

System Certyfikacji



KZR INiG

System KZR INiG /8.2

	System certyfikacji zrównoważonej produkcji biopaliw, paliw z biomasy i biopłynów	Wydanie: 4
		Data: 05.05.2025
	Załącznik 8.2 - Modele gleby	Strona 2 of 9

Modele gleby

Opracowano w Instytucie Nafty i Gazu – Państwowym Instytucie Badawczym

System KZR INiG /8.2	Kraków, Maj 2025	Dyrektywa 2018/2001 zmieniona dyrektywą 2023/2413
----------------------	------------------	--

	<u>System certyfikacji zrównoważonej produkcji</u>		Wydanie: 4
	<u>biopaliw, paliw z biomasy i biopłynów</u>		Data: 05.05.2025
	Załącznik 8.2- Modele gleby		Strona 3 of 9

Spis treści

1.	Model RothC (Rothamsted Carbon Model)	4
2.	Model CENTURY.....	7
3.	Zmiany w stosunku do wersji poprzedniej.....	9

	System certyfikacji zrównoważonej produkcji biopaliw, paliw z biomasy i biopłynów	Wydanie: 4
	Załącznik 8.2- Modele gleby	Data: 05.05.2025
		Strona 4 of 9

1. Model RothC (Rothamsted Carbon Model)

Opis modelu

RothC to model obrotu węgla organicznego w niepodmokłej warstwie wierzchniej gleby, który pozwala na uwzględnienie wpływu rodzaju gleby, temperatury, wilgotności i szaty roślinnej na proces obrotu w miesięcznym kroku czasowym.

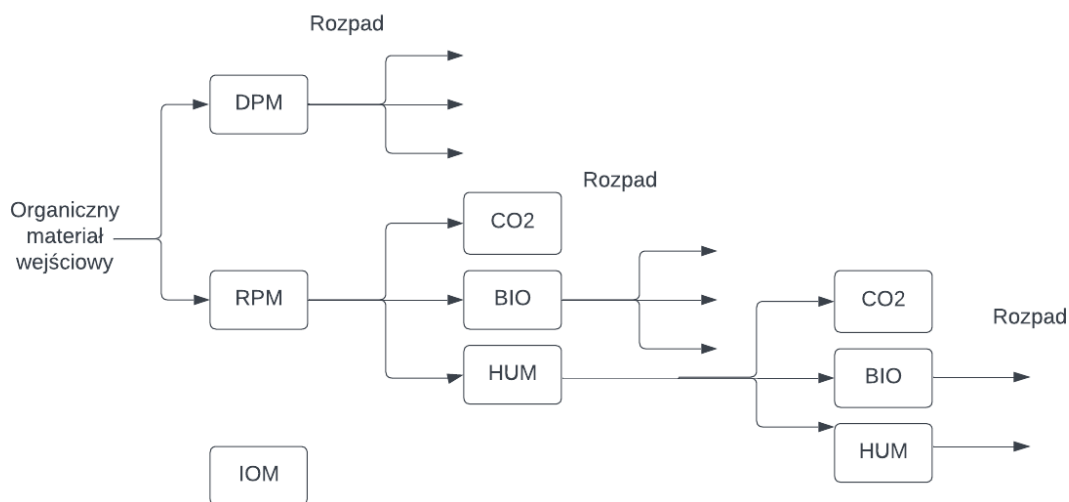
Sekwestrację C w RothC określa się ilościowo wyłącznie na podstawie procesów glebowych i jako taka nie jest powiązana z modelem produkcji roślinnej. Użytkownik definiuje dopływ węgla do gleby. Węgiel organiczny w glebie (SOC) jest podzielony na cztery aktywne przedziały i jeden nieaktywny przedział, który zawiera obojętną materię organiczną (IOM).

Struktura modelu:

Cztery aktywne przedziały różnią się średnim czasem przebywania węgla organicznego w glebie i są zdefiniowane jako:

- Rozkładalny materiał roślinny (DPM);
- Odporny materiał roślinny (RPM);
- Biomasa mikrobiologiczna (BIO);
- Humifikowana materia organiczna (HUM).

Strukturę modelu pokazano na rysunku 1.



Rysunek 1. Struktura modelu RothC (RPM - Odporny materiał roślinny, DPM - Rozkładalny materiał roślinny, BIO - Biomasa mikrobiologiczna, HUM - Humifikowana materia organiczna, IOM - Obojętna materia organiczna)

	System certyfikacji zrównoważonej produkcji	Wydanie: 4
	<u>biopaliw, paliw z biomasy i biopłynów</u>	Data: 05.05.2025
	Załącznik 8.2- Modele gleby	Strona 5 of 9

Obliczenia

Przedział IOM jest odporny na rozkład i oblicza się go za pomocą następującego równania:

$$\text{IOM} = 0.049 \times \text{SOC}^{1.139}$$

gdzie:

SOC to węgiel organiczny w glebie, $\text{t C} \cdot \text{ha}^{-1}$,

IOM to obojętna materia organiczna, $\text{t C} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Przychodzące ilości węgla są rozdzielane pomiędzy DPM i RPM, w zależności od stosunku DPM/RPM konkretnego przychodzącego materiału. W przypadku większości upraw rolnych i udoskonalonych użytków zielonych domyślny stosunek DPM/RPM wynosi 1,44, tj. 59% materiału roślinnego to DPM, a 41% to RPM. W przypadku nieulepszonych użytków zielonych i zarośli (w tym sawanny) stosuje się domyślny współczynnik wynoszący 0,67. W przypadku lasów liściastych lub tropikalnych stosuje się domyślny stosunek DPM/RPM wynoszący 0,25, tj. 20% materiału roślinnego to DPM, a 80% to RPM. Zarówno DPM, jak i RPM rozkładają się, tworząc CO₂, BIO i HUM. Proporcja przypadająca na CO₂ i BIO + HUM zależy od zawartości gliny w glebie. BIO + HUM jest następnie dzielone na 46% BIO i 54% HUM. Zarówno BIO, jak i HUM rozkładają się, tworząc więcej CO₂, BIO i HUM. Każdy przedział rozkłada się w procesie pierwszego rzędu z własną charakterystyczną szybkością.

Rozkład aktywnego przedziału

Jeśli aktywny przedział zawiera Y t C/ha, pod koniec miesiąca wartość ta spada do:

$$Y e^{-abck t} \text{ t C} \cdot \text{ha}^{-1}$$

gdzie:

a jest współczynnikiem modyfikującym szybkość dla temperatury;

b jest współczynnikiem modyfikującym szybkość dla wilgotności;

c jest współczynnikiem modyfikującym szybkość pokrywy glebowej;

k jest stałą szybkości rozkładu dla tego przedziału; oraz

t wynosi 1/12, ponieważ k opiera się na rocznym tempie rozkładu.

Zatem $Y(1 - e^{-abck t})$ jest ilością materiału w przedziale, który rozkłada się w danym miesiącu. RothC został również przystosowany do symulacji dynamiki N i S, ale dynamika składników odżywczych i C nie są ze sobą powiązane w RothC. Pierwotnie został opracowany i sparametryzowany w celu modelowania obrotu organicznym C w ornej wierzchniej warstwie gleby, a później został rozszerzony do modelowania obrotu na użytkach zielonych, sawannach i lasach oraz do działania na różnych glebach i w różnych klimatach.

System KZR INiG /8.2	Kraków, Maj 2025	Dyrektywa 2018/2001 zmieniona dyrektywą 2023/2413
----------------------	------------------	---

	System certyfikacji zrównoważonej produkcji biopaliw, paliw z biomasy i biopłynów	Wydanie: 4
		Data: 05.05.2025
	Załącznik 8.2- Modele gleby	Strona 6 of 9

Wymagania dotyczące danych

Model wymaga danych klimatycznych, glebowych i zarządczych, które są stosunkowo łatwe do uzyskania lub oszacowania. Każda jednostka modelowania (np. komórka siatki) wymaga następujących minimalnych danych;

Dane wejściowe modelu

Dane dotyczące gleby:

1. Całkowite początkowe zapasy SOC 0-30cm ($t\ C \cdot ha^{-1}$)
2. Początkowe zapasy C w różnych pulach ($t\ C \cdot ha^{-1}$): DPM, RPM, BIO, HUM, IOM
3. Zawartość gliny (%) na głębokości symulacji.

Dane dotyczące klimatu:

1. Miesięczne opady deszczu (mm)
2. Średnia miesięczna temperatura powietrza ($^{\circ}C$)
3. Miesięczne parowanie na otwartej przestrzeni (mm)/ewapotranspiracja (mm)

Dane dotyczące zarządzania użytkowaniem gruntów:

1. Miesięczne pokrycie gleby (goła gleba albo porośnięta roślinnością)
2. Nawadnianie (dane do dodania do ilości opadów)
3. Miesięczny wkład węgla z pozostałości roślinnych (nadziemne + korzenie + osad kłaczowy), ($t\ C \cdot ha^{-1}$)
4. Miesięczny wsad węgla z nawozów organicznych i odchodów wypasanych zwierząt ($t\ C \cdot ha^{-1}$)
5. Stosunek DPM/RPM, szacunkowa zdolność do rozkładu przychodzącego materiału roślinnego

Dane wyjściowe modelu

Końcowymi wynikami są zasoby SOC pięciu zbiorników C modelu RothC (DPM, RPM, BIO, HUM i IOM) oraz całkowite zasoby SOC.

Dokładna harmonizacja procedur modelowania, zbiorów danych i metod szacowania danych wejściowych jest niezbędna do uzyskania spójnych wyników sekwencjacji SOC we wszystkich regionach i krajach.

Ograniczenia modelu

Roth C jest przystosowany głównie do symulacji dynamiki C.

RothC zawiera funkcje empiryczne, dlatego oczekuje się, że najlepiej sprawdzi się w sytuacjach podobnych do tych, dla których zostały pierwotnie sparametryzowane, czyli zazwyczaj na polach uprawnych i użytkach zielonych strefy umiarkowanej.

System KZR INiG /8.2	Kraków, Maj 2025	Dyrektywa 2018/2001 zmieniona dyrektywą 2023/2413
----------------------	------------------	---

	System certyfikacji zrównoważonej produkcji	Wydanie: 4
	<u>biopaliw, paliw z biomasy i biopłynów</u>	Data: 05.05.2025
	Załącznik 8.2- Modele gleby	Strona 7 of 9

Dostępnych jest stosunkowo mniej danych na temat działania modeli SOC w warunkach tropikalnych i suchych.

RothC może mieć ograniczone zastosowanie w warunkach tropikalnych i suchych ze względu na różnice w faunie glebowej i ich wpływ na dynamikę SOC, znacznie szybszy obrót powolnego i pasywnego SOM, różne zależności temperatury i wilgoci od aktywności mikrobiologicznej oraz różnice w mineralogii w tropikach gleby lub dynamika wody w suchych środowiskach.

Ponadto RothC nie symuluje dokładnie dynamiki SOC na glebach podmokłych, takich jak ryż niełuskany.

2. Model CENTURY

Opis modelu

Biogeochemiczny model ekosystemu stosowany do oceny wpływu zmian klimatu, użytkowania gruntów i praktyk zarządzania na budżet C gleb rolniczych w UE.

CENTURY to model oparty na procesach, zaprojektowany do symulacji dynamiki węgla (C), azotu (N), fosforu (P) i siarki (S) w systemach naturalnych lub uprawnych, przy użyciu miesięcznego kroku czasowego. Model został pierwotnie opracowany pod koniec lat 80. przez Uniwersytet Stanowy Kolorado i obecnie jest jednym z najczęściej stosowanych modeli biogeochemii gleby.

W ramach modelu JRC.D.3 projekt CENTURY działa z rozdzielczością 1 km² na glebach rolniczych UE, wykorzystując najnowsze dostępne paneuropejskie zbiory danych. Głównym celem jest ilościowe określenie aktualnych zasobów węgla organicznego (SOC) w glebie i ich zmian w różnych scenariuszach, chociaż można również odzyskać wiele produktów ekosystemu (np. oddychanie gleby, produktywność roślin itp.).

Struktura modelu:

CENTURY to typowy model przedziału węgla organicznego w glebie (SOC) oparty na rozpadzie pierwszego rzędu: podmodel materii organicznej gleby obejmuje trzy pule SOC (aktywną, powolną i pasywną) wraz z dwiema pulami świeżych pozostałości (strukturalną i metaboliczną), każda z innym współczynnikiem obrotów. Temperatura i wilgotność gleby, tekstura gleby i praktyki uprawy mają różny wpływ na te wskaźniki. Model jest również w stanie symulować bilans wodny przy użyciu tygodniowego kroku czasowego, a także zawiera zestaw prostych modeli wzrostu roślin do symulacji dynamiki C, N, P i S w uprawach, trawach i drzewach.

Model CENTURY to ogólny model obiegu składników odżywczych między roślinami a glebą, który wykorzystano do symulacji dynamiki węgla i składników odżywczych w różnych typach ekosystemów, w tym na użytkach zielonych, gruntach rolnych, lasach i sawannach. CENTURY

System KZR INiG /8.2	Kraków, Maj 2025	Dyrektywa 2018/2001 zmieniona dyrektywą 2023/2413
----------------------	------------------	---

	System certyfikacji zrównoważonej produkcji biopaliw, paliw z biomasy i biopłynów	Wydanie: 4
		Data: 05.05.2025
	Załącznik 8.2- Modele gleby	Strona 8 of 9

składa się z podmodelu materii organicznej/rozkładu gleby, modelu budżetu wodnego, podmodelu użytków zielonych/upraw, podmodelu produkcji leśnej oraz funkcji zarządzania i planowania wydarzeń. Oblicza przepływ węgla, azotu, fosforu i siarki przez przedziały modelu. Minimalna konfiguracja elementów to C i N dla wszystkich przedziałów modelu. Struktura materii organicznej dla C, N, P i S jest identyczna, składniki nieorganiczne oblicza się dla konkretnego związku nieorganicznego.

Obliczenia

Organiczny C w glebie jest rozprowadzany w glebie zgodnie z wykładniczym rozkładem gęstości, wyrażonym równaniem:

$$C(z) = C_b + (C_0 - C_b) \cdot e^{-K \cdot z}$$

gdzie:

$C(z)$ to gęstość C ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$) na głębokości z (cm, $z \geq 0$), maksymalna gęstość C.

C_b to gęstość C w dolnej części profilu ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$), minimalna gęstość C. Głębokość profilu = $z_{\max}$.

C_0 to gęstość C na powierzchni ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)

K jest stałą skali (cm^{-1})

Wymagania dotyczące danych

Dane wejściowe modelu

- rozkład przestrzenny kategorii użytkowania gruntów rolnych (grunty orne, pastwiska, ryż, uprawy trwałe)
- tekstura gleby, pH, gęstość nasypowa, definicja i głębokość warstw, właściwości hydrauliczne
- rzeczywisty klimat oparty na siatce
- prognozy klimatyczne
- rozkład powierzchni upraw na poziomie NUT2, zagęszczenie zwierząt gospodarskich na poziomie NUT2, NUT3
- rozkład upraw, zużycie nawozów, nawadnianie, zagęszczenie zwierząt gospodarskich
- mapa erozji gleby

Dane wyjściowe modelu

- zasoby węgla organicznego w glebie
- zasoby biomasy (ziarno, korzenie, słoma itp.)
- zmienne ekosystemu (oddychanie gleby, produkcja pierwotna netto (NPP) itp.)
- erodowany C
- strumień N, w tym emisje N_2O

System KZR INiG /8.2	Kraków, Maj 2025	Dyrektywa 2018/2001 zmieniona dyrektywą 2023/2413
----------------------	------------------	---

	System certyfikacji zrównoważonej produkcji biopaliw, paliw z biomasy i biopłynów		Wydanie: 4
	Załącznik 8.2- Modele gleby		Data: 05.05.2025
			Strona 9 of 9

Ograniczenia modelu

CENTURY jest w stanie symulować wpływ uprawy roli na węgiel organiczny w glebie, ale nie jest w stanie przewidzieć ilości redystrybucji węgla w glebie. Ponadto model symuluje tylko górne 20 cm i nie oddziela zwilżonej części ściółki od gleb mineralnych. Z tego powodu CENTURY nie opisuje zróżnicowania materii organicznej gleby pomiędzy poziomami gleby ani dynamiki zawartości wody w głębokich warstwach.

3. Zmiany w stosunku do wersji poprzedniej

Data	Rozdział	Poprzednie wymaganie	Aktualne wymaganie
05.05.2025	Cały dokument	RED II	RED III
05.05.2025	Cały dokument	Dyrektywa 2018/2001	Dyrektywa 2018/2001 zmieniona dyrektywą (UE) 2023/2413

Źródła:

Technical Manual Global Soil Organic Carbon Sequestration Potential Map GSOCseq, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2020, 25/11/2020.

Jenkins D.S., Coleman K., 2014 RothC – A model for the turnover of carbon in soil. Model description and users guide.

Jenkins D.S., Coleman K., 1994, Calculating the annual input of organic matter to soil from measurement of total organic carbon and radiocarbon. European Journal of Soil Science, 45, 167-174.

Falloon P. Smith P., Coleman K. Marsall S., 1998, Estimating the size of the inert organic matter pool for use in the Rothamsted carbon model. Soil Biology and Biochemistry 30, 1207-1211.

Tizio A. D., Grego S., Mainari S., Caporali F., Soil organic carbon balance using Century model, Environmental Science, Agricultural and Food Sciences, 2008

System KZR INiG /8.2	Kraków, Maj 2025	Dyrektywa 2018/2001 zmieniona dyrektywą 2023/2413
----------------------	------------------	---