

SŁAWOMIR S. GONET

## MATERIA ORGANICZNA W TEMATYCZNEJ STRATEGII OCHRONY GLEB UNII EUROPEJSKIEJ

### ORGANIC MATTER IN THE EUROPEAN UNION THEMATIC STRATEGY ON SOIL PROTECTION

Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Instytut Geografii, Zakład Gleboznawstwa, Toruń

*Abstract:* Soil organic matter (SOM) content depends on a lot of factors. The most important factor influencing organic matter status of soils are: natural (climate, soil parent material, topography, land cover) and human (land use, farming system, land management, land degradation) factors. The soil type and properties are important and explain initial C content. Sandy soils are usually low in organic matter and many soils rich in clay or amorphous constituents can accumulate organic matter under a stable form. Climate has mainly through temperature and humidity a critical influence on carbon mineralization or accumulation. This influence explains the existence at a certain scale of a climatic gradient north-south with high carbon content in the northern part of Europe and lower content in the southern part. With the development of agriculture from natural soils (forests, grasslands) an important loss in carbon stock in soils (30 to 50%) has occurred in a few years, and then an equilibrium seems to be reached which depends of the crop residues, organic fertilizers and organic matter management. According to the European Soil Database, organic matter (OM) level in the topsoil is output in four classes: High – >10.2%, Medium – 3.5–10.2%, Low – 1.7–3.4% and Very low – < 1.7%. Above classification were not found to give good results for Poland. The results show that about 90% of the Polish soils contain less than 3.5% OM (2% organic carbon). According to the Polish criteria, organic matter level in agricultural soils is: Very high – > 3.5%, High – 2.0–3.5%, Medium – 1.0–2.0% and Low – < 1.0%. Because cultivation in general results in decrease in SOM, the following practices shall be especially recommended: use of catch crops and green manures (increasing SOM content, reduces nutrient losses and improves soil structure), the creation of buffer strips along the border of agricultural fields (serves as a carbon reservoir, reduces soil erosion, increases biodiversity), maximization of the use of crop residues, conservation tillage (reduces soil erosion by water, improves soil physical properties), application of exogenous organic matter (increases SOM content, improves soil quality). Especially, “C hot spot soils” (peat soils, natural wetlands, alpine soils, forests, natural grasslands) should be given high priority to preserve their SOM stocks.

*Słowa kluczowe:* materia organiczna, humus, ochrona gleb.

*Key words:* soil organic matter (SOM), humus, soil protection.

## ZAŁOŻENIA STRATEGII OCHRONY GLEB

Problemy ochrony gleb znalazły w ostatnich latach swoje miejsce w różnych dokumentach przyjętych na forum światowym i europejskim. Szereg deklaracji dotyczących ochrony gleb przyjęto na Szczycie Ziemi w Rio de Janeiro 1992 r., a problemy degradacji gleb i powierzchni ziemi zawarto w Konwencji ONZ z 1994 r. w sprawie przeciwdziałania pustynnieniu i suszy. Europejskie Forum Glebowe w latach 1999–2001 jako zadanie priorytetowe przyjęło ochronę gleb przed erozją i zanieczyszczeniem. Opublikowana w 2001 r. Strategia Zrównoważonego Rozwoju podkreśliła zagrożenia dla ekosystemów wynikające ze zubożenia żyzności gleb i erozji.

W 2001 r. w 6-Ramowym Programie Działań Środowiskowych, Komisja Europejska określiła, jako jeden z celów strategicznych, ochronę gleb przed erozją i zanieczyszczeniem, a w 2002 r. skierowała do Rady Europy, Parlamentu Europejskiego, Komitetu Ekonomiczno-Społecznego oraz Komitetu Regionów dokument zatytułowany „W kierunku Tematycznej Strategii Ochrony Gleb” [COM 2002], w którym zawarła analizę pogarszania się jakości gleb w krajach członkowskich i przedakcesyjnych oraz założenia nowej polityki UE dotyczącej ochrony gleb. Poniżej przedstawiono najważniejsze zagadnienia dotyczące miejsca materii organicznej w założeniach Strategii Ochrony Gleb:

- głównymi zagrożeniami dla gleb są: erozja, spadek zawartości *materii organicznej*, zanieczyszczenia ze źródeł lokalnych i rozproszonych, zasklepienie, zagęszczenie, spadek bioróżnorodności, zasolenie, powodzie i ruchy masowe ziemi,
- poważnym problemem jest brak lub niedostateczna ilość danych dotyczących skali zjawisk: erozji, skażenia ze źródeł lokalnych, zasklepienia gleby, zawartości i dynamiki *materii organicznej*, zmian różnorodności biologicznej w glebach oraz ruchów masowych ziemi,
- aktualna polityka środowiskowa daje możliwość odpowiedzi na większość zagrożeń, w szczególności związanych ze skażeniem, glebową *substancją organiczną*, różnorodnością biologiczną i zasklepieniem,
- na potrzeby Konwencji Klimatycznej (UNFCCC) zostaną zanalizowane metody, którymi można zwiększyć ilość *substancji organicznej* w glebie,
- przed zbudowaniem strategii tematycznej, Komisja zaproponuje, począwszy od 2002 r. szereg kroków środowiskowych, mających na celu zapobieganie skażeniu gleby, włączając między innymi gotowe legislacje dotyczące odpadów górniczych, *osadów ściekowych* oraz *kompostów*,
- do końca 2004 r. zostanie przygotowana dyrektywa o kompostach i *bio-odpadach*, zachęcająca do stosowania kompostów o certyfikowanym pochodzeniu.

Powyżej przedstawiono tylko te tezy Założeń Nowej Polityki Ochrony Gleb, w których bezpośrednio pojawia się termin „materia organiczna gleb” lub pokrewne. Poza tym w dokumencie tym zwrócono uwagę na szereg problemów związanych pośrednio z materią organiczną, jak np. z monitoringiem gleb, badaniami, użytkowaniem środowiska, ochroną wód, technologiami uprawy itp.

W 2003 r. z inicjatywy Komisji ds. Środowiska UE podjęto prace nad Tematyczną Strategią Ochrony Gleb i powołano 5 Grup Roboczych: trzy tematyczne – do spraw zanieczyszczeń, erozji oraz materii organicznej gleb, dwie horyzontalne – do spraw

monitoringu i badań naukowych oraz Forum Doradcze. W pracach międzynarodowych grup roboczych brali udział przedstawiciele Polski: prof. Ryszard Dębicki, prof. Sławomir Gonet, prof. Witold Stępniewski, dr Tomasz Stuczyński i prof. Jerzy Weber.

Poczesne miejsce w opracowaniu Strategii przypadło problematyce materii organicznej gleb, co wynika z jej funkcji w środowisku i szerokim powiązaniem z różnymi aspektami ochrony gleb [WORKING GROUP..., 2004]. Szeroko pojęta materia organiczna gleb (wraz z jej specyficznymi, zdefiniowanymi frakcjami) wraz z bioróżnorodnością środowiska glebowego (kapitał ekologiczny) odgrywa kluczową rolę w kształtowaniu właściwości i jakości gleb oraz jest wyznacznikiem zrównoważenia środowiska glebowego. Rola materii organicznej w świetle Protokołu z Kyoto jest również bardzo ważna. Podkreśla się, że wiedza, jak również stan badań na temat zawartości materii organicznej gleb są zróżnicowane w różnych krajach Europy i muszą zostać poszerzone i uzupełnione.

Do głównych zagadnień związanych ze szczególną rolą materii organicznej w ochronie gleb zaliczono potrzebę określenia ilościowych zależności do wyznaczania progowych poziomów zawartości węgla organicznego w glebach w ujęciu regionalnym oraz odniesienie bioróżnorodności (której status w glebach nie jest do dziś jasny i wymaga w Europie szerokich badań) do praktyk użytkowania gleb. Unia Europejska posiada unormowania prawne wynikające z aktualnie istniejących już strategii: ochrony wód oraz ochrony powietrza. Powstająca Strategia Tematyczna Gleb musi zostać powiązana z powyższymi, jak również zintegrowana np. ze strategiami: ochrony środowiska, rolną, regionalną, badań, transportu, rozwoju i rynkową.

## FUNKCJE MATERII ORGANICZNEJ W ŚRODOWISKU

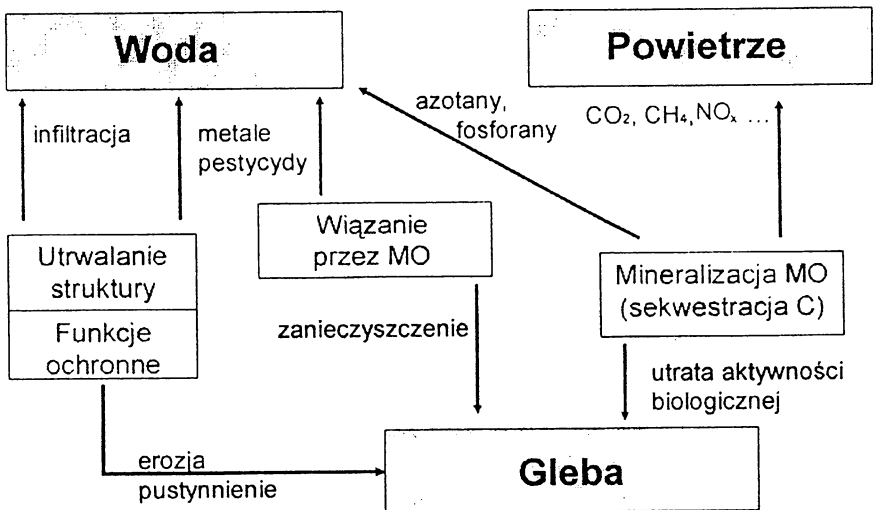
Materię organiczną można rozpatrywać zarówno jako główny składnik gleb lub jako źródło składników pokarmowych i energii dla żywych organizmów, a więc w kontekście ekosystemów i bioróżnorodności. Materia organiczna gleb ma złożone pochodzenie oraz z tym związany złożony skład. W jej skład wchodzi obumarłe szczątki organizmów roślinnych i zwierzęcych, w różnych stadiach rozkładu i przetworzenia, jak również żywe organizmy. Jednak główny składnik stanowią obumarłe części organizmów roślinnych zarówno rozpoznawalne makroskopowo, jak i w fazie koloidalnej (próchnica, humus) lub rozpuszczone w roztworze glebowym. Do dnia dzisiejszego struktura chemiczna próchnicy nie została dostatecznie poznana. Geneza próchnicy jest związana z produkcją biomasy w rolnictwie, w lasach oraz w innych naturalnych i półnaturalnych ekosystemach, lecz istotnym jej źródłem może być również tzw. zewnętrzna materia organiczna – ZMO (ang. EOM – *exogenous organic matter*) pochodząca z recyklingu nawozów organicznych, ścieków i różnych bioodpadów. Materia organiczna pochodząca ze wszystkich źródeł bierze udział w globalnym obiegu węgla. Dynamika materii organicznej jest konsekwencją kompleksowych procesów, które są kontrolowane przez warunki środowiska, dając różne produkty mineralizacji (m.in. tzw. gazy cieplarniane, takie jak:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  i  $\text{NO}_x$ ). Poszczególne frakcje materii organicznej (kwasy huminowe, kwasy fulwowe, huminy) są w różnym stopniu odporne na rozkład, ulegają rozkładowi w czasie od 1 roku do setek lat. Jest to uwarunkowane ich składem oraz właściwościami.

Próchnica determinuje różne fizyczne, chemiczne i biologiczne właściwości gleb. Do najważniejszych należą:

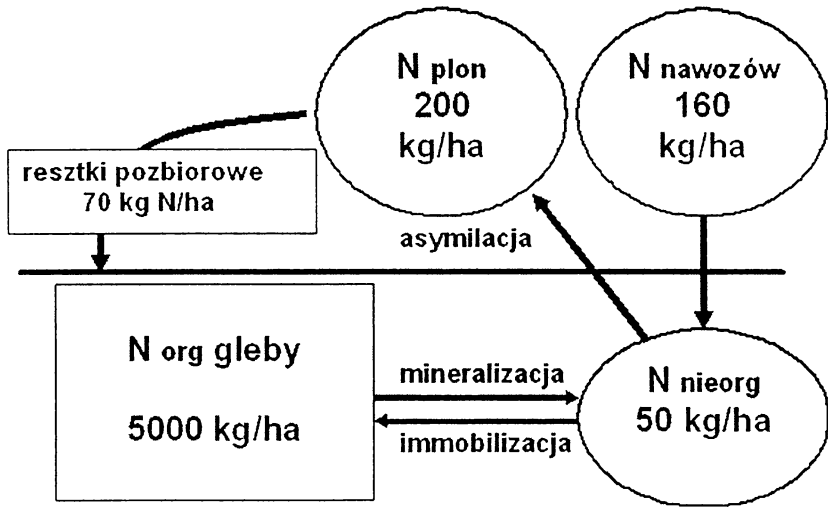
- fizyczne: albedo, zdolność retencji wody, wiązanie składników i stabilizacja agregatów,
- chemiczne: wymiana kationów, tworzenie kompleksów, właściwości buforowe, źródło nutrientów,
- biologiczne: źródło składników pokarmowych i energii, regulacja bioróżnorodności.

Aktualnie istnieje potrzeba ustalenia zależności między materią organiczną gleby (zarówno między zawartością węgla organicznego, jak i zawartością zdefiniowanych frakcji węgla organicznego) i właściwościami gleby. Te zależności będą mogły być generalizowane przez ogólne prawa transportu w glebach.

Najważniejsze funkcje materii organicznej są związane z jakością środowiska glebowego, wodnego i powietrza (rys. 1). Ze względu na dużą rolę materii organicznej w kształtowaniu struktury gleby, wpływa ona na dynamikę wody, jakość wody, cykl azotu (pobieranie azotu przez rośliny, wymywanie azotanów do wód gruntowych i powierzchniowych, emisje  $\text{NO}_x$ ) (rys. 2). Materia organiczna gleb jest również centrum obiegu węgla, jego sekwestracji, produkcji i emisji  $\text{CO}_2$ . Niektóre funkcje materii organicznej gleb są związane z ważnymi międzynarodowymi konwencjami, np. dotyczącymi bioróżnorodności (NCBD), pustynnienia (UNCCD) i zmianami klimatu oraz Protokołem z Kyoto (UNFCCC). Materia organiczna gleb jest również ściśle związana z procesami erozji i ze zjawiskiem pustynnienia. Pokrycie powierzchni ziemi roślinami oraz zawartość materii organicznej w glebie są nierozdzielnie związane z procesami remediacji i rekultywacji gleb.



RYSUNEK 1. Środowiskowe funkcje materii organicznej  
 FIGURE 1. Environmental functions of organic matter



RYSUNEK 2. Zasoby azotu w glebach uprawnych  
 FIGURE 2. Nitrogen stock in arable soils

Materia organiczna gleb, uczestnicząc w globalnym cyklu węgla, spełnia również wiele funkcji środowiskowych wynikających z transportu związków węgla do wód powierzchniowych i gruntowych oraz do atmosfery. Stanowi ona główne ogniwo w sekwestracji węgla i/lub uwalnianiu  $\text{CO}_2$  do atmosfery.

Do prawidłowego funkcjonowania gleb niezbędna jest optymalna aktywność organizmów glebowych, głównie mikroorganizmów. Biomasa organizmów może być porównywalna z frakcją humusu glebowego, dlatego też coraz więcej uwagi poświęca się szeroko pojętej bioróżnorodności w środowisku glebowym, a szczególnie jej ochronie. Jest to związane z charakterystyczną rolą organizmów glebowych, które m.in. regulują: mineralizację materiału organicznego, obieg nutrientów, degradację niektórych polutantów, populację szkodników i stan sanitarny ekosystemu, wiązanie  $\text{CO}_2$  oraz produkcję humusu w glebach.

## BIORÓŻNORODNOŚĆ W ŚRODOWISKU GLEBOWYM

Z punktu widzenia gleboznawstwa termin „bioróżnorodność” jest rozumiany w szerszym sensie (bioróżnorodność *sensu lato*). punktem zainteresowania jest nie tylko różnorodność genów, gatunków, ekosystemów i ich funkcji, ale również pojemność metaboliczna ekosystemu.

Organizmy glebowe są jednym z głównych składników wszystkich gleb. Ich biomasa często nie jest badana równolegle ze składnikami mineralnymi i frakcjami humusu, mimo że aktywność organizmów jest praktycznie niezbędna do funkcjonowania gleby. Bioróżnorodność gleb powinna być chroniona ze względu na jej faktyczne wartości

oraz ekologiczne funkcje w glebie. Ochrona bioróżnorodności gleb jest konieczna również z punktu widzenia zrównoważonego użytkowania gleb [WORKING GROUP... 2004].

Do najważniejszych funkcji organizmów w glebie należą:

- mineralizacja materiału organicznego,
- udział w obiegu pierwiastków (żywność gleby),
- degradacja zanieczyszczeń,
- biologiczna kontrola szkodników w rolnictwie i w leśnictwie,
- udział w tworzeniu struktury gleby (pojemność wodna, rola w ochronie przed pustynnieniem, erozją i suszą),
- wiązanie CO<sub>2</sub> (gleba jako magazyn węgla),
- produkcja materii organicznej (istotna dla żywności gleby i zapobiegania erozji i suszy).

W założeniach Strategii podkreśla się konieczność prowadzenia badań naukowych w kierunku zrozumienia roli materii organicznej gleb w optymalizacji funkcjonowania gleb, a w szczególności: roli i dynamiki frakcji materii organicznej, roli i dynamiki makro-, mezo- i mikroorganizmów oraz zależności między materią organiczną a organizmami glebowymi.

## ZAWARTOŚĆ MATERII ORGANICZNEJ W GLEBACH

Brak szczegółowych, ujednoliconych danych monitoringowych uniemożliwia aktualnie dokonanie dokładnej oceny zasobów materii organicznej w glebach Europy. Istniejące oceny zostały opracowane na podstawie opracowań Europejskiej Bazy Danych o Glebach (*European Soil Database*) oraz map glebowych poszczególnych krajów (sporządzanych jednak na podstawie różnych założeń technicznych).

Zawartość oraz zasoby materii organicznej w glebach są determinowane dwoma grupami czynników. Pierwsza grupa – to czynniki naturalne (siedliskowe): klimat, skała macierzysta gleby, pokrywa roślinna i/lub użytkowanie ziemi oraz topografia terenu. Czynniki te stanowią główny powód strefowego zróżnicowania zawartości MOG (bardzo często wyrażanej jako węgiel organiczny – Corg) w glebach północnych i południowych rejonów Europy (lub też podobnie przy uwzględnieniu lokalizacji terenu nad poziomem morza). Efektem niskiej średniej rocznej temperatury i/lub wysokiej wilgotności jest wysoka akumulacja węgla organicznego w glebach. Taki status mają gleby strefy subborealnej i subalpejskiej, gleby torfowe i inne organogeniczne. Dlatego też te gleby, o wysokiej zawartości materii organicznej („*hot spots*”) wymagają specyficznej strategii ich użytkowania i ochrony. Odwrotnie, w glebach klimatu suchego i gorącego (jak w Europie Południowej) notuje się deficyt materii organicznej powodowany szybkim jej rozkładem w warunkach wysokiej temperatury.

Przyjmuje się, że w porównywalnych warunkach, przy podobnej pokrywie roślinnej, zawartość węgla i azotu w glebie wzrasta 2–3-krotnie z każdym obniżeniem o 10°C średniej temperatury rocznej. Generalnie przyjmuje się, że w warunkach porównywalnych zawartość węgla i azotu wzrasta wraz ze wzrostem efektywnej wilgotności gleby. Dodatkowo, gleby piaszczyste (lekkie) zawierają mniej węgla i azotu niż gleby gliniaste (cięższe).

Zależności te doskonale korelują z danymi mapy zawartości węgla organicznego, opracowanej w 2001 roku przez Europejskie Biuro Gleb (ESB). Opracowanie to przyjmuje następujące kryteria zawartości węgla organicznego w glebie: < 1% – bardzo

TABELA 1. Kryteria oceny zawartości [%] węgla organicznego w glebach  
 TABLE 1. Limits of organic carbon content [%] in soils

Zawartość Content	Według ESB According to ESB	Według IUNG According to IUNG
Bardzo wysoka – very high		>3,5
Wysoka – high	>6,0	2,0–3,5
Średnia – medium	2,0–6,0	1,0–2,0
Niska – low	1,0–2,0	<1,0
Bardzo niska – very low	<1	

niska, 1–2% – niska, 2–6% – średnia, > 6% – wysoka (tab. 1). Przyjmuje się, że zawartość Corg = 2% jest krytyczna i dla gleb o niższej zawartości węgla należy przyjąć takie sposoby ich użytkowania (w tym takie zabiegi agrotechniczne), które będą zwiększały w nich zasoby materii organicznej.

Nieco inaczej ten problem jest podejmowany w Polsce. Z opracowania i mapy zawartości substancji organicznej w glebach użytków rolniczych opracowanej w IUNG wynika, że średnia zawartość Corg w polskich glebach wynosi 1,25% (tab. 2). Jako kryterium niskiej zawartości materii organicznej przyjęto zawartość Corg < 0,57% i w tej grupie mieści się ok. 6% gleb użytkowanych rolniczo. Gdyby przyjąć kryterium ESB niskiej zawartości Corg=2%, to około 89% areалу polskich gleb użytkowanych rolniczo należałoby zaliczyć do gleb o niskiej zawartości materii organicznej (wg kryteriów IUNG do gleb o średniej zawartości substancji organicznej zalicza się gleby

TABELA 2. Zawartość materii organicznej w glebach użytków rolnych [Terelak 2001]  
 TABLE 2. Organic matter content in Polish soils

Województwo Province	Średnia zawartość Man content [%]	Procentowy udział próbek o zawartości materii organicznej Percentage participation of samples with content			
		<1,0	1,0–2,0	2,0–3,5	>3,5
		niskiej – low	średniej – medium	wysokiej – high	b. wysokiej very high
Dolnośląskie	3,04	2,8	24,2	44,3	28,6
Kujawsko-Pomorskie	1,85	10,3	62,1	21,5	6,1
Lubelskie	2,02	5,4	60,5	27,2	6,9
Lubuskie	2,11	4,5	56,0	30,7	8,8
Łódzkie	2,12	3,5	57,8	30,7	8,0
Małopolskie	2,25	10,0	41,6	35,7	12,7
Mazowieckie	1,94	10,7	56,8	25,6	6,9
Opolskie	2,33	1,1	43,7	44,5	10,7
Podkarpackie	2,39	6,7	34,5	46,6	12,3
Podlaskie	2,06	2,7	63,0	25,0	9,2
Pomorskie	2,65	3,0	32,8	46,1	18,1
Śląskie	2,59	3,4	35,2	44,4	16,9
Świętokrzyskie	1,83	16,9	49,2	28,2	5,7
Warmińsko-Mazurskie	2,22	2,7	53,5	34,4	9,4
Wielkopolskie	1,99	7,4	56,9	28,8	6,9
Zachodnio-Pomorskie	2,29	3,5	44,1	42,7	9,7
POLSKA	2,20	6,2	49,8	33,4	10,6

zawierające Corg 0,57–1,15%, a do gleb o wysokiej zawartości – 1,15–2,0% Corg). Oczywiście jest to konsekwencja specyfiki gleb Polski, z dużym udziałem gleb wytworzonych z piasków i glin lekkich, lecz uwidacznia to problem, z jakim spotyka się na poziomie europejskim ujednoczenie kryteriów oceny gleb, a w konsekwencji opracowanie wspólnej polityki ich ochrony. Nie ulega wątpliwości, że w przypadku materii organicznej gleb należy koniecznie uwzględnić uwarunkowania nie tylko klimatyczne, lecz także inne, regionalne czynniki powodujące zróżnicowanie.

Drugą grupę czynników determinujących status materii organicznej w glebach stanowią czynniki wynikające z działalności człowieka: sposób zagospodarowania i użytkowania ziemi, głównie konsekwencje użytkowania rolniczego. Gleby użytkowane rolniczo w porównaniu z glebami „naturalnymi” zawierają o 20–50% mniej węgla organicznego. Interakcja niekorzystnych warunków klimatycznych z intensywnym użytkowaniem ornym spowodowała, że w Regionie Morza Śródziemnego gleby odznaczają się niską zawartością Corg (ok. 74% gleb o zawartości <2%), co szczególnie sprzyja procesom erozji oraz pustynnieniu. W glebach ornych możliwe są okresowe fluktuacje zawartości Corg, w zależności od stosowanych zabiegów agrotechnicznych i agrochemicznych, jednak praktycznie niemożliwe jest osiągnięcie takiej zawartości Corg jak w glebach „naturalnych”.

Specyficzny jest status materii organicznej w glebach leśnych oraz w glebach łąkowych. Mają one wprawdzie relatywnie wysoką zawartość materii organicznej, ale o ile obserwuje się wyraźny trend zwiększania arealu obszarów leśnych (ostatnio ok. 0,3% rocznie), to odwrotny trend notuje się w odniesieniu do arealu gleb łąkowych. Jest to szczególnie istotne z punktu widzenia bilansowania zasobów materii organicznej w glebach.

Do najpilniejszych zadań wstępnych związanych z ochroną zasobów materii organicznej w glebach należy zaliczyć utworzenie we wszystkich krajach członkowskich UE jednolitych baz danych (map) zawartości C w glebach oraz wydzielenie (w celu podjęcia odpowiednich działań prewencyjnych) arealów gleb o zawartości C poniżej 2%. Proponuje się również równoległe monitorowanie np. poziomów próchnicznych, zawartości w glebach azotu ogółem oraz parametrów bioróżnorodności. Sugeruje się 3-poziomowy system monitorowania materii organicznej gleb:

poziom 1 – o szerokim zasięgu geograficznym, oparty na siatce 10x10 km, w celu notowania zmian w czasie, np. co 5–10 lat,

poziom 2 – monitoring tematyczny, np. gleb leśnych, gleb o wysokiej zawartości węgla, związany z rolnym użytkowaniem gleb, ze stosowaniem nawozów organicznych, kompostów, odpadów organicznych itp.,

poziom 3 – wspólny dla celów monitoringu statusu materii organicznej, zanieczyszczeń w glebach i erozji.

## MIEJSCE ZEWNĘTRZNEJ MATERII ORGANICZNEJ W OBIEGU WĘGLA

Zewnętrzną materię organiczną (ZMO) stanowią wszystkie formy materii organicznej wprowadzonej do gleby w celu uprawy roślin, poprawy jakości gleby oraz konserwacji gruntów w celu użytkowania ich w przyszłości. W skład ZMO wchodzi szerokie



spektrum bioodpadów (lub odpadów biodegradowalnych) z różnych źródeł. ZMO jest „zewnętrzna” w porównaniu z zawartą w glebie, gdyż pochodzi z zewnętrznych źródeł, takich jak: tereny zurbanizowane, rolnictwo, leśnictwo, przemysł. W Unii Europejskiej roczna produkcja ZMO wynosi ponad 1,6 mld ton, z czego 61% to odpady z hodowli zwierząt, 25% resztki poźniwne, 7% odpady przemysłowe, 7% odpady komunalne (osady ściekowe, bioodpady, odpady roślinne). Ocenia się, że wśród aktualnie wprowadzanych do gleby odpadów 97% stanowią obornik i gnojowica, 2% odpady przemysłowe, a 1% osady ściekowe.

Wprowadzanie ZMO do gleb, zgodnie z zasadami dobrej praktyki rolniczej uzasadnione jest następującymi przesłankami: stosowanie ZMO wzbogaca glebę w materię organiczną, ogranicza erozję, wzmacnia aktywność biologiczną, poprawia właściwości fizyczne gleb, wspomaga ochronę torfów (zmniejszając ich eksploatację, ZMO stanowi np. składnik podłoży stosowanych w ogrodnictwie), zastępuje nieodnawialne surowce mineralne (np. fosforyty), ogranicza efekt cieplarniany. To pozytywne działanie na środowisko preferuje szersze niż dotychczas stosowanie ZMO w rolnictwie, ogrodnictwie, leśnictwie i kształtowaniu krajobrazu [THE SECOND ... 2000].

Zewnętrzna materia organiczna może być jednak stosowana przy przestrzeganiu określonych kryteriów jakościowych i ilościowych. Do najważniejszych należy zaliczyć:

- Stosowanie ZMO wymaga uwzględnienia potrzeb gleby, użytkowania gleby oraz warunków klimatycznych. Należy zawsze uwzględniać potrzeby nawozowe roślin, charakterystykę materiału organicznego i potencjalny wpływ zanieczyszczeń. Gospodarstwa stosujące ZMO muszą posiadać specjalne plany stosowania nawozów (wszystkich rodzajów) uwzględniające zapobieganie zanieczyszczeniu wód gruntowych i powierzchniowych.
- W celu właściwego wykorzystania wszystkich zalet ZMO konieczna jest dokładna znajomość jej składu chemicznego oraz kinetyki rozkładu materiału organicznego. Szczególnego unormowania w skali Unii Europejskiej wymaga ocena jakości ZMO oraz określenie parametrów dopuszczających wprowadzanie jej do gleby. Aktualnie stosuje się różne metody oznaczania właściwości materii organicznej zawartej w ZMO, np. oznaczania frakcji labilnych (węglowodanów, polisacharydów, białek) i frakcji stabilnych (ligniny), rozpuszczonego węgla organicznego, potencjalnej respiracji. Znajomość charakterystyki materiału organicznego jest istotna, gdy rozpatruje się jej transformację w glebie w dłuższym okresie.
- ZMO można stosować wyłącznie mając dokładną instrukcję określającą restrykcje bezpieczeństwa, transportu, składowania i stosowania. Jako przykłady można wymienić: restrykcje terminu stosowania (nie na gleby zamrożone), miejsca stosowania (odpowiednia odległość od cieków wodnych, nie na terenach leśnych). Jednocześnie powinny być powołane odpowiednie służby doradzające rolnikom i ogrodnikom.

## GOSPODAROWANIE ZASOBAMI MATERII ORGANICZNEJ GLEB

W Europie, grunty użytkowane rolniczo stanowią 40% (24% grunty orne, 16% łąki i pastwiska), lasy 42% (z tendencją zwiększania areału użytkowania leśnego). Z punktu widzenia pozytywnego wpływu materii organicznej na funkcjonowanie gleb oraz

konieczność ograniczenia mineralizacji materii organicznej (ograniczenia emisji gazów cieplarnianych do atmosfery), naturalnym wydaje się stabilizowanie i/lub zwiększanie zasobów MOG. Generalnie, dobre gospodarowanie materią organiczną jest zgodne z dobrym gospodarowaniem bioróżnorodnością gleb, a gospodarowanie MOG i bioróżnorodnością jest kluczowym aspektem zrównoważonego użytkowania gleb i środowiska. <sup>1</sup>

W celu zwiększenia zatrzymywania węgla w środowisku i zwiększenia jego zasobów w glebach należy przyjąć dwie drogi postępowania:

- objąć ochroną grunty o wysokiej zawartości Corg („*hot spot soils*”), szczególnie w aspekcie potencjalnej mineralizacji ich masy organicznej; dotyczy to przede wszystkim gleb torfowych, naturalnych bagien, gleb alpejskich, leśnych i łąk naturalnych, szczególnie gleby torfowe należy wyłączyć z użytkowania rolniczego, zaprzestać eksploatacji torfów, pozostawić je w warunkach naturalnej wegetacji i rozwoju;
- w glebach użytkowanych rolniczo (szczególnie w glebach ornych) należy podejmować działania zwiększające w nich zawartość Corg, szczególnie w glebach zubożonych w materię organiczną oraz w glebach zdegradowanych (a także rekultywowanych).

Wszystkie wyżej wymienione działania powinny sprzyjać zatrzymywaniu węgla w glebie oraz tworzeniu tzw. rezerwy ekologicznej. Dlatego też, w aspekcie dobrej praktyki rolniczej należy rekomendować następujące procedury, szczególnie na gruntach ornich:

1. Stosowanie zmianowań wzbogacających glebę w materię organiczną, z uwzględnieniem roślin motylkowatych, traw i wsiewek. Takie postępowanie może prowadzić do redukcji strat nutrientów i polepszenia struktury gleb. Stosowanie nawozów zielonych może być limitowane dostępnością wody (w konkurencji między nawozem zielonym a plonem głównym). Z drugiej strony, polepszenie struktury gleby, również w głębszych warstwach, oraz zwiększenie zawartości materii organicznej powodują zwiększenie retencji wody, która jest dostępna dla roślin. Taka strategia jest szczególnie odpowiednia dla ochrony powierzchni ziemi podatnej na erozję i korzystna dla redukcji strat azotu przez wymywanie.
2. Tworzenie stref buforowych na granicy pól uprawnych przyczyni się nie tylko do kumulacji materii organicznej, ale będzie sprzyjać ograniczeniu erozji, ograniczeniu transportu nutrientów i pestycydów do wód powierzchniowych oraz przyczyni się do wzrostu bioróżnorodności. Analogicznie do stref buforowych należy upowszechniać użytki ekologiczne ze względu na te same korzyści. Z tych samych powodów, a szczególnie w celu ograniczenia procesów erozji, należy dbać o stałe, pełne pokrycie powierzchni gruntów roślinami.
3. Maksymalizacja wykorzystania resztek poźniwnych, które stanowią czyste, pozabawione zanieczyszczeń, wysokiej jakości źródło materii organicznej. Zgodnie z tym należy ograniczyć np. spalanie słomy i wypalanie ściernisk. Ocenia się, że spalanie 30% masy pozyskiwanej rocznie słomy wszystkich zbóż w celach energetycznych powoduje stratę ok.  $9 \cdot 10^6$  t materii organicznej, która nie trafia do gleby, a dodatkowo w krótkim czasie emituje znaczne ilości  $\text{CO}_2$  do atmosfery. Należy jednak pamiętać, że wykorzystując niektóre resztki pozbiorowe, np. buraka cukrowego i warzyw, należy uwzględnić termin ich wprowadzenia do gleby, ze względu na możliwość wymywania azotanów. Do maksimum należy ograniczyć wypalanie ściernisk i łąk oraz wykorzystanie słomy do celów energetycznych.

4. Minimalizacja zabiegów uprawowych, ze szczególnym uwzględnieniem wprowadzania systemów konserwujących. System konserwujący wprawdzie ma niewielki wpływ na wzrost zawartości materii organicznej, ale równocześnie redukuje mineralizację materii organicznej, erozję wodną, polepsza fizyczne właściwości gleby, bioróżnorodność oraz efektywność ekonomiczną rolnictwa. System ten nie jest oczywiście przydatny w takich uprawach, jak buraka cukrowego i ziemniaka, ale zalecany w uprawie zbóż w monokulturze.

## PODSUMOWANIE

Istnieją silne powiązania między problemami materii organicznej zawartymi w założeniach Strategii Tematycznej Ochrony Gleb a miejscem materii organicznej w rolnictwie zrównoważonym. Rola materii organicznej w kształtowaniu właściwości i żyzności gleb jest niepodważalna. Właściwa gospodarka jej zasobami, jak również ochrona jej zasobów leży zarówno w interesie bezpośrednich użytkowników gleb, jak i ekologów odpowiedzialnych za utrzymanie zasobów gleb. W polskich aktach prawnych trudno doszukać się przepisów chroniących zasoby materii organicznej w glebach. Nie ma jednoznacznych przepisów w Prawie Ochrony Środowiska, jedynie w Kodeksie Dobrej Praktyki Rolniczej [2002] można znaleźć zasady dobrej gospodarki zasobami materii organicznej i nawozami organicznymi. Można mieć nadzieję, że w przygotowywanej Strategii Ochrony Gleb problemy materii organicznej znajdą należne jej miejsce.

Ochrona zasobów materii organicznej gleb wymaga wprowadzenia nie tylko odpowiednich aktów prawnych, lecz również, a może przede wszystkim intensyfikacji badań oraz działań monitoringowych. Do dziś nie zostały dostatecznie poznane procesy transformacji materiału organicznego w glebie, szczególnie te, zachodzące przy udziale mikroorganizmów. Poniżej przedstawiono najważniejsze zadania, których realizacja przyczyni się do lepszego poznania funkcjonowania materii organicznej w środowisku glebowym.

1. W celu pełniejszego zrozumienia roli materii organicznej w funkcjonowaniu gleby należy lepiej poznać rolę i dynamikę poszczególnych frakcji materii organicznej, rolę i dynamikę glebowych makro-, mezo- i mikroorganizmów oraz naturę i zależności między frakcjami materii organicznej i organizmami glebowymi.
2. Konieczne jest przyjęcie standaryzowanych metod badań w celu uzyskania jednolitej charakterystyki właściwości i funkcji materii organicznej gleb w różnych środowiskach. Szczególnie ważne jest ustalenie wskaźników bioróżnorodności gleb, związanych zarówno z oceną stanu, jak i oceną antropopresji na środowisko glebowe.
3. Istnieje potrzeba lepszego poznania wzajemnych powiązań między zmianami klimatu, użytkowaniem gleb, materią organiczną gleb i bioróżnorodnością. Należy preferować badania wpływu różnych technologii stosowanych w rolnictwie i w innych sposobach użytkowania gleb, np. stosowania zewnętrznej materii organicznej, systemów uprawy, wprowadzania do gleby resztek pozbiorowych roślin modyfikowanych genetycznie, rekultywacji gruntów, na zasoby i stan materii organicznej gleb.

4. Wyjaśnić należy reakcję materii organicznej na obecność zanieczyszczeń oraz tolerancję materii organicznej na zmiany środowiska w kontekście funkcji gleb. Wartości wskaźników materii organicznej muszą być związane z systemem oceny jakości gleb. Wskaźniki te muszą być przydatne do interpretacji na poziomie lokalnym (gospodarstwa), kraju oraz międzynarodowym.

Aktualnie (wrzesień 2007 r.) w końcowej fazie opracowania jest dokument: „Wniosek dotyczący Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady, ustanawiający ramy dla ochrony gleb oraz zmieniający dyrektywę 2004/35/we” (COM(2006)232, wersja ostateczna, 2006). Bliski jest więc moment ustanowienia Unijnej Dyrektywy Glebowej, co będzie sukcesem europejskiej społeczności, a w szczególności środowisk naukowych zajmujących się nauką o glebie.

## LITERATURA

- COM 2002 179, final, Brussels, 16.4.2002. Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the Economic and Social Committee and the Committee of the Region – Towards Thematic Strategy for Soil Protection.
- KODEKS DOBREJ PRAKTYKI ROLNICZEJ 2002: Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, Ministerstwo Środowiska. Warszawa.
- TERELAK H., MOTOWICKA-TERELAK T., WRÓBLEWSKA E., GAWRYSIAK L., PIETRUCH C. 2001: Zawartość substancji organicznej w glebach użytków rolnych – mapa. IUNG Puławy.
- THE SECOND NATIONAL ENVIRONMENTAL POLICY. Council of Minister. Prepared by Ministry of Environment. Warsaw, 2000.
- WORKING GROUP ON ORGANIC MATTER AND BIODIVERSITY. SUMMARY AND POLICY RECOMMENDATIONS. Draft Final Report, March 2004. European Commission, Directorate-General Environment.

*Prof. dr hab. S. S. Gonet*  
*Uniwersytet Mikołaja Kopernika,*  
*Instytut Geografii, Zakład Gleboznawstwa*  
*ul. Gagarina 9a, 87-100 Toruń,*  
*e-mail: gonet@geo.uni.torun.pl*