

# PORADNIK DLA DORADCÓW ROLNYCH

**Najlepsze sposoby zarządzania  
glebami użytkowymi  
rolniczo w kontekście zmian  
klimatycznych**





# **PORADNIK DLA DORADCÓW ROLNYCH**

**Najlepsze sposoby zarządzania glebami  
użytkowanymi rolniczo w kontekście zmian  
klimatycznych**

Opracowanie wykonano w ramach zadania 1.2 programu wieloletniego IUNG-PIB  
pt. „Ocena gleb użytkowanych rolniczo z uwzględnieniem prawidłowego funkcjonowania  
ekosystemów glebowych oraz wskazanie działań zapobiegających procesom degradacyjnym”

Redakcja:

dr inż. Jacek Niedźwiecki

Zespół autorski:

dr inż. Jacek Niedźwiecki, dr Aleksandra Ukalska-Jaruga, dr hab. Anna Gałązka,  
dr hab. Rafał Wawer, dr inż. Eugeniusz Nowocień, dr inż. Agnieszka Klimkowicz-Pawlas

Praca sfinansowana ze środków PW zadanie 1.2

„Ocena gleb użytkowanych rolniczo z uwzględnieniem prawidłowego funkcjonowania ekosystemów  
glebowych oraz wskazanie działań zapobiegających procesom degradacyjnym”

ISBN 978-83-7562-340-6

# Spis treści

Wstęp	5
1. Podstawowe informacje o glebie i żyzności	7
2. Degradacja gleb w Polsce	17
3. Glebowa materia organiczna	23
4. Degradacja fizyczna gleb	31
5. Zakwaszenie gleb	35
6. Bioróżnorodność mikroorganizmów glebowych	39
7. Erozja gleb	45
8. Retencja wodna gleb	53
9. Zanieczyszczenia chemiczne gleb	59
10. Przepisy prawne dotyczące ochrony gleb	69



# WSTĘP

**W** dotychczasowym, powszechnym rozumieniu rola gleb była ograniczona głównie do funkcji produkcyjnej, ściśle związanej z rolnictwem. Słabiej dostrzegany był fakt, że gleby mają fundamentalne znaczenie dla prawidłowego funkcjonowania obszarów wiejskich i miejskich, kształtowania warunków życia człowieka oraz utrzymywania bezpieczeństwa środowiskowego. Bezpieczeństwo to jest uzależnione od funkcji retencyjnej gleby (magazynowanie wody, zapobieganie powodziom, ograniczanie suszy), filtracyjnej (unieszkodliwianie zanieczyszczeń), zapewnienia bioróżnorodności roślin i zwierząt oraz funkcji sekwestracji węgla. Funkcja produkcyjna ze względu na stałą konieczność zapewnienia bezpieczeństwa żywnościowego nie będzie tracić znaczenia zarówno w wymiarze globalnym, jak i lokalnym. Wymiar globalny wiąże się ze stałym przyrostem populacji ludzi przy jednoczesnym ubytku puli gruntów możliwych do wykorzystania w rolnictwie z powodu procesów urbanizacji i degradacji. Wymiar lokalny wiąże się z koniecznością zapewnienia niezależności żywnościowej i umożliwienia większego wpływu na jakość żywności.

Ponadto przed ludzkością stoją ambitne wyzwania w kolejnych dekadach, polegające na koniecznym ograniczeniu stosowania syntetycznych nawozów i środków ochrony roślin, co znalazło odzwierciedlenie w najnowszych strategiach Unii Europejskiej (Strategia bioróżnorodności; Od pola do stołu). Gleba będzie zatem odgrywać kluczową rolę dla spełnienia tych celów, przy jednoczesnej konieczności zapewnienia bezpieczeństwa żywnościowego. Zapewnienie potencjału produkcyjnego i innych funkcji gleb dla przyszłych pokoleń jest uzależnione od stosowania właściwych praktyk w rolnictwie.

dr hab. Grzegorz Siebielec  
Zakład Gleboznawstwa Erozji i Ochrony Gruntów, IUNG-PIB





# ROZDZIAŁ 1

## Podstawowe informacje o glebie i żyzności

Jacek Niedźwiecki

Zakład Gleboznawstwa Erozji i Ochrony Gruntów, IUNG-PIB

### Znaczenie gleby i jej funkcje

Gleba, która jest podstawowym warsztatem pracy rolnika powstaje w wyniku złożonych procesów glebotwórczych, na które wpływ mają podłoże geo-

logiczne, ukształtowanie powierzchni terenu, mikroorganizmy glebowe, a także działalność człowieka (rys. 1). Procesy glebotwórcze zachodzą niezwykle powoli, bowiem w tempie około 1 cm wytworzonej gleby na kilkaset lat, a niekiedy nawet 1000 lat. Do



Rys. 1. Jak powstają gleby.

Źródło grafiki: Centrum Edukacji Gleboznawczej – Muzeum Gleb w Krakowie

powstania dobrze wykształconego naturalnego profilu gleby potrzeba od 1000 do 2000 lat (Klimaszewski 1978). W myśl cytatu prof. Sławomira Miklaszewskiego (1907), w którym stwierdza, że: „...nie ma życia bez gleby, ani gleby bez życia”, trzeba pamiętać, że gleba stanowi środowisko życia roślin, zwierząt i człowieka, dlatego zalicza się ją do najważniejszych zasobów przyrody. Gleby należą do łatwo niszczalnych i trudno odtwarzalnych zasobów przyrody.

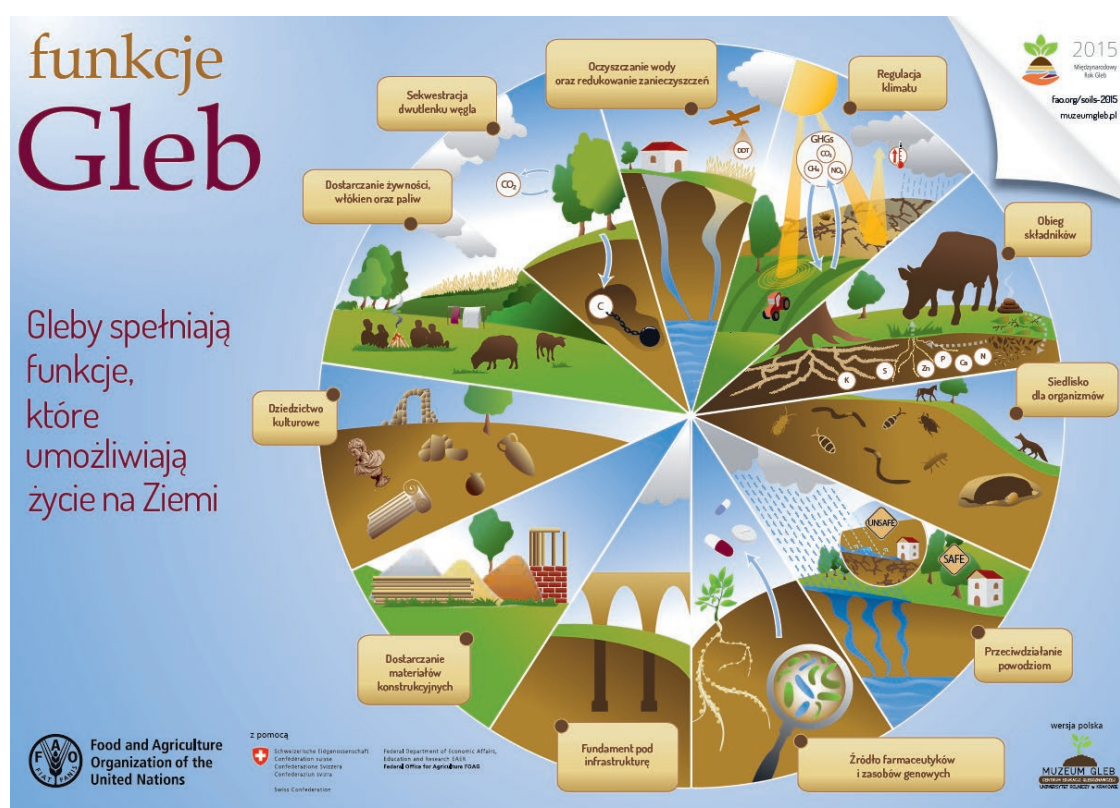
Obecnie na naszej planecie żyje ponad 7 miliardów ludzi i większość naszej codziennej żywności jest uzależniona od jakości i żyzności gleb, na których odbywa się produkcja rolna.

Gleba znajduje się pod ciągłą presją antropogeniczną ze względu na rosnącą globalną populację, która będzie coraz bardziej potrzebowała dostępności do żyznych gleb mogących wyprodukować wystarczającą ilość pożywienia.

**Dlatego ekosystemy glebowe uważane są za zasoby ziemskie praktycznie nieodnawialne, które należy chronić, tak aby zapewnić przyszłym pokoleniom stabilność i bezpieczeństwo żywnościowe.**

Według Organizacji Narodów Zjednoczonych ds. Wyżywienia i Rolnictwa (FAO-UN), gleby pełnią jedenaście najważniejszych funkcji (rys. 2):

1. dostarczają żywność i surowce dla przemysłu,
2. umożliwiają sekwestrację dwutlenku węgla,
3. oczyszczają wodę i redukują poziom zanieczyszczeń,
4. wpływają na klimat,
5. biorą udział w obiegu pierwiastków,
6. stanowią siedlisko życia organizmów żywych,
7. zmniejszają zagrożenie powodzią,
8. są źródłem substancji leczniczych i zasobów genetycznych,



Rys. 2. Funkcje gleb.

Źródło grafiki: Centrum Edukacji Gleboznawczej – Muzeum Gleb w Krakowie

9. stanowią podstawę pod infrastrukturę,
10. dostarczają materiałów dla przemysłu,
11. stanowią dziedzictwo kulturowe.

Jak wskazują powyższe funkcje gleb, jedną z ważniejszych jest dostarczanie żywności. Do spełnienia tej funkcji gleba musi odznaczać się odpowiednią żyznością, zapewniającą możliwość wyprodukowania plonów na zadowalającym poziomie i właściwej jakości.

## Charakterystyka gleb użytkowanych rolniczo

W zależności od dominującego procesu glebotwórczego, jego stadium rozwoju oraz materiału, z którego wytworzyły się gleby, można przypisać je do odpowiednich jednostek systematycznych. Niniejsze opracowanie zawiera ogólną charakterystykę gleb najważniejszych z punktu widzenia produkcji rolniczej.

### Czarnoziemy

Czarnoziemy są glebami, które ukształtowały się na obszarze naszego kraju w okresie, kiedy klimat sprzyjał rozwojowi roślinności stepowej bądź leśno-stepowej. Czarnoziemy należą do gleb strefowych charakterystycznych dla strefy kontynentalnego klimatu umiarkowanego ciepłego i stosunkowo suchego o rocznej sumie opadów od 300 do 500 mm. Dlatego uznawane są w naszym kraju za gleby reliktowe. Charakterystyczną ich cechą jest duża zawartość próchnicy, ok. 3% i bardzo dobre właściwości powietrzno-wodne. W Polsce zajmują obszar nieprzekraczający 1% gruntów ornych, a ich główne tereny występowania to południowo-wschodnia część Wyżyn Lubelskiej i Kielecko-Sandomierskiej oraz przedpole Karpat i Sudetów (głównie w pięciu



Fot. 1 i 2. Czarnoziemy (J. Niedźwiecki, 2018)

platach: hrubieszowskim, sandomierskim, proszowickim, przemyskim i głubczyckim). Pomimo niewielkiego arealu czarnoziemy są niezwykle istotne z racji swojej wartości użytkowej dla produkcji rolnej. Czarnoziemy należą najczęściej do klas bonitacyjnych od I do IIIb, rzadziej do klasy IVa i wyjątkowo do IVb. Ze względu na bardzo dobre właściwości rolnicze większość areatów czarnoziemów wykorzystywana jest jako grunty rolne. Należy jednak pamiętać, że niewłaściwe wykorzystanie tych gleb może prowadzić do ich degradacji, w szczególności erozji i ubytku próchnicy, a w konsekwencji do zmniejszenia żyzności.

### Mady

Gleby te powstały w wyniku nanoszenia i akumulacji materiału transportowanego przez wody rzeczne. Mady spotykane są w dolinach rzecznych w obrębie teras zalewowych. Działalność powodziowa wód rzecznych powoduje gromadzenie się materiału niesionego przez wody rzeczne na powierzchni gruntów. Wartość użytkowa (żyzność) mad uzależniona jest głównie od rodzaju materiału, jaki rzeka naniosiła. Im bardziej piaszczysty materiał jest akumulowany przez wody rzeczne, tym żyzność takich mad jest słabsza. Dlatego do najżyźniejszych mad należą mady brunatne, które tworzą się w wyniku nagromadzenia przez wody rzeczne żyznego materiału pyłowego oraz mady próchniczne (czarnoziemne), które charakteryzują się dużym nagromadzeniem próchnicy powstałej w wyniku procesu darniowego pod silnie rozwijającą się roślinnością, głównie trawiastą. W Polsce do najlepszych rolniczo mad zalicza się mady brunatne pyłowe średnie oraz mady czarnoziemne występujące na Żuławach Wiślanych, a także w większych dolinach rzecznych, szczególnie w ich odcinkach dolnych oraz środkowych. Pod względem bonitacyjnym mogą być w klasach od I do VI.



Fot. 3. Mada brunatna (J. Niedźwiecki, 2018)

### Czarne ziemie

Gleby w typie czarnych ziem tworzą się w warunkach nadmiernego uwilgotnienia przy współdziałaniu roślinności siedlisk wilgociolubnych. Zwykle tworzą one rozdrobnione, niewielkie kontury na terenie całego kraju, zazwyczaj w obniżeniach terenów sąsiadujących z glebami bagiennymi. Czarne ziemie często są użytkowane jako trwałe użytki zielone (TUZ), jednak znaczna część czarnych ziem, która została zmeliorowana, użytkowana jest aktualnie jako grunty orne. Największe kompleksy czarnych ziem użytkowanych rolniczo można spotkać na Pomorzu Zachodnim w okolicach Pyrzyc, w środkowej Polsce oraz na Kujawach. Z uwagi na dużą zawartość próchnicy i składników pokarmowych gleby te również zaliczane są do najżyźniejszych w kraju. Ich powierzchnia wynosi około 2%. Pod względem



Fot. 4. Czarna ziemia (J. Niedźwiecki, 2018)

wartości użytkowej mieszczą się w dość szerokim zakresie – od I do V klasy bonitacyjnej.

## Gleby płowe i brunatne

Te dwa typy gleb należą do najpowszechniej występujących gleb mineralnych użytkowanych rolniczo. W przypadku gleb płowych utworami, z których wytworzyły się te gleby mogą być różne gatunki, od piasków słabo gliniastych po ciężkie łąy. Najczęściej są to pyły, gliny, ewentualnie piaski gliniaste. Gleby płowe powstają poprzez dominujący proces płowienia, czyli wymycia węglanów oraz najdrobniejszych frakcji przez infiltrujące wody opadowe z poziomu płowienia w głąb profilu glebowego. W efekcie tego powstaje poziom płowienia zubożony z najdrobniejszych frakcji (głównie ilastych),

które osadzają się w głębszych poziomach, tworząc poziom wymycia przemieszczonych frakcji ilastych oraz węglanów. Od płowej barwy poziomu przemycania wzięta się polska nazwa tych gleb. Wartość użytkowa gleb płowych jest bardzo zróżnicowana, od klas bonitacyjnych II do V.

Gleby brunatne są na ogół glebami żyznymi o charakterystycznej budowie trójdzielnej profilu glebowego: pod poziomem próchnicznym leży wietrzniowy poziom brunatnienia, stąd nazwa gleb, pod nim leży skała macierzysta, którą najczęściej są gliny, pyły, łąy, rzadziej piaski gliniaste. Poziom (brunatnienia) — od którego pochodzi nazwa tych gleb, powstaje w wyniku procesu brunatnienia. Jego brunatna charakterystyczna barwa pochodzi od związków próchniczno-żelazistych. Gleby te są charakterystyczne dla strefy klimatu umiarkowanie ciepłego i wilgotnego. W Polsce zajmują obszar około 6,2% powierzchni kraju.



Fot. 5. Gleba płowa wytworzona z lessu (J. Niedźwiecki, 2019)



Fot. 6. Gleba brunatna (J. Niedźwiecki, 2017)

## Rędziny

Są glebami wytworzonymi ze zwiertzeliny skał wapiennych. Zajmują stosunkowo niewielki obszar naszego kraju (około 1%). Rędziny można spotkać przede wszystkim na Wyżynach Lubelskiej i Krakowsko-Częstochowskiej oraz w Górach Świętokrzyskich. Nazwa „rędzina” pochodzi od staropolskiego słowa „rzędzić”. Gleby te zawierają dużo okruchów skalnych pochodzących ze skał węglanowych, przez co w trakcie orki wydają charakterystyczny dźwięk zwany „rzędzeniem”. Rędziny z uwagi na udział materiału węglanowego w ich tworzeniu odznaczają się odczynem zasadowym lub obojętnym. W zależności od udziału odłamków skalnych w warstwie ornej różna jest wartość rolnicza rędzin. Największą posiadają rędziny czarnoziemne, których poziom orno-próchniczny nie



Fot. 7. Rędzina (J. Niedźwiecki, 2019)

zawiera zbyt wielu odłamków skalnych, natomiast jest bardzo zasobny w próchnicę (ok. 3%) . Z kolei płytkie i silnie szkieletowe rędziny, które często są jeszcze z uwagi na położenie narażone na erozję, mają małą wartość bonitacyjną. Rędziny mogą być w klasach bonitacyjnych od I do VI.

## Gleby bielcowe i rdzawe

Są to gleby najłabsze z punktu widzenia produkcji rolniczej. Ich mała wartość rolnicza bierze się przede wszystkim z materiału, z jakiego te gleby powstały, a mianowicie piasków luźnych i słabogliniastych. Kwaśny charakter skały macierzystej tych gleb dodatkowo wpływa negatywnie na ich jakość, sprawiając, że są to gleby zazwyczaj kwaśne albo bardzo kwaśne. Gleby bielcowe swą nazwę wzięły od jasno zabarwionego poziomu bielcowego, który znajduje się bezpośrednio pod poziomem próchnicznym. Dla tych gleb właściwym procesem glebotwórczym jest proces bielcowy charakterystyczny dla ubogich w składniki pokarmowe gleb

piaskowych w borach sosnowych lub świerkowych. Proces bielcowy polega na wyłukiwaniu z górnych części gleby (z poziom eluwialnego) niektórych produktów rozkładu minerałów glebowych, głównie tlenków i wodorotlenków glinu i żelaza, krzemionki, fosforu, manganu oraz kwasów próchnicznych i przemieszczaniu ich w dół, a następnie osadzaniu ich w środkowej części profilu glebowego (w poziomie iluwialnym). W rezultacie w górnych poziomach gleb bielcowych, ale pod poziomem próchnicznym, pozostaje jasno zabarwiony kwarc (stąd polska nazwa procesu i typu gleby). Obecnie gleby bielcowe bardzo rzadko są użytkowane rolniczo. Najczęściej są przeznaczane pod zalesienia. Pod względem wartości użytkowej są to gleby klas VI i VIz gruntów ornych.

Gleby rdzawe z kolei swą nazwę wzięły od procesu rdzawienia, który jest charakterystyczny dla tych gleb. Powstają z utworów piaszczystych sła-

bo przesortowanych oraz mało przemytych (m.in. z piasków zwałowych i piasków sandrowych bliskiego transportu) i mają uziarnienie piasków luźnych lub piasków słabogliniastych.

Gleby rdzawe powstają w wyniku procesu rdzawienia. Polega on na tworzeniu się na ziarnach piasku rdzawych otoczek składających się z kompleksów próchnicy z półtoratlenkami i pewną ilością wolnych tlenków żelaza i glinu. W wyniku tego procesu glebotwórczego powstaje poziom wzbogacania w żelazo. Ma on charakterystyczną rdzawą barwę i w profilu glebowym jest on położony poniżej poziomu próchnicznego. Z punktu widzenia rolniczego są to gleby słabe, wymagające dużych nakładów, aby uzyskać oczekiwany poziom plonowania roślin. Na glebach rdzawych można uprawiać żyto i ewentualnie łubin żółty. Po zastosowaniu dużych dawek obornika mogą w sprzyjających warunkach atmosferycznych udać się również ziemniaki.



Fot. 8. Gleba bielcowa (J. Niedźwiecki, 2020)



Fot. 9. Gleba rdzawa (J. Niedźwiecki, 2020)



Fot. 10. Gleba murszowo-mułowa (J. Niedźwiecki, 2020)



Fot. 11. Gleba torfowa (J. Niedźwiecki, 2018)

Obecnie są przeznaczane głównie pod zalesienia. Pod względem bonitacyjnym są to najczęściej grunty klas V i VI.

## Gleby bagienne

Do najczęściej spotykanych gleb bagiennych zalicza się przede wszystkim gleby torfowe, gleby murszowe oraz gleby mułowe, a także murszowo-torfowe, torfowo-mułowe i murszowo-mułowe. Gleby te powstają w warunkach stałej wilgotności gruntu spowodowanej płytkim położeniem zwierciadła wód podziemnych i przy obecności roślin siedlisk bagiennych. Na ich kierunek rozwoju wpływa niedostatek tlenu, co hamuje rozkład resztek organicznych i dzięki temu możliwe jest powstanie torfu. Na skutek osuszania gleb bagiennych torf ulega mineralizacji, w wyniku której powstaje mursz i gleby murszowe. Powierzchnia gleb bagiennych to około 8% obszaru naszego kraju. Gleby te w Polsce użytkowane są najczęściej jako trwałe użytki zielone (TUZ). Z uwagi na ich bardzo duże właściwości retencyjne w stosunku do wody oraz potencjał do sekwestracji CO<sup>2</sup>, coraz częściej znaczenie środowiskowe tych gleb przeważa nad ich wartością użytkową.

## Właściwości gleb decydujące o ich produktywności

O żyzności gleb stanowi zespół cech morfologicznych (rodzaj i miąższość poziomów glebowych), fizycznych (np. skład granulometryczny, struktura, właściwości wodne), chemicznych, fizykochemicznych (np. odczyn, kompleks sorpcyjny), biochemicznych i biologicznych (np. zawartość materii organicznej, bioróżnorodność mikroorganizmów glebowych), zapewniających roślinom uprawnym odpowiednie warunki do wzrostu i rozwoju. Ży-



zność jest wypadkową zasobności w składniki pokarmowe i właściwości gleby (Kowaliński 1999, Prusinkiewicz 2004). Możemy wyróżnić następujące rodzaje żyzności gleb:

- **Żyzność naturalna** – jest pochodną właściwości skały macierzystej oraz procesów glebotwórczych, zależy od składu granulometrycznego, występujących związków mineralnych, zawartości próchnicy oraz bioróżnorodności mikroorganizmów glebowych. Żyzność naturalna nie jest uzależniona od działalności człowieka. Jest ściśle związana z określonymi typami gleb oraz ekosystemami naturalnie występującymi na danym obszarze.
- **Żyzność agrotechniczna (sztuczna)** – wynika przede wszystkim z przeprowadzanych przez człowieka zabiegów agrotechnicznych. Może być zwiększana poprzez właściwe nawożenie, regulację odczynu gleb, odpowiednio dobrany płodozmian. Natomiast pogorszenie żyzności agrotechnicznej jest zazwyczaj efektem niewłaściwej agrotechniki.
- **Żyzność nabyta** – jest to rodzaj żyzności, którą wytwarza człowiek na utworach jałowych, które były jej praktycznie pozbawione. Do utworów takich należą różnego rodzaju hałdy pogórnice oraz inne zdegradowane antropogenicznie grunty (Błaszczak 2010).

## Potencjał produkcyjny gleb Polski

Z danych IUNG-PIB wynika, że ponad 70% gleb Polski wytworzonych jest głównie z polodowcowych glin i piasków, które zostały silnie rozmyte i przesortowane przez wody lodowcowe (Krasowicz i in. 2011). Ponadto ponad 28% powierzchni gleb gruntów ornych wytworzyło się z piasków luźnych i słabo gliniastych, a także żwirów. Również duży udział w naszym kraju mają gleby wytworzone z piasków gliniastych na piasku luźnym lub słabo gliniastym,

wiele mał lekkich i bardzo lekkich, do tego płytkie i szkieletowe rędziny oraz gleby terenów górskich. Daje to wynik przekraczający 40% gleb Polski, które charakteryzują się niską jakością i przydatnością rolniczą (Witek 1979, Lekan i Terelak 1997).

Na główną przyczynę stosunkowo małego potencjału produkcyjnego przeważającej części gleb Polski składają się: **lekki skład granulometryczny (przewaga piasków), niska zawartość części ilastych i próchnicy, znaczne zakwaszenie, niskie wartości pojemności sorpcyjnej. Wszystkie te czynniki wpływają na ograniczenie żyzności gleb i ich potencjału produkcyjnego.**

Zróżnicowanie potencjału produkcyjnego gleb kraju jest wynikiem również przestrzennej zmienności ukształtowania terenu, pokrywy glebowej oraz czynników klimatycznych.

Najlepsze w Polsce warunki glebowo-przyrodnicze do produkcji rolnej zlokalizowane są głównie w południowej i południowo-wschodniej części kraju, a także na Kujawach, Żuławach i w centralnej części Wielkopolski.

**Z uwagi na stosunkowo mały potencjał produkcyjny gleb użytkowanych rolniczo w Polsce, w porównaniu choćby z glebami krajów Europy Zachodniej, należy skupić wysiłki przede wszystkim na działaniach prewencyjnych, zapobiegających degradacjom gleb oraz adaptacyjnym w stosunku do zmian klimatycznych. Natomiast w sytuacjach zdegradowania gleb w wyniku nadmiernej antropopresji, należy podjąć działania zmierzające do przywrócenia takim glebom ich właściwych funkcji. Szczegóły dotyczące różnych rodzajów degradacji gleb i sposobów ich zapobiegania zostały przedstawione w kolejnych rozdziałach niniejszego poradnika.**

### Literatura

1. Błaszczak M.: Mikrobiologia środowisk. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 2010, s. 183.
2. Klimaszewski M.: Geomorfologia. PWN, Warszawa 1978, ss. 1098.
3. Kowaliński S.: Żyzność gleby. W: Gleboznawstwo. S. Zawadzki (red.). Wyd. IV. PWRiL, Warszawa 1999: s. 299-301.
4. Krasowicz S., Oleszek W., Horabik J., Dębicki R., Jankowiak J., Stuczyński T., Jadczyński J.: Racjonalne gospodarowanie środowiskiem glebowym Polski. Polish Journal of Agronomy, 2011, nr 7: 43-58.
5. Lekan S., Terelak H.: Zróżnicowanie środowiska glebowo-rolniczego Polski. Mat. konf. nauk. nt. „Ochrona i wykorzystanie rolniczej przestrzeni produkcyjnej Polski”. IUNG Puławy, 1997, sesja I i II: 7-21.
6. Miklaszewski S.: O potrzebie badań gleboznawczych oraz o konieczności wydania mapy gleboznawczej ziem polskich i ustalenia polskiego słownictwa gleboznawczego. Przemówienie na Zjeździe Przyrodników i Lekarzy w 1907 r.
7. Prusinkiewicz Z.: Podstawowe pojęcia gleboznawcze. W: Badania ekologiczno-gleboznawcze, R. Bednarek, H. Dziadowiec, U. Pokojska i Z. Prusinkiewicz (red.). Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 2004: s. 25-26.
8. Witek T.: Wpływ jakości gleb na plonowanie roślin uprawnych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1979, 224: 35-47.

# ROZDZIAŁ 2

## Degradacja gleb w Polsce

Jacek Niedźwiecki

Zakład Gleboznawstwa Erozji i Ochrony Gruntów, IUNG-PIB

### Wstęp

Zgodnie z komunikatem Komisji Europejskiej „Strategia tematyczna w dziedzinie ochrony gleby” z 2006 roku „...Gleby są narażone na wiele procesów powodujących ich degradację. Są to takie procesy jak erozja gleb, spadek zawartości materii organicznej, zanieczyszczenie w skali lokalnej i rozproszonej, zasklepienie (zabudowa), zagęszczanie, zmniejszenie bioróżnorodności, zasolenie, powodzie i osuwiska”.

Natomiast w Raplocie Państwowej Inspekcji Ochrony Środowiska z 1998 roku można znaleźć definicję degradacji gleb, za którą uważa się zniekształcenie jednej lub wielu właściwości gleby, w tym zanieczyszczenie, pogarszające warunki życia i plonowania roślin uprawnych, skład gatunkowy roślinności trwałej, wartość użytkową (odżywczą, technologiczną, sanitarną) płodów rolnych i leśnych, ekologiczne funkcjonowanie pokrywy glebowo-roślinnej w krajobrazie.

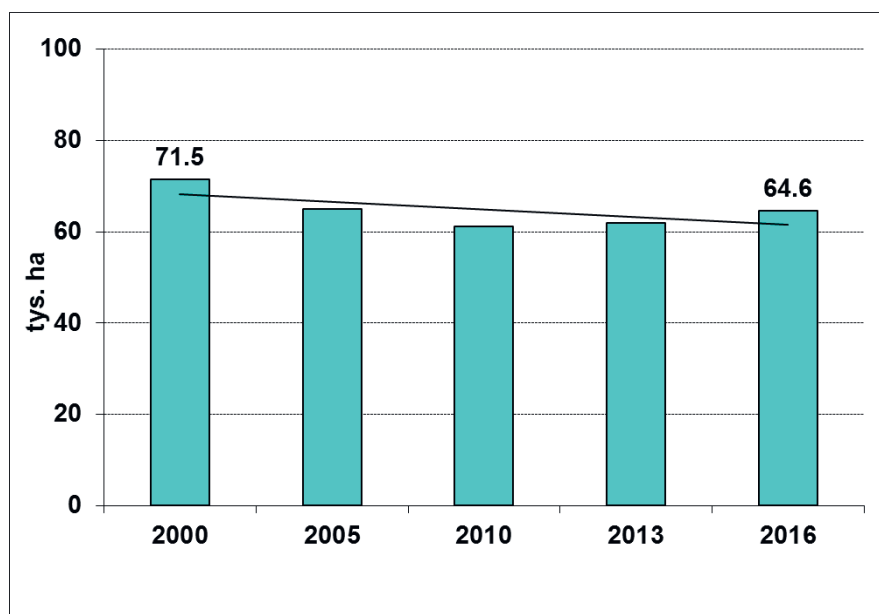
Do degradacji gleb zachodzi najczęściej w wyniku:

1. oddziaływania gazów i pyłów emitowanych ze źródeł przemysłowych i motoryzacyjnych,
2. działalności górniczej,
3. niewłaściwego składowania odpadów,
4. **niewłaściwego rolniczego użytkowania gruntów podatnych na erozję wodną i wietrzną,**
5. **stosowania w sposób niewłaściwy oraz nieodpowiednich chemicznych środków produkcji roślinnej.**

Zgodnie z polskim prawodawstwem, art. 4 pkt. 15 ustawy o ochronie gruntów rolnych i leśnych – (Dz.U. 2017 r., poz. 1161) określa, że degradacja gleb jest to utrata albo ograniczenie wartości użytkowej gruntów – całkowity zanik albo zmniejszenie zdolności produkcyjnej gruntów. Ustawa precyzuje również, jakie grunty należy zaliczyć do gruntów zdegradowanych, a jakie do zdewastowanych.

- **Grunty zdegradowane** to grunty, których rolnicza lub leśna wartość użytkowa zmalała, w szczególności w wyniku pogorszenia się warunków przyrodniczych albo wskutek zmian środowiska oraz działalności przemysłowej, a także wadliwej działalności rolniczej.
- **Grunty zdewastowane** to grunty, które utraciły całkowicie wartość użytkową w wyniku pogorszenia się warunków przyrodniczych albo wskutek zmian środowiska oraz działalności przemysłowej, a także wadliwej działalności rolniczej.

Z danych GUS-u (Ochrona środowiska 2017) wynika, że gruntów zdewastowanych i zdegradowanych mamy 64 651 ha = 0,2% powierzchni kraju, z czego 57 854 ha są to grunty zdewastowane, a 6 797 ha – grunty zdegradowane.



**Rys. 1. Ilość gruntów zdegradowanych i zdewastowanych w Polsce**

Źródło: na podstawie Ochrona środowiska 2017

Główne czynniki powodujące degradację gleb możemy podzielić na:

- naturalne – niewywołane działalnością człowieka, tj.: erozja gleb, osuwiska, działalność wulkaniczna i tektoniczna;
- antropogeniczne – erozja wywołana przez stosowanie niewłaściwej agrotechniki, działalność przemysłową, nadmierną urbanizacją (Poskrobko i in. 2007).

Nie wszystkie gleby są tak samo podatne na degradację, jednak nie ma gleb, które byłyby całkowicie odporne na czynniki degradujące. Gleby lekkie i bardzo lekkie, zakwaszone, o niskiej zawartości próchnicy są bardziej podatne na degradację. Słabe właściwości sorpcyjne takich gleb stanowią istotny czynnik ograniczający ich żyzność i produktywność, a także zwiększają podatność na czynniki degradacyjne.

Niewłaściwa agrotechnika, źle dostosowana do warunków glebowych czy rzeźby terenu, a także działalność przemysłu mogą powodować degrada-

cję gleb, która przejawia się w pogorszeniu bądź utracie zdolności gleby do pełnienia przez nią określonych funkcji.

Najczęstszymi objawami degradacji gleb są: pogorszenie właściwości fizycznych (np. nadmierne zagęszczenie gleb powodujące zniszczenie bądź pogorszenie struktury glebowej oraz warunków dla rozwoju roślin, niekorzystne zmiany stosunków wodnych gleby przez niewłaściwie działające systemy melioracyjne); erozja wodna i wietrzna powodująca straty gleby, pogorszenie właściwości biologicznych (zmniejszenie bioróżnorodności mikroorganizmów glebowych, zmniejszenie ilości i jakości próchnicy) i chemicznych (np. zakwaszanie bądź nadmierna alkalizacja gleby, zanieczyszczenie gleb substancjami chemicznymi bądź pierwiastkami, nadmierne obniżenie zawartości składników odżywczych lub ich nadmiar). Skutki degradacji gleb mogą objawiać się spadkiem ich żyzności, co z kolei może być przyczyną obniżenia plonowania roślin uprawnych. Należy pamiętać, że degradacja gleb może być przyczyną ponoszenia dodatkowych

nakładów na przywrócenie prawidłowego ich funkcjonowania. W wyniku degradacji gleb użytkowanych rolniczo obniża się ich wartość produkcyjna. W skrajnych przypadkach gleby zdegradowane stają się trwale nieprzydatne dla produkcji rolnej.

**Każda forma degradacji gleby w sposób bezpośredni lub pośredni przyczynia się do obniżenia żyzności gleb!**

**Ochrona gleby jest szczególnym obowiązkiem rolnika, dla którego stanowi ona warsztat pracy i podstawę utrzymania** (Kodeks Dobrej Praktyki Rolniczej 2002).

## **Obowiązki właściciela w zakresie przeciwdziałania degradacji gruntów**

Właściciel gruntów stanowiących użytki rolne oraz gruntów zrehabilitowanych na cele rolne jest obowiązany do przeciwdziałania degradacji gleb, w tym szczególnie erozji i ruchom masowym ziemi (art. 15 ust. 1 ustawy o ochronie gruntów rolnych i leśnych).

Starosta może, w drodze decyzji, nakazać właścicielowi gruntów zalesienie, zadrzewienie lub zakrzewienie gruntów lub założenie na nich trwałych użytków zielonych. Właścicielowi gruntów przysługuje zwrot kosztów zakupu niezbędnych nasion i sadzonek ze środków budżetu województwa (środków pochodzących z należności i opłat rocznych). Jeżeli wykonanie tego nakazu spowoduje szkody wynikające ze zmniejszenia produkcji roślinnej, właścicielowi gruntów przysługuje odszkodowanie wypłacane przez okres 10 lat.

Na właścicielu ciąży też obowiązek utrzymywania w stanie sprawności technicznej urządzeń przeciwerozyjnych oraz urządzeń melioracji szczegółowych.

W przypadku wystąpienia z winy właściciela innych form degradacji gruntów niż erozja i ruchy masowe, w tym również spowodowanej nieprzestrzeganiem przepisów o ochronie roślin uprawnych

przed chorobami, szkodnikami i chwastami, wójt w drodze decyzji nakazuje właścicielowi gruntów wykonanie w określonym terminie odpowiednich zabiegów. Natomiast w przypadku niewykonania decyzji wójt zleca wykonanie zastępcze tych zabiegów na koszt właściciela gruntów, wykorzystując do czasu zwrotu kosztów wykonania zastępczego środka budżetu województwa.

## **Sposoby przeciwdziałania utracie funkcji siedliskowej i retencyjnej gleb użytkowanych rolniczo.**

Do głównych działań podejmowanych w celu ochrony gleb należy wymienić:

1. Prawidłową gospodarkę rolną z zastosowaniem głównie nawozów naturalnych, racjonalne stosowanie nawozów sztucznych oraz środków ochrony roślin.
2. Zapobieganie erozji – pozostawianie resztek poźniwnych, uprawa w poprzek stoku, zadrzewienia śródpolne, zalesianie nieużytków, niepozostawianie odkrytej gleby.
3. Zapobieganie zanieczyszczaniu gleby ze źródeł komunalnych – ograniczenie ilości odpadów i właściwa gospodarka (segregacja odpadów, kompostowanie, zbiórka odpadów niebezpiecznych) oraz oczyszczanie ścieków.
4. Ograniczanie przemysłowych źródeł zanieczyszczenia gleb – stosowanie nowoczesnych technologii przyjaznych środowisku oraz właściwej gospodarki odpadami poprodukcyjnymi.
5. Oczyszczanie gleb z substancji toksycznych oraz odkwaszanie gleb, które uległy zakwaszeniu.

Zgodnie z Polską Normą „Gospodarka ziemią w rolnictwie” PN-R-04151 (7.12) rekultywacja gruntów jest to zespół zabiegów technicznych, agrotechnicznych, chemicznych i biologicznych mających na celu nadanie pożądaney wartości użytkowej gruntom

niemającym takiej wartości. W Polskiej Normie różni się rekultywację podstawową i szczegółową.

**Rekultywacja podstawowa** – zespół zabiegów technicznych mających na celu ukształtowanie rzeźby terenu rekultywowanego, uregulowanie na tym terenie warunków hydrologicznych, odtworzenie gleb metodami technicznymi oraz zrekonstruowanie, odbudowę lub budowę niezbędnych dróg dojazdowych.

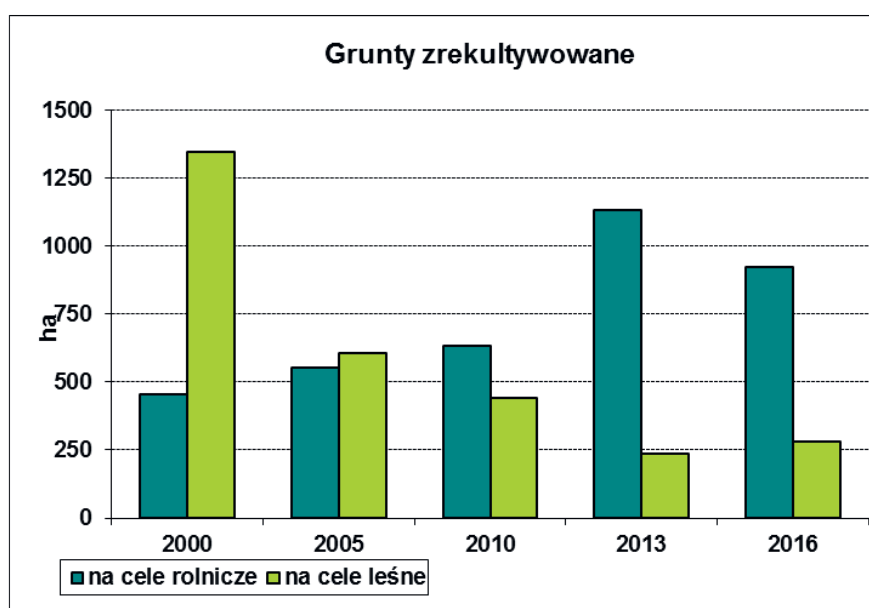
**Rekultywacja szczegółowa** – zespół zabiegów technicznych, agrotechnicznych, chemicznych i biologicznych mających na celu neutralizację utworów toksycznych i użyczenie utworów jałowych, wprowadzenie roślinności pionierskiej, zabezpieczenie gruntów przed erozją oraz wykonanie niezbęd-

nych urządzeń hydrotechnicznych dla ochrony wód przed ich zanikiem lub zanieczyszczeniem.

**Zagospodarowanie gruntów zrekultywowanych** – jest to podjęcie na zrekultywowanych gruntach określonej działalności gospodarczej.

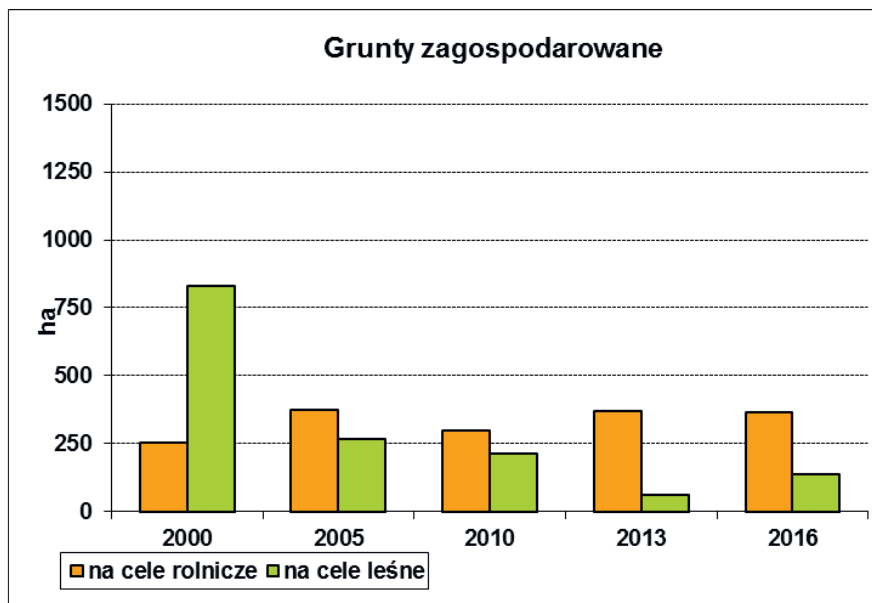
### Ilość gruntów zrekultywowanych i zagospodarowanych w Polsce

Według opracowania GUS-u (Ochrona środowiska 2017), gruntów zrekultywowanych głównie na cele rolnicze i leśne w roku 2016 było 1449 ha, natomiast gruntów zagospodarowanych na cele rolnicze i leśne w tym samym roku było 587 ha (rys. 2 i 3).



Rys. 2. Powierzchnia gruntów zrekultywowanych na cele rolnicze i leśne w Polsce

Źródło: Ochrona środowiska 2017



**Rys. 3. Powierzchnia gruntów zagospodarowanych na cele rolnicze i leśne w Polsce**

Źródło: Ochrona środowiska 2017

## Literatura:

1. Duer I., Fotyma M., Madej A. (red.): Kodeks Dobrej Praktyki Rolniczej, Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, Ministerstwo Środowiska. Warszawa 2002: s. 83.
2. GIOŚ: Stan środowiska w Polsce. Raport Państwowej Inspekcji Środowiska. Biblioteka Monitoringu Środowiska, GIOŚ, Warszawa 1998: s. 251.
3. Polska Norma PN-R-04151. Gospodarka ziemią w rolnictwie. Terminologia. Polski Komitet Normalizacyjny, grudzień 1997. Dz. U. 97.83.535. (Norma weszła w życie z dniem 1 stycznia 2000r.).
4. GUS: Ochrona Środowiska, Warszawa 2017: s. 494
5. Poskrobko B., Poskrobko T., Skiba K.: Ochrona biosfery. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2007, s. 153.
6. Rezolucja Parlamentu Europejskiego z dnia 13 listopada 2007 r. w sprawie strategii tematycznej w dziedzinie ochrony gleby (2006/2293(INI)). P6\_TA(2007)0504.
7. Ustawa z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych (Dz. U. 2017, poz. 1161).





# ROZDZIAŁ 3

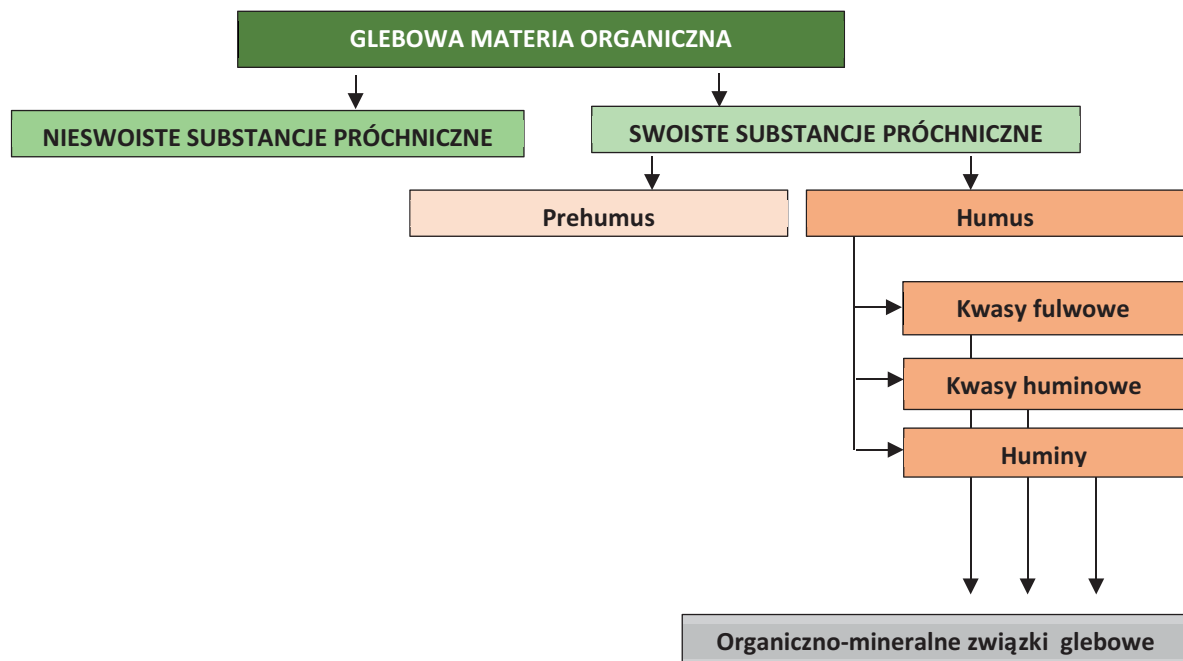
## Glebowa materia organiczna

Aleksandra Ukalska-Jaruga  
Zakład Gleboznawstwa Erozji i Ochrony Gruntów, IUNG-PIB

### Skład i procesy przemian glebowej materii organicznej

Materia organiczna (MOG) stanowi główny czynnik warunkujący żyzność i produktywność gleb. W jej skład wchodzi nierozłożone w pełni nawozy organiczne i naturalne, obumarłe resztki roślinne i zwierzęce oraz produkty ich rozkładu i resyntezy powstające w wyniku działalności mikroflory i fauny glebowej. Związki te tworzą nieswoiste i swoiste

substancje próchniczne, które różnią się pod względem stopnia przeobrażenia morfologicznej struktury tkanek obumarłych składników organicznych. Nieswoiste substancje próchniczne stanowią proste związki organiczne o ściśle zdefiniowanej strukturze, występujące w organizmach roślinnych i zwierzęcych oraz produkty ich metabolizmu, tj.: białka, aminokwasy, węglowodany, lignina, tłuszcze, woski, alkohole, kwasy alifatyczne, enzymy itp. Swoiste substancje próchniczne stanowią związki o bardziej



Rys. 1. Podział glebowej materii organicznej wg Bednarek i in. 2005, zmodyfikowane

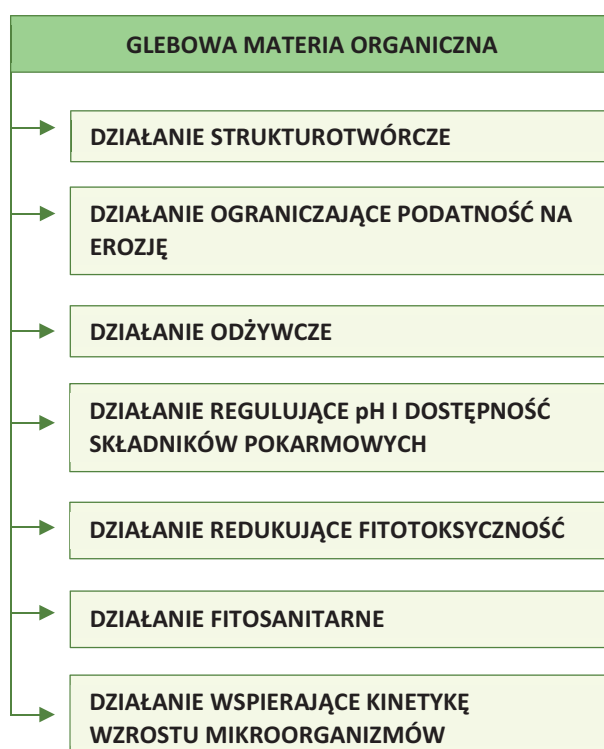
złożonej strukturze podlegające zaawansowanym procesom transformacji w kierunku humifikacji oraz łączenia tych produktów z mineralnymi komponentami gleby. Świeże i znajdujące się w różnym stadium rozkładu resztki roślinne i zwierzęce oraz biomasa mikroorganizmów tworzą tzw. prehumus, podczas gdy polidispersyjne mieszaniny organicznych związków polimerowych wchodzi w skład tzw. humusu. Substancje humusowe zawierające kwasy fulwowe, huminowe oraz huminy stanowią najbardziej reaktywną część materii organicznej ze względu na charakterystyczne właściwości tych związków oraz wysoki stopień przeobrażenia materiału wyjściowego (substratu).

Pomimo że substancje humusowe stanowią największą część materii organicznej (80–90%), to istotny wpływ na ich zawartość mają zróżnicowane warunki glebowe decydujące o intensywności oraz przebiegu procesów humifikacji i/lub mineralizacji. Humifikacja polega na rozkładzie materii organicznej, a następnie ponownej syntezy związków próchnicznych do substancji humusowych, podczas gdy mineralizacja powoduje jedynie rozkład, utlenianie i degradację MOG. Dlatego też struktura, budowa chemiczna oraz wzajemne proporcje pomiędzy poszczególnymi frakcjami ulegają w glebie nieustannym zmianom w czasie. Oszacowano, że substancje humusowe mają najdłuższy czas obiegu w glebie spośród różnych materiałów organicznych, który wynosi od ok. 20 do 1000 lat.

Akumulacja materii organicznej jest ważnym czynnikiem tworzenia się gleb oraz zróżnicowania ich morfologii. Dlatego też MOG stanowi wskaźnik, który w istotny sposób determinuje właściwości fizykochemiczne gleb (rys. 2). Związki próchniczne biorą udział w tworzeniu i wiązaniu agregatów, wpływając na objętość i kształt porów glebowych. Procesy stabilizujące strukturę gleby mają zasadnicze znaczenie w obiegu wody i powietrza w ekosystemie glebowym. Dzięki temu gleba charakteryzuje się mniejszą podatnością na zagęszczenie

oraz degradację powodowaną przez erozję wodną i wietrzną, a korzystne stosunki wodno-powietrzne i termiczne odpowiadają za powstawanie wodoodpornej struktury gleby.

Dodatkowo MOG zwiększa zasobność gleb przez większą (od 2 do 30 razy) pojemność sorpcyjną w stosunku do frakcji ilastej, przy czym zdolność ta rośnie wraz ze wzrostem ilości węgla organicznego. W glebach ciężkich i gruboziarnistych MOG zapobiega wypłukiwaniu drobnych cząstek ilastych w głąb profilu glebowego, zmniejszając tym samym zwięzłość gleb. Natomiast w glebach lekkich i drobnoziarnistych odpowiada za tworzenie struktury gruzełkowej zatrzymującej drobne frakcje ilaste w warstwie orno-próchnicznej. Jest to efekt szczególnie istotny w aspekcie obszarów użytkowanych rolniczo, ponieważ stwarza dogodne środowisko dla swobodnego wzrostu korzeni roślin, ich oddychania oraz pobierania składników mineralnych. Uprawa



Rys. 2. Wpływ MOG na właściwości gleb

Źródło: opracowanie własne

roślin o wiązkowym systemie korzeniowym zwiększa stabilizację agregatów glebowych. Gęsta sieć drobnych korzeni wywiera nacisk, który ściska przylegające do nich cząstki gleby i powoduje jednocześnie ich odwodnienie, kurczenie oraz zlepianie i w konsekwencji powstawanie wielu drobno porowatych makrocząsteczek glebowych. Dodatkowo nieswoiste związki próchniczne, tj. polisacharydy, hemicelulozy czy uronidy, tworzą na powierzchni przylegających mikroagregatów elastyczną powłokę strukturotwórczą pełniącą jednocześnie funkcję ochronną. W celu utrzymania prawidłowej struktury gleby zawartość MOG powinna wynosić od 3,2 do 4,0%.

MOG ma kluczowe znaczenie w procesie zaopatrywania roślin w składniki pokarmowe, pełniąc tym samym ważną funkcję produkcyjną. Związki próchniczne przede wszystkim zwiększają zasobność gleb w składniki pokarmowe poprzez duże zdolności sorpcyjne i właściwości buforowe. MOG stanowi istotne źródło składników odżywczych dla roślin, pozytywnie wpływając na dostępność mikro- i makroskładników (związki azotu, fosforu i siarki). Substancje humusowe charakteryzujące się dużą pojemnością sorpcyjną wynoszącą od 800 do 1000  $\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$  odpowiadają za transport składników pokarmowych w obszarze gleba-roślina. Ich obecność sprawia, że nawożenie mineralne staje się bardziej efektywne, a składniki odżywcze znacznie bardziej dostępne.

Duża zdolność sorpcyjna substancji próchnicznej reguluje stężenie jonów w roztworze glebowym. Ponadto wykazuje właściwości buforowe w zakresie słabo kwaśnym, obojętnym i zasadowym, co prowadzi do utrzymania stałego odczynu gleb. Zmiana pH gleby indukuje procesy wymiany jonowej (dysocjacja lub substytucja) zachodzące z udziałem związków próchnicznych, które wymuszają stałą regulację odczynu gleby. Dodatkowo sorpcja kationów  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$  przez związki próchniczne zapobiega ich wymywaniu z gleby. Ogólna zdolność wymiany oraz pojemność wymiany różni się

dla poszczególnych komponentów MOG, niemniej jednak ogólnie wynosi od 300 do 1200  $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ . Duża pojemność sorpcyjna związków próchnicznych wpływa na wiązanie i unieruchamianie zanieczyszczeń organicznych (pestycydy, polichlorowane bifenyle, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne) oraz metali ciężkich, ulegających depozycji w glebie. Fitotoksyczne działanie materii organicznej jest szczególnie istotne w przypadku gleb znajdujących się na obszarach o wysokiej antropopresji przemysłowej, w których ważnym czynnikiem jest konieczność ograniczenia biodostępności związków szkodliwych.

Gleby, w których MOG ma wysoką zawartość charakteryzują się większą aktywnością mikrobiologiczną, a występujące w nich mikroorganizmy są liczniejsze i bardziej ustabilizowane w swoim składzie gatunkowym. Substancje próchniczne mają pozytywny wpływ na zachodzące procesy fizjologiczne, stymulując procesy oddychania, aktywność enzymatyczną oraz fotosyntezę roślin wyższych.

Od zawartości MOG w glebie zależy także naturalna odporność gleb na zakażenie czynnikami chorobotwórczymi. Fitosanitarne działanie próchnicy polega na tworzeniu przez nią warunków sprzyjających masowemu namnażaniu się mikroorganizmów konkurencyjnych wobec wielu gatunków grzybów i bakterii chorobotwórczych dla roślin uprawnych.

## Aktualny stan w Polsce

O naturalnym zróżnicowaniu zawartości próchnicy w glebach decydują dwie grupy czynników:

- czynnik siedliskowy – determinowany przez klimat, ukształtowanie terenu, skałę macierzystą, typ gleby (skład granulometryczny i mineralogiczny) i stosunki wodno-powietrzne. Zaobserwowano wyraźne zależności pomiędzy udziałem frakcji iltu koloidalnego w składzie granulometrycznym gleby a zawartością próchnicy. Ponad-

to w rejonach o niższych temperaturach i większych opadach zawartość MOG jest większa niż w rejonach ciepłych i suchych, gdzie ulega ona szybkiej mineralizacji.

- czynnik antropogeniczny – związany przede wszystkim ze sposobem użytkowania gruntu (tzn. rolniczy, łąkowy, leśny) oraz agrotechniką roślin uprawnych. Spośród gleb użytkowanych rolniczo na ogół gleby użytków zielonych zawierają więcej materii organicznej w porównaniu z gruntami ornymi, w których równowaga procesów mineralizacji i humifikacji zależy od rodzaju i ilości stosowanych nawozów, doboru gatunków roślin w zmianowaniu oraz sposobu agrotechniki. Podstawowymi elementami agrotechniki decydującymi o tempie akumulacji i degradacji MOG są: nawozy naturalne (obornik lub gnojowica) i organiczne (słoma, nawozy zielone i komposty), dobór uprawianych roślin i płodozmian, a szczególne znaczenie ma udział roślin wieloletnich i okopowych oraz intensywność uprawy roli (głębokość i liczba mechanicznych zabiegów uprawowych).

Rozwój rolnictwa oraz wzrost jego efektywności jest ściśle związany z dostępem do wysokiej jakości gruntów. Jakość gleb w Polsce nie należy do najwyższych, dominują powierzchnie średnio urodzajne i słabe. Udział gleb lekkich, odznaczających się dużą zawartością piasku, wynosi ok. 61% powierzchni gruntów rolnych i stanowi to wartość dwukrotnie wyższą od średniej dla Unii Europejskiej (32%).

W Polsce stosunkowo dużą powierzchnię zajmują gleby nieprzydatne do efektywnej produkcji roślinnej, stanowiąc ok 10% ogólnej powierzchni gruntów rolnych. Część z tych terenów podlega procesowi ugorowania i odłogowania, co niekorzystnie wpływa na sytuację finansową ich użytkowników. Gleby słabe i zdegradowane wymagają poprawy zarówno potencjału sorpcyjnego, jak i zawartości składników pokarmowych, tak aby mogły stanowić

wartościowe podłoże dla pokrywy roślinnej. Właściwości te zależne są w sposób istotny od zasobności gleb w materię organiczną.

Gleby Polski ze względu na zawartość MOG dzieli się na słabo próchniczne (poniżej 1%), średnio próchniczne (1,01–2%), próchniczne (2,01–3%) i wysoko próchniczne (powyżej 3%). Najwyższą zawartością materii organicznej charakteryzują się gleby hydrogeniczne powstałe w siedliskach zależnych od wody, takie jak czarne ziemie i gleby torfowe. Duża wilgotność (wysoki poziom i utrudniony odpływ wód gruntowych) oraz wysoka zawartość pierwiastków zasadowych (głównie wapnia) sprzyja akumulacji materii organicznej, a tym samym wpływa na wysoką żyzność tych gleb.

Natomiast najmniejsze ilości związków próchnicznych zawierają lekkie gleby brunatne, rdzawe i bielcowe oraz płowe wytworzone z piasków, charakteryzujące się małą zawartością pierwiastków przyswajalnych, kwaśnym odczynem i słabą strukturą niegwarantującą odpowiedniego zaopatrzenia roślin w wodę i składniki pokarmowe.

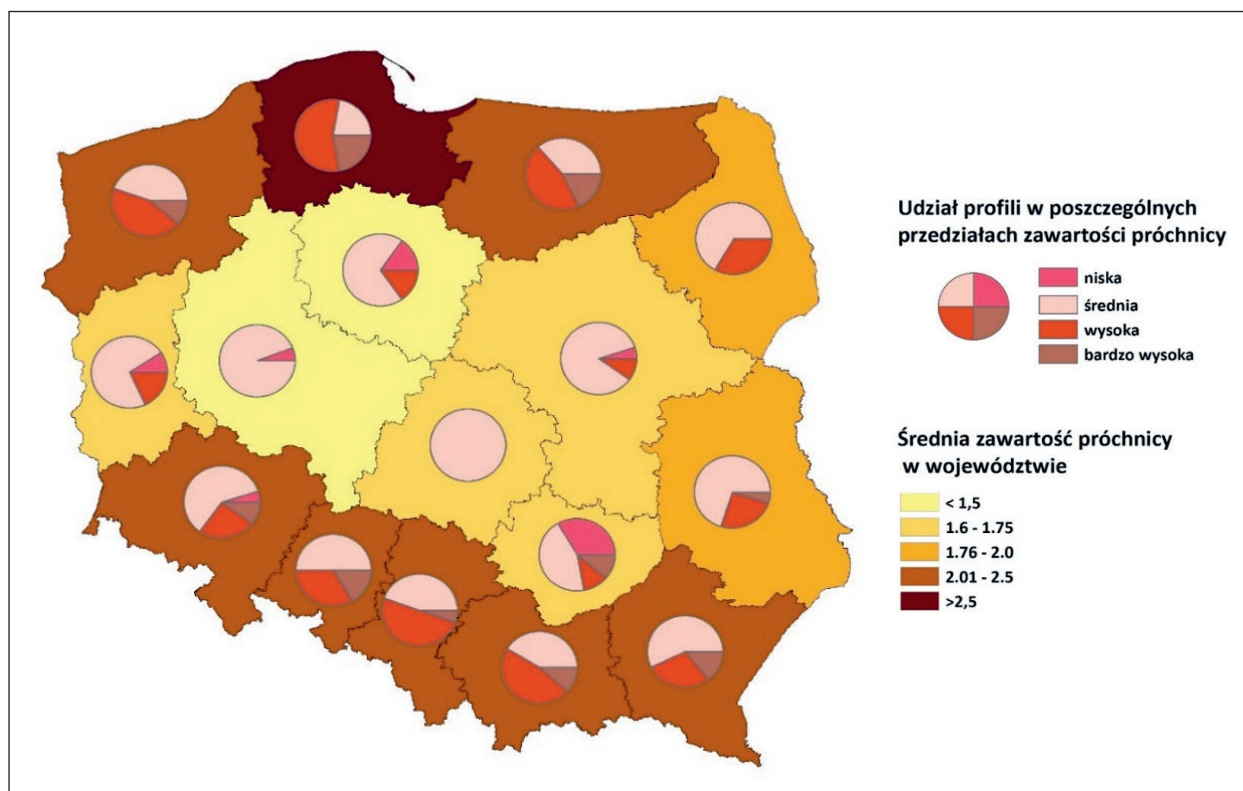
Wyniki programu Monitoring Chemizmu Gleb Ornych w Polsce przeprowadzone w latach 1995–2015 wskazują na duże przestrzenne zróżnicowanie zawartości MOG w wierzchniej (0–20 cm) warstwie gleb (tab. 1 i rys. 3). Największym udziałem gleb o niskiej i średniej zawartości próchnicy wyróżniają się województwa usytuowane w środkowym pasie kraju: lubuskie, wielkopolskie, świętokrzyskie, mazowieckie i lubelskie. Natomiast relatywnie mniej takich gleb jest w województwach położonych wzdłuż południowej i północnej granicy Polski. Przeciętna zawartość próchnicy (wyrażona za pomocą mediany) wg danych z 2015 roku, wynosi 1,68%, a zakres zawartości waha się od 0,62 do 6,62%. Gleby o niskiej zawartości próchnicy (>1%) stanowią około 4%, a o średniej (1,01–2%) około 63% badanych gleb. Natomiast gleby zawierające powyżej 2% próchnicy stanowią do 33% badanych gleb.

**Tabela. 1.** Poziom zawartości składników materii organicznej gleb Polski na przestrzeni lat 1995-2015. )

Rok	Próchnica (%)				Węgiel organiczny (%)				Stosunek C:N			
	min.	max.	śr.	med.	min.	max.	śr.	med.	min.	max.	śr.	med.
1995	0,79	5,75	1,95	1,77	0,45	3,33	1,13	1,02	6,8	21,9	11,9	11,4
2000	0,77	5,68	1,96	1,80	0,45	3,25	1,14	1,04	7,1	19,5	11,3	11,0
2005	0,72	5,46	1,90	1,67	0,42	3,17	1,09	0,97	6,9	22,7	11,6	11,5
2010	0,76	6,05	1,97	1,70	0,44	3,51	1,14	0,99	7,4	17,4	10,4	10,2
2015	0,62	6,62	1,94	1,68	0,36	3,84	1,12	0,98	4,0	15,6	9,4	9,1

*min.* – minimum, *max.* – maksimum, *śr.* – średnia, *med.* – mediana

Źródło: opracowanie własne na podstawie Monitoringu Gleb Polskich, rok 2015



**Rys. 3.** Przestrzenna zmienność zawartości w (%) materii organicznej w glebach Polski na podstawie statystyk dla województw wg danych Monitoringu Chemizmu Gleb Ornych w Polsce, rok 2015

Źródło: opracowanie własne na podstawie Monitoringu Gleb Polskich, rok 2015

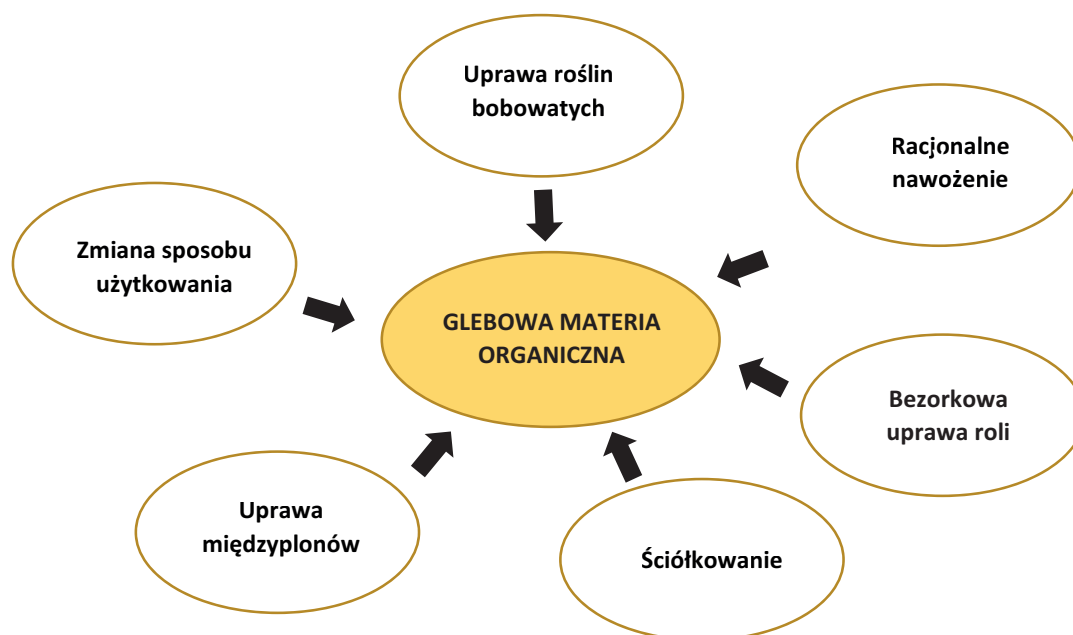
Analiza danych z Monitoringu Chemizmu Gleb Ornych w Polsce prowadzonego w latach 1995–2015 (tab. 1) wskazuje, że zawartość próchnicy wyrażona medianą utrzymuje się na względnie stałym poziomie, nie wskazując na istotne różnice, tj. 2010 (mediana = 1,70%), 2005 (mediana = 1,67%), 2000 (mediana = 1,80%) oraz 1995 (mediana = 1,77%). Dla porównania, według Europejskiej Bazy Danych o Glebach (ESD) ok. 45% gleb Europy charakteryzuje się niską (Corg = 1–2%) i bardzo niską (Corg < 1%) zawartością węgla organicznego, a jedynie 5% wykazuje wysoką (Corg > 6%) zasobność tego składnika w glebach.

## Praktyki ochronne i adaptacje do zmian klimatu

Głównym wyzwaniem dla rolnictwa wynikającym ze zmian klimatycznych jest zapewnienie bezpieczeństwa żywnościowego dla wszystkich członków społeczności w skali kraju. Postępujące ocieplenie

klimatu wpływa na redukcję MOG poprzez zagrożenia ze strony niekontrolowanych zjawisk atmosferycznych (susze, powódzie, pożary i in.) oraz postępującej urbanizacji, powodując istotne straty ekonomiczne i społeczne na obszarach wiejskich oraz terenach od nich zależnych. Niemniej jednak istnieją pewne rozwiązania z zakresu agrotechniki i organizacji produkcji na wsi zmierzające do przeciwdziałania tym zagrożeniom lub minimalizacji ich efektów.

Długoterminowe utrzymanie wysokiej zasobności gleb w MOG jest możliwe poprzez systematyczne dostarczanie świeżej materii organicznej oraz dużą aktywność biologiczną gleby. W warunkach rolniczego użytkowania gruntów zawartość MOG można regulować jedynie w niewielkim zakresie, ale nawet najmniejsze zmiany wywierają znaczący wpływ na cały kompleks właściwości gleby i rolniczą wartość. Różne podejścia są wymagane dla różnych warunków glebowych i klimatycznych. Główne działania powinny być oparte na zwiększaniu produkcji biomasy w celu budowy aktywnej mate-



Rys. 4. Wpływ praktyk rolniczych na przyrost zasobów materii organicznej w glebach.

Źródło: opracowanie własne

rii organicznej. Aktywna materia organiczna pełni funkcję siedliskową i odżywczą dla pożytecznych organizmów glebowych, które pomagają budować strukturę i porowatość gleby, dostarczają roślinom składników odżywczych i poprawiają zdolność gleby do zatrzymywania wody.

W gospodarstwie rolnym dopływ materii organicznej można regulować na wiele sposobów (rys. 4). Pozostawianie na polu roślinnych resztek poźniwnych, w tym np. słomy, uprawa poplonów i mieszanek trawiasto-bobowatych oraz stosowanie konserwującej uprawy roli. Zastosowanie tego typu zabiegów agrotechnicznych pozwala w znaczący sposób podnieść potencjał produkcyjny gleb. Najcenniejsze pod względem masy i zawartości węgla organicznego są resztki poźniwne rzepaku ozimego, bobu, lucerny w 3 i 4 roku uprawy tej rośliny, słonecznika oraz gorczycy. Uprawa roślin okrywowych jest jedną z najlepszych praktyk poprawy poziomu MOG, a tym samym jakości gleby. Rośliny okrywowe ograniczają erozję oraz spływ powierzchniowy, wprowadzają do gleby materiał roślinny w celu uzupełnienia materii organicznej, wiążą nadmiar składników odżywczych w glebie i zapobiegają ich wymywaniu. Gatunki strączkowe efektywnie wiążą N w glebie, stanowią siedlisko pożytecznych owadów i innych organizmów, chronią organizmy glebowe przed wysoką temperaturą.

W zrównoważonej gospodarce materią organiczną ważną rolę w odtwarzaniu zasobów próchnicy w glebie odgrywa nawożenie mineralne i organiczne. Niezrównoważone nawożenie, w tym głównie mineralne, może powodować większą konkurencję chwastów, częstsze występowanie szkodników skutkujące utratą wielkości i jakości plonu, które ostatecznie prowadzi do uzyskania produktu roślinnego o jakości gorszej niż oczekiwana. Dlatego też, nawozy powinny być stosowane w zoptymalizowanych dawkach i proporcjach oraz we właściwych terminach. Efektywność ich wykorzystania będzie wysoka tylko w przypadku zrów-

noważonego stosowania nawożenia organicznego. Pośród skutecznych nawozów organicznych, oprócz obornika zwierzęcego, znajdują się liczne dodatki doglebowe, tj. egzogenna materia organiczna, w tym: kompost, biohumus, odpady z przemysłu rolno-spożywczego czy pofermenty z biogazowni, które wykazują działanie polepszające żyzność oraz właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne gleby. Zawierają w większości wszystkie składniki odżywcze potrzebne roślinom do prawidłowego wzrostu i rozwoju. Jednak dostępność tego typu materiałów uzależniona jest od technologii wymagającej dużych nakładów pracy oraz odpowiednich materiałów wsadowych (substratów). Zastosowanie obornika zwierzęcego, gnojowicy lub innych odzwierzęcych odpadów bogatych w węgiel, oprócz wpływu na wzrost zawartość materii organicznej w glebie, dostarcza roślinom podstawowych składników pokarmowych, takich jak azot, fosfor i potas, które często są również uzupełniane przez nawożenie mineralne. Niemniej jednak, wybierając sposób nawożenia rośliny, uwzględnić należy jej wymagania pokarmowe, które ściśle określają rodzaj i ilość nawozu potrzebną w celu uzyskania dobrej jakości plonu w odpowiednich warunkach glebowych (rodzaj gleby, dotychczasowa zawartość składników w glebie) i klimatycznych w konkretnym płodozmianie. Wprowadzając nawozy do gleby, należy również pamiętać o odpowiednim terminie ich stosowania. Kompost możemy aplikować do gleby, z wyjątkiem okresu zimowego, przez cały rok. Najbardziej odpowiednim terminem jest okres jesienny. Nawożenie kompostem w tym terminie związane jest z jego niecałkowitą dojrzałością, co pozwala na rozkład reszty materii w minusowych temperaturach oraz wykorzystanie w pełni już dojrzałego kompostu wczesną wiosną. Drugim dogodnym terminem stosowania kompostów jest wiosna, wtedy komposty są już w pełni dojrzałe. W przypadku nawożenia obornikiem optymalnym terminem jest wiosna – na glebach lekkich, późna jesień – na glebach

ciężkich. Natomiast najlepszym terminem aplikacji obornika na użytkach zielonych jest koniec okresu wegetacyjnego roślin, czyli najczęściej późna jesień. W przypadku nawożenia mineralnego rekomendowane są miesiące od marca do listopada.

Jednym z dodatkowych sposobów poprawy stanu gleby jest ściółkowanie, które wykonuje się z wykorzystaniem materiałów umieszczanych na powierzchni gleby w celu ochrony przed degradacją gleby w wyniku erozji oraz zwiększenia zawartości MOG. Ściółkowanie resztek poźniwnych to system utrzymywania ochronnego przykrycia resztek wegetacyjnych, takich jak słoma, łodygi kukurydzy i ściernisko na powierzchni gleby. System jest szczególnie cenny tam, gdzie nie można szybko ustalić zadowalającego pokrycia roślin, gdy ryzyko erozji jest największe. Ściółkowanie zależy od stosowanych systemów uprawy roli i płodozmianu, które powinny być zintegrowane z systemem rolniczym.

**Utrzymanie zasobów materii organicznej jest ważne nie tylko ze względu na funkcję produkcyjną, siedliskową i retencyjną gleby, lecz również ze względu na rolę gleby w procesach sekwestracji węgla z atmosfery i redukcji skutków efektu cieplarnianego. Zabiegi uprawowe stosowane przez intensywne rolnictwo, zwłaszcza prowadzone w monokulturach, niszczą strukturę gleby, zwiększają jej aerację, powodując intensywną mineralizację próchnicy i uwalnianie dwutlenku węgla do atmosfery, zwiększając tym samym udział rolnictwa w całkowitym bilansie tego gazu ze wszystkich sektorów gospodarki.**

### Literatura:

1. Baldock J.A, Nelson P.N.: Soil organic matter. W: Handbook of soil science, Sumner M.E. (ed.): Taylor and Francis Group, Boca Raton London New York, 1996, B.: 25-71.
2. Bednarek R., Dziadowiec H., Pokojska U., Prusinkiewicz Z.: Badania ekotoksykologiczno-gleboznawcze. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2005: s. 21-25.
3. Duer I., Fotyma M., Madej A. (red.): Kodeks Dobrej Praktyki Rolniczej, Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, Ministerstwo Środowiska. Warszawa 2002: s. 83.
4. Kończak B.: Znaczenie materii organicznej w glebie oraz działania agrotechniczne wspomagające jej utrzymanie. Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie, oddział w Radomiu. Broszura informacyjna. 2020, ISBN: 978-83-63411-96-1.
5. Kuś J.: Glebowa materia organiczna – znaczenie, zawartość i bilansowanie. Studia i Raporty IUNG-PIB, 45 2012, (19): 27-53.
6. Mazur T.: Rolnicze i ekologiczne znaczenie glebowej substancji organicznej. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 1995, 422: 9-19.
7. Pastuszko A.: Substancja organiczna w glebach. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych, 2007, 30: 83-98.
8. Siebielec G., Smreczak B., Klimkowicz-Pawlas A., Kowalik M., Kaczyński R., Koza P., Ukalska-Jaruga A., Łysiak M.; Wójtowicz U., Poręba L.: Raport końcowy Monitoringu Chemizmu Gleb Ornych w Polsce, 2015, opracowano w IUNG-PIB na zlecenie GIOŚ.
9. Tan K.H.: Humic matter in soil and environment. Principles and controversies, wyd. CRC Press, Taylor and Francis Group, 2014, 79-104.
10. Ukalska-Jaruga A., Smreczak B., Strzelecka J.: Wpływ materii organicznej na jakość gleb użytkowanych rolniczo. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2017, 54(8): 25-39.
11. Weil R., Magdoff F.: Significance of Soil Organic Matter to Soil Quality and Health W: Soil organic matter in sustainable agriculture, Magdoff F. and Weil R. wyd. CRC Press, 2004, 1-45.



# ROZDZIAŁ 4

## Degradacja fizyczna gleb

Jacek Niedźwiecki

Zakład Gleboznawstwa Erozji i Ochrony Gruntów, IUNG-PIB

### Wstęp

Degradacja fizyczna gleb polega przede wszystkim na nadmiernym ich zagęszczeniu. Zagęszczenie gleby występuje wtedy, gdy gleba jest zagęszczana (ugniatania) ciężkim sprzętem lub udeptywana podczas wypasu zwierząt, zwłaszcza w warunkach nadmiernej wilgoci. Zagęszczenie uprawianej wierzchniej warstwy gleby można stosunkowo łatwo usunąć, stosując spulchnianie lub różne metody uprawy i nie stanowi trwałego zagrożenia dla gleby i środowiska. Zagęszczanie podłoża uważane jest za proces trudny i kosztowny do wyeliminowania. Zagęszczanie podłoża jest szczególnie niebezpieczne, ponieważ jest niewidoczne, kumuluje się i jest stosunkowo trwałe. Definiuje się ją jako zagęszczenie gleby i znaczne pogorszenie właściwości powietrzno-wodnych, co skutkuje gorszą strukturą gleby, pogorszeniem procesów biologicznych gleby i przyspieszonym spływem powierzchniowym wód. Zagęszczeniu gleby sprzyjają warunki naturalne (tekstura gleby i przebieg warunków atmosferycznych) i ma ono raczej lokalny charakter; może zaburzyć funkcję gleby, a także przyspieszyć inne procesy degradacyjne, szczególnie erozję wodną gleby.

Pogarszanie się fizycznego stanu gleb uprawnych, w wyniku ich nadmiernego zagęszczania przez stosowanie ciężkiego sprzętu rolniczego i nieodpowiednie systemy uprawy roli, jest jednym

z podstawowych problemów współczesnego rolnictwa (Czyż 2004, Lipiec i Rejman 2007, Czyż i Dexter 2009). Nadmierne zagęszczenie gleby ma ujemny wpływ na jej żyzność i aktywność biologiczną (Czyż i Gajda 2008, Wolińska 2010).

Podatność gleb na zagęszczenie w dużej mierze zależy od ich uziarnienia oraz zawartości materii organicznej. Gleby zawierające więcej cząstek ilastych są bardziej podatne na zagęszczenie. Z kolei materia organiczna obniża gęstość objętościową gleb i zwiększa odporność na zagęszczenie (Dexter 2004, Pranagal 2011).

### Skutki zagęszczenia gleb

**Nadmierne zagęszczenie gleb powoduje wiele niekorzystnych skutków w produkcji rolnej, ponieważ:**

- niszczy strukturę gruzełkową gleby,
- zmniejsza się liczba porów powietrznych w glebie,
- zmniejsza retencję wody w glebie i ilość wody dostępnej dla roślin,
- ogranicza szybkość przenikania wody w glebie,
- powoduje wzrost spływu powierzchniowego i erozję gleby,
- zwiększa straty składników odżywczych,
- ogranicza rozwój korzeni,
- powoduje niedobory składników odżywczych dla roślin,
- zmniejsza wydajność upraw (ilość i jakość plonu).

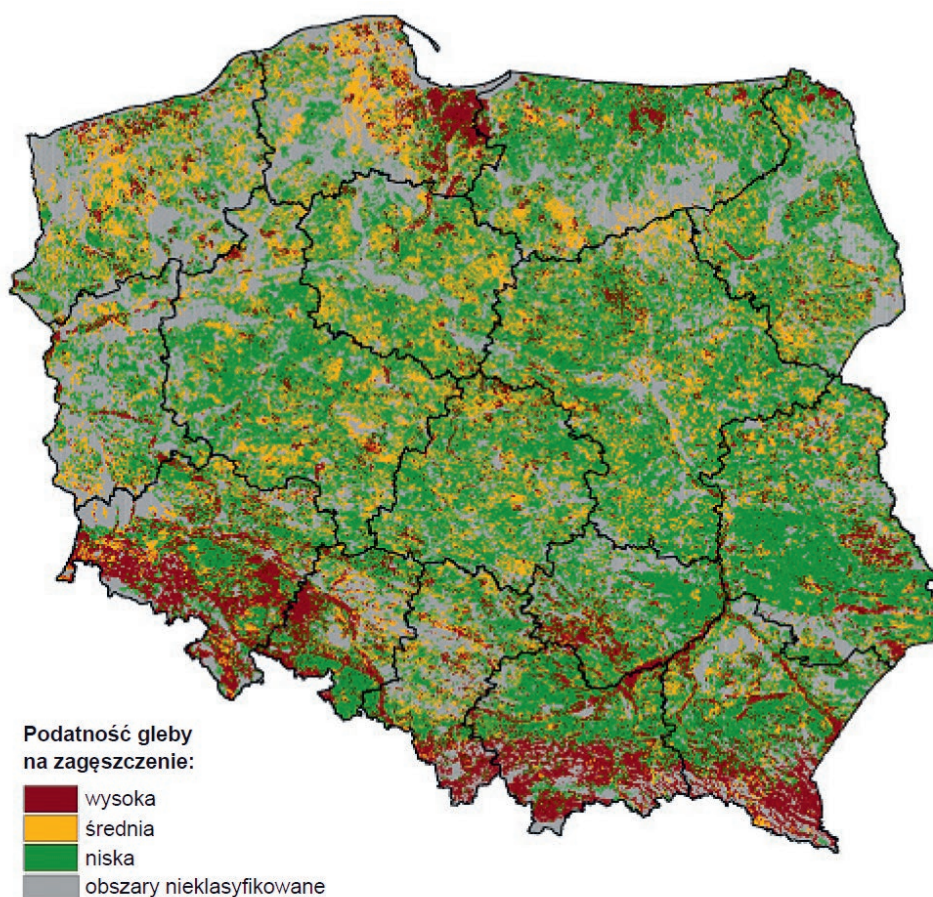
## Stan degradacji fizycznej w Polsce

Gleby o dużej podatności na zagęszczenie zajmują znacznie większy obszar naszego kraju niż dotychczas twierdzono; wynosi on 4 013 879 ha, co stanowi około 26% użytków rolnych w Polsce (rys. 1). Znacznym udziałem gleb o dużej podatności na zagęszczenie charakteryzuje się pokrywa glebowa województw: małopolskiego, podkarpackiego i dolnośląskiego. Szczególnie w tych województwach ze względu na powszechne stosowanie ciężkiego sprzętu rolniczego zagęszczenie gleb może być istotnym czynnikiem pogarszającym warunki siedliskowe na użytkach rolnych (Czyż i in. 2013).

## Zapobieganie degradacji fizycznej gleb

Wśród zalecanych działań ograniczających negatywne zjawisko nadmiernego zagęszczenia gleb najbardziej efektywne są:

- stosowanie konserwujących i uproszczonych systemów uprawy roli,
- zmniejszenie do minimum ruchu pojazdów rolniczych przy nadmiernej wilgotności gleby,
- agregatowanie maszyn i zmniejszanie liczby przejazdów,
- używanie stałych ścieżek przejazdowych,
- stosowanie prawidłowego zmianowania roślin,
- stosowanie niskiego ciśnienia powietrza w ogumieniu,



Rys. 1. Podatność gleb Polski na zagęszczenie.

Źródło: Stuczyński in. 2007

- stosowanie bliźniaczych kół ciągników i zastępowanie ciągników kołowych gąsienicowymi,
  - pogłębianie orki: należy przeprowadzać w sposób stopniowy, nie przekraczając około 1 cm rocznie, pamiętając, że zabieg ten można przeprowadzać tylko na glebach, których warstwa orna posiada właściwą zawartość próchnicy oraz optymalny stan uwilgotnienia. Nie należy pogłębiać orki na glebach bardzo lekkich i lekkich, które z reguły charakteryzują się małą zawartością substancji organicznej.
6. Wolińska A.: Aktywność dehydrogenazowa mikroorganizmów glebowych i dostępność tlenu w procesie reoksydacji wybranych mineralnych gleb Polski. Acta Agroph. Rozprawy i Monografie, 2010, **180**: 1-88.
  7. Stuczyński T., Kozyra J., Łopatka A., Siebielec G., Jadczyński J., Koza P., Doroszewski A., Wawer R., Nowocień E.: Przyrodnicze uwarunkowania produkcji rolniczej w Polsce. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2007, 7: 77-115.

**W praktyce należy kierować się zasadą „zabiegów uprawowych stosuje się tak dużo, jak to jest konieczne, aby stworzyć roślinom korzystne warunki wzrostu i rozwoju, a jednocześnie tak mało, jak to jest możliwe”.**

## Literatura:

1. Czyż E.A., Dexter A.R.: Soil physical properties as affected by traditional, reduced and no-tillage for winter wheat. Int. Agroph., 2009, 23(4): 319-326.
2. Czyż E.A., Gajda A.M.: Zmiany parametrów jakości i żyzności gleby brunatnej właściwej pod wpływem stosowania konserwujących systemów uprawy roli. Mat. Międzynarodowej Konferencji Naukowej nt. „Nowe trendy w agrofizyce”, Lublin, 10–11.06.2008, Wyd. Nauk. FRNA Lublin, 2008, ss. 58-59.
3. Czyż E.A., Łopatka A., Dexter A.R., Łysiak M., Stanek-Tarkowska J.: Podatność gleb na zagęszczenie. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2013, 35(9): 57-95.
4. Czyż E.A.: Effects of traffic on soil aeration, bulk density and growth of spring barley. Soil Till. Res., 2004, 79(2): 153-166.
5. Lipiec J., Rejman J.: Gleba pod kołami. Academia, 2007, 3(11): 38-39.



# ROZDZIAŁ 5

## Zakwaszenie gleb

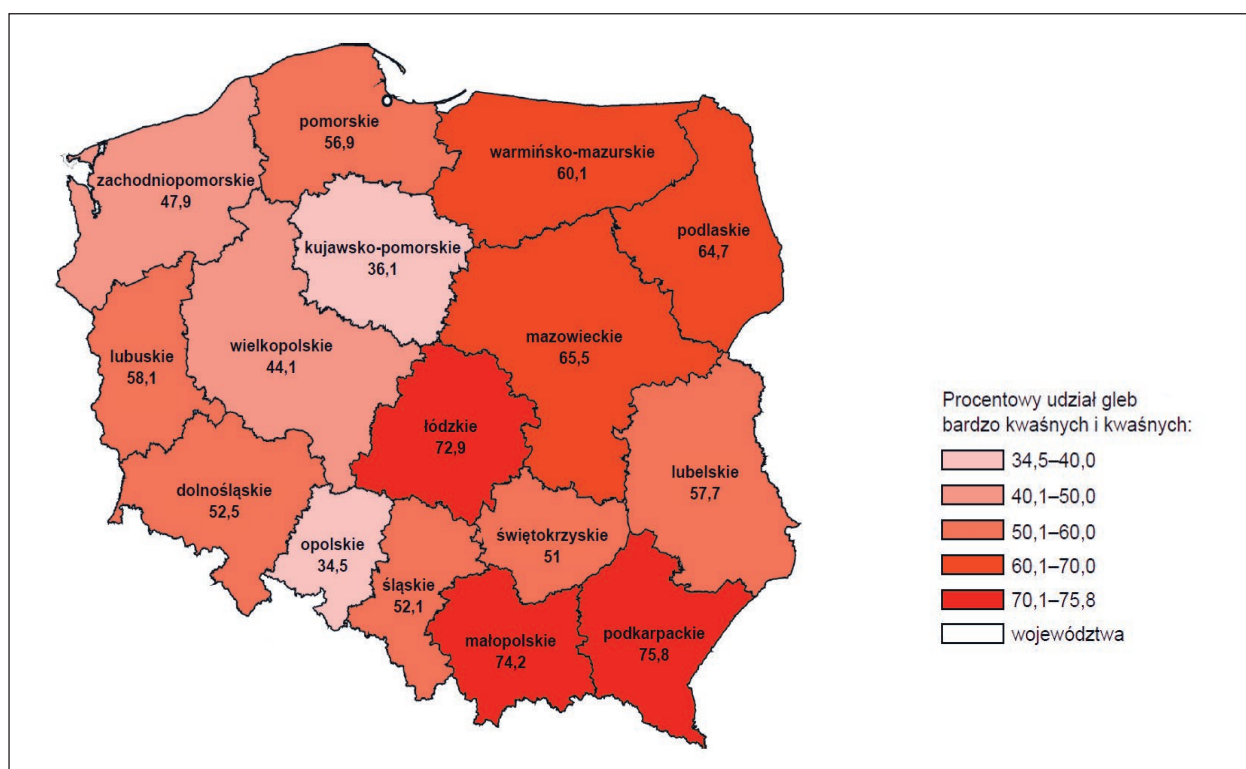
Jacek Niedźwiecki

Zakład Gleboznawstwa Erozji i Ochrony Gruntów, IUNG-PIB

### Wstęp

Odczyn gleby, którego miarą jest wartość pH, to jeden z najważniejszych czynników wpływających na przyswajalność składników pokarmowych przez rośliny oraz rozwój flory i fauny glebowej w ekosystemach glebowych.

Jednym z poważniejszych problemów z jakimi muszą zmagać się rolnicy w Polsce jest zakwaszenie gleb (rys. 1). Jest to jeden z głównych czynników limitujących produkcję roślinną (Filipek 2001, Lipiński 2005). Do zakwaszania gleb Polski przyczynia się polodowcowy charakter większości pokrywy glebowej naszego kraju. Obszar Polski w ponad 90% zaj-



Rys. 1. Udział gleb bardzo kwaśnych i kwaśnych (%)

Źródło: Ochal i in. 2017

mowany jest przez gleby wytworzone z kwaśnych okruchowych luźnych skał osadowych przytransportowanych przez lodowce z terenów Skandynawii.

W związku z tym większość naszych gleb z natury jest silnie lub umiarkowanie zakwaszona (Filipek i Skowrońska 2013). Najliczniejszą grupę gleb kwaśnych stanowią gleby bielicoziemne i brunatnoziemne, należące do typu gleb bielcowych i rdzawych, brunatnych kwaśnych i wyługowanych oraz gleby płowe.

Przyrodnicze przyczyny zakwaszenia gleb zachodzą stale, ale stają się groźne dla agroekosystemów, gdy zostaną wsparte czynnikami antropogenicznymi, np. nadmiernym nawożeniem azotowym. Zakwaszenie gleb powoduje szereg ujemnych skutków polegających na zmniejszeniu produktywności i żyzności gleby, ograniczeniu dostępności mineralnych składników pokarmowych dla roślin oraz na obniżeniu zdolności buforowych i odporności gleby na procesy prowadzące ostatecznie do ich degradacji (Boguszewski 1980, Ochal 2014). Za główne przyczyny antropogenicznego zakwaszenia uznaje się nawożenie nawozami azotowymi oraz emisje kwasotwórczych zanieczyszczeń powietrza  $SO_2$ ,  $NO_x$  i  $NH_3$ , które opadają na gleby w postaci suchego bądź mokrego depozytu – „kwaśnych deszczów” (Filipek 2005, Filipek i in. 2006, Filipek i Skowrońska 2013).

### **Negatywne skutki zakwaszenia gleb to:**

- toksyczność glinu, manganu i wodoru dla roślin,
- wymywanie kationów zasadowych,
- zwiększenie dostępności metali w glebach zanieczyszczonych,
- obniżenie aktywności mikrobiologicznej,
- deficyty Ca, Mg i P u roślin,
- pogorszenie struktury gleby.

## **Potrzeby wapnowania**

Bazy danych IUNG-PIB w Puławach obrazują, że około 32,5% przebadanych próbek gleb charakteryzuje się potrzebami wapnowania koniecznymi,

17,2% – potrzebnymi, 13,4% – wskazanymi, 12% – ograniczonymi, a 25% – zbędnymi. Największymi potrzebami wapnowania koniecznymi i potrzebnymi odznaczają się województwa: małopolskie – 77,5%, podkarpackie – 73,4% i łódzkie – 59,7%, natomiast dolnośląskie, mazowieckie, śląskie, podlaskie, lubelskie i warmińsko-mazurskie – od 54,2 do 50,9%. Najmniejszymi potrzebami wapnowania charakteryzuje się województwo kujawsko-pomorskie – 26,5%. Średnio w Polsce według badań IUNG-PIB około 49,7% przebadanych próbek gleb wymaga wapnowania koniecznego i potrzebnego; w porównaniu z danymi Krajowej Stacji Chemiczno-Rolniczej z lat 2012–2015 potrzeby te są wyższe o 15,7% (Ochal i in. 2017). Polepszenie dostępności składników pokarmowych, którą uzyskujemy w związku z poprawą odczynu nie powinno skłaniać nas do automatycznego ograniczenia stosowania nawozów mineralnych, jeżeli nie znamy zasobności gleby. W przypadku nawozów fosforowych i potasowych dawki te można zmniejszyć o 25 i 50%, jeżeli ich zasobność określono odpowiednio jako wysoką i bardzo wysoką. Dlatego niezwykle istotne jest regularne badanie próbek glebowych i korzystanie z zaleceń nawozowych, co może przyczynić się do zwiększenia efektywności plonotwórczej pierwiastków oraz ograniczyć presję rolnictwa na środowisko.

Oszacowane sumaryczne zapotrzebowanie rolnictwa w Polsce na wapno wynosi około 31,0 mln ton CaO (około 62 mln ton w masie nawozów), w tym dla gleb bardzo kwaśnych o pH poniżej 5,1 – około 18,5 mln ton CaO (ok. 37 mln ton w masie). Zapotrzebowanie to powinno być zrealizowane w przeciągu najbliższych 4–6 lat (Ochal in. 2017). Gleba stanowi dobro ogólnonarodowe i jest zasobem, w tym przypadku, odnawialnym, jednak pod warunkiem należytego użytkowania. Jednym z niezbędnych działań jest wapnowanie. Nawozy wapniowe mogą pochodzić z bardzo dobrych i bogatych krajowych złóż. Zwiększenie ich eksploatacji nie sta-

nowi większego problemu technicznego (Ochal i in. 2017).

## Przeciwdziałanie zakwaszeniu gleb

W celu utrzymania właściwego odczynu gleby należy stosować się do poniższych zasad:

- regularnie, najlepiej raz w roku badać odczyn (pH) gleby w warstwie ornej,
- decyzję dotyczącą potrzeby wapnowania gleb podejmować na podstawie pomiaru pH gleby,
- wyznaczać optymalną dawkę wapna potrzebną do uregulowania odczynu gleby,
- wapnowanie gleby wykonywać w optymalnym terminie,
- wybierać odpowiednie wapno nawozowe (wapno węglanowe wapniowe i wapniowo-magnezowe, dolomitowe, wapno tlenkowe, substancje odpadowe zawierające wapń).

Wapna tlenkowe szybko podnoszą pH, dlatego nie są zalecane na gleby lekkie i bardzo lekkie. Zbyt gwałtowne podniesienie odczynu gleb może negatywnie wpłynąć na poziom plonowania, a także na bioróżnorodność mikroorganizmów glebowych. Bezpieczniejsze w stosowaniu są wapna wapniowe, wapniowo-magnezowe i dolomitowe.

## Literatura:

1. Boguszewski W.: Wapnowanie gleb. PWRiL, Warszawa 1980, ss. 176.
2. Filipek T., Fotyma M., Lipiński W.: Stan, przyczyny i skutki zakwaszenia gleb ornych w Polsce. Nawozy i Nawożenie, 2006, 27: 7-38.
3. Filipek T., Skowrońska M.: Aktualnie dominujące przyczyny oraz skutki zakwaszenia gleb użytkowanych rolniczo w Polsce. Acta Agroph., 2013, 20(2): 283-294.
4. Filipek T.: Dynamika antropogenicznych przyczyn zakwaszenia gleb w Polsce w ostatnich latach. Nawozy i Nawożenie, 2005, 23: 67-83.
5. Lipiński W.: Odczyn gleb Polski. Nawozy i Nawożenie, 2005, 23: 33-40.
6. Ochal P., Jadczyzsyn T., Jurga B., Kopiński J., Matyka M., Madej A., Rutkowska A., Smreczak B., Łysiak M.: Środowiskowe aspekty zakwaszenia gleb w Polsce. Raport Techniczny na zlecenie Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi, IUNG-PIB w Puławach, 2017, s. 43.
7. Ochal P.: Wapnowanie podstawowym elementem dobrych praktyk rolniczych. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2014, 37(11): 9-18.





# ROZDZIAŁ 6

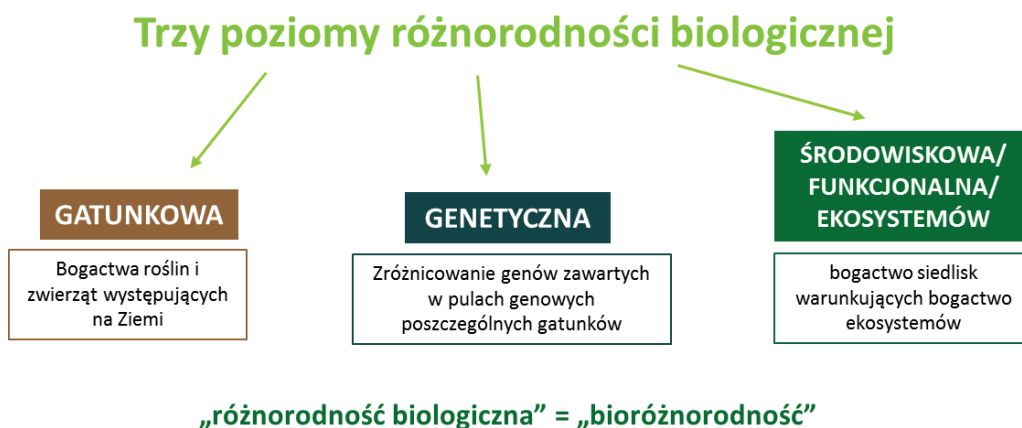
## Bioróżnorodność mikroorganizmów glebowych

Anna Gałązka  
Zakład Mikrobiologii Rolniczej, IUNG-PIB

### Definicja bioróżnorodności

Termin „różnorodność biologiczna” (*biological diversity*) został wprowadzony po raz pierwszy do literatury przez amerykańskiego biologa R.F. Dasmanna w latach sześćdziesiątych ubiegłego wieku. W roku 1982 B.A. Wilcox zaproponował definicję „biologicznej różnorodności”, przyjmując, iż jest to różnorodność form życia na wszystkich poziomach biologicznych układów (Kozłowski 2004). Dwa lata później skrót terminu „różnorodność biologiczna”, czyli „bioróżnorodność” (biodiversity) został wprowadzony przez W.G. Rosena podczas krajowego

forum na rzecz bioróżnorodności USA w Waszyngtonie. Niemniej jednak najczęściej funkcjonującą definicją bioróżnorodności w literaturze jest termin zdefiniowany podczas Szczytu Ziemi ONZ w Rio de Janeiro w roku 1992, gdzie różnorodność biologiczną podano jako zmienność żywych organizmów zamieszkujących wszystkie środowiska, łącznie z m.in. lądowymi, morskimi i innymi wodnymi oraz zmienności systemów ekologicznych, których częścią są te organizmy, przy czym tak ujęta zmienność obejmuje różnorodność wewnątrzgatunkową, międzygatunkową i różnorodność ekosystemów (Konwencja o różnorodności biologicznej – CBD ONZ).



Rys. 1. Poziomy bioróżnorodności.

Źródło: opracowanie własne

Bioróżnorodność możemy rozpatrywać na trzech podstawowych poziomach, jako: **różnorodność genetyczną** związaną z wymianą genów; **różnorodność gatunkową** odnoszącą się do bogactwa i zróżnicowania gatunkowego oraz **różnorodność ekosystemową**, którą stanowi różnorodność ekosystemów w środowisku glebowym, również w zależności od różnych typów gleb, ich składu granulometrycznego czy uprawianej rośliny (Kozłowski 2004, Komisja Europejska).

Najczęściej w ocenie bioróżnorodności środowiska glebowego stosowany jest poziom gatunkowy i genetyczny. Natomiast różnorodność funkcjonalna (różnorodność ekosystemów) to ocena zarówno liczby, jak i funkcji mikroorganizmów w danym środowisku (ocena grup funkcjonalnych, czyli bogactwa funkcjonalnego i względnej ich liczebności, czyli jednorodności funkcjonalnej) (rys. 1).

### Znaczenie bioróżnorodności

Znaczenie bioróżnorodności jest bardzo ważne zarówno w glebie, jak i w ochronie roślin. Różnorodność mikroorganizmów składających się na mikrobiom roślin odgrywa kluczową rolę zarówno w utrzymaniu zdrowia roślin, jak i zdrowotności ekosystemu (Błaszczak 2007). Mikroorganizmy mogą znacząco wpłynąć na zdrowotność roślin uprawnych poprzez wydzielanie hormonów i antybiotyków, które skutecznie hamują rozwój patogenów (Grzegorzczak i in. 2015, Woźniak i in. 2019). Zachowanie bioróżnorodności jest niezwykle ważne w środowisku glebowym ze względu na to, że to mikroorganizmy wspierają produkcję żywności i biomasy, a ich bogactwo gatunkowe zapewnia stabilność ekologiczną ekosystemów i adaptację do warunków stresowych. Cały szereg czynników biotycznych (człowiek, zwierzęta, rośliny, makro-, mezo- i mikrofauna) i abiotycznych (klimat, rzeźba terenu, skała macierzysta, wody powierzchniowe i podziemne) wpływa na poziom bioróżnorodności w glebie.

Bioróżnorodność mikroorganizmów jest złożona, gdyż mikroorganizmy mogą ze sobą konkrować, jedne mogą hamować rozwój innych, ale także mogą współpracować ze sobą lub innymi organizmami. Mikroorganizmy występują bardzo licznie w glebie, jednakże poziom ich obfitości i różnorodności jest odmienny w poszczególnych glebach (Nannipieri i in. 2003, Badura 2004).

Bakterie i grzyby, tworząc wielogatunkowe zbiorowiska, wytwarzają sieć zależności między poszczególnymi grupami fizjologicznymi, wpływają m.in. na zdrowotność i produktywność roślin, strukturę gleby oraz funkcjonowanie ekosystemów (Klimek i in. 2010). Zwiększona liczebność mikroorganizmów, większa aktywność enzymatyczna oraz bioróżnorodność mikrobiologiczna gleb są czułym wskaźnikiem decydującym o prawidłowym układzie całego kompleksu właściwości glebowych stanowiących o jej żyzności i urodzajności (Gałązka i in. 2016). Mikroorganizmy pełnią wiele ważnych funkcji w procesach zachodzących w środowisku glebowym. Są zaangażowane w rozkład materii organicznej, dostarczanie azotu, detoksykację szkodliwych substancji organicznych, zwalczanie organizmów chorobotwórczych i wytwarzanie związków, które mogą stymulować wzrost roślin (Wolińska 2010, Król 2013, Łyszcz i Gałązka 2016). Udział mikroorganizmów w kształtowaniu i poprawie struktury gleby polega głównie na wytwarzaniu metabolitów i szeregu substancji czynnych (Woźniak i Gałązka 2019). Substancje aktywne wytwarzane przez mikroorganizmy sklejały niewielkie gruzełki gleby w większe agregaty, które stwarzają lepsze warunki fizyczne do rozwoju bakterii tlenowych i korzeni roślin. W ten sposób stabilizują glebę, przeciwdziałają erozji, zwiększają przewietrzenie gleby i jej drenaż, zatrzymują wodę i zabezpieczają glebę przed wysychaniem, zwiększają zawartość rozpuszczalnych w wodzie związków organicznych i mineralnych oraz polepszają żyzność gleby. W glebach żyznych, o większej zawartości ilu, większej objętości małych

porów oraz wyższym pH zaznacza się intensywny rozwój mikroorganizmów, natomiast w glebach mniej żyznych, lżejszych i kwaśnych gleby są lepszym środowiskiem do rozwoju grzybów (Błaszczuk 2007, Frąc i in. 2015).

Ponadto mikroorganizmy tworzą układy symbiotyczne z roślinami, przez co pozytywnie wpływają na ich wzrost i rozwój (Martyniuk i Oroń 2007, Paśmionka 2017). Dobrze znanym przykładem takiej symbiozy jest relacja między roślinami bobowatymi a bakteriami z rodzaju *Rhizobium* (Stasiak i in. 2016). W wyniku tej symbiozy bakterie otrzymują substancje odżywcze w postaci związków węgla oraz bezpieczne siedlisko, z kolei roślina ma zapewniony niezbędny do wzrostu azot. Innym znanym przykładem symbiozy jest relacja grzybów mykoryzowych z korzeniami roślin. Roślina dostarcza związków węgla wytwarzanych w drodze fotosyntezy, natomiast strzępki grzyba pobierają z gleby związany fosfor i udostępniają go roślinie (Błaszczuk 2007).

Kolejną bardzo ważną funkcją mikroorganizmów w zachowaniu jakości gleb jest ich zdolność do rozkładania substancji toksycznych i pestycydów, co jest szczególnie ważne w środowisku rolniczym (Badura 2004). Utrzymanie dużej różnorodności biologicznej gleb jest kluczowym krokiem także w kierunku pozyskiwania nowych mikroorganizmów o ważnych cechach biotechnologicznych.

## Wpływ zabiegów rolniczych na bioróżnorodność gleb

Utrzymanie w glebie dużej aktywności biologicznej i bioróżnorodności jest niezwykle ważne w celu lepszego udostępnienia roślinom składników pokarmowych i stworzenia im odpowiednich warunków do wzrostu i rozwoju. Zmiany zachodzące w środowisku, w tym użytkowanie rolnicze, mogą w znaczący sposób zmieniać aktywność biologiczną i bio-

różnorodność gleb (Domagała-Świątkiewicz 2005, Gałązka i in. 2015). Gleby rolnicze należą do jednych z najbardziej przekształconych ekosystemów, a funkcje pełnione przez zasiedlające je mikroorganizmy bywają niekiedy zakłócone właśnie poprzez nieprawidłowe stosowanie zabiegów agrotechnicznych. Na bioróżnorodność środowiska glebowego ma wpływ wiele czynników, do których można zaliczyć między innymi stosowanie różnych systemów uprawy roli, w tym uprawy zerowej, międzyplonów, zmianowania, roślin okrywowych, a także aplikację obornika, kompostów czy innych rodzajów eozogennej materii organicznej. Negatywne skutki intensyfikacji produkcji roślinnej prowadzonej metodami konwencjonalnymi doprowadzają często do wyjałowienia i zakwaszenia gleb, a w konsekwencji do degradacji środowiska (Filipek i Skowrońska 2013, Ochal i in. 2017).

W wyniku stosowania intensywnych metod uprawy w wielu rejonach kraju następuje zmniejszenie żyzności gleb charakteryzujące się m.in. ograniczeniem bioróżnorodności, nagromadzeniem w glebach mikroorganizmów szkodliwych i patogenów roślin oraz pestycydów i ich pochodnych. Można przypuszczać, że zjawiska te będą się nasilały wskutek zmian klimatycznych, tj. wzrostu temperatury i zmniejszania opadów w okresie wegetacji.

Nadmierna eksploatacja, chemizacja i nieprawidłowe zabiegi agrotechniczne działają niekorzystnie na życie biologiczne w glebie, co skutkuje degradacją warstwy próchnicznej, pogorszeniem struktury gleby i zaburzeniem jej podstawowych funkcji (Tomkowiak i in. 2017).

Zabiegi agrotechniczne mają duży wpływ na liczbę, aktywność oraz bioróżnorodność mikroorganizmów glebowych. Prawidłowo przeprowadzone wpływają na poprawę żyzności gleby. Jednak błędy popełniane w ich wykonaniu, stosowanie nieracjonalnego nawożenia lub zbyt intensywne używanie chemicznych środków ochrony roślin, mogą spowodować zaburzenia w funkcjonowaniu całych ekosys-

temów (Fotyma 1987, Smagacz 2000, Kodeks Dobrej Praktyki Rolniczej 2002, Księżak i in. 2018).

Czynnikiem silnie modyfikującym rozwój mikroorganizmów glebowych jest sposób uprawy roli, który różnicuje właściwości mikrobiologiczne gleby (Gałązka i in. 2017, Księżak i in. 2018). Stosowanie głębokiej orki – poprzez straty wody, dekompozycję składników pokarmowych, przemieszczanie materii organicznej w głębsze warstwy profilu glebowego – może zaburzyć równowagę fizjologiczną mikroorganizmów w niszach ekologicznych, przyczyniając się do zmniejszenia ich liczebności i aktywności w glebie. Sytuacja ta wymusza ciągłe poszukiwanie nowych technik uprawy roli, które sprzyjają ochronie gleby i jej bioróżnorodności. Intensywna produkcja rolnicza, która często wiąże się z nadużywaniem nawozów mineralnych, jak i środków ochrony roślin, może prowadzić do negatywnych konsekwencji środowiskowych (Smagacz 2000, Tomkowiak i in. 2017). Także uprawa roślin w monokulturze prowadzi do zubożenia gatunkowego oraz zdominowania środowiska przez pojedyncze gatunki mikroorganizmów, często przez patogeny roślin (Księżak i in. 2018). Coraz więcej danych naukowych potwierdza, że niezrównoważona i intensywna działalność rolnicza przyczynia się do obniżenia aktywności biologicznej gleby oraz ograniczenia bioróżnorodności organizmów glebowych. Zachodzące w ten sposób zmiany w składzie strukturalnym i funkcjonalnym mikroorganizmów glebowych mogą prowadzić do poważnych konsekwencji środowiskowych np. zaburzyć obieg pierwiastków czy dekompozycję materii organicznej.

### Jak dbać o utrzymanie bioróżnorodności gleb?

Aby utrzymać żyzność i produktywność gleby należy chronić nie tylko to, co na jej powierzchni, ale także jej głębsze warstwy, w których dominują mikroor-

ganizmy. Gleba jest niezwykle kompleksowym układem, w którym wiele czynników środowiskowych i antropogenicznych wpływa na liczebność oraz funkcjonowanie mikroorganizmów. Zatem wszelkie działania rolnicze powinny być wykonywane tak, aby nie zaburzyć tych procesów, a w miarę możliwości utrzymać wysoką aktywność biologiczną gleb. Rolnicy mogą odegrać kluczową rolę w ochronie różnorodności biologicznej gleby poprzez narzędzia i techniki, jakie wybierają w swojej pracy. Zagrożenia utraty bioróżnorodności stanowią znaczny problem ostatnich lat. Wśród zagrożeń wymienia się najczęściej zmiany klimatu, erozję gleb, zubożenie zasobów glebowej materii organicznej, intensyfikację rolnictwa czy zmiany użytkowania gruntów. Główne działania mające na celu poprawę aktywności i bioróżnorodności środowiska glebowego powinny być skupione na:

- **utrzymaniu wysokiej zawartości materii organicznej w glebie** poprzez racjonalne stosowanie nawozów naturalnych i organicznych.
- **stosowaniu w sposób zrównoważony nawozów mineralnych i pestycydów**. Należy odpowiednio dobierać czas aplikacji do warunków klimatycznych oraz fazy rozwoju rośliny. Nie należy przekraczać zalecanych dawek i norm oraz wybierać środki chemiczne o niskiej toksyczności.
- **utrzymaniu naturalnego odczynu gleby**, w tym celu należy stosować wapnowanie, co nie tylko poprawia właściwości fizyczne gleby, ale stwarza lepsze warunki siedliskowe dla większości mikroorganizmów.
- **stosowaniu biopreparatów i nawozów wzbogaconych mikrobiologicznie**, które wspomagają rodzimą florę bakteryjną gleby. Poprawę jakości gleb można uzyskać, m.in. indukując zmiany w populacjach mikroorganizmów. Ich bogactwo gatunkowe, wielkość populacji, aktywność w rozkładzie materii organicznej i uruchamianiu nieprzyswajalnych form pierwiastków są niezbędne w utrzymaniu właściwej jakości gleb

stwarzających optymalne warunki do wzrostu i rozwoju roślin.

- **stosowaniu wieloletniego, zróżnicowanego płodozmianu**, co przyczynia się do ograniczenia zachwaszczenia oraz występowania chorób i szkodników, pozwala na utrzymanie jakości gleby i zapewnia dostęp składników pokarmowych. Różnorodność gatunkowa roślin sprzyja aktywności biologicznej gleby oraz jej bioróżnorodności.
- **stosowaniu międzyplonów, resztek poźniwnych**. Do zabiegów zwiększających aktywność biologiczną gleb należy także stosowanie międzyplonów, resztek poźniwnych. Wysiewanie poplonów w celu okrycia powierzchni gleby po zbiorach stanowi nie tylko podstawę pasz dla zwierząt, ale jest również istotne z punktu widzenia ochrony gleby, gdyż zapobiega jej erozji i wymywaniu składników pokarmowych, a tym samym zwiększa bioróżnorodność gleb.
- **zakładaniu zadrzewień śródpolnych** – pełnią one bardzo istotną funkcję na rzecz bioróżnorodności, ale także przyczyniają się do zapobiegania erozji gleby i utracie składników pokarmowych.
- **wdrażaniu uproszczeń w zabiegach agrotechnicznych**. Liczne badania wskazują także na korzystny wpływ uprawy uproszczonej (bezorkowej) na aktywność enzymatyczną gleby, gdzie struktura gleby zostaje jedynie nieznacznie naruszona, dzięki czemu nie powstają zbyt duże straty w funkcjonowaniu ekosystemu, przy czym w głąb dostaje się znaczna ilość tlenu. Dostępność tlenu wpływa pozytywnie na aktywność enzymatyczną, jak i na biomasę mikroorganizmów glebowych. Takie zasady wprowadza rolnictwo zrównoważone, którego założenia sprzyjają zachowaniu naturalnego środowiska oraz wzrostowi produkcji bez ingerencji w naturalne zasoby środowiska przyrodniczego i które bazuje na wspieraniu naturalnych procesów biologicznych bez naruszania procesów odtwarzających życie biocenozy i naturalną strukturę gleby.

## Literatura

1. Badura L.: Czy znamy wszystkie uwarunkowania funkcji mikroorganizmów w ekosystemach lądowych. Kosmos. Probl. Nauk Biol., 2004, 53: 373-379.
2. Błaszczak M.: Mikroorganizmy w ochronie środowiska. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 2007, ss. 196
3. Domagała-Świątkiewicz I.: Wpływ działalności rolniczej na środowisko naturalne. Wydział Ogrodniczy AR w Krakowie, Katedra Uprawy Roli i Nawożenia Roślin, 2005.
4. Filipek T., Skowrońska M.: Aktualnie dominujące przyczyny oraz skutki zakwaszenia gleb użytkowanych rolniczo w Polsce. Acta Agroph., 2013, 20(2): 283-294.
5. Fotyma M., Mercik S., Faber A.: Chemiczne podstawy żyzności gleby i nawożenia. PWRiL, Warszawa, 1987.
6. Frąc M., Gryta A., Oszust K., Śarapatka B., Bilińska-Wielgus N., Brzezińska M., Čáp L., Poláková P., Mały S.: Wpływ egzogennej materii organicznej (EOM) na różnorodność funkcjonalną i genetyczną mikroorganizmów. W: Badania egzogennej materii organicznej w celu bezpiecznego stosowania do gleby. S. Mały, G. Siebielec (red.). 2015, ss. 81-103.
7. Gałązka A., Gawryjołek K., Grządziel J., Księżak J.: Effect of different agricultural management practices on soil biological parameters including glomalin fraction. Plant Soil and Environment, Vol. 63, No. 7: 300–306; doi: 10.17221/207/2017-PSE.
8. Gałązka A., Łyszcz M., Abramczyk B., Furtak K., Grządziel J., Czaban J., Pikulicka A.: Bioróżnorodność środowiska glebowego – Przegląd parametrów i metod w analizach różnorodności biologicznej gleby. Monografie i Rozprawy Naukowe, IUNG-PIB Puławy, 2016, 49, ISBN 978-83-7562-246-1.

9. Grzegorzczak M., Szalewicz A., Żarowska B., Polomska K., Wątopek W., Wojtatowicz M.: Drobnoustroje w biologicznej ochronie roślin przed chorobami grzybowymi. *Acta Sci. Pol., Biotechnologia*, 2015, 14: 19-42.
10. Klimek B., Stefanowicz A.M., Woch M.W., Jaźwa M.: Czy istnieje związek między bioróżnorodnością roślin i mikroorganizmów glebowych? *Kosmos*, 2010, 59: 589-598.
11. Duer I., Fotyma M., Madej A. (red.): *Kodeks Dobrej Praktyki Rolniczej*. Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, Ministerstwo Środowiska. Warszawa 2002: s. 83.
12. Komisja Europejska, *Fabryka życia*. Dlaczego różnorodność biologiczna gleby jest tak istotna. Luksemburg, 2010, s. 1-24.
13. Książak J., Bojarszczuk J., Gałązka A., Niedźwiecki J., Gawryjołek K., Lenc L., Jeske M., Czyż E., Król M.: Badania nad wpływem sposobów przygotowania roli do siewu kukurydzy (*Zea mays L.*) w wieloletniej monokulturze i zmianowaniu. *Monografie i Rozprawy Naukowe*, IUNG-PIB Puławy, 2018, 58: 1-120; ISBN 978-83-7562-285-0.
14. Kozłowski S.: Ochrona różnorodności biologicznej i georóżnorodności, jako element zrównoważonego rozwoju Europy. *Zeszyty Naukowe PAN*, 2004, 38: 13-34.
15. Łyszcz M., Gałązka A.: Proces biologicznego wiązania azotu atmosferycznego. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2016, 49: 59-70.
16. Martyniuk S., Oroń J.: Bioróżnorodność mikrobiologiczna gleb na przykładzie bakterii wiążących azot atmosferyczny – oddziaływanie wybranych zabiegów agrotechnicznych. *Fragm. Agron.*, 2007, 24(4): 18-23.
17. Nannipieri P., Ascher J., Ceccherini M.T., Landi L., Pietramellara G., Renella G.: Microbial diversity and soil functions. *Eu. J. Soil Sci.*, 2003, 54: 655-670.
18. Ochal P., Jadczyzyn T., Jurga B., Kopiński J., Matyka M., Madej A., Rutkowska A., Smreczak B., Łysiak M.: Środowiskowe aspekty zakwaszenia gleb w Polsce. *Wyd. IUNG-PIB, Puławy* 2017, ss. 43.
19. Paśmionka I.: Mikrobiologiczne przemiany azotu glebowego. *Kosmos*, 2017, 66(2): 185-192.
20. Smagacz J.: Rola zmianowania w rolnictwie zrównoważonym. *Pamiętnik Puławski*, 2000 120: 411-414
21. Stasiak G., Mazur A., Koper P., Żebracki K., Skorupska A.: Symbioza rizobiów z roślinami bobowatymi (Fabaceae). *Post. Mikrobiol.*, 2016, 55(3): 289-299.
22. Tomkowiak A, Starzyk J., Kosicka-Dziechciarek D., Karwatka K.: Wpływ systemów uprawy roli na stan mikrobiologiczny gleby. *Nauka Przyr. Technol.*, 2017, 11(4): 355-336.
23. Wolińska A.: Aktywność dehydrogenazowa mikroorganizmów glebowych i dostępność tlenu w procesie reoksydacji wybranych mineralnych gleb Polski. *Acta Agroph. Rozprawy i Monografie*, 2010, 180: 1-88.
24. Woźniak M., Gałązka A.: Mikrobom ryzosfery i jego korzystny wpływ na rośliny – aktualna wiedza i perspektywy. *Post. Mikrobiol.*, 2019, 58(1): 59-69.

# ROZDZIAŁ 7

## Erozja gleb

Eugeniusz Nowociń, Rafał Wawer  
Zakład Gleboznawstwa Erozji i Ochrony Gruntów, IUNG-PIB

### Środki zaradcze na terenach degradowanych przez erozję

W latach 80. ubiegłego stulecia badania przeprowadzone w wielu ośrodkach naukowych wykazały, że na wszystkich kontynentach obniża się produktywność gleb użytkowanych rolniczo. Tę niepokojącą prognozę zmian środowiska przyrodniczego podjęła i upowszechniła organizacja FAO. Za jedną z głównych przyczyn obniżania się produktywności gleb uznano erozję wodną, a w krajach tropikalnych erozję wietrzną. W strefach klimatycznych zagrożonych suszą i erozją wietrzną upowszechnia się zadrzewienia przydrożne i śródpolne (Ziemnicki 1978, Bennet 1995, Józefaciukowie 1998), a na terenach degradowanych przez erozję wodną stosuje się zabiegi techniczne (Ziemnicki 1978, Józefaciukowie 1998), fitomelioracyjne (Bennet 1955, Józefaciukowie 1998, Wawer i in. 2013), agromelioracyjne (Bennet 1955, Józefaciukowie 1998), agrotechniczne (Bennet 1955, Józefaciukowie 1998) i urządzeniowo-rolne (Józefaciukowie 1998, Wawer i in. 2008) ukierunkowane zwłaszcza na zwiększenie retencyjności gruntów i ograniczanie powierzchniowych spływów wody ze stoków.

W Polsce najbardziej negatywne skutki przyrodnicze i gospodarcze są powodowane przez erozję wodną powierzchniową (fot. 1) i wąwozową (fot. 2) (Józefaciuk i in. 2014). Erozja wietrzna, chociaż występuje powszechnie, to w mniejszym stopniu



Fot. 1. Pole zniszczone przez erozję wodną powierzchniową liniową podczas jednej ulewy (R. Wawer, 2016)



Fot. 2. Zniszczone pole pocięte wąwozami podczas jednej ulewy (Cz. A. Józefaciukowie, 1996)



**Fot. 3. Odsonięta gleba narażona jest na erozję wietrzną. Wiosenna susza kwiecień 2019 r. na glebie b. lekkiej po ziębli (R. Wawer, 2019)**

degraduje gleby niż erozja wodna (fot. 3) (Józefaciukowie 1998). Lokalnie dewastację gruntów powodują ruchy mas ziemnych, zwłaszcza osuwiska (Józefaciukowie 1998, Wawer 2003).

Badania przeprowadzone w IUNG-PIB w Puławach (Józefaciukowie 1996) wykazały, że około 29% obszaru Polski, w tym 21% użytków rolnych, głównie gruntów ornych i około 8% powierzchni lasów jest potencjalnie zagrożonych erozją wodną, w tym silną – 4%, średnią – 11%, a słabą – 14%.

W największym stopniu narażone na erozję wodną powierzchniową jest woj. małopolskie, około 57% ogólnego obszaru, w tym dominuje erozja silna (26% obszaru) nad średnią (21% obszaru). Również w woj. podkarpackim przeważa zagrożenie erozją silną – 17% ogólnego obszaru. Erozja średnia występuje w nim na około 11%, a słaba na 8% obszaru. Erozją jest zagrożona cała południowa część województwa, przy czym w Bieszczadach i na Pogórzu przeważa zagrożenie erozją silną. Bardziej lokalnie, tym niemniej poważne problemy stwarza erozja wodna w województwach śląskim, świętokrzyskim, lubelskim i dolnośląskim, gdzie erozja silna wraz ze średnią zagrażają takiej samej lub nawet większej powierzchni województwa niż erozja słaba (Józefaciuk i in. 2014).

Z kolei badania Józefaciuk i in. (2018) nad zagrożeniem erozją wietrzną obszaru Polski wykazały,

że około 36% obszaru Polski, w tym 51,8% użytków rolnych w stopniu 3–5 jest zagrożonych erozją wietrzną. W stopniu silnym i bardzo silnym – 37,5%, średnią – 14,3%, a słabą – 24,1%.

Najbardziej zagrożone erozją wietrzną są województwa: wielkopolskie – około 77,6% ogólnego obszaru, w tym dominuje erozja silna (51,4% obszaru) nad średnią (22,2% obszaru); łódzkie – około 70,2% ogólnego obszaru, w tym erozja silna (44,3% obszaru), średnia (15,1% obszaru) i mazowieckie – około 70,1% ogólnego obszaru, w tym erozja silna (41,6% obszaru), średnia (17,9% obszaru). Również zagrożone erozją wietrzną w stopniu 3–5 są województwa: lubuskie – 64,4%, gdzie przeważa zagrożenie erozją silną, 41,4% ogólnego obszaru; podlaskie – 58,3%, gdzie przeważa zagrożenie erozją silną, 41,0% ogólnego obszaru; zachodniopomorskie – 56,5%, gdzie przeważa zagrożenie erozją silną, 34,3% ogólnego obszaru; pomorskie – 54,5%, gdzie przeważa zagrożenie erozją silną, 32,4% ogólnego obszaru oraz kujawsko-pomorskie – 52,5%, gdzie przeważa zagrożenie erozją silną, 32,0% ogólnego obszaru.

Najmniej zagrożone erozją wietrzną w stopniu 3–5 są województwa: dolnośląskie – 24,0% ogólnego obszaru, w tym erozją silną 15,6%, a średnią 8%; podkarpackie – 24,8% ogólnego obszaru, w tym erozją silną 18,5%, a średnią 5% oraz opolskie – 26,7% ogólnego obszaru, w tym erozją silną 15,5%, a średnią 10%.

### **Praktyki ochronne zapobiegające erozji wodnej – melioracje przeciwerozyjne**

Obszary zagrożone erozją gleb, zwłaszcza tereny z erozją średnią, silną i bardzo silną wymagają stosowania specjalnych działań prewencyjnych i rehabilitacyjnych, jakimi są melioracje przeciwerozyjne.

Melioracje przeciwerozyjne to nie tylko ochrona gleb i gruntów przed erozyjną degradacją i de-



wastacją, ale równocześnie najtańszy sposób walki z suszą, „stepowieniem” i powodziami.

### **Główne cele melioracji przeciwoerozyjnych to:**

- ograniczenie występowania i zmniejszenie nasilenia procesów erozyjnych,
- zachowanie potencjału produkcyjnego gleb i niedopuszczenie do jego niekorzystnych przemian,
- wydłużenie obiegu wody w krajobrazie i przeciwdziałanie deformacyjnym zmianom hydrografii i hydrologii cieków rzecznych,
- poprawienie ekotechnicznych warunków użytkowania ziemi, włącznie z rekultywacją gruntów zdewastowanych.

Podstawowymi zabiegami przeciwoerozyjnymi są:

- rozmieszczenie przestrzenne użytków produkcyjnych i ochronnych stosownie do rzeźby terenu,
- wprowadzenie układu działek i pól umożliwiającego poprzecznostokową (warstwicową) uprawę roli,
- stosowanie agrotechniki przeciwoerozyjnej,
- planowanie dróg rolniczych z uwzględnieniem rzeźby terenu i ściśle skoordynowane z układem działek i pól oraz umacnianie erodowanych odcinków dróg,
- rekultywacja i zagospodarowanie nieużytków erozyjnych (np. wąwozów, stromych zboczy) oraz likwidowanie trudnej mikrorzeźby terenu,
- stosowanie urządzeń do rozpraszania i odprowadzania powierzchniowych sptywów wody.

Wymienione zabiegi wykazują określone działania ochronne, lecz najlepsze efekty uzyskiwane są przy ich kompleksowym stosowaniu. Udział wymienionych zabiegów w systemie kompleksowym uzależniony jest od rodzaju form występowania i nasile-

nia erozji oraz warunków przyrodniczych i sposobu gospodarowania ziemią.

### **Pozytywne oddziaływania zabiegów przeciwoerozyjnych na produkcję rolną obejmują:**

- zapobieganie obniżaniu się urodzajności gleb i niekorzystnym zmianom właściwości fizykochemicznych i ubytkowi profilu gleby;
- przeciwdziałanie zakłócaniu stosunków wodnych w glebach i niekorzystnym zmianom hydrologii cieków wodnych oraz niszczeniu urządzeń melioracyjnych, a także zabagnianiu lub nadmiernemu osuszaniu gruntów;
- niedopuszczanie do rozczłonkowania rzeźby terenu przez wąwozy i inne formy erozyjne;
- zmniejszanie erozyjnych strat plonów;
- polepszanie warunków dla intensyfikacji produkcji przez uporządkowanie rozłogu gruntów rolnych – struktury użytków, układu pól i dróg, agrotechniki, rekultywacji nieużytków i innych.

### **Dodatni wpływ zabiegów przeciwoerozyjnych na inne dziedziny gospodarce przejawia się między innymi w zmniejszaniu nakładów na następujące prace i zabiegi:**

- usuwanie namulów i renowacje dróg oraz szlaków komunikacyjnych, urządzeń melioracyjnych i wodnych, budynków itp.;
- oczyszczanie z namulów szlaków wodnych oraz utrzymywanie w odpowiednim stanie czystości wód pitnych i przemysłowych;
- ochrona terenów zabudowanych (osiedli, obiektów przemysłowych i innych) przed zamulaniem i uszkodzaniem przez erozję;
- ochrona powietrza przed zanieczyszczeniem pyłem glebowym;
- utrzymanie walorów chronionego krajobrazu.

Zabiegi przeciwoerozyjne ze względu na okres ich działania dzielimy na trwałe (wieloletnie) i okresowe (sezonowe). Do działań trwałych zaliczane są przede wszystkim zabiegi o charakterze urządzeniowym, takie jak przekształcanie użytków, rozłogu oraz sieci dróg, techniczna zabudowa wąwozów, tarasowanie zboczy, umacnianie dróg i cieków wodnych, natomiast do działań okresowych należą agrotechnika przeciwoerozyjna, systemy rowów odprowadzających okresowe spływy powierzchniowe.

Melioracje przeciwoerozyjne mają wybitnie regionalny charakter i im bardziej są dostosowane do przyrodniczych i gospodarczych warunków danego obszaru, tym większa ich skuteczność ochronna i efektywność ekonomiczna (Józefaciukowie 1996).

Biorąc pod uwagę przyczyny i zjawiska erozji wodnej w rejonie gór i pogórzy oraz jego funkcję gospodarczą, za nadrzędny cel melioracji przeciwoerozyjnych należy uznać ochronę i kształtowanie krajobrazu oraz gospodarkę zasobami wodnymi – wydłużenie obiegu wody w ekosystemach rolno-leśnych oraz magazynowanie jej nadwyżek podczas spływów powierzchniowych. Dlatego w systemie melioracji przeciwoerozyjnych priorytet powinny mieć: transformacja użytków – zwiększenie powierzchni lasów, łąk i pastwisk oraz rozmieszczenie użytków rolno-leśnych stosownie do siedliskowej strefowości stoków; stosowanie poprzecznostokowego układu pól i pełnej agrotechniki przeciwoerozyjnej; korekta sieci dróg gruntowych – polegająca zwłaszcza na właściwym ich lokalizowaniu w rzeźbie terenu i umacnianiu odcinków erodowanych; biologiczno-techniczne utrwalanie form intensywnej erozji – wąwozów, debrzy, wciosów, osuwisk i innych; techniczno-biologiczna zabudowa sieci hydrograficznej wraz z budową zbiorników retencyjnych i rumowiskowych.

Na obszarach wyżynnych silnie urzeźbionych, szczególnie tam, gdzie występują utwory lessowe, najważniejszym zadaniem jest właściwe kształtowanie rolniczej przestrzeni produkcyjnej, którego

głównymi elementami są: układ działek i pól w poprzek stoków, stosowanie pełnej agrotechniki przeciwoerozyjnej, przebudowa sieci dróg gruntowych z uwzględnieniem zasad ochrony przeciwoerozyjnej i zwróceniem szczególnej uwagi na rozwiązanie problemu dróg w wąwozach. Zmiany w użytkowaniu na obszarach lessowych mają ograniczone możliwości ze względu na wysoką rolniczą bonitację gleb lessowych, dlatego w miejsce ewentualnych zalesień korzystniejszą jest wprowadzać sady urządzone przeciwoerozyjnie, co oczywiście nie wyklucza zwiększania powierzchni leśnej, jeśli tylko jest to uzasadnione ekonomicznie. Natomiast trwałe użytki zielone najlepiej zakładać w dolinach rzek. Jeżeli warunki fizjograficzne są odpowiednie, możliwa jest budowa, również w wąwozach, zbiorników retencyjnych o charakterze wielofunkcyjnym.

W regionie pojezierzy melioracje przeciwoerozyjne to głównie korekta struktury użytków – właściwe rozmieszczenie w rzeźbie stoku, zwiększenie powierzchni zalesień i trwałych zadarnień, a następnie stosowanie przeciwoerozyjnej struktury zasiewów i zmianowania roślin.

W regionie nizin zabiegi przeciwoerozyjne będą potrzebne tylko lokalnie i głównie o charakterze fitomelioracyjnym. Wyjątek stanowią tereny przy morskie, które wymagają kompleksowej ochrony przed abrazją (Józefaciukowie 1998).

### Agrotechnika przeciwoerozyjna

Agrotechniki przeciwoerozyjne stanowią samodzielne zabiegi na glebach z erozją o słabym i umiarkowanym nasileniu oraz mogą być zabiegami uzupełniającymi na gruntach bardziej narażonych na erozję średnią i silną.

Do najważniejszych przeciwoerozyjnych zabiegów agrotechnicznych podstawowych należy poprzecznostokowa uprawa roli. Orka jesienna w poprzek stoków o spadku do 10% wielokrotnie może zmniej-

szyć nasilenie erozji oraz zwiększa, od kilkunastu do kilkudziesięciu milimetrów, zapas wody roztopowej w profilu glebowym, co ma pozytywne przełożenie na plonowanie roślin uprawnych. Orkę taką najkorzystniej jest wykonywać pługiem obracalnym, z odkładaniem skiby w górę stoku. To powoduje, że gleba przemieszcza się w odwrotnym kierunku niż procesy erozyjne, co w znacznym stopniu chroni poziom orno-próchniczny przed zmywaniem.

Oprócz orki ważny jest poprzecznostokowy kierunek siewu i sadzenia, który w okresie wegetacji roślin znacznie ogranicza nasilenie erozji. Ważne jest, aby terminy siewu, szczególnie ozimin, były możliwie wczesne, aby rośliny zdążyły się dobrze ukorzenieć oraz rozkrzewić, co zapewnia lepszą ochronę gleby przed erozją. Wskazany jest również głębszy wysiew nasion – ziarno jest lepiej chronione przed ewentualnym zmyciem, a węzły krzewienia są lepiej zabezpieczone przed odstonięciem.

Nawożenie gleb w terenach erodowanych powinno być dostosowane do poszczególnych elementów rzeźby terenu. Najobfitszego nawożenia wymagają gleby na zboczach, zwykle najuboższe i łatwo przesycające. Szczególnie wskazane są tam nawozy organiczne. Zwiększone dawki nawozów mineralnych, zwłaszcza azotu i potasu, są również wykorzystywane efektywnie. Słabo lub wcale nie erodowane gleby na wierzchowinach wymagają mniejszego nawożenia niż na zboczach, a najmniejszego – zwykle zasobne w próchnicę gleby u podnóżu zboczy oraz w dolinach.

Odpowiedni płodozmian stanowi bardzo ważne ogniwo w agrotechnice przeciwoerozyjnej. Największe właściwości przeciwoerozyjne mają mieszanki traw z roślinami bobowatymi, a następnie wieloletnie bobowate. Gatunki jednoroczne charakteryzują się mniejszymi zdolnościami ochronnymi, przy czym ozime – żyto i rzepak, a następnie pszenica i jęczmień – lepiej chronią glebę przed erozją niż zboża jare. Zmianowanie roślin w terenach podlegających erozji wodnej powinno być różne na

poszczególnych częściach stoku. Na wierzchowinach można stosować płodozmiany z przewagą gatunków towarowych, na zboczach – z przewagą glebochronnych, na podnóżach – płodozmiany intensywne z dwuletnią uprawą roślin dobrze chroniących glebę, a w dolinach – płodozmiany z nasileniem upraw na zieloną masę.

**Płodozmiany przeciwoerozyjne.** Właściwy dobór gatunków roślin i odpowiednie ich zmianowanie stanowi kapitalny zabieg przeciwoerozyjny na gruntach ornym, niestety często jeszcze niedoceniany. Gatunki wieloletnie, takie jak trawy i ich mieszanki z bobowatymi, a następnie tylko same bobowate (koniczyna, lucerna) mają największą wartość przeciwoerozyjną. Spośród roślin jednorocznych pierwszeństwo mają ozime w kolejności – żyto, rzepak, jęczmień i pszenica, a następną grupą są jare. Rośliny okopowe najslabiej chronią glebę przed erozją. W górach i na pogórzu, gdzie krytycznym okresem występowania erozji są ulewy letnie nie ma zasadniczej różnicy w wartości przeciwoerozyjnej zbóż jarych i ozimych. Natomiast na wyżynach, gdzie procesy erozyjne występują głównie podczas roztopów śniegowych, zróżnicowanie wartości ochronnej jest bardzo wyraźne (na korzyść ozimych).

Zmianowanie roślin zależy od rzeźby terenu, układu i wielkości pól, warunków siedliskowych oraz sposobu gospodarowania. W płodozmianach przeciwoerozyjnych powinny dominować rośliny o dużych właściwościach ochronnych, a zabiegi spulchniające glebę powinny być ograniczone i wykonywane w okresach małego nasilenia erozji (Ziemnicki 1978, Józefaciukowie 1998).

Płodozmiany na zboczach z poprzecznostokowym układem pól powinny być tak dobrane, aby pola z roślinami dobrze chroniącymi glebę sąsiadowały z polami słabiej chronionymi przez szatę roślinną. Płodozmiany powinno się szczególnie starannie układać dla zboczy, na których będą one stanowiły zasadniczy lub jedyny zabieg przeciwo-

zyjny, zwłaszcza dla zboczy z poprzecznostokową, skośnostokową lub nawet wzdłużstokową uprawą roli. W takich przypadkach wskazane jest ograniczenie zabiegów spulchniających glebę i skracanie okresów pozostawienia roli bez okrywy roślinnej, zwłaszcza w okresach krytycznych, podczas których występuje duże zagrożenie erozyjne.

Uprawy polowe w obniżeniach terenu, którymi okresowo przepływa większa ilość wód powierzchniowych (dolinki śródpolne i różnego rodzaju obniżenia) powinny być raczej ograniczone na korzyść użytków zielonych.

**Rozmieszczenie użytków.** Dla terenów wyżyn południowo-wschodnich nie ma dotychczas ustalonej granicy rolno-leśnej i struktury użytków uwzględniającej ochronę gleb przed erozją. Jest to obszar intensywnego rolnictwa, który ze względu na dobre gleby został silnie wylesiony. Lasy w niektórych regionach wyżynnych zajmują zaledwie kilka procent ogółu gruntów. Jednak radykalne zwiększenie powierzchni leśnej nie ma tu gospodarczego uzasadnienia. Szerzej natomiast powinno się uwzględniać różnego typu zadrzewienia o charakterze fitomelioracyjnym, przeciwdziałające erozji wodnej i wietrznej. Zadrzewiać należy przede wszystkim zbocza o nachyleniu powyżej 35%, bez względu na rodzaj gleb, a także zbocza o mniejszym nachyleniu powyżej 20%, ale silnie wyerodowane, na których regeneracja gleb jest trudna i bardzo powolna oraz wąwozy i tereny bardzo silnie pocięte wąwozami. W terenach wyżynnych szczególną rolę w ochronie gleb przed erozją, a także w intensyfikacji rolnictwa mogą odegrać zadrzewienia sadownicze – zarówno duże sady produkcyjne, jak również małe plantacje drzew i krzewów owocowych oraz krzewów dla celów własnych.

Typowanie gruntów pod uprawy polowe powinno uwzględniać nachylenie zboczy, zróżnicowanie mikrorzeźby, rodzaj gleb i stopień ich wyerodowania oraz strukturę agrarną. Grunty orne w gospodarstwach wielkoobszarowych mogą występować na stokach o nachyleniu przeważnie do

20%, a w gospodarstwach indywidualnych na nieco większych spadkach.

Trwałe użytki zielone w terenach wyżynnych również spełniają ważną funkcję przeciwoerozyjną i gospodarczą. Powinny przede wszystkim zajmować doliny rzek, a ponadto należy je lokalizować na dnach dolin smużnych, w których koncentrują się okresowo sfluywy powierzchniowe i ewentualnie na stromych zboczach o nachyleniu do 25%, lecz o glebach średniozwięzłych i zwięzłych.

### Działania ograniczające erozję wietrzną

Ochrona gleb przed erozją wietrzną jest bardziej potrzebna na obszarach nizin środkowej Polski z przewagą gleb piaszczystych i na obszarze wyżyn południowo-wschodniej Polski z dominacją gleb lessowych. Działania, jakie należałoby tam podejmować są następujące (Józefaciuk i in. 2018):

**Na terenach nizinnych za pierwszoplanowe kierunki zaradcze należy uznać:**

- stosowanie zabiegów fitomelioracyjnych, takich jak zalesianie gruntów niskoprodukcyjnych, do drzewianie krajobrazu rolniczego oraz racjonalne gospodarowanie użytkami zielonymi, zwłaszcza ograniczanie ich likwidacji;
- wprowadzanie poplonów ozimych chroniących glebę podczas wiosennych susz (fot. 4);
- stosowanie odpowiedniej agrotechniki, umożliwiającej poprawę struktury i żyzności gleb;
- wprowadzanie urządzeń melioracyjnych umożliwiających gromadzenie wody (zbiorniki) i nawadnianie;
- zapobieganie nadmiernemu pobieraniu wody przez zakłady przemysłowe, co prowadzi do przesuszania terenów (dotyczy to zwłaszcza powiatów konińskiego i plockiego).



**Fot. 4. Pole (po prawej) z przesuszoną glebą (V i VI klasa) uprawioną po ziębli w porównaniu z polem (po lewej) obsianym żytem ozimym podczas suszy w kwietniu 2019 roku (R. Wawer, 2019)**

**Na terenach wyżyn lessowych do podstawowych zabiegów przeciwdziałających erozji wietrznej należą:**

- dodrzewianie krajobrazu, w tym również zakładanie sadów na zboczach;
- magazynowanie wody w gruncie i w zbiornikach, niedopuszczanie do przesuszania powierzchni gleby oraz do pozostawiania pól bez okrywy roślinnej na wierzchołkach i na zboczach dowietrznych, zwłaszcza w okresie zimowym i wiosennym;
- korygowanie przestrzennego układu użytków rolno-leśnych poprzez ich rozmieszczanie w terenie odpowiednio do ich funkcji wiatrochronnych i wodochronnych;
- zapobieganie nadmiernemu wyczerpywaniu wód głębinowych przez przemysł.

Należy podkreślić, że na terenach wyżynnych wszelkie działania zmierzające do ochrony przed erozją wodną przyczyniają się również do zmniejszania erozji wietrznej.

## Literatura

1. Bennet H.H.: Elements of soil conservation. Mc Graw-Hill Book Company, Inc. New York, Toronto, Londyn, 1955, pp: 256.
2. Józefaciuk Cz., Józefaciuk A.: Struktura zagrożenia erozją wodną fizjograficznych krain Polski. Pam. Puł., 1992, (supplement) 101, ss: 99.
3. Józefaciuk A., Józefaciuk Cz.: Mechanizm i wskaźniki metodyczne badania procesów erozji. Biblioteka monitoringu środowiska, Warszawa, 1996, ss:146.
4. Józefaciuk A., Nowocień E, Wawer R.: Erozja gleb w Polsce – skutki środowiskowe i gospodarcze, działania zaradcze. Monografie i rozprawy naukowe IUNG-PIB Puławy, 2014, 44, ss. 263.
5. Józefaciuk A., Nowocień E., Wawer R.: Rozwój, skutki i występowanie erozji wąwozowej w Polsce oraz metody zagospodarowania wąwozów. Monografie i Rozprawy Naukowe, IUNG-PIB Puławy, 2016, 48, ss. 376.
6. Józefaciuk A., Nowocień E., Wawer R.: Erozja wietrzna w Polsce – występowanie, skutki, działania zaradcze Monografie i rozprawy naukowe, IUNG-PIB Puławy, 2018, 58(12): 57-79.
7. Wawer R.: Zastosowanie cyfrowego modelowania obszaru zlewni Grodarza dla celów zagospodarowania przeciwerozijnego. Rozprawa doktorska. IUNG Puławy, 2003, ss. 91.
8. Zachar D.: Soil erosion. Developments in soil science 10, Elsevier scientific publishing company, Amsterdam, Oxford, New York, 1982, ss. 450.
9. Ziemnicki S.: Ochrona gleb przed erozją. PWRiL, Warszawa, 1978 ss. 250.



# ROZDZIAŁ 8

## Retencja wodna gleb

Jacek Niedźwiecki, Rafał Wawer

Zakład Gleboznawstwa Erozji i Ochrony Gruntów, IUNG-PIB

### Możliwości retencyjne gleb Polski

**Retencja glebowa** to zdolność do magazynowania wody pochodzącej z opadów atmosferycznych bądź nawodnień w profilu glebowym. Na możliwości retencyjne gleb mają wpływ głównie uziarnienie gleby i zawartość próchnicy, gęstość objętościowa oraz struktura. Gleby cięższe i zasobne w próchnicę oraz strukturalne zatrzymują znacznie więcej wody niż gleby piaszczyste z niską zawartością próchnicy i nietrwałej strukturze. Również gleby zbite, nawet jeśli są wytworzone z cięższych materiałów, mają ograniczone zdolności retencyjne wynikające ze zmniejszenia się objętości porów glebowych, które mogłyby być wypełnione wodą (Wösten i in. 2001, Dexter 2004, Niedźwiecki i in. 2006, Kaźmierowski 2015, Niedźwiecki i Łopatka 2018). Ze względu na skład granulometryczny najlepszymi zdolnościami do retencji charakteryzują się gleby lessowe. Niestety w Polsce lessy występują tylko w obrębie Wyżyn Polskich, Niziny Śląskiej, częściowo na Podkarpaciu i Pogórzu Karpackim. Jednak największe zdolności retencyjne posiadają gleby organiczne, w szczególności gleby torfowe. Lekki i bardzo lekki skład granulometryczny większości gleb występujących w Polsce oraz mała zawartość próchnicy powodują, że większość naszych gleb, jest bardzo wrażliwa na okresowe niedobory wody, co oznacza, że na obszarach występowania takich gleb zjawiska suszy mogą występować częściej, co może bardzo negatywnie wpływać na produkcję rolną.

Gleby w zależności od swoich cech fizykochemicznych mogą gromadzić wodę w większym bądź mniejszym stopniu. Gleby gliniaste oraz ilaste mogą zatrzymywać znacznie więcej wody niż gleby lekkie i bardzo lekkie, które są wytworzone z piasków. Takich lekkich i bardzo lekkich gleb mamy w Polsce ponad 60% (Lekan i Terelak 1997, Krasowicz i in. 2011).

**Duży udział frakcji piaszczystej w naszych glebach, jak również niewielka zawartość próchnicy mają ogromny wpływ na to, że znaczna część Polski jest potencjalnie w dużym stopniu narażona na niebezpieczne w skutkach zjawisko suszy rolniczej (fot. 1.).**

Podstawowym źródłem wody w glebach są opady atmosferyczne, podsiąk wód z głębszych warstw glebowych, w mniejszym stopniu – kondensacja pary wodnej oraz sztuczne nawodnienia. Z kolei straty wody w glebach wynikają głównie ze spływów powierzchniowych i podpowierzchniowych, z przesiąku wody do głębszych warstw, a w sezonie wegetacyjnym – parowania wody z powierzchni roślin i gleby.

**Dla prawidłowego rozwoju roślin uprawnych nie jest najważniejsza całkowita ilość wody w glebie, a ilość wody, która jest dostępna dla roślin. Zależy ona w największym stopniu od odpowiedniej struktury gleby, a także składu granulometrycznego i zawartości próchnicy. Strukturą, która zatrzymuje najwięcej wody dostępnej dla roślin, jest trwała struktura gruzełkowa.**

Działania poprawiające retencję wodną gleb obejmują:

1. Zwiększanie zawartości próchnicy w glebie, np. poprzez stosowanie nawozów naturalnych i organicznych (fot. 2).



Fot. 1. Susza rolnicza, gleba lekka, powiat sokólski 2018 r. (J. Niedźwiecki)



Fot. 2. Obornik jako źródło materii organicznej w glebie (J. Niedźwiecki)

2. Dbłość o właściwą strukturę gleby poprzez wykonywanie zabiegów agrotechnicznych dostosowanych do gatunku gleby oraz jej wilgotności. Agrotechniki wpływające pozytywnie na strukturę gleb zwiększają również ich pojemność wodną.

**Ważne! Zabiegi uprawowe należy wykonywać przy optymalnym uwilgotnieniu! Uprawa zbyt wilgotnej gleby prowadzi do niszczenia struktury agregatowej oraz nadmiernego zagęszczenia gleby, natomiast uprawa przesuszonej gleby prowadzi do nadmiernego rozpylenia.**

3. Ograniczanie parowania wody z powierzchni gleby. Największy wpływ na ograniczenie takiego parowania mają czynniki meteorologiczne (wilgotność powietrza, temperatura powietrza i gleby, prędkość i kierunek wiatrów). Zabiegami ograniczającymi parowanie z powierzchni gleby są:
  - naturalne przeszkody, np. w postaci żywopłotów, pasów zadrzewionych i zakrzewionych, remizy z drzew i krzewów. Tworząc takie naturalne bariery, ogranicza się również prędkość wiatru, przyczyniają się do zmniejszenia parowania, a także zwiększa się bioróżnorodność ekosystemów rolniczych.
  - zachowanie śródpolnych oczek wodnych, bagienek itp. zarówno sztucznych, jak i np. wykonanych przez działalność bobrów. Siedliska takie zwiększają lokalnie wilgotność powietrza, a także wilgotność gleb.

**Adaptacja rolnictwa do zmian klimatu obecnie staje się koniecznością. Przewidywania klimatologów wskazują, że w perspektywie najbliższych 10–20 lat zjawiska ekstremalne, w tym susze, będą coraz częstsze.**

**Najważniejsze elementy adaptacji praktyk rolniczych w ramach gospodarowania w warunkach ograniczonych zasobów wodnych:**

1. Tam gdzie jest to ekonomicznie uzasadnione, przechodzenie na uprawy bardziej odporne na suszę.



2. Wprowadzanie do płodozmianu roślin, które są przystosowane do stresu wodnego i temperaturowego, np. sorgo, soja, proso, słonecznik, kukurydza na odpowiednich stanowiskach, a z roślin sadowniczych – winorośl, brzoskwinia, morela.
3. Przechodzenie na odmiany ozime kosztem jarych. Odmiany ozime są lepiej przystosowane do okresowych niedoborów wody, szczególnie wiosną.
4. Właściwe nawożenie i regulacja odczynu gleb, zapewniające roślinom uprawnym odpowiednie dostarczenie składników odżywczych. Optymalizacja odczynu sprzyja intensywnemu rozwojowi systemu korzeniowego roślin. Natomiast takie składniki, jak potas korzystnie wpływają na prawidłowe reakcje fizjologiczne roślin na suszę. Również odpowiednie zaopatrzenie roślin w wodę zwiększa ich odporność na suszę.
5. W związku ze zwiększającą się częstotliwością łagodnych i beźśnieźnych zim należałoby zmierzać do ograniczania uprawy płużnej, w szczególności orki zimowej na glebach lekkich i bardzo lekkich. Ponieważ skiby po orce zwiększają powierzchnię parowania, może to dodatkowo potęgować rozkład i tak niewielkich ilości próchnicy w tych glebach, co również może spowodować wystąpienie erozji wietrznej na tego typu glebach (fot. 4).
6. Przechodzenie na konserwujące systemy uprawy roli. Systemy takie zapewniają utrzymanie powierzchni gleby pod okrywami, np. mulcz, resztki poźniwne czy międzyplony. Ograniczenie liczby i głębokości zabiegów uprawowych, np. poprzez agregatowanie sprzętu uprawowego (fot. 6.).

### Potencjał gleb organicznych dla gromadzenia wody

Gleby organiczne, czyli takie, które wytworzyły się z udziałem materii organicznej, w warunkach nadmiernego uwilgotnienia. Zaliczamy do nich gleby



Fot. 3. Uprawa pasowa na polu doświadczalnym IUNG-PIB w Osinach (<http://www.lcagri.iung.pl/pl/aktualnosci/16-techniki-uprawy-rol-i-dla-rolnictwa-niskoemisijnego-siew-pasowy>)



Fot. 4. Gleba bardzo lekka piaszczysta, zdegradowana w wyniku erozji wietrznej w następstwie przeprowadzonej orki zimowej (J. Niedźwiecki)

torfowe, murszowe, torfowo-murszowe, mułowe, torfowo-mułowe, murszowo-mułowe. Dzięki swoim właściwościom, szczególnie gleby torfowe magazynują na obszarze Polski ok. 35 miliardów m<sup>3</sup> wody. Możliwe jest to dzięki ich strukturze przypominającej gąbkę (Fot. 5.)



**Fot. 5. Obszary torfowiska – naturalny magazyn wody (J. Niedźwiecki)**

Zarówno naturalny, jak i powodowany przez człowieka proces odwodnienia gleb organicznych, szczególnie torfowisk, prowadzi do zapoczątkowania murszenia torfu (mineralizacji), co skutkuje przekształceniem powierzchniowej warstwy torfu w mursz. Mursz w powierzchniowej warstwie gleby ma zmniejszoną możliwość magazynowania wody w porównaniu z torfem nieodwodnionym. Ryzyko szybkiej utraty poziomów organicznych w glebach torfowych jest bardzo duże, ponieważ tempo ubytku masy torfowej jest około 10–20-razy większe od tempa akumulacji torfu, które wynosi około 0,5–1 mm na rok. Z tego wynika, że aby wytworzyła się warstwa torfu o miąższości ok. 1 m, musi upłynąć około 1000 lat.

Niestety w naszym kraju przeważają torfowiska płytkie, których miąższość nie przekracza 2 m.

Płytkie torfowiska są szczególnie narażone na niekorzystne zmiany, prowadzące często do ich zniknięcia. Z badań Ilnickiego i Szajdaka (2016) wynika, że ponad 80% torfowisk niskich w Polsce została odwodniona i przekształcona na trwałe użytki zielone. Trzeba pamiętać, że zmiany w wyniku odwodnienia torfów są trwałe i nieodwracalne.

Zagrożeniem wynikającym z odwodnienia i mineralizacji gleb organicznych jest również uwalnianie się dwutlenku węgla z tych gleb do atmosfery. Obszary nadmiernie odwodnionych gleb organicznych stają się źródłami emisji CO<sub>2</sub> do atmosfery.

### Literatura

1. Dexter A.R.: Soil physical quality. Part I. Theory, effects of soil texture, density and organic matter, and effects on root growth. *Geoderma*, 2004, 120: 201-214.
2. Ilnicki P., Szajdak L.W.: Zanikanie torfowisk. Wydawnictwo Poznańskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk, Poznań 2016, s. 312.
3. Kaźmierowski C.: Estymacja właściwości hydraulicznych gleb Niżu Polskiego, Wydawnictwo Naukowe UAM w Poznaniu, Seria Geografia, 2015, 96: ss. 224.
4. Krasowicz S., Oleszek W., Horabik J., Dębicki R., Jankowiak J., Stuczyński T., Jadczyzyn J.: Racjonalne gospodarowanie środowiskiem glebowym Polski. *Polish Journal of Agronomy*, 2011, 7: 43-58.
5. Lekan S., Terelak H.: Zróżnicowanie środowiska glebowo-rolniczego Polski. *Mat. konf. nauk. nt. „Ochrona i wykorzystanie rolniczej przestrzeni produkcyjnej Polski”*. IUNG Puławy, 1997, sesja I i II: 7-21.
6. Niedźwiecki J., Czyż E.A., Dexter A.R.: Przewodność hydrauliczna warstwy ornej w zależności od parametrów fazy stałej gleby, *Pam. Puł.*, 2006, 142: 297-307.

7. Niedźwiecki J., Łopatka A.: Fizyczna jakość gleb użytków rolnych Polski. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2018, 58(12): 47-55.
8. Wösten J.H.M., Pachepski Ya.A., Rawls W.J.: Pedotransfer functions: bridging the gap between available basic data and missing soil hydraulic properties. *Journal of Hydrology*, 2001, 251: 123-150.



# ROZDZIAŁ 9

## Zanieczyszczenia chemiczne gleb

Agnieszka Klimkowicz-Pawlas

Zakład Gleboznawstwa Erozji i Ochrony Gruntów, IUNG-PIB

### Główne źródła oraz rodzaje zanieczyszczeń chemicznych w glebach uprawnych

Zanieczyszczenie gleby polega na wprowadzeniu do niej obcych substancji chemicznych, co prowadzi do zaburzenia równowagi chemicznej, niekorzystnych zmian bioprzyswajalności składników oraz aktywności biologicznej gleby.

Zanieczyszczenia ze względu na budowę chemiczną można podzielić na dwie grupy: nieorganiczne i organiczne. Podział ten ma znaczenie praktyczne, ponieważ decyduje o wyborze strategii rekultywacji gleb zanieczyszczonych. Spośród zanieczyszczeń nieorganicznych największe znaczenie mają substancje zawierające metale ciężkie, arsen, selen, fluor. Do najważniejszych zanieczyszczeń organicznych gleb zalicza się substancje ropopochodne, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA), związki chloroorganiczne, dioksyny, polichlorowane bifenyle (PCB), antybiotyki oraz pestycydy obejmujące różne grupy substancji.

Ze względu na skalę skutków oraz charakter źródeł rozróżnia się zanieczyszczenia o charakterze rozproszonym oraz punktowym (lokalnym). Rozproszone zanieczyszczenie gleby nie ma jednego, łatwego do zidentyfikowania źródła i zwykle obejmuje duże obszary. Transport tych zanieczyszczeń

odbywa się poprzez układ powietrze-gleba-woda. Źródłem zanieczyszczeń rozproszonych w glebach użytkowanych rolniczo może być długotrwałe stosowanie niskiej jakości nawozów mineralnych, intensywne stosowanie pestycydów, obornika zawierającego pozostałości leków weterynaryjnych oraz niekontrolowane stosowanie osadów ściekowych. Ponadto istotnym źródłem zanieczyszczenia gleb jest daleki transport zanieczyszczeń zawieszonych na drobnych cząstkach pyłu, które osadzają się na roślinach, a następnie wraz z resztkami roślinnymi wprowadzane są do gleby. Źródłem zanieczyszczeń rozproszonych są również procesy zalewowe oraz erozyjne, które ulegają nasileniu wskutek występowania ekstremalnych warunków pogodowych. Kompleksowy charakter źródeł, z jakich pochodzą zanieczyszczenia rozproszone sprawia, iż trudno jest oszacować wielkość oraz rzeczywisty zasięg ich występowania w glebach.

Zanieczyszczenia o charakterze punktowym dotyczą niewielkich powierzchni, związane są z oddziaływaniem emisji z lokalnych źródeł i zazwyczaj są wynikiem zamierzonej lub niezamierzonej działalności człowieka. Do najważniejszych źródeł tych zanieczyszczeń można zaliczyć intensywną działalność przemysłową, nieodpowiednie składowanie odpadów, wydobywanie m.in. rud metali, energetykę, praktyki rolnicze (stosowanie pestycydów i nawo-

zów), sektor wojskowy (dawne bazy wojskowe), gospodarstwa domowe oraz różnego typu wypadki i awarie związane z wyciekami paliw lub chemikaliów. Zagrożenia zanieczyszczeniami o charakterze punktowym dotyczą najczęściej terenów przemysłowych i poprzemysłowych, terenów zurbanizowanych oraz terenów w pobliżu tras transportowych czy składowisk odpadów.

Niewielka część zanieczyszczeń może pochodzić ze źródeł naturalnych, takich jak emisje wulkanów, pożary czy skała macierzysta. Najważniejszym naturalnym źródłem metali ciężkich oraz innych pierwiastków, w tym promieniotwórczych (np. radonu) w glebach jest skała macierzysta, która dostarcza zróżnicowanych ilości poszczególnych metali zależnie od jej rodzaju, składu mineralogicznego oraz pochodzenia. Skały osadowe drobnoziarniste zawsze są bogatsze w metale ciężkie od skał gruboziarnistych; gleby cięższe wykazują naturalnie wyższe zawartości metali ciężkich niż gleby lekkie. Gleby brunatne wytworzone na serpentynitach zawierają wysokie stężenia niklu, a rędziny wytworzone na triasowych wapieniach i dolomitach – wysokie zawartości Cd, Zn, Pb oraz As. Źródłem zanieczyszczeń organicznych, takich jak dioksyny czy WWA są procesy niepełnego spalania materii organicznej związane z występowaniem pożarów lub wybuchami wulkanów; ze źródeł tych mogą pochodzić również niektóre pierwiastki śladowe (Ni, Hg, Cr). Związki z grupy WWA (takie jak fenatren, chryzen lub perylen) mogą powstawać w torfach i innych osadach organicznych w drodze biochemicznych przemian i diagenetyki tych utworów.

Pewnym wyzwaniem w ocenie zagrożenia dla środowiska glebowego są obecnie tzw. nowo pojawiające się zanieczyszczenia (ang. *emerging contaminants-EC*). Jest to szeroka i zróżnicowana grupa substancji chemicznych obejmująca ponad 20 grup substancji głównie pochodzenia syntetycznego, z których najpowszechniej występują: farmaceutyki (pozostałości leków weterynaryjnych oraz antybio-

tyków), związki endokrynnie czynne (np. bisphenol A), związki perfluorowane, pozostałości środków do dezynfekcji, sztuczne nanomateriały, pierwiastki ziem rzadkich oraz mikroplastiki. Substancje te występują w produktach codziennego użytku, takich jak: leki, tekstylia, kosmetyki, detergenty, dodatki do benzyny itp. Niektóre z EC, np. mikroplastiki, mogą być wektorami dla hydrofobowych zanieczyszczeń organicznych (PCB, OCP, WWA) oraz metali ciężkich (Ni, Zn, Cd i Pb). Zanieczyszczenia EC uwalniane są głównie z oczyszczalni ścieków z obszarów miejskich i przemysłowych, z produkcji roślinnej i zwierzęcej w rolnictwie oraz z emisji i działalności przemysłowej. Obecność tych substancji oraz ich często negatywny wpływ na środowisko i zdrowie człowieka zostały udowodnione, jednak zanieczyszczenia te nie są objęte regularnym monitoringiem.

### Kryteria oceny stanu zanieczyszczenia gleb

Podstawowym kryterium oceny stanu zanieczyszczenia gleb jest obecnie obowiązujące Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 roku w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi (Dz.U. z 2016 r. poz. 1395), w którym określone zostały dopuszczalne limity zawartości substancji powodujących ryzyko dla dwóch głębokości (0–25 cm i 25–100 cm). W rozporządzeniu zaproponowano podział gleb na cztery grupy, w zależności od kategorii użytkowania gruntów. Gleby użytkowane rolniczo zostały zaliczone do grupy II, dla której dodatkowo wydzielono trzy podgrupy (II-1, II-2, II-3), w zależności od zawartości frakcji spławialnej (średnica cząstek < 0,02 mm), wartości  $pH_{KCl}$  oraz zawartości węgla organicznego. Charakterystykę właściwości gleb ujętych w poszczególnych podgrupach przedstawiono w tabeli 1.

**Tabela 1. Podział gleb użytkowanych rolniczo (grupa II) uwzględniający podstawowe właściwości fizykochemiczne oraz przykłady wartości granicznych wg rozporządzenia w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi (Dz.U. z 2016 r. poz. 1395).**

Podgrupa	Gleby	Właściwości gleb			Dopuszczalne zawartości*			
		Corg (%)	FG02 (%)	pHKCl	Cd	Zn	BaP	ΣDDT
II-1	mineralne	<3,5	<10	niezależnie od pH	2	300		
			10–20	≤6,5				
II-2	mineralne	<3,5	10–20	>6,5	3	500	0,1	0,12
			20–35	≤5,5				
			>35					
	mineralno-organiczne	3,5–6	-	niezależnie od pH				
II-3	mineralne	<3,5	20–35	>5,5	5	1000		
			>35					
	mineralno-organiczne i organiczne	>6	-	niezależnie od pH				

FG02 – zawartość frakcji spławialnej o średnicy cząstek < 0.02 mm; \*/ dopuszczalne zawartości w mg·kg<sup>-1</sup>.

Źródło: opracowanie własne na podstawie rozporządzenia (Dz.U. z 2016 r. poz. 1395).

Podział gleb użytkowanych rolniczo na podgrupy uwzględniające ich właściwości fizykochemiczne dotyczy tylko jednej grupy zanieczyszczeń obejmującej metale i metaloid. Natomiast dla pozostałych substancji, takich jak: zanieczyszczenia nieorganiczne (cyjanki), węglowodory (benzyny i oleje, węglowodory aromatyczne, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, węglowodory chlorowane) oraz środki ochrony roślin (pestycydy chloroorganiczne, pestycydy związki niechlorowe) przyjęto jedną wartość graniczną dla gleb użytkowanych rolniczo niezależnie od ich właściwości (tabela 1). Dopuszczalne limity zanieczyszczeń odnoszą się do całkowitej zawartości substancji powodujących ryzyko. W rozporządzeniu wyróżniono dwie klasy gleb: niezanieczyszczone (≤ limitu dla wszystkich związków) oraz zanieczyszczone (> limitu dla jednego związku). Gleby zanieczyszczone winny być poddane badaniom szczegółowym w celu wyznaczenia zasięgu występowania zanieczyszczenia oraz działaniom naprawczym (remediacji).

Drugim kryterium stosowanym przez lata do oceny stanu zanieczyszczenia gleb w Polsce jest system opracowany przez IUNG w Puławach (Kabata-Pendias i in. 1993), który pierwotnie obejmował wytyczne dotyczące zawartości metali i siarki, następnie został rozszerzony o wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne. Wytyczne IUNG nie mają rangi aktu prawnego i stanowią jedynie zespół zaleceń, które są jednak często stosowane, również do oceny stopnia zanieczyszczenia gleb w ramach *Monitoringu chemicznego gleb*. Wytyczne IUNG uwzględniają całkowite zawartości zanieczyszczeń w powierzchniowej (0–20 cm) warstwie gleby oraz właściwości gleb decydujące o biodostępności i mobilności zanieczyszczeń: skład granulometryczny i odczyn (w odniesieniu do metali ciężkich) oraz zawartość próchnicy (w klasyfikacji zawartości metali i WWA). W przypadku WWA klasyfikacja IUNG uwzględnia sumę zawartości 13 WWA (fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, piren, benzo(a)antracen, chryzen, benzo(b)fluoranten,

benzo(k)fluoranten, benzo(a)piren, dibenzo(a,h)antracen, indeno(1,2,3-cd)piren, bezo(g,h,i)perylene, znormalizowaną w stosunku do gleby wzorcowej zawierającej 2% materii organicznej. W systemie IUNG wyróżnia się gleby o naturalnych zawartościach metali ciężkich i WWA oraz 5 stopni zanieczyszczenia. Z każdym stopniem zanieczyszczenia wiążą się ograniczenia w rolniczym użytkowaniu gleb, a zwłaszcza ograniczenia w uprawie roślin na cele konsumpcyjne. Gleby silnie (stopień 4) oraz bardzo silnie (stopień 5) zanieczyszczone wymagają rekultywacji.

## Stan zanieczyszczenia gleb w Polsce

Ocenę stanu zanieczyszczenia gleb w Polsce przeprowadza się na poziomie krajowym w ramach „Monitoringu chemizmu gleb ornych w Polsce”, będącego częścią składową Państwowego Monitoringu Środowiska w zakresie jakości gleby i ziemi. Badania monitoringowe prowadzone są od 1995 roku w cyklach pięcioletnich, w ramach krajowej sieci, na którą składa się 216 stałych punktów pomiarowo-kontrolnych zlokalizowanych

na glebach użytkowanych rolniczo na terenie całego kraju. Celem tych badań jest kontrola szerokiego zakresu właściwości chemicznych gleb (w tym zawartości kilku grup zanieczyszczeń) oraz analiza trendów zmian zachodzących w glebach na skutek rolniczej i pozarolniczej działalności człowieka.

W badaniach prowadzonych w ramach Monitoringu chemizmu gleb w roku 2015 lista zanieczyszczeń oznaczanych w glebach użytkowanych rolniczo obejmowała:

- 12 metali i metaloid (Ba, Cr, Cd, Co, Sn, Zn, Mo, Pb, Ni, Cu, Hg, As);
- 15 związków z grupy wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA; naftalen, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, piren, benzo(a)antracen, chryzen, benzo(a)fluoranten, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)piren, dibenzo(a,h)antracen, indeno(1,2,3-cd)piren, bezo(g,h,i)perylene);
- pestycydy chloroorganiczne (DDE/DDD/DDT,  $\alpha$ -HCH,  $\beta$ -HCH,  $\gamma$ -HCH, aldryna, dieldryna, eldryna);
- pestycydy związki niechlorowe (maneb, atrazyna, carbofuran, carbaryl).

**Tabela 2. Zawartość ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) wybranych pestycydów chloroorganicznych oraz związków niechlorowych w glebach użytkowanych rolniczo w Polsce (n = 216).**

Związek	Średnia	Minimum	Maksimum	Limit
<b>Chloroorganiczne</b>				
$\Sigma$ DDT	44,6	0,61	484,6	120
$\gamma$ -HCH (lindan)	3,0	<0,1	7,3	10
<b>Związki niechlorowe</b>				
Atrazyna	0,6	<0,01	15,8	50
Carbaryl	2,1	<0,01	28,1	200
Carbofuran	0,4	<0,01	0,5	200
Maneb	n.d.	n.d.	n.d.	200

limit – dopuszczalna zawartość zanieczyszczeń w powierzchniowej warstwie gleby wg rozporządzenia (Dz.U. z 2016 r. poz. 1395).

Źródło: opracowanie na podstawie Ukalska-Jaruga i in. (2020) oraz Siebielec i in. (2017)



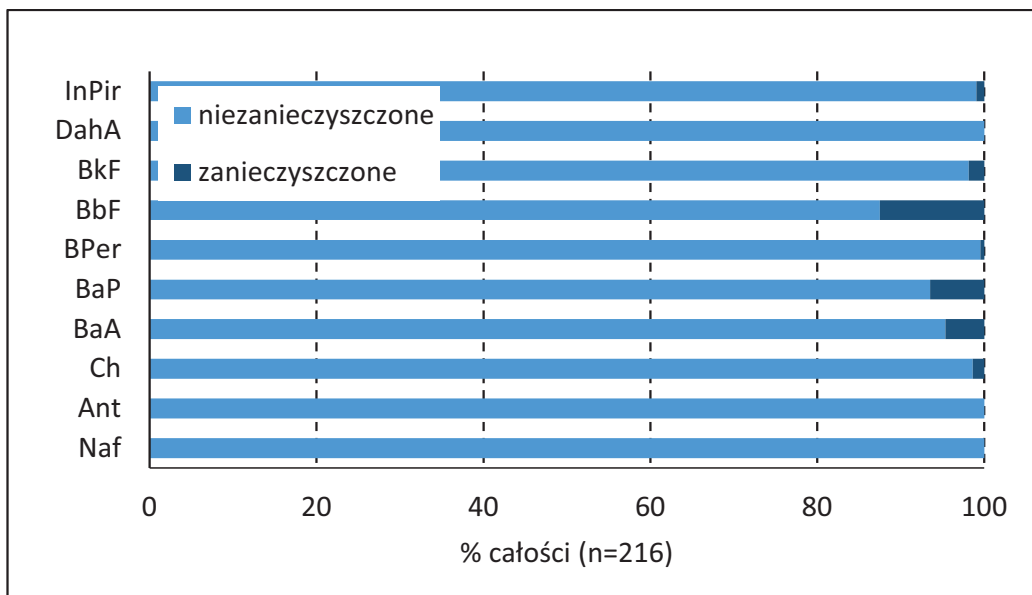
Jako kryterium do oceny aktualnego stanu zanieczyszczenia gleb przyjęto wytyczne zawarte w rozporządzeniu (Dz.U. z 2016 r. poz. 1395), natomiast do przeanalizowania trendów zmian w zawartości metali i WWA – kryterium IUNG. Szczegółowe dane dotyczące zawartości zanieczyszczeń w punktach kontrolno-pomiarowych są dostępne na stronie Monitoring Chemizmu Gleb ([http://www.gios.gov.pl/chemizm\\_gleb/index.php?mod=monit](http://www.gios.gov.pl/chemizm_gleb/index.php?mod=monit)).

Badania pozostałości pestycydów związków niechlorowych w glebach użytków rolnych Polski nie wykazały przekroczeń dopuszczalnych zawartości tych substancji (tabela 2). Substancje te były stosowane w ochronie roślin: atrazyna jako herbicyd, maneb jako fungicyd oraz karbaryl i carbofuran jako insektycydy. W przeważającej większości analizowanych próbek zawartość atrazyny, carbofuranu i karbarylu była poniżej limitu oznaczalności metody, natomiast nie stwierdzano obecności manebu.

Pestycydy chloroorganiczne były powszechnie stosowane w Polsce przez kilkadziesiąt lat; zawie-

rały one m.in. DDT,  $\gamma$ -HCH, dieldrynę, aldrynę, endrynę oraz heksachlorobenzen. Pomimo wprowadzenia zakazu stosowania tych substancji nadal lokalnie odnotowywane są pozostałości tych związków w glebach (np. DDT czy lindanu). Z badań monitoringowych dotyczących pestycydów chloroorganicznych w glebach użytków rolnych wynika, że zawartość aldryny, dieldryny i endryny oraz izomerów HCH ( $\alpha$ -HCH,  $\beta$ -HCH oraz  $\gamma$ -HCH) nie przekraczała dopuszczalnych stężeń. Średnia zawartość  $\Sigma$ DDT (DDT/DDE/DDD) w glebach użytków rolnych wynosiła  $44.6 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  (tabela 2), a przekroczenia dopuszczalnych wartości ( $120 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) stwierdzono w 14 próbkach, co stanowiło jedynie 6% całego zbioru danych.

W przypadku związków z grupy WWA przekroczenia limitów określonych w rozporządzeniu (Dz.U. z 2016 r. poz.1395) odnotowano w 27 lokalizacjach, co stanowiło 13% gleb. Najczęściej stwierdzano zanieczyszczenie przez 3 węglowodory: benzo(b)fluoranten (BbF), benzo(a)piren (BaP) oraz benzo(a)



**Rys. 1. Ocena poziomu zanieczyszczenia przez indywidualne związki z grupy WWA gleb ornych w Polsce; niezanieczyszczone – zawartość < limitu, zanieczyszczone – zawartość > limitu**

Źródło: na podstawie rozporządzenia (Dz.U. z 2016 r. poz. 1395); dopuszczalna zawartość Naf, BaA, DahA, BaP, BbF i BkF wynosi  $100 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , a Ant, Ch, BPer, InPir –  $200 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

antracen (BaA). Nie zaobserwowano natomiast przekroczenia dopuszczalnych limitów w przypadku naftalenu (Naf), antracenu (Ant) i dibenzo(a,h) antracenu (DahA) (rys. 1).

Zawartość wybranych metali w glebach Polski przedstawiono w tabeli 3. Pojedyncze przypadki przekroczeń wartości granicznych odnotowano dla Cd, Zn, Pb oraz Cu, a udział procentowy gleb zanieczyszczonych w całym zbiorze danych był bardzo mały i nie przekraczał 1%. Podwyższone zawartości kadmu, cynku i ołowiu odnotowano w próbkach gleb zlokalizowanych w województwie śląskim, a miedzi w województwie dolnośląskim. Natomiast nie stwierdzono przekroczenia zawartości dopuszczalnych niklu. W zdecydowanej większości pierwiastki śladowe przyjmują poziomy naturalne dla gleb niezanieczyszczonych.

Analiza zawartości poszczególnych grup zanieczyszczeń pozwala stwierdzić, iż w zależności od ich rodzaju 87–100% gleb użytkowanych rolniczo w Polsce stanowią gleby niezanieczyszczone, nie obserwuje się też istotnych zmian w zawartości zanieczyszczeń na przestrzeni 20 lat prowadzonych badań monitoringowych. Problem poważnego zanieczyszczenia gleb występuje w Polsce jedynie lokalnie, najczęściej w sąsiedztwie głównych źródeł emisji.

## Najlepsze praktyki ochronne i/lub naprawcze

Zgodnie z obowiązującymi w Polsce przepisami gleby, w których stwierdzono występowanie zanieczyszczenia należy poddać remediacji. Regulacje prawne w tym zakresie omówiono w rozdziale 10. Celem remediacji jest usunięcie zanieczyszczeń z gleby (przynajmniej do dopuszczalnej zawartości) bądź ograniczenie ryzyka zagrożenia zdrowia człowieka i ryzyka ekologicznego.

Istnieje wiele metod prowadzenia remediacji gleb zanieczyszczonych zarówno związkami organicznymi, jak i nieorganicznymi. Wśród metod remediacji gruntów można wyróżnić metody: fizyczno-chemiczne, biologiczne i termiczne, zestalania i stabilizacji. Dodatkowo metody te można podzielić na metody *ex-situ* i *in-situ*. W metodach *in-situ* proces remediacji prowadzony jest w miejscu występowania zanieczyszczenia, bez konieczności przemieszczania gruntu, natomiast w metodach *ex-situ* konieczna jest wymiana skażonego gruntu i dalsze zagospodarowanie powstałego odpadu poza terenem jego wytworzenia. Poglądowy podział metod remediacji gleb przedstawiono na rysunku. 2.

O wyborze odpowiedniej metody remediacji decyduje szereg czynników, m.in. rodzaj zanieczyszczenia występującego w glebie, właściwości gleby,

Tabela 3. Ocena zawartości ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) wybranych metali w glebach użytkowanych rolniczo w Polsce (n=216)

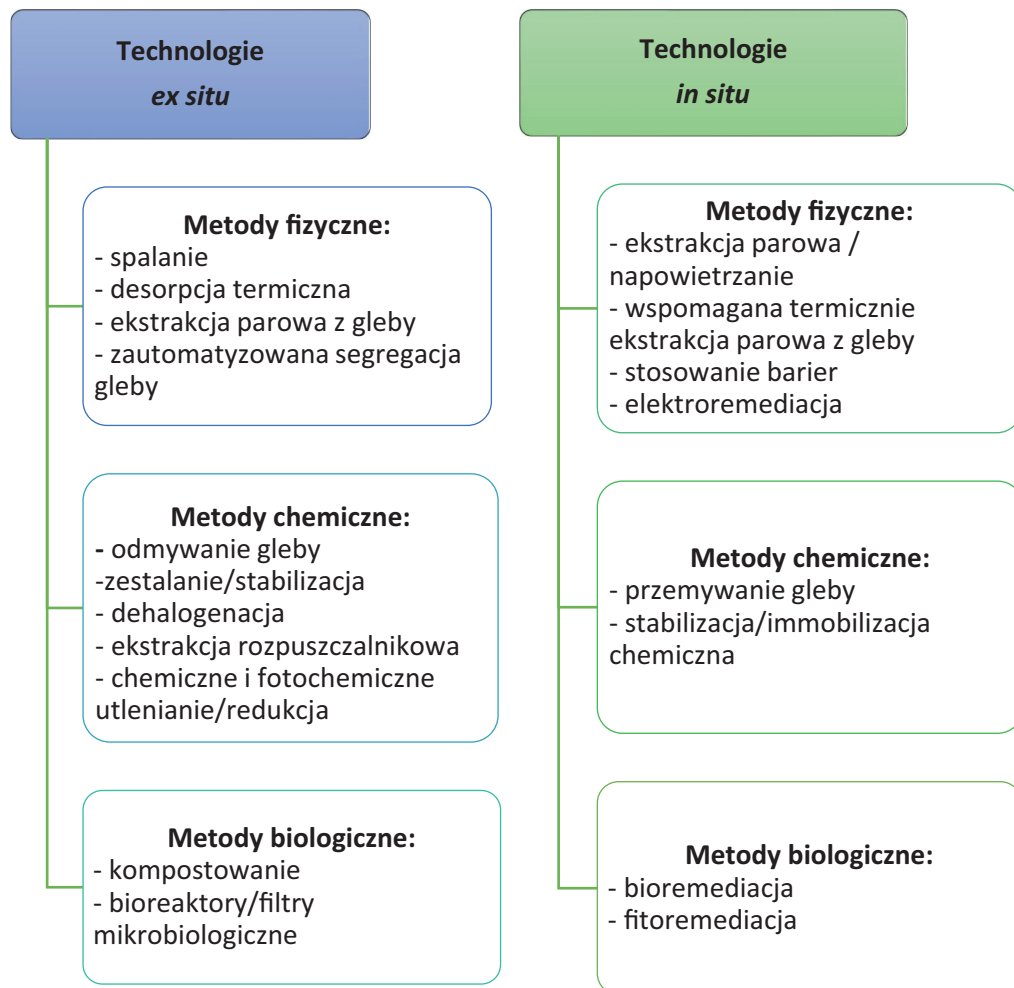
Pierwiastek	Limit	Średnia	Zakres	>limitu (%)
Kadm	2–5	0,17	0,02–67,9	0,9
Cynk	300–1000	35,6	5,9–6668	0,9
Ołów	100–500	14,2	4,6–857	0,5
Miedź	100–300	10,3	1,2–320	0,5
Nikiel	100–300	9,8	0,97–71	0

limit – dopuszczalna zawartość zanieczyszczeń w powierzchniowej warstwie gleby wg rozporządzenia (Dz.U. z 2016 r. poz. 1395).

Źródło: opracowanie własne na podstawie Siebielec i in. (2017) oraz Smreczak i in. (2018)

indywidualne możliwości techniczne, jakie mogą być zastosowane na danym terenie, aspekty ekonomiczne oraz skutki ekologiczne stosowania danej metody. W celu usunięcia zanieczyszczeń można zastosować metodę wymywania lub ekstrakcji, po uprzednim wprowadzeniu do gleby środków zwiększających rozpuszczalność zanieczyszczeń. Łatwo lotne substancje można usunąć poprzez odparowanie. W odniesieniu do zanieczyszczeń organicznych wykorzystuje się ich podatność na rozkład chemiczny, fotochemiczny lub biochemiczny, w wyniku czego związki te ulegają przekształceniu do nie-

szkodliwych produktów. Konwencjonalne techniki usuwania zanieczyszczeń bazujące na metodach fizycznych i chemicznych związane są z wysokimi kosztami prowadzenia procesu remediacji; stosowanie tych metod prowadzi często do nieodwracalnych zmian właściwości gleby, wiąże się z silną ingerencją w życie biologiczne i przejściowym wzrostem zagrożenia ekologicznego na skutek wtórnego zanieczyszczenia (przy metodach chemicznych). W związku z tym jako opłacalne, wydajne i przyjazne dla środowiska techniki remediacji zalecane są metody biologiczne polegające na przyspieszeniu



Rys. 2. Podział metod remediacji gleb zanieczyszczonych.

Źródło: opracowanie własne na podstawie Gworek i in. (2004) oraz Wolniewicz i in. (2018)

i optymalizacji naturalnych procesów rozkładu mikrobiologicznego zachodzących w środowisku (bioremediacja) lub wykorzystaniu roślin (i związanych z nimi drobnoustrojów glebowych) w celu zmniejszenia narażenia na zanieczyszczenia poprzez ich stabilizację *in situ*, ekstrakcję lub degradację (fitoremediacja).

Remediacja gleb może również polegać na samooczyszczaniu, które bazuje na procesach biologicznego rozkładu zanieczyszczeń lub ich chemicznej immobilizacji (unieruchamiania) zachodzących naturalnie w glebach. Procesy samooczyszczania gleb mogą być wspomagane poprzez wprowadzanie tlenu, wody, substancji biogennej i powierzchniowo czynnych w celu zwiększenia aktywności mikroorganizmów autochtonicznych lub poprzez wprowadzanie szczepionek z mikroorganizmami charakteryzującymi się wysoką skutecznością biodegradacji zanieczyszczeń organicznych.

Zmniejszenie ryzyka zdrowotnego oraz ekologicznego związanego z zanieczyszczeniem gleby można osiągnąć również poprzez ograniczenie dopływu zanieczyszczeń do gleby. Ogólnie strategie prewencyjne obejmują redukcję emisji zanieczyszczeń, przejście na niezanieczyszczające, odnawialne źródła energii oraz przyjęcie niezanieczyszczających technologii do produkcji i transportu. Natomiast w rolnictwie istotne jest ograniczenie stosowania oraz lepsza kontrola ilości stosowanych nawozów, pestycydów i herbicydów, jak również kontrola jakości obornika oraz egzogennej materii organicznej wprowadzanej do gleby. W celu zapobiegania nadmiernej akumulacji zanieczyszczeń w roślinach oraz ich przenoszeniu w łańcuchu pokarmowym zaleca się wybór odmian roślin charakteryzujących się zdolnością do małego pobierania zanieczyszczeń, wprowadzanie upraw alternatywnych (np. roślin przemysłowych lub biomasy na cele energetyczne), a także alternatywnych sposobów użytkowania gruntów (np. zalesianie).

### Literatura:

1. Gworek B., Barański A., Kondzielski I., Kucharski R., Sas-Nowosielska A., Małkowski E., Nogaj K., Rzychoń D., Worsztynowicz A.: Technologie rekultywacji gleb. Instytut Ochrony środowiska, Warszawa, 2004.
2. Kabata-Pendias A., Motowicka-Terelak T., Piotrowska M., Terelak H., Witek T.: Ocena stopnia zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką. Ramowe wytyczne dla rolnictwa. IUNG, Puławy 1993.
3. Karczevska A.: Ochrona gleb i rekultywacja terenów zdegradowanych. Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wrocław, 2012.
4. Karczevska A., Kabała C.: Analiza ryzyka środowiskowego jako nowa podstawa oceny stanu zanieczyszczenia gleb w polskim prawie. *Soil Science Annual*, 2017, 68(2): 67-80.
5. Klimkowicz-Pawlas A., Siebielec G., Suszek-Łopata B., Maring L.: The impact of soil degradation on human health. Deliverable under the contract for DG-ENV "Providing support in relation to the implementation of the EU Soil Thematic Strategy" (Service contract No. 07.0201/2016/742739/SER/ENV.D.I), 2019, pp. 80.
6. Maliszewska-Kordybach B., Smreczak B., Klimkowicz-Pawlas A.: Zagrożenie zanieczyszczeniami chemicznymi gleb na obszarach rolniczych w Polsce w świetle badań IUNG-PIB w Puławach. W: Zagrożenia dla prawidłowego funkcjonowania gleb użytkowanych rolniczo – wybrane zagadnienia. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2013, 35(9): 97-118.
7. Malusá E., Tartanus M., Danielski W., Miszczak A., Szustakowska E., Kicińska J., Furmanczyk E.M.: Monitoring of DDT in agricultural soils under organic farming in Poland and the risk of crop contamination. *Environmental Management*, 2020, <https://doi.org/10.1007/s00267-020-01347-9>.

8. Rodríguez-Eugenio N., McLaughlin M., Pennock D.: Soil Pollution: a hidden reality. Rome, FAO, Rome, 2018, pp. 142.
9. Siebielec G., Smreczak B., Klimkowicz-Pawlas A., Kowalik M., Kaczyński R., Koza P., Ukalska-Jaruga A., Łysiak M., Wójtowicz U., Poręba L., Chabros E.: Raport z III etapu realizacji zamówienia „Monitoring chemizmu gleb ornych w Polsce w latach 2015–2017, IUNG-PIB Puławy, 2017, ss. 190.
10. Siebielec G., Hageman N., Klimkowicz-Pawlas A.: Soils4EU Policy Brief 1 “Sustainable Soil Management”. Deliverable under the contract for DG-ENV “Providing support in relation to the implementation of the EU Soil Thematic Strategy” (Service contract No. 07.0201/2016/742739/SER/ENV.D.I), 2019, pp. 25.
11. Siebielec G.: Stały monitoring gleb użytków rolnych Polski. W: Krajowe bazy danych o glebach. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2017, 51(5): 57-72.
12. Smreczak B., Siebielec G., Ukalska-Jaruga A., Klimkowicz-Pawlas A.: Ocena zawartości kadmu, cynku i ołowiu oraz benzo(a)pirenu w glebach użytkowanych rolniczo – dwadzieścia lat monitoringu chemizmu gleb ornych w Polsce. W: Stan zagrożeń dla jakości gleb w Polsce. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2018, 58(12): 81-95.
13. Stolte, J., Tesfai, M., Øygarden, L., Kværnø, S., Keizer, J., Verheijen, F., Panagos, P., Ballabio, C., Hessel, R.: Soil threats in Europe: status, methods, drivers and effects on ecosystem services. A review report, deliverable 2.1 of the RECARE project EUR 27607 EN. JRC Technical Reports, 2016, pp. 206.
14. Ukalska-Jaruga A., Smreczak B., Siebielec G.: Assessment of pesticide residue content in Polish agricultural soils. *Molecules*, 2020, 25, 587, doi:10.3390/molecules25030587.
15. Wolniewicz A., Czechowski J., Kaliszewski T., Marcik R.: Przegląd metod remediacji i praktyczne zastosowanie bioremediacji w likwidacji zanieczyszczeń węglowodorami. *Inżynieria ekologiczna*, 2018, 19(5): 47-52.



# ROZDZIAŁ 10

## Przepisy prawne dotyczące ochrony gleb

Agnieszka Klimkowicz-Pawlas

Zakład Gleboznawstwa Erozji i Ochrony Gruntów, IUNG-PIB

Obowiązek ochrony gleb oraz rekultywacji terenów zdegradowanych i zdewastowanych wynika z zapisów Konstytucji RP oraz kilku aktów prawnych dotyczących ochrony środowiska. Są to:

- ustawa o ochronie gruntów rolnych i leśnych z dnia 3 lutego 1995 r.;
- ustawa Prawo ochrony środowiska z dnia 27 kwietnia 2001 r.;
- ustawa o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie z dnia 13 kwietnia 2007 r.;
- ustawa Prawo geologiczne i górnicze z dnia 9 czerwca 2011 r.;
- ustawa o odpadach z dnia 14 grudnia 2012 r.;
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 r. w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi (Dz. U. 2016, poz. 1395);
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 lipca 2019 r. w sprawie kryteriów oceny wystąpienia szkody w środowisku (Dz.U. 2019 nr 0, poz. 1383);
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 r. w sprawie działań naprawczych (Dz.U. 2016 nr 0, poz. 1396);
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 r. w sprawie rejestru historycznych zanieczyszczeń powierzchni ziemi (Dz.U. 2016, poz. 1397).

Najważniejszym aktem prawnym regulującym zasady ochrony gleb (zwłaszcza najlepszych) oraz rekultywacji i zagospodarowania gleb zdegradowanych jest **ustawa o ochronie gruntów rolnych i leśnych z 1995 roku (Dz.U. 2017, poz. 1161)**. W myśl art. 3 **ochrona gruntów rolnych i leśnych** polega na:

- ograniczeniu przeznaczania ich na cele nierolnicze lub nieleśne;
- zapobieganiu procesom degradacji i dewastacji gruntów rolnych i leśnych oraz szkodom w produkcji rolnej lub leśnej czy w drzewostanach, powstającym wskutek działalności nierolniczej lub nieleśnej i ruchów masowych ziemi;
- rekultywacji i zagospodarowaniu gruntów na cele rolnicze;
- zachowaniu torfowisk i oczek wodnych jako naturalnych zbiorników wodnych;
- przywracaniu i poprawianiu wartości użytkowej gruntem, które utraciły charakter gruntów leśnych wskutek działalności nieleśnej, a także zapobieganiu zmniejszaniu produktywności gruntów leśnych;
- ograniczaniu zmian naturalnego ukształtowania powierzchni ziemi.

W ustawie określono zasady wyłączania gruntów z produkcji rolnej lub leśnej oraz przedstawiono tryb wydawania decyzji w tej sprawie. Na cele nierolnicze

i nieleśne przede wszystkim można przeznaczać grunty oznaczone w ewidencji jako nieużytki oraz grunty o najniższej przydatności produkcyjnej. W świetle ustawy przeznaczenie na cele nierolnicze i nieleśne gruntów rolnych klas I–III wymaga zgody ministra właściwego do spraw rozwoju wsi, natomiast przeznaczenie na takie cele gruntów leśnych wymaga zgody ministra właściwego do spraw środowiska, a w przypadku lasów niepaństwowych – marszałka województwa. Wyłączenie gruntów z produkcji wymaga wniesienia odpowiednich należności i opłat rocznych, a w odniesieniu do gruntów leśnych także odszkodowania za przedwczesny wyręb drzewostanu. Stawki należności i opłat są określone w ustawie, a ich wielkość związana jest z jakością wyłączanych na cele inwestycyjne gruntów rolnych. Dla gruntów leśnych, zależnie od typu siedliskowego lasu, stawki te oblicza się na podstawie ceny 1 m<sup>3</sup> drewna obowiązującej w danym roku.

Ustawa o ochronie gruntów rolnych i leśnych definiuje pojęcie **gruntów zdegradowanych**, których rolnicza lub leśna wartość użytkowa zmalała oraz pojęcie **gruntów zdewastowanych**, które całkowicie utraciły wartość użytkową w wyniku pogorszenia się warunków przyrodniczych, wskutek zmian środowiska, działalności przemysłowej oraz wadliwej działalności rolniczej.

Właściciel gruntów stanowiących użytki rolne oraz gruntów zrehabilitowanych na cele rolne jest zobowiązany do przeciwdziałania degradacji gleb, w tym szczególnie erozji oraz ruchom masowym ziemi. Ze względu na ochronę gleb przed erozją i ruchami masowymi ziemi właściwy organ może nakazać właścicielowi zalesienie, zadrzewienie lub zakrzewienie gruntów, bądź też założenie na nich trwałych użytków zielonych. Na właścicielu gruntów ciąży również obowiązek utrzymania w stanie sprawności technicznej urządzeń przeciwoerozyjnych oraz urządzeń melioracji szczegółowych.

Zgodnie z art. 4 pkt 18 tej ustawy przez **rekultywację** rozumie się nadanie lub przywrócenie grun-

tom zdegradowanym lub zdewastowanym wartości użytkowych lub przyrodniczych przez:

- właściwe ukształtowanie rzeźby terenu;
- poprawienie właściwości fizycznych i chemicznych;
- uregulowanie stosunków wodnych;
- odtworzenie gleb;
- umocnienie skarp;
- odbudowanie lub zbudowanie niezbędnych dróg.

Ustawa przewiduje:

- obowiązek rekultywacji terenu przez osobę powodującą stratę lub ograniczenie jego wartości użytkowej;
- obowiązek planowania, projektowania i realizacji rekultywacji i zagospodarowania gruntów na wszystkich etapach działalności przemysłowej;
- obowiązek rekultywacji gruntów, w miarę jak grunty stają się zbędne całkowicie, częściowo lub na określony czas do prowadzenia działalności przemysłowej, oraz obowiązek jej zakończenia w terminie do 5 lat od zaprzestania tej działalności;
- obowiązek wydawania decyzji w sprawach rekultywacji i zagospodarowania, które określają stopień ograniczenia lub utratę wartości użytkowej gruntów, osobę zobowiązaną do rekultywacji, kierunek i termin rekultywacji oraz uznanie rekultywacji za zakończoną.

Decyzje w sprawach rekultywacji i zagospodarowania wydaje starosta po zasięgnięciu opinii: władz gminy (wójta, burmistrza, prezydenta miasta), na której terenie znajduje się obiekt podlegający rekultywacji; dyrektora regionalnej dyrekcji Lasów Państwowych w przypadku rekultywacji w kierunku leśnym lub dyrektora okręgowego urzędu górniczego – w odniesieniu do działalności górniczej.

Przepisów ustawy o ochronie gruntów rolnych i leśnych dotyczących rekultywacji nie stosuje się w odniesieniu do gleb zanieczyszczonych. Do re-



kultywacji gruntów zanieczyszczonych stosuje się odpowiednio przepisy: ustawy o zapobieganiu szkodom w środowisku (jeżeli zanieczyszczenie wystąpiło po 30 kwietnia 2007 roku) oraz ustawy Prawo ochrony środowiska (w odniesieniu do zanieczyszczeń historycznych, tj. zaistniałych przed 30 kwietnia 2007 roku).

Kolejnym aktem prawnym dotyczącym ochrony zasobów gleb jest **ustawa Prawo ochrony środowiska z 2001 roku**, w której problemy ochrony gleb ujęte zostały w dziale IV: Ochrona powierzchni ziemi. Zgodnie z art. 101 ustawy **ochrona powierzchni ziemi** polega na zapewnieniu jak najlepszej jej jakości, w szczególności przez:

- 1) racjonalne gospodarowanie;
- 2) zachowanie funkcji środowiskowych, gospodarczych, społecznych i kulturowych;
- 3) zapobieganie zanieczyszczeniu substancjami powodującymi ryzyko oraz na remediacji;
- 4) zapobieganie różnym formom degradacji gleby, w tym: erozji, obniżeniu zawartości próchnicy, zagęszczaniu, zasklepianiu, zasoleniu i zakwaszaniu gleby oraz ruchom masowym ziemi;
- 5) zachowanie możliwości produkcyjnego wykorzystania;
- 6) ograniczanie zmian naturalnego ukształtowania.

W definicji powierzchni ziemi zawartej w Prawie ochrony środowiska uwzględniono również wody gruntowe stanowiące tę część wód podziemnych, która znajduje się w strefie nasycenia i pozostaje w bezpośredniej styczności z gruntem lub podglebiem.

Zanieczyszczenie powierzchni ziemi ocenia się na podstawie przekroczenia dopuszczalnych zawartości (poniżej których żadna z funkcji gleb nie jest naruszona) substancji powodujących ryzyko, z uwzględnieniem ich wpływu na ludzi i środowisko. Gleby i wód gruntowych nie uznaje się za zanieczyszczone, jeżeli stwierdzone zawartości substancji wynikają z ich naturalnego pochodzenia.

Do ustawy wprowadzono pojęcie **remediacji** oraz **zanieczyszczeń historycznych**. Stosownie do przepisów ustawy Prawo ochrony środowiska **remediacja** to poddanie gleby, ziemi i wód gruntowych działaniom mającym na celu usunięcie lub zmniejszenie ilości substancji powodujących ryzyko, ich kontrolowanie oraz ograniczenie rozprzestrzeniania się, tak aby teren zanieczyszczony przestał stwarzać zagrożenie dla zdrowia ludzi lub stanu środowiska, z uwzględnieniem obecnego i (o ile to możliwe) planowanego sposobu użytkowania terenu. Za **zanieczyszczenie historyczne** uznaje się zanieczyszczenie powierzchni ziemi, które nastąpiło przed 30 kwietnia 2007 r. lub wynika z działalności zakończonej przed 30 kwietnia 2007 r. Ponadto za zanieczyszczenie historyczne uznaje się szkodę w środowisku spowodowaną zdarzeniem, od którego upłynęło więcej niż 30 lat.

W ustawie określono również warunki przeprowadzenia remediacji. Przy opracowywaniu sposobu remediacji terenu w pierwszej kolejności należy rozważyć możliwość usunięcia zanieczyszczenia przynajmniej do zawartości uznanej za dopuszczalną dla danej substancji. Odstąpienie od usunięcia zanieczyszczenia dopuszcza się w sytuacjach, gdy: nie są znane technologie pozwalające na usunięcie zanieczyszczenia; negatywne skutki działań związanych z usuwaniem zanieczyszczenia byłyby niewspółmiernie wysokie do korzyści osiągniętych w środowisku; koszty oczyszczania są nieproporcjonalnie wysokie w stosunku do korzyści osiągniętych w środowisku oraz w przypadku udokumentowania, że zanieczyszczenie wystąpiło przed 1 września 1980 r. W przypadku odstąpienia od usunięcia zanieczyszczenia remediację wykonuje się do momentu usunięcia znaczącego zagrożenia dla zdrowia ludzi i środowiska poprzez: zmniejszenie ilości zanieczyszczeń oraz ograniczenie możliwości ich rozprzestrzeniania wraz z prowadzeniem okresowych badań kontrolnych zanieczyszczenia. Remediacja może polegać również na samooczyszczaniu, jeżeli

przynosi największe korzyści dla środowiska. Proces samooczyszczania (w tym również wspomaganego samooczyszczania) obejmuje prowadzenie badań zanieczyszczenia gleby lub ziemi, przeprowadzenie samooczyszczania powierzchni ziemi, ograniczenie dostępu ludzi do zanieczyszczonego terenu, a także konieczność zmiany sposobu użytkowania zanieczyszczonego terenu.

W myśl ustawy to władający powierzchnią ziemi, na której występuje historyczne zanieczyszczenie (lub inny sprawca) zobowiązany jest do przeprowadzenia remediacji zgodnie z planem remediacji ustalonym w drodze decyzji administracyjnej wydanej przez regionalnego dyrektora ochrony środowiska. Ustawa reguluje również koszty remediacji, które ponosi sprawca zanieczyszczenia, a które obejmują: badania zanieczyszczenia gleby i ziemi, opracowanie projektu planu remediacji oraz przeprowadzenie procesu remediacji. Ustawa nakłada również obowiązek badania gleby i wody gruntowej przed uruchomieniem oraz po zakończeniu eksploatacji instalacji, które mogą być źródłem emisji do środowiska substancji powodujących ryzyko.

Organem odpowiedzialnym za identyfikację potencjalnych historycznych zanieczyszczeń powierzchni ziemi oraz za sporządzenie ich wykazu jest starosta. Identyfikacji tych terenów dokonuje się poprzez: ustalenie listy działalności mogących powodować historyczne zanieczyszczenie oraz listy substancji powodujących ryzyko, analizę dostępnych informacji na temat zagrożenia zanieczyszczeniem gleby oraz wykonanie pierwszego etapu badań zanieczyszczenia. Na podstawie wykazu potencjalnych historycznych zanieczyszczeń (lub jego aktualizację) sporządzonego przez starostę oraz zgłoszenia o historycznym zanieczyszczeniu dokonane przez władającego powierzchnią ziemi regionalny dyrektor ochrony środowiska dokonuje wpisu do rejestru o potencjalnym historycznym zanieczyszczeniu. Rejestr zanieczyszczeń historycznych prowadzi Generalny Dyrektor Ochrony Środowiska, a szczegó-

łowy zakres informacji gromadzonych w tym rejestrze określa **Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 r. w sprawie rejestru historycznych zanieczyszczeń powierzchni ziemi**.

Podstawowym aktem wykonawczym do ustawy, zawierającym szczegółowe wytyczne dotyczące sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia gleb, jest **Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 r. w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi**.

W rozporządzeniu tym określono:

- zaktualizowaną listę substancji powodujących ryzyko szczególnie istotnych dla ochrony powierzchni ziemi oraz ich dopuszczalne zawartości z uwzględnieniem właściwości gleby oraz sposobu użytkowania gruntów określonego w ewidencji gruntów;
- szczegółowe wymagania dotyczące ustalania dopuszczalnej zawartości dla substancji nieuwjętych na liście z uwzględnieniem analizy ich wpływu na zdrowie ludzi i środowisko;
- etapy identyfikacji terenów zanieczyszczonych oraz sposób prowadzenia badań gleb zanieczyszczonych;
- rodzaje działalności mogących powodować zanieczyszczenie historyczne powierzchni ziemi ze wskazaniem przykładowych dla tych działalności zanieczyszczeń;
- referencyjne metodyki wykonywania badań zanieczyszczenia gleby;
- szczegółowe wymagania dotyczące oceny zanieczyszczenia gleby na terenie zakładu, gdzie jest lub była eksploatowana instalacja wymagająca uzyskania pozwolenia zintegrowanego.

Dopuszczalne zawartości substancji powodujących ryzyko określono dla 4 grup gruntów wydzielonych na podstawie sposobu ich użytkowania z uwzględnieniem dwóch głębokości: 0–25 cm i 25–100 cm. W uogólnieniu grupę I stanowią tereny rekreacyjne i mieszkaniowe, grupę II – użytki rolne oraz ogródki

działkowe, grupę III – lasy oraz grunty zalesione i zarzewione, natomiast grupę IV – tereny przemysłowe, użytki kopalne oraz tereny komunikacyjne. W II grupie gruntów dodatkowo wydzielono 3 podgrupy gleb różniące się odpornością na degradację chemiczną, oparte na ich właściwościach fizykochemicznych, takich jak zawartość frakcji spławianej (średnica cząstek < 0,02 mm), pH oraz zawartość węgla organicznego. Przy ustalaniu zawartości dopuszczalnej substancji niebezpiecznych w glebie poniżej głębokości 25 cm jako kryterium różnicujące przyjęto wskaźnik wodoprzepuszczalności gruntów.

Jak już wspomniano, przepisy ustawy Prawo ochrony środowiska w zakresie rekultywacji gleb mają zastosowanie w odniesieniu do zanieczyszczeń historycznych, natomiast dla zanieczyszczeń, które wystąpiły po 30 kwietnia 2007 roku zastosowanie mają przepisy ustawy z **dnia 13 kwietnia 2007 roku o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie**, tzw. ustawy szkodowej. Ustawa ta zawiera regulacje dotyczące zapobiegania chemicznej i biologicznej degradacji gleb oraz naprawy ewentualnych szkód w tym zakresie. W odniesieniu do powierzchni ziemi przez szkodę w środowisku rozumie się zanieczyszczenie gleby lub ziemi, w tym w szczególności zanieczyszczenie mogące stanowić zagrożenie dla zdrowia ludzi. Ustawa określa zasady odpowiedzialności podmiotów korzystających ze środowiska za zapobieganie i naprawę szkód w środowisku, również w powierzchni ziemi, które powstały na skutek prowadzonej przez te podmioty działalności. W przypadku wystąpienia szkody w środowisku, podmiot ten jest zobowiązany do podjęcia działań mających na celu ograniczenie szkody oraz przeprowadzenia działań naprawczych. Kryteria oceny pozwalające stwierdzić, czy w danym przypadku wystąpiła szkoda w środowisku, określono w **Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 22 lipca 2019 r. w sprawie kryteriów oceny wystąpienia szkody w środowisku**, natomiast rodzaje działań naprawczych oraz warunki i sposoby

przeprowadzania remediacji w **Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 r. w sprawie działań naprawczych**.

**Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze** stanowi, że do rekultywacji gruntów po działalności górniczej stosuje się odpowiednie przepisy ustawy o ochronie gruntów rolnych i leśnych.

Kwestie postępowania z wydobytą (np. podczas remediacji) glebą regulują przepisy **ustawy o odpadach z dnia 14 grudnia 2012 r.** Zgodnie z ustawą przez odpady należy rozumieć każdą substancję lub przedmiot, których posiadacz pozbywa się, zamierza się pozbyć lub do których pozbycia się jest zobowiązany. Przepisy ustawy o odpadach przewidują pewien zakres wyłączeń i nie dotyczą m.in. gruntu w pierwotnym położeniu (w miejscu), w tym niewydobytej zanieczyszczonej gleby oraz niezanieczyszczonej gleby i innych materiałów występujących w stanie naturalnym, wydobytych w trakcie robót budowlanych, pod warunkiem, że materiał ten zostanie wykorzystany do celów budowlanych w stanie naturalnym na terenie, na którym został wydobyty. Jeżeli natomiast w trakcie prowadzonych prac czy też zabiegów remediacyjnych dochodzi do wydobycia i wywiezienia gleby poza miejsce wydobycia, to niezależnie od tego, czy jest zanieczyszczona, czy też nie – stanowi odpad. Dalsze postępowanie z wydobytą glebą powinno się odbywać ściśle według zasad wynikających z ustawy o odpadach, tj. na podstawie stosownych zezwoleń, w tym na przetwarzanie w procesie odzysku. W przypadku gdy wydobyta gleba jest zanieczyszczona substancjami niebezpiecznymi, mogą mieć zastosowanie przepisy dotyczące klasyfikacji odpadów jako niebezpieczne. Klasyfikacji odpadów do odpowiedniej grupy, podgrupy i rodzaju odpadów dokonuje wytwórca odpadów zgodnie z klasyfikacją odpadów zawartą w **Rozporządzeniu Ministra Klimatu z dnia 2 stycznia 2020 roku w sprawie katalogu odpadów**.

### Literatura

1. Karczewska A., Kabała C.: Analiza ryzyka środowiskowego jako nowa podstawa oceny stanu zanieczyszczenia gleb w polskim prawie. *Soil Science Annual*, 2017, 68(2): 67-80.
2. Ustawa Prawo ochrony środowiska z dnia 27 kwietnia 2001 roku; tekst jednolity z wprowadzonymi zmianami (Dz.U. 2020, poz. 1219).
3. Ustawa o ochronie gruntów rolnych i leśnych, z dnia 3 lutego 1995 roku, tekst jednolity z wprowadzonymi zmianami (Dz.U. 2017, poz. 1161).
4. Ustawa o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie z dnia 13 kwietnia 2007 roku, tekst jednolity z wprowadzonymi zmianami (Dz.U. z 2019, poz. 1862).
5. Ustawa prawo geologiczne i górnicze z dnia 9 czerwca 2011 roku, tekst jednolity z wprowadzonymi zmianami (Dz.U. 2020, poz. 1064).
6. Ustawa o odpadach, z dnia 14 grudnia 2012, (Dz.U. 2020, poz. 797).
7. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 r. w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi (Dz.U. 2016, poz. 1395).
8. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 lipca 2019 roku, w sprawie kryteriów oceny wystąpienia szkody w środowisku (Dz.U. 2019, poz. 1383).
9. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 roku, w sprawie działań naprawczych (Dz.U. 2016, poz. 1396).
10. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 r. w sprawie rejestru historycznych zanieczyszczeń powierzchni ziemi (Dz.U. 2016, poz. 1397).
11. Rozporządzenie Ministra Klimatu z dnia 2 stycznia 2020 roku w sprawie katalogu odpadów (Dz.U. 2020, poz. 10).