

Potential for carbon sequestration and CO₂ removal by Polish agriculture

Potencjał sekwestracji węgla i pochłaniania dیتlenku węgla przez polskie rolnictwo

DOI: 10.15199/62.2023.12.13

The baseline sequestration of org. C in Polish soils in 2020 and in the 2040 perspective was statistically estimated and compared based on FAO data and data from the Agricultural Soil Chemistry Monitoring in Poland. Potential sequestration in 2040 for a scenario without the introduction of C farming and potential CO₂ sequestration for a scenario in which C farming practices increase soil org. C inputs by 20% were presented.

Keywords: agriculture, organic carbon, sequestration, carbon dioxide, removal

Na podstawie danych FAO oraz z Monitoringu Chemizmu Gleb Ornych w Polsce przedstawiono bazowe sekwestracje węgla organicznego w glebach Polski w 2020 r., potencjalne sekwestracje w 2040 r. dla scenariusza bez wprowadzenia rolnictwa węglowego oraz potencjalne pochłanianie CO₂ dla scenariusza, w którym praktyki rolnictwa węglowego zwiększą o 20% dopływ węgla organicznego do gleby.

Słowa kluczowe: rolnictwo, węgiel organiczny, sekwestracja, pochłanianie, dیتlenek węgla

W Unii Europejskiej trwają intensywne prace nad regulacjami dotyczącymi rolnictwa węglowego oraz zasadami certyfikacji pochłaniania CO₂ przez rolnictwo¹⁾. Prace te są jeszcze dalekie od zakończenia. Zaangażowani są w nie legislatorzy oraz eksperci, którzy mają przełożyć projekt unijnej certyfikacji pochłaniania dیتlenku węgla przez rolnictwo na obowiązujące regulacje prawne. Póki co rolnictwo węglowe w załączkowej formie realizowane jest we Wspólnej Polityce Rolnej poszczególnych krajów unijnych. W Polsce w ramach Planu Strategicznego dla Wspólnej Polityki Rolnej 2023–2027 rolnicy mogą otrzymać dopłaty do rolnictwa węglowego i zarządzania składnikami odżywczymi.

Celem pracy było oszacowanie i statystyczne porównanie sekwestracji węgla organicznego w glebach Polski w 2020 r. i potencjalnej sekwestracji w perspektywie 2040 r.

Część doświadczalna

Metodyka badań

W opracowaniu wykorzystano globalne mapy FAO symulowanej sekwestracji węgla organicznego (Corg) w warstwie 0–30 cm gruntów ornych i użytków zielonych²⁾. Z map tych w systemie informacji geograficznej QGIS wyodrębniono dla Polski mapę przedstawiającą zasobność bazową Corg (T0) w 2020 r. oraz mapę sekwestracji Corg w 2040 r. dla scenariusza bez stosowania praktyk rolnictwa węglowego (BAU). Obie mapy przedstawiają zasobności Corg z rozdzielczością 1 × 1 km (piksel 100 ha). Z mapy bazowej (T0) odczytano wartości Corg dla 216 punktów z Monitoringu Chemizmu Gleb Ornych w Polsce⁴⁾. Statystycznie oszacowano zależności pomiędzy Corg z mapy T0 oraz z monitoringu w celu określe-



Prof. dr hab. Antoni FABER (ORCID: 0000-0002-3055-1968) w roku 1971 ukończył studia na Wydziale Biologii i Nauk o Ziemi Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, a w 1973 r. studia na Wydziale Rolnym Wyższej Szkoły Rolniczej w Lublinie (obecnie Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie). W 2000 r. otrzymał tytuł profesora. Od 1972 r. pracuje w Instytucie Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowym Instytucie Badawczym w Puławach, obecnie w Zakładzie Biogospodarki i Analiz Systemowych. Specjalność – chemia rolna.



Dr Zuzanna JAROSZ (ORCID: 0000-0002-3428-5804) w roku 1993 ukończyła studia ekonomiczne na Uniwersytecie Ekonomicznym we Wrocławiu, a w 1998 r. uzyskała stopień doktora nauk ekonomicznych na tej samej uczelni. Jest adiunktem w Zakładzie Biogospodarki i Analiz Systemowych Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowego Instytutu Badawczego w Puławach. Specjalność – energia odnawialna, adaptacja rolnictwa wobec zmian klimatu, modelowanie wzrostu i rozwoju roślin.

* Adres do korespondencji:

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy,
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy, tel.: (81) 478-67-67, e-mail: faber@iung.pulawy.pl

nia reprezentatywności mapy FAO (T0) dla punktowych odczytów danych. Oszacowano także aktualne sekwestracje Corg wg monitoringu i odniesiono je do danych T0 i BAU oraz wielkości sekwestracji Corg i pochłaniania CO₂ w sytuacji zastosowania w całej Polsce praktyk rolnictwa węglowego zwiększających dopływ węgla do gleby o 20%. Przeprowadzone szacunki i porównania ilustrują potencjał sekwestracji Corg obecnie i w perspektywie 2040 r. Podano również, jaki przychód w PLN może przynieść powszechne stosowanie praktyk pochłaniania CO₂ w rolnictwie polskim w przypadku wolnego handlu uprawnieniami do emisji.

Omówienie wyników

Mapa bazowa T0 generalizuje zasobność Corg dla piksela o powierzchni 100 ha. W generalizacji tej uwzględniono dane klimatyczne, pokrycie terenu, zasobność gleb w Corg (z lat 1960–2000) oraz zawartość w glebie iltu koloidalnego³⁾. Na podstawie tych danych symulowano dla każdego piksela Corg T0 za pomocą modelu RotC^{2, 3)} dla lat 2000–2020²⁾. Ostatni rok przyjęto jako bazowy dla mapy T0 (rys. 1).

Zagadnieniem wymagającym sprawdzenia jest, jak zgeneralizowane wartości Corg T0 odnoszą się do punktowych

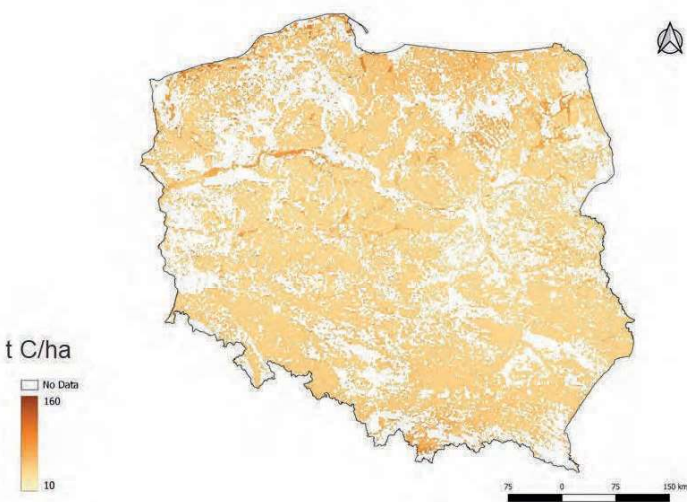


Fig. 1. Baseline soil organic carbon stocks (Corg T0, t/ha; data not available in areas with no arable land or grassland^{2, 3)}

Rys. 1. Bazowa zasobność gleb w węgiel organiczny (Corg T0, t/ha; brak danych w obszarach, na których nie występują grunty orne lub użytki zielone)^{2, 3)}



Mgr Krystian MOCNY ukończył studia na Wydziale Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie. W 2022 r. uzyskał stopień magistra geoinformatyki, realizując temat badawczy pt. „Efektywność opracowania cyfrowego modelu terenów eksploatacyjnych na bazie danych fotogrametrycznych i skaningu laserowego”. Od września 2022 r. jest związany z Instytutem Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach, gdzie pracuje w Zakładzie Biogospodarki i Analiz Systemowych. Zajmuje się zadaniami związanymi z budową Systemu Informacji Geograficznej na potrzeby badań z zakresu biogospodarki, gromadzeniem i przetwarzaniem danych statystycznych i przestrzennych dotyczących rolnictwa i ochrony przyrody. W swojej pracy wykorzystuje systemy GIS, teledetekcję, fotogrametrię oraz narzędzia do zarządzania bazami danych, analiz przestrzennych i geowizualizacji w kontekście realizowanych przez Zakład projektów badawczych. Specjalność – geoinformatyka.

zgeneralizowane wartości Corg T0 odnoszą się do punktowych

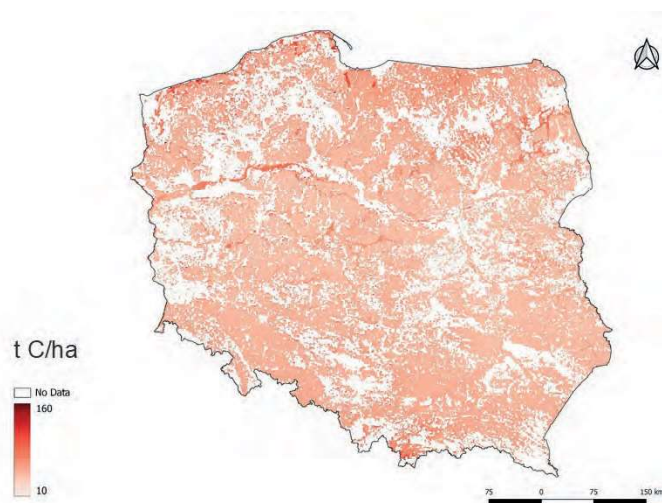


Fig. 2. Soil organic carbon stocks in 2040 (t C/ha) in a scenario without sequestration enhancing practices^{2, 3)}

Rys. 2. Zasobność gleb w węgiel organiczny w 2040 r. (Corg t/ha) w scenariuszu bez stosowania praktyk zwiększających sekwestrację^{2, 3)}

wartości tego parametru z monitoringu Corg prowadzonego w Polsce. Analizy przeprowadzono dla dwóch stref klimatycznych: suchej (środkowy pas Polski – Kraina Wielkich Dolin) oraz wilgotnej (pas województw północnej i południowej Polski). W pierwszej strefie klimatycznej Corg wg FAO i monitoringu wynosiły odpowiednio (mediana±MAD, absolutne odchylenie od mediany): 45,747±2,413 oraz 41,041±4,744. Mediany różniły się istotnie statystycznie ($P < 0,05$). Zależność liniowa pomiędzy tymi zmiennymi była regresją 1:1 o równaniu: Corg z monitoringu = 0,89·Corg FAO ($r = 97,3$). Była to zależność istotna statystycznie ($P < 0,05$) wykazująca, że dane FAO przeszacowują zasobność węgla o 11%. Analogiczna analiza wykonana dla wilgotnej strefy klimatycznej wykazała, że porównywane dane z monitoringu i FAO wynosiły odpowiednio (mediana±MAD): 50,445±7,916 oraz 52,094±3,742. Dane te różniły się istotnie statystycznie ($P < 0,05$). Regresja pomiędzy danymi z monitoringu i map FAO miała postać 1:1 o równaniu: Corg z monitoringu = 0,966·Corg FAO ($r^2 = 94,5$). Zależność była istotna statystycznie ($P < 0,05$) i wskazywała, że dane FAO były przeszacowane o 3%.

Table. Organic carbon sequestration potential in soils of Poland and neighboring countries²⁾

Tabela. Potencjał sekwestracji węgla organicznego w glebach Polski i krajów sąsiadujących²⁾

Kraj	Potencjał sekwestracji, mln t C/r	Średnia sekwestracja, t C/ha/r
Ukraina	5,895±0,834	0,126±0,021
Niemcy	4,591±1,418	0,181±0,031
Polska	2,173±0,965	0,117±0,016
Białoruś	1,456±0,702	0,128±0,024
Czechy	0,668±0,206	0,147±0,023
Szwecja	0,641±0,587	0,105±0,017
Słowacja	0,484±0,166	0,157±0,024

Biorąc pod uwagę fakt, że niepewności oznaczeń chemicznych Corg w monitoringu były większe niż stwierdzone różnice pomiędzy porównywanymi danymi, można twierdzić, że dane FAO wystarczająco dobrze charakteryzowały zasobności Corg i mogą być wykorzystywane jako wartości bazowe do określania wyjściowej wielkości sekwestracji węgla organicznego w glebach Polski.

Wielkość sekwestracji Corg zależy od klimatu, właściwości gleb oraz ilości węgla organicznego wprowadzanego do gleby z resztkami poźniowymi i nawozami naturalnymi. Obecnie zarówno w strefie klimatu suchego, jak i wilgotnego mediany sekwestracji są równe zero. Znaczący to, że układ jest zrównoważony i nie zachodzą ani przyrosty, ani też straty węgla z powierzchniowej warstwy gleb.

Zakładając, że rolnicy w okresie do 2040 r. nie wprowadzą żadnych praktyk zwiększających sekwestrację Corg w 2040 r. zwiększy się skutek wzrostu prognozowanych plonów (rys. 2). W obu porównywanych strefach klimatycznych sekwestracja Corg wyniesie odpowiednio (mediana \pm MAD): 0,042 \pm 0,020 oraz 0,042 \pm 0,004 t C/ha/r.

Jeśli jednakże rolnicy powszechnie zastosują praktyki rolnictwa węglowego (np. nawozy naturalne, międzyplony, rolnictwo regeneracyjne, przyorywanie słomy), które zwiększą o 20% dopływ węgla organicznego do gleby, to sekwestracja wzrośnie średnio dla Polski do wartości 0,117 \pm 0,016 t C/ha/r²⁾. Oznaczać to będzie, że potencjał sekwestracji wyniesie 2,173 \pm 0,965 mln t C/r, co będzie odpowiadać 7,968 \pm 3,538 mln t/r pochłoniętej emisji CO₂. Wartość pochłoniętej emisji wg aktualnego notowania cen uprawnień do emisji EUA (363 PLN/t CO₂) wyniesie 2,9 mld PLN/r. Można jednak przypuszczać, że do 2040 r. wartość ta może wzrosnąć. Jeśli dopuszczony zostanie handel pochłoniętymi emisjami rolniczymi, a wszystko na to wskazuje¹⁾, uprawnienia do wykorzystania pochłoniętych emisji rolniczych mogą być atrakcyjne dla polskiego przemysłu. Należy mieć nadzieję, że polski przemysł skorzysta z tej szansy, ponieważ każdy kraj unijny będzie miał szansę

wykorzystania emisji pochłoniętych przez rodzime rolnictwo. Ich przykładowe wielkości dla krajów sąsiadujących z Polską zostały przedstawione w tabeli.

Polska ze względu na znaczny udział gleb lekkich oraz suchy klimat w Krainie Wielkich Dolin ma mniejszy średni potencjał sekwestracji Corg w porównaniu z innymi krajami, z wyjątkiem Szwecji. Jednakże ze względu na powierzchnię użytków rolnych zajmuje trzecie miejsce pod względem potencjału sekwestracji węgla organicznego wśród porównywanych krajów.

Podsumowanie

Rolnictwo polskie może przyczynić się do pochłaniania ditlenku węgla. Potencjał jednostkowy w tym zakresie ze względu na warunki przyrodnicze jest mniejszy niż w krajach sąsiednich. Jednakże przy powszechnym zastosowaniu praktyk rolnictwa węglowego pochłonięte emisje mogą być znaczne ze względu na areal użytków rolnych, który przekłada się na efekt skali.

Praca wykonana w ramach Dotacji Celowej nr 3.0 IUNG-PIB 2023 „Analiza potencjału podaży biomasy w 2023 r. na poziomie krajowym i regionalnym”, finansowanej przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi.

Otrzymano: 30-10-2023

LITERATURA

- [1] A. Faber, Z. Jarosz, *Przem. Chem.* 2023, **102**, nr 11, 1116.
- [2] FAO, Global Soil Organic Carbon Sequestration Potential Map – GSOCseq v.1.1. Technical report, 2022, Rome, <https://doi.org/10.4060/cb9002en>.
- [3] G. Peralta, L. Di Paolo, I. Luotto, C. Omuto, M. Mainka, K. Viatkin, Y. Yigini, *Global soil organic carbon sequestration potential map (GSOCseq v1.1) – Technical manual*, FAO, Rome 2022, <https://doi.org/10.4060/cb2642en>.
- [4] GIOS, Monitoring chemizmu gleb ornych Polski, 1995–2022, https://www.gios.gov.pl/chemizm_gleb/index.php?mod=monit.

