagadnień rozważanych przez ekspertów była konsolidacja wiedzy i dowodów naukowych na temat praktyk zarządzania mających na celu wychwytywanie i magazynowanie węgla w glebie. Określenie, które praktyki powinny być traktowane priorytetowo w UE w zależności od użytkowania gruntów (pola uprawne, agroleśnictwo, lasy, użytki zielone) oraz stref klimatycznych pozwoli na zidentyfikowanie narzędzi i sposobów wspierających rozpowszechnianie tych praktyk. Stwierdzono, iż niezbędne jest zidentyfikowanie mierzalnych wskaźników dotyczących zmian zawartości węgla w glebie, na podstawie których można stwierdzić, że praktyka przyczynia się do sekwestracji węgla i redukcji emisji CO₂. W przypadku sekwestracji węgla w glebie można zastosować cztery podejścia: stosowanie współczynników domyślnych na podstawie literatury (współczynnik zmiany zapasów), modelowanie zawartości węgla w glebie, wykorzystanie teledetekcji do określenia zmian zasobów węgla w glebie oraz pobieranie próbek gleby.

Przegląd i identyfikacja najlepszych praktyk ma na celu dostarczenie danych wejściowych do opracowania metodologii certyfikacji. Bez takiej wiedzy specjalistycznej Komisja napotkałaby poważne trudności w określaniu polityki usuwania CO₂ w różnych sektorach oraz w opracowaniu odpowiednich kryteriów i metodologii monitorowania, raportowania i certyfikacji usuwania ditlenku węgla.

Debata ekspertów skupiała się także na zagadnieniach certyfikacji usuwania ditlenku węgla, w tym kwantyfikacji, monitorowaniu i raportowaniu pochłaniania CO₂ oraz na takich kryteriach jak: dodatkowość, trwałość, integralność środowiskowa i przejrzystość. Preferowanym podejściem w kwantyfikacji jest metoda hybrydowa, w której wykorzystuje się zarówno pobieranie próbek z gleby, jak i modelowanie, w którym teledetekcja mogłaby być wykorzystana do działań monitorujących, a także do zasilania modelu. Aby zapewnić przejrzystość zaproponowano, że jednostki certyfikowane zostaną podzielone na cztery zdefiniowane typy: jednostka trwałego usuwania CO₂, jednostka redukcji emisji z gleby, jednostka sekwestracji w rolnictwie węglowym oraz jednostka składowania CO₂ w produktach. Jednocześnie podkreślono, że działania związane z rolnictwem węglowym muszą być trwałe i przynosić dodatkowe korzyści dla różnorodności biologicznej w ramach celów zrównoważonego rozwoju.

ROLNICTWO WĘGLOWE W ŁAGODZENIU ZMIAN KLIMATU

Dotychczasowe działania w zakresie łagodzenia zmian klimatu są niewystarczające [UNEP 2021]. Apeluje się więc o jak najszybsze wdrażanie działań redukujących dalsze emisje gazów cieplarnianych. Wymaga to jasno określonych zasad oraz monitorowania rzeczywistych postępów. Nowych możliwości upatruje się w pochłanianiu CO₂ przez glebę.

W obliczu szybko postępujących zmian klimatu wdrażanie działań w ramach rolnictwa węglowego jest imperatywem. Dynamika tych zmian, rozległy zakres zagrożeń i siła ich negatywnego oddziaływania na warunki prowadzenia produkcji rolniczej zagrażają produktywności rolnictwa, a tym samym ograniczają zapewnienie bezpieczeństwa żywnościowego [Karaczun i Kozyra 2020]. Z tego względu konieczne jest wdrażanie takich metod, które z jednej strony pozwolą na ograniczenie ryzyka strat plonów spowodowanych czynnikami klimatycznymi i łagodzenie konsekwencji ekstremalnych zjawisk klimatycznych, z drugiej zaś umożliwią pochłanianie i ograniczenie emisji gazów cieplarnianych oraz będą skutkować poprawą stanu środowiska i przyczyniać się do stabilizacji klimatu.

Istotną koncepcją w polityce ograniczania zmian klimatu jest rolnictwo węglowe. Rolnictwo węglowe, zw. także rolnictwem regeneracyjnym, koncentruje się na praktykach rolniczych przyczyniających się do pochłaniania CO₂ z atmosfery i jego trwałego składowania w zrównoważony sposób w glebie lub biomase. Praktyki te poprawiają stan gleby, przynosząc jednocześnie dodatkowe korzyści: zwiększoną retencję wody, funkcje hydrologiczne, zwiększenie bioróżnorodności oraz ograniczenie emisji GHG. Rolnictwo węglowe daje także możliwość uzyskania dodatkowego źródła dochodów.

„Uprawę sprzyjającą pochłanianiu ditlenku węgla przez glebę można zdefiniować jako ekologiczny model biznesowy, w którym nagradza się zarządców gruntu za podejmowanie udoskonalonych praktyk z zakresu gospodarowania gruntami, prowadzących do zwiększenia sekwestracji ditlenku węgla w biomacie, martwej materii organicznej i glebie przez zwiększenie wychwytywania CO₂ lub ograniczenie uwalniania ditlenku węgla do atmosfery, przy poszanowaniu zasad ekologicznych sprzyjających różnorodności biologicznej i działających na korzyść kapitału naturalnego w ujęciu ogólnym” [European Commission 2021b].

Chociaż komunikat Komisji Europejskiej [European Commission 2021b] skupia się na sposobach zwiększania sekwestracji ditlenku węgla, jednak zgodnie z definicją w działaniach należy też uwzględnić redukcję emisji gazów cieplarnianych. Również Międzynarodowa Grupa Konsultingowa (COWI), Instytut Ekologiczny (ang. Ecologic Institute) i Instytut Europejskiej Polityki Środowiskowej (ang. Institute for European Environmental Policy – IEEP) [2021] wskazują, że rolnictwo węglowe nie tylko koncentruje się na zwiększaniu sekwestracji ditlenku węgla, ale także na ograniczaniu emisji gazów cieplarnianych (tlenku diazotu, metanu) na poziomie gospodarstwa. Oczekuje się więc, że rezultatem działań podejmowanych w ramach rolnictwa węglowego będzie sekwestracja ditlenku węgla oraz redukcja istniejących i unikanie przyszłych emisji gazów cieplarnianych.

Wiele obecnie proponowanych i wdrażanych działań może przyczynić się do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych, a tym samym łagodzenia zmian klimatu. Jednak nie wszystkie praktyki zapewniają bezwzględną redukcję emisji [McDonald i in. 2021]. Dlatego też sprecyzowano, jakie praktyki agronomiczne i technologiczne są wspierane i promowane w ramach rolnictwa węglowego. Działania te obejmują [European Commission 2021b]:

- ponowne nawadnianie i odtwarzanie torfowisk,
- zakładanie i utrzymywanie systemów rolno-leśnych,
- utrzymywanie i zwiększanie zawartości węgla organicznego w glebie,
- gospodarowanie inwentarzem żywym i obornikiem,
- gospodarowanie składnikami odżywczymi na gruntach rolnych i użytkach zielonych.

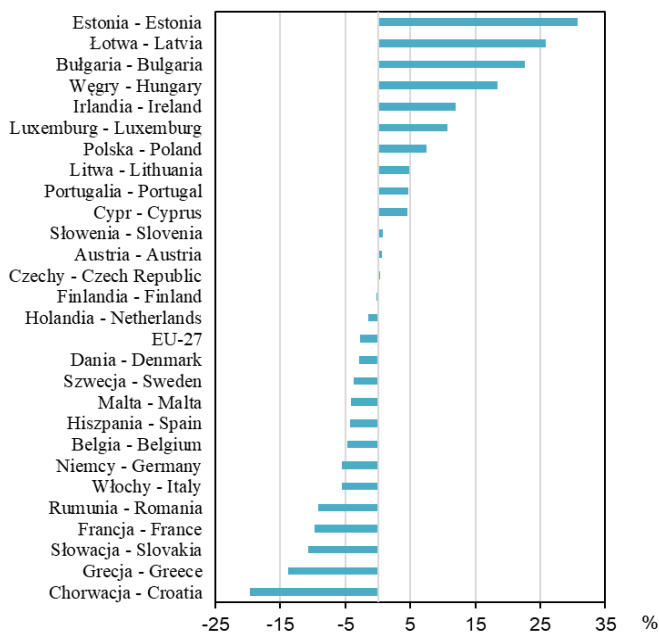
Pierwsze trzy obszary obejmują działania, których celem jest sekwestracja ditlenku węgla w różnych elementach agroekosystemów. Natomiast pozostałe dwa związane są z redukcją emisji, w szczególności poprzez wzrost wydajności i wykorzystanie technologii.

Zmiany klimatu zwiększają ryzyko prowadzenia gospodarstwa. Ważnym czynnikiem produkcji w rolnictwie jest woda. Coraz częstsze występowanie suszy rolniczej i pogłębiający się deficyt wody wpływają na dużą zmienność uzyskiwanych plonów. Powoduje to brak pewności osiągnięcia zaplanowanych wyników produkcyjnych i zagraża bezpieczeństwu żywnościowemu. Istotne znaczenie ma odpowiednie zarządzanie glebą. Utrzymanie jakości i funkcjonalności gleby oraz łagodzenie zagrożeń związanych z jej użytkowaniem znajduje odzwierciedlenie w uzyskiwaniu wyższych plonów. Praktyką rekomendowaną w ramach rolnictwa węglowego, która przyczynia się do poprawy struktury gleby, a tym samym lepszego wykorzystania składników pokarmowych mających wpływ na wielkość plonów i ograniczanie strat składników na drodze wymywania, jest zapewnienie dopływu materii organicznej [Tisdall 2020, Pieszka i in. 2022]. Gleby charakteryzujące się wysokim poziomem węgla organicznego nie wymagają intensywnego nawożenia, zwłaszcza azotem [Pikuła 2019, Reise i in. 2022]. Zwiększenie zasobu substancji organicznej w glebach przyczynia się także do zwiększenia odporności gleb na przesuszenie. Próchnica poprawia stosunki powietrzno-wodne w glebie, zwiększa zdolności sorpcyjne gleby, zmniejsza podatność na zagęszczenie oraz degradację w wyniku erozji wodnej i wietrznej. Związki próchniczne mają wysoką pojemność wodną, a więc rośliny uprawiane na glebach z wysoką zawartością próchnicy są mniej narażone na stres suszy rolniczej [Altieri i in. 2015].

Rekomendowane w ramach rolnictwa węglowego działania zwiększające sekwestrację i ograniczenie emisji CO₂ przeciwdziałają ociepleniu klimatu, przyczyniają się do ochrony środowiska i bioróżnorodności oraz stabilności klimatu, a tym samym minimalizują ryzyko wystąpienia ekstremalnych zjawisk klimatycznych mających istotny wpływ na wielkość uzyskiwanych plonów.

Wdrażanie działań w ramach rolnictwa węglowego, które służą ograniczaniu emisji ditlenku węgla i zwiększaniu stopnia zatrzymania węgla w glebie, oraz poddanie się niezależnej certyfikacji w tym zakresie umożliwia także uzyskanie dodatkowych dochodów poprzez sprzedaż tzw. kredytów węglowych. Temat kredytów i certyfikatów węglowych w Polsce staje się w ostatnim czasie coraz bardziej popularny. Jeśli producent rolny potwierdzi odpowiednim certyfikatem, że ziemia, którą uprawia, ma zdolność wiązania CO₂, wówczas każdą tonę wychwyconego z atmosfery ditlenku węgla będzie mógł sprzedać w postaci papieru wartościowego nazwanego kredytem węglowym. Rolnicy mogą je sprzedać na dobrowolnych rynkach uprawnień do emisji ditlenku węgla na rzecz firm, które w wyniku swojej działalności emitują do atmosfery CO₂.

Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych poprzez wdrażanie praktyk rolnictwa węglowego w UE oszacowano na 101–444 Mt ekw. CO₂ rocznie [McDonald i in. 2021]. Natomiast sekwestrację węgla w glebie określono na poziomie 36–97 Mt ekw. CO₂ rocznie. Oszacowana redukcja emisji GHG odpowiada w przybliżeniu 3–12% całkowitych rocznych emisji gazów cieplarnianych w UE [European Environment Agency 2023]. Szeroki zakres uzyskanych szacunków wskazuje na duże zróżnicowanie możliwości ograniczania emisji GHG z sektora rolnego. Według European Environment Agency [2023] w latach 2005–2021 emisje gazów cieplarnianych z rolnictwa na poziomie UE nie uległy istotnym zmianom, jednak na poziomie krajowym tendencje te były bardzo zróżnicowane, przy czym emisje wzrosły w 13 i spadły w 14 państwach członkowskich (ryc. 1). Na przykład emisje spadły o ponad 10% w Chorwacji, Grecji i na Słowacji oraz wzrosły o ponad 10% w Bułgarii, Estonii, na Węgrzech, w Irlandii, na Łotwie i w Luksemburgu.



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych European Environment Agency

Ryc. 1. Zmiana emisji z rolnictwa w latach 2005–2021 według krajów członkowskich UE
Fig. 1. Change in emissions from agriculture in 2005–2021 by EU member states

Także Pérez Domínguez i in. [2020] stwierdzają, że potencjał rolnictwa do łagodzenia zmian klimatycznych różni się pomiędzy państwami członkowskimi UE, a także w obrębie każdego z nich. Badania Roe i in. [2021] dotyczące potencjału ograniczania emisji dla różnych praktyk rolnictwa węglowego wykazały znaczne różnice pomiędzy Europą Południową i Wschodnią w porównaniu z Europą Zachodnią i Północną. W zakresie agroleśnictwa większym potencjałem charakteryzuje się Europa Południowa i Wschodnia. Natomiast większe możliwości łagodzenia zmian klimatu poprzez ponowne nawadnianie i odtwarzanie torfowisk koncentrują się w Europie Północnej, a w Europie Południowej są niewielkie. Autorzy wskazują też dużą zmienność pomiędzy poszczególnymi krajami.

Badania dotyczące potencjału sekwestracji i pochłaniania CO₂ przez polskie rolnictwo w perspektywie 2040 r. wykazały, że wdrożenie praktyk rolnictwa węglowego (np. nawozy naturalne, międzyplony, przyorywanie słomy) zwiększających dopływ węgla organicznego do gleby o 20% wpłynie na wzrost sekwestracji średnio dla Polski do wartości $0,117 \pm 0,016 \text{ t C} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{r}^{-1}$. Oznacza to, że potencjał sekwestracji wyniesie $2,173 \pm 0,965 \text{ mln t C} \cdot \text{r}^{-1}$, co będzie odpowiadać $7,968 \pm 3,538 \text{ mln t} \cdot \text{r}^{-1}$ pochłoniętej emisji CO₂ [Faber i in. 2023]. Potencjał pochłaniania CO₂ w Polsce jest mniejszy niż w krajach sąsiednich. Jednak pochłonięte emisje mogą być znaczne ze względu na areał użytków rolnych przekładający się na efekt skali.

PODSUMOWANIE

Dążenie do osiągnięcia neutralności klimatycznej w 2050 r., a tym samym powstrzymanie globalnego ocieplenia wywierającego istotny wpływ na zmiany klimatu, skłoniło Unię Europejską do zwiększenia ambicji w zakresie ograniczania emisji gazów cieplarnianych. W proces redukcji emisji i pochłaniania CO₂ zostaną włączone wszystkie sektory, w tym rolnictwo. Istotną rolę w łagodzeniu zmian klimatu może odegrać rolnictwo węglowe. Oprócz ograniczania emisji GHG, wdrażanie rolnictwa węglowego poprawia właściwości gleb, pozytywnie wpływa na produktywność rolnictwa i funkcjonowanie całych ekosystemów. Potencjał ograniczenia emisji gazów cieplarnianych poprzez stosowanie rolnictwa węglowego jest znaczący. Jednak jest on mocno zróżnicowany zarówno pomiędzy poszczególnymi państwami UE, jak i w ich obrębie. Dlatego niezbędne są dalsze badania w zakresie stosowania praktyk i szacowania potencjału rolnictwa węglowego.

PIŚMIENNICTWO

- Altieri M.A., Nicholls C.I., Henao A., Lana M.A., 2015. Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. *Agron. Sustain. Dev.* 35, 869–890, <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0285-2>
- Core Writing Team, Lee H., Romero J. (eds.), 2023. *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC, Geneva, Switzerland, 184 pp. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>

- COWI, Ecologic Institute and IEEP, 2021. Technical Guidance Handbook – setting up and implementing result-based carbon farming mechanisms in the EU Report to the European Commission, DG Climate Action, under Contract No. CLIMA/C.3/ETU/2018/007. COWI, Kongens Lyngby.
- 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. Brussels, COM(2019) 640 final.
- European Commission, 2020a. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, EU Biodiversity Strategy for 2030. Bringing nature back into our lives. Brussels, COM(2020) 380 final.
- European Commission, 2020b. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. A Farm to Fork Strategy for a fair, healthy and environmentally-friendly food system. Brussels, COM(2020) 381 final.
- European Commission, 2021a. Commission Staff Working Document. Sustainable carbon cycles for a 2050 climate-neutral EU, Technical Assessment, Accompanying the Communication from the Commission to the European Parliament and the Council, Sustainable Carbon Cycles. Brussels, SWD(2021) 451 final.
- European Commission, 2021b. Communication from the Commission to the European Parliament and the Council. Sustainable Carbon Cycles. Brussels, COM(2021) 800 final.
- European Commission, 2022. Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council establishing a Union certification framework for carbon removals. Brussels, COM(2022) 672 final.
- European Environment Agency, 2023. Greenhouse gas emissions from agriculture in Europe. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/greenhouse-gas-emissions-from-agriculture> [dostęp: 31.01.2024].
- Faber A., Jarosz Z., 2023. Rolnictwo węglowe. Unijny system certyfikacji pochłaniania ditlenku węgla. *Przem. Chem.* 11, 1116–1117. <https://doi.org/10.15199/62.2023.11.2>
- Faber A., Jarosz Z., Mocny K., 2023. Potencjał sekwestracji węgla i pochłaniania ditlenku węgla przez polskie rolnictwo. *Przem. Chem.* 12, 1187–1189. <https://doi.org/10.15199/62.2023.12.13>
- IPCC, 2022. Summary for Policymakers. In: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty.* Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3–24. <https://doi.org/10.1017/9781009157940.001>
- Karaczun Z., Kozyra J., 2020. Wpływ zmian klimatu na bezpieczeństwo żywnościowe Polski. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- McDonald H., Frelih-Larsen A., Lóránt A., Duin L., Pyndt Andersen S., Costa G., Bradley H., 2021. Carbon farming – Making agriculture fit for 2030. Study for the committee on Environment, Public Health and Food Safety (ENVI), Policy Department for Economic, Scientific and Quality of Life Policies, European Parliament, Luxembourg.
- Pérez Domínguez I., Fellmann T., Witzke P., Weiss F., Hristov J., Himics M., Barreiro-Hurle J., Gómez Barbero M., Leip A., 2020. Economic assessment of GHG mitigation policy options for EU agriculture: A closer look at mitigation options and regional mitigation costs (EcAM-PA 3), EUR 30164 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2020. <https://doi.org/10.2760/4668, JRC120355>
- Pieszka M., Krawczyk W., Jadczyzyn T., Jarosz Z., Dziubanek G., Domagalska J., Rusin M., 2022. Gospodarka nawozowa a ochrona wód. FDPA, Warszawa, 93.

- Pikuła D., 2019. Praktyki zapobiegające stratom węgla organicznego z gleby. St. Rap. IUNG-PIB 59(13), 77–91. <https://doi.org/10.26114/sir.iung.2019.59.06>
- Porozumienie paryskie do Ramowej konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu, sporządzonej w Nowym Jorku dnia 9 maja 1992 r., przyjęte w Paryżu dnia 12 grudnia 2015 r. (Dz. U. z 2017 r., poz. 36).
- Regulation (EU) 2021/1119 of the European Parliament and of the Council of 30 June 2021 establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulations (EC) No 401/2009 and (EU) 2018/1999 (European Climate Law). O.J. EU, L 243/1, 09.07.2021.
- Regulation (EU) 2023/839 of the European Parliament and of the Council of 19 April 2023 amending Regulation (EU) 2018/841 as regards the scope, simplifying the reporting and compliance rules, and setting out the targets of the Member States for 2030, and Regulation (EU) 2018/1999 as regards improvement in monitoring, reporting, tracking of progress and review. O.J. EU, L 107/1, 21.04.2023.
- Regulation (EU) 2023/857 of the European Parliament and of the Council of 19 April 2023 amending Regulation (EU) 2018/842 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 Regulation (EU) 2018/1999. O.J. EU, L 111/1, 26.04.2023.
- Reise J., Siemons A., Böttcher H., Herold A., Urrutia C., Schneider L., Iwaszuk E., McDonald H., Freluh-Larsen A., Duin L., Davis M., 2022. Nature-based solutions and global climate protection. Assessment of their global mitigation potential and recommendations for international climate policy. German Environment Agency.
- Roe S., Streck C., Beach R., Busch J., Chapman M., Daioglou V., Deppermann A., Doelman J., Emmet-Booth J., Engelmann J., Fricko O., Frischmann C., Funk J., Grassi G., Griscom B., Havlik P., Hanssen S., Humpenöder F., Landholm D., Lomax G., Lehmann J., Mesnildrey L., Nabuurs G.J., Popp A., Rivard C., Sanderman J., Sohngen B., Smith P., Stehfest E., Woolf D., Lawrence, D., 2021. Land-based measures to mitigate climate change: Potential and feasibility by country. *Glo. Chang. Biol.* 27, 6025–6058. <https://doi.org/10.1111/gcb.15873>
- Szpak K., 2020. Polityka klimatyczna Unii Europejskiej w perspektywie 2050 roku. W: J. Gajewski, W. Paprocki (red.), *Polityka klimatyczna i jej realizacja w pierwszej połowie XXI wieku*. Publikacja Europejskiego Kongresu Finansowego. Sopot, 39–50.
- Tisdall J.M., 2020. Formation of soil aggregates and accumulation of soil organic matter. In book: *Structure and Organic Matter Storage in Agricultural Soils*; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 57–96. <https://doi.org/10.1201/9781003075561-5>
- UNEP – United Nations Environment Programme, 2021. *Emissions Gap Report 2021: The Heat Is On – A World of Climate Promises Not Yet Delivered*. UNEP, UNEP Copenhagen Climate Centre (UNEP-CCC), <https://www.unep.org/emissions-gap-report-2021> [dostęp: 31.01.2024].
- Ustawa z dnia 13 lipca 2023 r. o zmianie ustawy o Planie Strategicznym dla Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023–2027 (Dz. U. z 2023 r., poz. 1530).

Źródło finansowania: Dotacja celowa nr 6.1 „Analiza potencjału podaży biomasy w 2024 r. na poziomie krajowym i regionalnym – ze szczególnym uwzględnieniem upraw kukurydzy i rzepaku”, finansowana przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi.

Abstract. The increase in greenhouse gas concentrations in the atmosphere contributes to global warming and, therefore, climate change. Achieving and maintaining net zero emissions of anthropogenic greenhouse gases on a global scale has become the basis for shaping policies, programs and actions aimed at climate neutrality, which is conditional on achieving net zero emissions by 2050. It is imperative to take actions that will enable the absorption and reduction of CO₂ emissions

and will result in an improvement in the state of the environment and contribute to climate stabilization. The source of information for the study were legal acts, reports and documents of international institutions and literature on the subject. In the paper, the role of agriculture in the European Union's climate and energy policy is presented. It also shows how Carbon farming can make an important contribution to mitigating climate change. The definition, practices and possibilities of reducing greenhouse gas emissions through the use of carbon farming activities are indicated.

Keywords: climate change, greenhouse gas emissions, carbon farming

Otrzymano/Received: 2.12.2023

Zaakceptowano/Accepted: 16.07.2024

Online first: 15.11.2024

Opublikowano/Published: 13.01.2025