

Jan Jadczyzyn, Beata Bartosiewicz

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

PROCESY OSUSZANIA I DEGRADACJI GLEB*

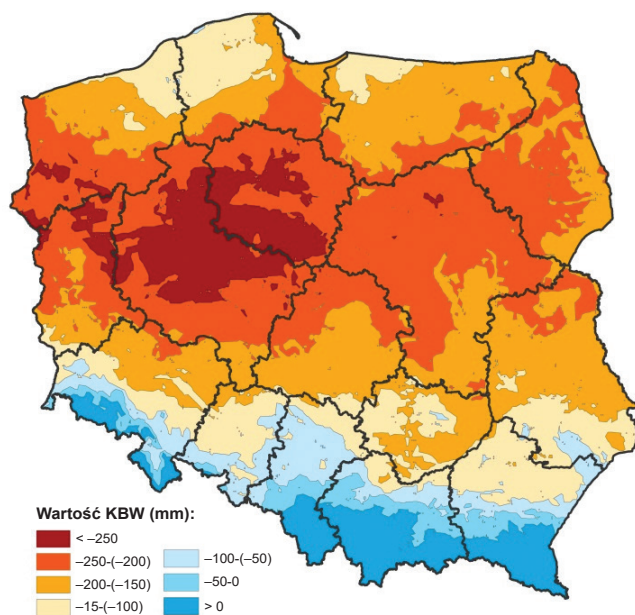
Słowa kluczowe: osuszanie, stepowienie, degradacja gleby, gleby organiczne

Wstęp

Geograficzne położenie Polski warunkuje wpływ olbrzymich połaci wody Oceanu Atlantyckiego z Zachodu i rozległych obszarów lądowych ze Wschodu, które kształtują cechy klimatu umiarkowanego przejściowego. W części zachodniej większe oddziaływanie zaznacza wilgotny klimat morski, a w części wschodniej – suchy klimat kontynentalny (29, 18). Analizując warunki termiczno-wilgotnościowe, obszar Polski zakwalifikowano do klimatyczno-glebowego pasa subboralnego, umiarkowanie ciepłego (1). Charakteryzuje się on roczną sumą średnich temperatur dobowych wyższych od 10°C w zakresie 2000–3800°C. Cechy klimatu umiarkowanego wykazują dużą zmienność opadów i temperatury zarówno w sezonie wegetacyjnym, jak i w poszczególnych latach. Zmienne warunki pogodowe przekładają się na okresowe niedobory wody dostępnej dla roślin w sezonie wegetacyjnym. Na większości obszaru Niżu Polskiego średnia roczna suma opadów jest mniejsza od 550 mm, a lokalnie nawet od 500 mm (5). Niedobór wody w sezonie wegetacyjnym mierzony klimatycznym bilansem wodnym (KBW) od Wielkopolski przez Kujawy, Mazowsze, Podlasie i Lubelszczyznę, aż do wschodniej granicy kraju jest większy niż 200 mm (rys. 1). Występowanie niekorzystnych stosunków wodnych i naturalnego niedoboru wód powierzchniowych na tym obszarze potwierdzają również badania Kleczkowskiego (13). Zmiany klimatyczne obserwowane w ostatnich dwóch dekadach, które objawiają się wyraźnym wzrostem temperatury powietrza oraz występowaniem okresów bezopadowych wiosną, czyli w fazie największego

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 1.5 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

zapotrzebowania roślin na wodę, są czynnikami pogłębiającymi deficyt wody. Analiza warunków agroklimatycznych w ostatnich 50 latach w Polsce uwidoczniła wyraźne zwiększenie deficytu wody w sezonie wegetacyjnym, mierzone klimatycznym bilansem wodnym, co prowadzi do znacznego zwiększenia częstotliwości występowania suszy rolniczej (rys. 1) (4). Większość gleb w Polsce charakteryzuje się opadowym typem gospodarki wodnej i korzysta wyłącznie ze źródła wód opadowych ze względu na zbyt niski, pozostający poza zasięgiem systemu korzeniowego roślin uprawnych poziom wód gruntowych. Naturalnym zbiornikiem retencyjnym wody dla roślin jest gleba, która gromadzi wodę w okresie opadów, roztopów i udostępnia ją w okresach bezopadowych, tzw. okresach posuchy. Możliwości retencjonowania wody w glebie zależą od zawartości substancji organicznej oraz udziału frakcji spławialnej i ilastej w całym profilu. Zdecydowana większość gleb mineralnych w Polsce (ponad 60%) wytworzona została z utworów piaszczystych, które mają naturalnie ograniczone możliwości gromadzenia wody i charakteryzują się niską zawartością próchnicy, przeciętnie poniżej 2,0%.



Rys. 1. Klimatyczny bilans wodny (KBW) w okresie wegetacyjnym

Źródło: Kozyra i Górski, 2005 (15)

Pogorszenie stosunków wodnych w glebie na przestrzeni ostatnich dwóch wieków wiąże się z działalnością gospodarczą człowieka. Od początku XIX wieku w Wielkopolsce prowadzono intensywny wyrąb lasów i o jedną trzecią zmniejszono zalesienie (16). Już w XIX wieku zdrenowano i osuszono 85% gruntów ornych na

Kujawach. Likwidowano tereny bagienne, podmokłe i rozlewiska, które zatrzymywały wodę oraz regulowano i prostowano koryta rzek dla potrzeb żeglugi (11, 16). Kolejny etap regulacji stosunków wodnych i osuszania poprzez melioracje i regulacje koryt rzek prowadzono po II wojnie światowej. W 2011 roku w skali kraju melioracjami wodnymi objęto 41,5% użytków rolnych (GUS, 2011). Wszystkie te działania doprowadziły do obniżenia poziomu wód gruntowych, obniżenia lustra wód w jeziorach, a w części do ich całkowitego wyschnięcia (16) oraz znacznie zmniejszyły zasoby wody w środowisku. W następstwie osuszenia znacznych obszarów Polski uruchomione zostały procesy murszowe, które prowadzą do degradacji gleb torfowych i uwalniania do atmosfery w procesie mineralizacji zasobów węgla w nich zgromadzonych. Osuszenie gleb mineralnych zwiększa ich podatność na procesy erozji wodnej i wietrznej i może prowadzić również do mineralizacji próchnicy oraz zmniejszenia jej pojemności wodnej.

Celem pracy jest przedstawienie skali degradacji gleb, szczególnie gleb organicznych w Polsce, zachodzącej na skutek ich osuszenia i mineralizacji substancji organicznej. Autorzy zwracają również uwagę na pilne potrzeby wprowadzenia działań ochronnych zmierzających do zwiększenia retencji wody w środowisku, zwłaszcza na obszarach gleb zmeliorowanych, gleb organicznych objętych procesami murszenia i zagrożonych wysoką częstotliwością występowania suszy rolniczej.

Procesy stepowienia i pustynnienia gleb

W wyniku obniżenia poziomu wód gruntowych i pogorszenia pierwotnych stosunków wodnych rozpoczął się proces odwodnienia, osuszania i degradacji gleb, zwany również procesem stepowienia (16, 12). Według Porębskiej i Sadowskiego (23), proces stepowienia to stopniowe wchodzenie sucholubnej roślinności typowej dla strefy półsuchej i przemiana łąk, pastwisk i zarośli w zbiorowiska trawiaste podobne do stepów; wyraża się też znacznym spadkiem zasobów wodnych, zmniejszaniem plonów, ograniczeniem hodowli z powodu braku paszy itp. oraz rozwojem erozji wietrznej. Stepowienie obserwowane jest obecnie w Wielkopolsce, na Pomorzu, Kujawach i południowo-wschodniej Polsce. Proces pustynnienia jest konsekwencją i dalszym nasileniem niekorzystnych zmian obiegu wody w środowisku i postępującą degradacją gleb, zachodzących w wyniku stepowienia i może zachodzić w sposób ciągły lub okresowy. Wyraża się zmniejszeniem liczby gatunków roślin zasiedlających glebę, zmniejszeniem produkcji biomasy, ubytkiem substancji organicznej w glebie (próchnicy), zmniejszeniem retencji wodnej gleb, zwiększeniem rozpylenia wierzchniej warstwy gleby i nasileniem erozji wietrznej i wodnej (23). Nasilenie procesu pustynnienia może w efekcie prowadzić do utraty wody glebowej, ograniczenia lub całkowitej utraty roślinności i bioróżnorodności w środowisku, znacznego ograniczenia lub całkowitego zahamowania produkcji rolniczej i leśnej. Na obszarach typowo rolniczych w kraju dostrzegane jest również

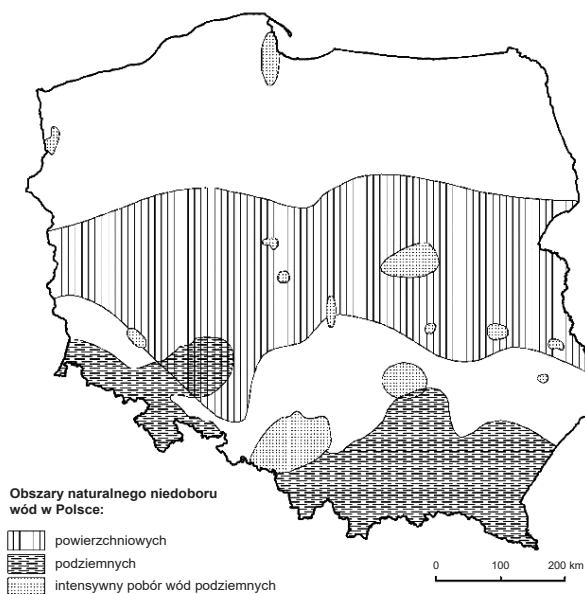
pustynnienie przemysłowe w wyniku nadmiernej eksploatacji zasobów wodnych przez przemysł i urbanizację (23). Polska, przystępując w roku 2002 do Konwencji Narodów Zjednoczonych (UNCCD) w sprawie zwalczania przyczyn oraz skutków susz i pustynnienia, rozpoczęła prace nad oceną niekorzystnych zjawisk w naszym kraju. W wyniku tych prac w roku 2004 ukazał się raport z realizacji Konwencji, z którego wynika, że Polska nie jest dotknięta pustynnieniem w rozumieniu Konwencji, ale są obszary zagrożone erozją wietrzną gleb, głównie w Wielkopolsce (16). Europejski Trybunał Obrachunkowy w sprawozdaniu opracowanym w 2018 roku stwierdził, że pustynnienie i degradacja gruntów stanowią aktualnie rosnące zagrożenia w UE (26). Gorące półpustynie występują już w Europie Południowej, m.in. w południowej Portugalii, Hiszpanii, we Włoszech, a także w Bułgarii i Rumunii, gdzie klimat zmienia się z umiarkowanego na suchy. Proces pustynnienia postępuje dalej na północ Europy (26). Trybunał jednak nie odniósł się do skali rzeczywistej degradacji gleb w wyniku tego zjawiska w poszczególnych krajach członkowskich.

Trwałe obniżenie poziomu wód gruntowych i osuszenie gleby wywołuje cały łańcuch niekorzystnych zjawisk i procesów prowadzących do degradacji środowiska glebowego i krajobrazu wiejskiego. Największe i nieodwracalne zmiany w wyniku osuszenia odnotowuje się w siedlisku gleb organicznych, w typie gleb torfowych (T), torfowo-mułowych i mułowo-torfowych (E). W wyniku napowietrzenia gleby torfowe z fazy akumulacji przechodzą w fazę decesji, a proces torfotwórczy zastąpiony zostaje procesem murszenia (20). Proces murszenia prowadzi do rozwarstwienia profilu gleby torfowej na charakterystyczne dla gleb murszowych poziomy diagnostyczne (M_1 , M_2 , M_3). Rozluźnienie wierzchnich poziomów (M_1 , M_2) zwiększa przepuszczalność i ogranicza podsiąk, co sprzyja ich dalszemu wysychaniu oraz ogranicza retencję. W takich warunkach dochodzi do ługowania składników pokarmowych, zwłaszcza wapnia (21). Inną formą degradacji odwodnionych i rolniczo użytkowanych gleb torfowych jest uwalnianie się azotu mineralnego w formie azotanowej i amonowej oraz wydzielanie dużej ilości CO_2 w wyniku mineralizacji materii organicznej (19). Procesom mineralizacji materii organicznej sprzyja umiarkowana wilgotność gleby organicznej w granicach 60–70% obj. i zawartość powietrza 20–30% obj. (20). W warunkach Polski powierzchnia odwadnianych i użytkowanych gleb torfowych obniża się przeciętnie o 10 mm rocznie, a straty materii organicznej w ciągu roku wynoszą 7–15 t·ha⁻¹ (20). Proces murszowy jest procesem nieodwracalnym i prowadzi do trwałej degradacji gleb torfowych, utraty nagromadzonej przez tysiące lat materii organicznej. Degradacja gleb organicznych prowadzi do utraty węgla w nich zmagazynowanego, ograniczenia retencji wody i potencjału produkcyjnego oraz trwałych zmian w krajobrazie wiejskim i utraty funkcji ekologicznych. Degradacja gleb mineralnych w wyniku osuszania nie jest tak intensywna jak gleb organicznych. Osuszenie gleb w sposób trwały nasila tempo mineralizacji próchnicy, zmniejsza pojemność wodną i retencji wody w glebie. Ubytek materii organicznej pogarsza właściwości fizykochemiczne, stosunki powietrzno-wodne oraz aktywność biologiczną gleby. Prowadzi do rozpadu agregatów glebowych i korzystnej struktury

gruzelkowatej, przez co zwiększa podatność gleby na procesy erozji wodnej i wietrznej. Gleby mineralne Polski to w 60% gleby bardzo lekkie i lekkie wytworzone z różnego rodzaju piasków (10), zawierające 1–2% materii organicznej (17). Bardzo drobne uziarnienie skały macierzystej jest podstawą klasyfikacji aż 32% gleb ornych do gruntów słabych i bardzo słabych (25). Gleby piaszczyste charakteryzują się bardzo niską zdolnością retencjonowania wody w profilu glebowym i szybciej ulegają przesuszeniu (www.susza.iung.pulawy.pl). Zmiany klimatyczne i osuszenie gleb mineralnych w wyniku świadomego odwodnienia mają istotny wpływ na ich właściwości fizykochemiczne, w tym zdolności sorpcyjne i buforowe oraz procesy biologiczne warunkujące wiele przemian określanych mianem aktywności biologicznej (<https://www.eea.europa.eu/>). Każdy wzrost temperatury wiąże się ze zwiększeniem ewaporacji i deficytu wodnego, co w konsekwencji wpływa na zmniejszenie zawartości węgla w glebie (22). Zależność tę potwierdzono w badaniach prowadzonych na gruntach ornych w województwach podlaskim i dolnośląskim (24). Mianowicie, w czasie gdy zaobserwowano podniesienie się średniej rocznej temperatury w stosunku do obserwowanej w poprzednich wieloletniach, odnotowano również statystycznie istotne zmniejszenie się puli węgla w glebie (7). Nasilenie procesu mineralizacji próchnicy powoduje także zmniejszenie pojemności wodnej i retencji wody oraz szereg niekorzystnych zjawisk, tj.: pogorszenie właściwości biologicznych, fizykochemicznych, termicznych oraz stosunków powietrzno-wodnych, które bezpośrednio wpływają na jakość gleb (27). Decydują o warunkach wzrostu, rozwoju i plonowania roślin uprawnych (2). Proces mineralizacji prowadzi także do rozpadu agregatów glebowych, przez co zwiększa podatność gleby na zagęszczanie oraz procesy erozji wodnej i wietrznej.

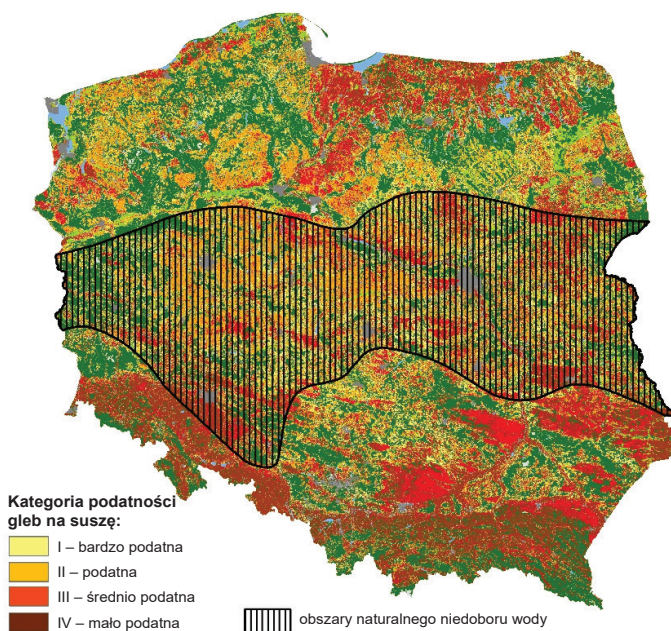
Przestrzenna ocena degradacji gleb organicznych i mineralnych w wyniku osuszenia

Naturalne niedobory wód powierzchniowych w Polsce wg Kleczkowskiego (13) występują na Niżu Polskim i obejmują obszar 112,5 tys. km², co stanowi 36,0% ogólnej powierzchni kraju (rys. 2). Na obszarze z niedoborem wód powierzchniowych występuje zwiększony udział gleb lekkich o małych możliwościach retencyjnych i najbardziej podatnych na suszę rolniczą w skali kraju, co dodatkowo naraża je na procesy degradacji (rys. 3). Udział kategorii I – gleb bardzo podatnych, wynosi 26,0% i jest o 4,6% większy w stosunku do ich udziału w skali kraju, a gleb kategorii II – podatnych na suszę, wynosi 42,8% i jest o 7,2% większy w porównaniu ze średnim udziałem w kraju (tab. 1). Równocześnie, udział gleb kategorii III i IV – średnio i mało podatnych na suszę, jest o 11,8% mniejszy. Występowanie na jednym obszarze dwóch niekorzystnych czynników stymulujących stres wodny roślin uprawnych w postaci zwiększonego naturalnego niedoboru wód powierzchniowych oraz zwiększonego udziału gleb wrażliwych na suszę zwiększa ryzyko występowania suszy rolniczej.



Rys. 2. Obszary naturalnego niedoboru wód w Polsce

Źródło: Kleczkowski, 2001 (13)



Rys. 3. Kategorie podatności gleb na suszę rolniczą na obszarze naturalnego niedoboru wód powierzchniowych

Źródło: opracowanie własne z wykorzystaniem mapy obszaru naturalnego niedoboru wód powierzchniowych wykonanej przez Kleczkowskiego, 2001 (13)

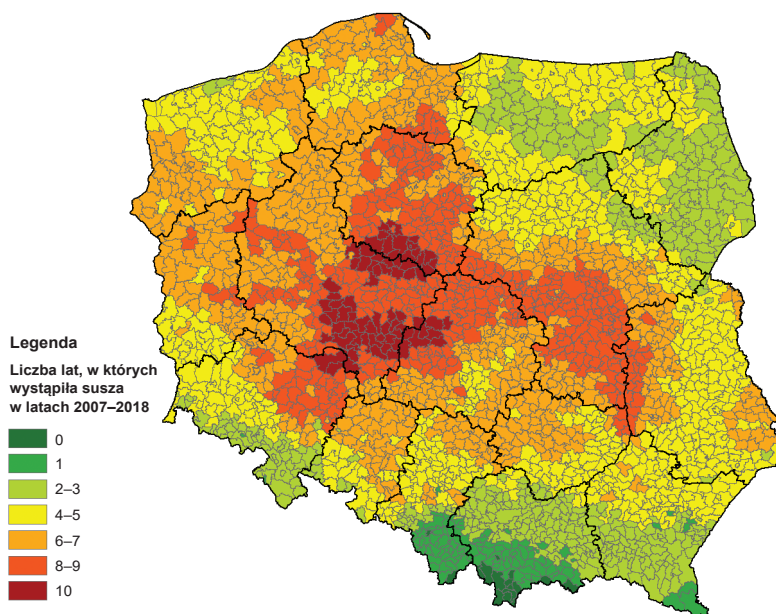
Tabela 1

Udział procentowy kategorii podatności gleb na suszę rolniczą w kraju i w strefie niedoboru wód powierzchniowych

Kategorie podatności gleb na suszę	Udział w skali kraju (%)	Udział w strefie niedoboru wód powierzchniowych (%)	Różnica (%)
	A	B	B – A
I – bardzo podatne	21,4	26,0	4,6
II – podatne	35,6	42,8	7,2
III – średnio podatne	24,2	21,7	-2,5
IV – mało podatne	18,8	9,5	-9,3

Źródło: opracowanie własne na podstawie Mapy kategorii podatności gleb na suszę rolniczą w skali 1:25 000 oraz Mapy naturalnego niedoboru wód w Polsce, red. Kleczkowskiego, 2001 (13)

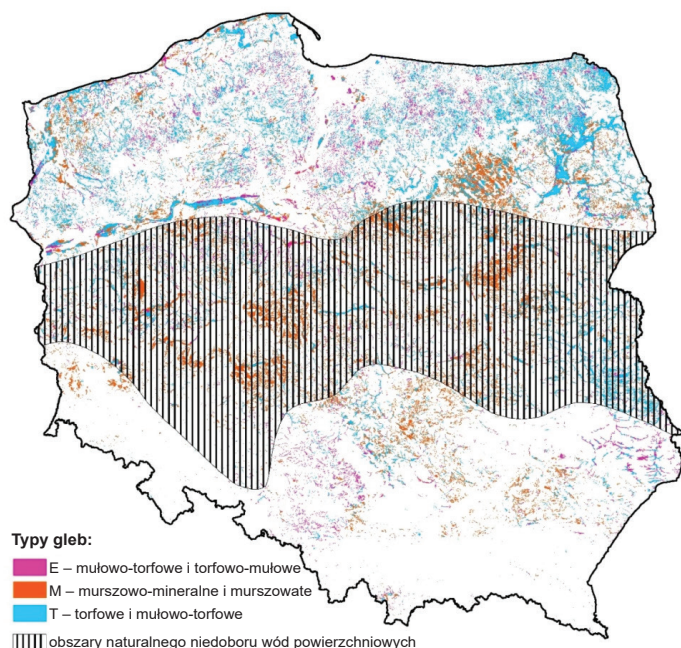
Wyniki oceny częstotliwości występowania suszy rolniczej realizowanej przez IUNG-PIB zgodnie z kryteriami ustawy o dopłatach do ubezpieczeń upraw rolnych i zwierząt gospodarskich (3) w latach 2007–2018 w Polsce potwierdzają tę zależność. Częstotliwość występowania suszy rolniczej w gminach położonych w strefie Niżu Polskiego jest kilkakrotnie większa w porównaniu z pozostałymi obszarami (rys. 4). W najbardziej wrażliwych gminach susza w analizowanym okresie 12 lat wystąpiła nawet 10-krotnie (4). Tak częste występowanie suszy rolniczej przynosi wymierne straty gospodarcze dla rolnictwa w postaci spadku plonów, zmniejszenia efektywności wykorzystania nawozów mineralnych i zwiększenia kosztów nawadniania upraw.



Rys. 4. Liczba lat z suszą rolniczą w latach 2007–2018

Źródło: Koza i in., 2019 (14)

Obniżenie poziomu wód gruntowych i osuszenie gleb torfowych w pasie Niżu Polskiego i na obszarze naturalnego niedoboru wód powierzchniowych w wyniku drenażu i melioracji uruchomiło procesy murszenia. Efekty trwałej degradacji gleb torfowych w wyniku procesów murszenia widoczne są na mapie glebowo-rolniczej (w skali 1:25 000) w postaci zwiększonej powierzchni występowania gleb murszowo-mineralnych i murszowatych (M) i zmniejszonej powierzchni gleb torfowych (T) oraz mułowo-torfowych i torfowo-mułowych (E) (rys. 5). Udział gleb torfowych (T) w strefie niedoboru wód powierzchniowych jest znacznie mniejszy w porównaniu ze średnim ich udziałem w kraju i wynosi odpowiednio: 3,6 i 5,6% (tab. 2). Podobne zjawisko odnotowano w przypadku gleb mułowo-torfowych i torfowo-mułowych (E), których udział wynosi 0,9% przy średnim dla kraju 1,6%. Odwrotne tendencje stwierdzono natomiast w przypadku gleb murszowo-mineralnych i murszowatych (M), których udział wynosi 7,9% i jest o 1,8% większy w porównaniu ze średnim w kraju (tab. 2). Należy podkreślić, że przytoczone dane dotyczące występowania gleb organicznych i pochodzenia organicznego odczytano na mapie glebowo-rolniczej opracowanej w latach 60. XX wieku. Obecnie nie są dostępne w skali całego kraju bardziej aktualne dane dotyczące występowania zasięgów gleb murszowych i murszowatych. Na skutek stałego osuszenia gleb torfowych w ostatnich dekadach i zmian klimatycznych procesy murszenia mogły się jeszcze bardziej nasilić, a zasięgi występowania gleb murszowych i murszowatych mogą być aktualnie jeszcze większe.



Rys. 5. Mapa gleb organicznych i pochodzenia organicznego

Źródło: opracowanie własne na podstawie Mapy glebowo-rolniczej w skali 1:25 000 oraz Mapy obszaru naturalnego niedoboru wód powierzchniowych wykonanej przez Kleczkowskiego, 2001 (13)

Tabela 2

Udział procentowy gleb organicznych i pochodzenia organicznego w kraju i w strefie niedoboru wód powierzchniowych

Typy gleb	Udział w Polsce (%)	Udział w strefie niedoboru wód powierzchniowych (%)	Różnica (%)
	A	B	B – A
E – mułowo-torfowe i torfowo-mułowe	1,6	0,9	–0,7
M – murszowo-mineralne i murszowate	6,1	7,9	1,8
T – torfowe	5,6	3,6	–2,0

Źródło: opracowanie własne na podstawie Mapy glebowo-rolniczej w skali 1:25 000 oraz Mapy naturalnego niedoboru wód w Polsce red. Kleczkowskiego, 2001 (13)

Podsumowanie i wnioski

Odwodnienie i osuszenie gleb torfowych i mułowo-torfowych wywołuje procesy murszenia i trwałą ich degradację połączoną z mineralizacją substancji organicznej. Brak jest jednak aktualnych danych kartograficznych, aby określić na poziomie kraju intensywność i skalę przekształcania gleb torfowych. Przytoczone dane z lat 60. XX w. wskazują na powszechnie występujące procesy murszenia gleb torfowych w strefie Niżu Polskiego i obszarze niedoboru wód powierzchniowych. W wyniku niekorzystnych zjawisk w siedlisku gleb organicznych znacząco zmniejszają się ich możliwości retencyjne. W wyniku mineralizacji substancji organicznej uwalniane są związki azotu mineralnego, który w formie azotanów stanowi dodatkowe zagrożenie dla wód gruntowych, a do atmosfery uwalniany jest węgiel w postaci CO_2 . Uwalniany na dużą skalę węgiel z gleb organicznych może znacząco przyspieszać zachodzące zmiany klimatyczne. Osuszanie gleb mineralnych również prowadzi do pogorszenia ich właściwości fizykochemicznych, w tym właściwości sorpcyjnych i buforowych oraz aktywności biologicznej gleb. Niekorzystna zmiana stosunków wodnych i nadmierne napowietrzenie gleb zwiększają potencjalne ryzyko mineralizacji próchnicy, przez co ograniczona zostaje retencja wody i zwiększa się ryzyko wystąpienia suszy oraz podatność na zagęszczenie i procesy erozji wodnej i wietrznej. Największe ryzyko degradacji i mineralizacji substancji organicznej występuje na glebach organicznych trwałych użytków zielonych, które po osuszeniu przekształcane zostają na grunty orne. Systematyczne wykonywanie zabiegów agrotechnicznych nasila ich napowietrzenie i procesy mineralizacji próchnicy. Na obszarze naturalnego niedoboru wód powierzchniowych, które obejmują ponad jedną trzecią powierzchni kraju odnotowuje się zwiększoną częstotliwość występowania suszy rolniczej. Przeprowadzona wstępna ocena procesów degradacji gleb na obszarach odwodnionych i osuszonych nie pozwala na określenie wzajemnych, ścisłych zależności pomiędzy analizowanymi czynnikami. Uwidacznia natomiast skalę zmian w siedlisku glebowym

i ich wpływ na produkcję rolniczą oraz ryzyko występowania suszy rolniczej. Do przeprowadzenia wymiernej oceny wpływu osuszania i zmian stosunków wodnych na procesy degradacji gleb organicznych i mineralnych potrzebne są szczegółowe badania terenowe. Powinny one obejmować m.in. ocenę jakościową i ilościową substancji organicznej oraz ocenę stosunków wodnych w profilu glebowym. Prace te będą podstawą aktualizacji zasięgów przestrzennych gleb organicznych i pochodzenia organicznego na mapie glebowo-rolniczej w skali 1:5 000 i umożliwią określenie stopnia i skali przekształceń i degradacji tych gleb.

Komisja Europejska nie opracowała dotychczas strategii dotyczącej pustynnienia i wspólnych przepisów w zakresie ochrony gleby oraz działań mających na celu zapobieganie degradacji gleby. Odpowiedzialność za wdrożenie odpowiednich działań na szczeblu krajowym ponoszą kraje członkowskie (26). Istotny wpływ na ograniczenie procesów degradacji gleb w wyniku osuszenia i zjawiska suszy w Polsce może mieć Plan Przeciwdziałania Skutkom Suszy (PPSS) opracowany przez Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie (PGW WP). Przewiduje on m.in. działania prowadzące do zwiększenia ilości i czasu retencji wód na gruntach rolnych. Działania te obejmują tworzenie zadrzewień śródpolnych i pasów ochronnych poprawiających retencyjność wodną gleb oraz zachowanie, tworzenie lub odtworzenie śródpolnych oczek wodnych i mokradeł. Drugi zakres działań przewiduje budowę nowych urządzeń melioracji wodnych nawadniająco-odwadniających lub przebudowę istniejących urządzeń melioracyjnych z funkcji odwadniających na nawadniająco-odwadniające (<https://wody.gov.pl/nasze-dzialania/stop-suszy>). Rzeczywiste efekty ochronne działań ujętych w planie zależą jednak od tempa ich wdrażania i regionalizacji, która pozwoli skoncentrować siły i środki na obszarach najbardziej dotkniętych procesami degradacji gleb.

Literatura

1. Bednarek R., Skiba S.: Czynniki i procesy glebotwórcze. Gleboznawstwo red. A. Mocek, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2015, s. 68-98.
2. Czyż E.A., Dexter A.R.: Fizyczne właściwości gleb. W: Wademekum klasyfikatora gleb, F. Woch (red.) IUNG-PIB, Puławy 2015, s. 22-95.
3. Doroszewski A., Jadczyszyn J., Kozyra J., Pudełko R., Stuczyński T., Mizak K., Łopatka A., Koza P., Górski T., Wróblewska E.: Podstawy systemu monitoringu suszy rolniczej. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, 2012 (IV-VI): t. 12, 2: 77-91.
4. Doroszewski A., Józwicki T., Wróblewska W., Kozyra J.: Susza rolnicza w Polsce w latach 1961–2010. IUNG-PIB, Puławy, 2014, s. 144.
5. Górski T., Demidowicz G., Deputat T., Górski K., Marcinkowska L., Spóz-Pać W., Zaliwski A., Wróblewska E.: Atlas Agroklimatyczny. IUNG, Puławy, 1999, s. 58.
6. GUS. Ochrona Środowiska. 2012.

7. Famielec J., Górka K., Stuczyński T., Wołkiewicz S.: Oszacowanie kosztów wynikających z wdrażania w Polsce wymagań zawartych w projekcie dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady ustanawiającej ramy dla ochrony gleb oraz zmieniającej dyrektywę 2004/35/WE, 2007, Puławy-Warszawa-Kraków.
8. <https://www.eea.europa.eu/pl/sygna142y/sygnały-2015/artykuły/gleba-a-zmiany-klimatu>
9. <https://wody.gov.pl/nasze-dzialania/stop-suszy>
10. Igras J., Lipiński W.: Regionalne zróżnicowanie stanu agrotechnicznego gleb w Polsce. Raporty PIB, Puławy, 2006, **3**: 71-80.
11. Jerzak L., Maciantowicz M., Goraj M.: Strategia rozwoju Polski Zachodniej. Ekspertyza Uniwersytet Zielonogórski regionalna Dyrekcja lasów Państwowych, Polska Akademia Nauk. Zielona Góra, 2011, ss. 81.
12. Kędziora A.: Wody już brakuje, ale stepowienie nam nie grozi. Głos Wielkopolski, 2008. <https://gloswielkopolski.pl/wody-juz-brakuje-ale-stepowienie-nam-nie-grozi/ar/67042>
13. Kleczkowski A.: Ochrona hydrosfery i zasoby wód. W: Przemiany środowiska naturalnego ekorozwój, red. M. Kotarba, Kraków, Geosfera, 2001, s. 29-48.
14. Koza P., Łopatka A., Jadczyński J., Wawer R., Doroszewski A., Siebielec G., Raport IUNG-PIB: 2019. Obszary Wsparcia Nawodnień (OWN). Wyznaczenie obszarów w różnym stopniu zagrożonych wystąpieniem suszy w Polsce na potrzeby wdrażania operacji „Modernizacja gospodarstw rolnych” Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014–2020”.
15. Kozyra J., Górski T.: Występowanie susz atmosferycznych w Polsce. XXXI Ogólnopolski Zjazd Agrometeorologów, Wyzwania agrometeorologii wobec ekstremalnych zjawisk pogodowych, 14–16 wrzesień 2005, Bydgoszcz. Mapa KBW.
16. Kudlicki Ł.: Zagrożenie pustynnieniem w Polsce. Bezpieczeństwo Narodowe. 1/2006, s. 201-211.
17. Kuś J., Kopiński J.: Gospodarowanie glebową materią organiczną we współczesnym rolnictwie. Zagadnienia doradztwa rolniczego. Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie, 2012, s. 5-26.
18. Mitosek H.: Klimat Puław w świetle spostrzeżeń meteorologicznych w latach 1872–1958, Część II. Opady atmosferyczne. Roczn. Nauk Roln., 1964, T 89-A-2, 273-303.
19. Okruszko H.: Wpływ melioracji wodnych na gleby organiczne w warunkach Polski. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 1976, **177**: 159-204.
20. Piaścik H., Gotkiewicz J.: Przeobrażenia odwodnionych gleb torfowych jako przyczyna ich degradacji. Roczniki Gleboznawcze, 2004. T. LV, **2**: 331-338.
21. Piaścik H., Bieniek B., Wójciak H.: Dekalcytacja gleb torfowych w warunkach Pojezierza Mazurskiego powodowana długoletnim ich użytkowaniem. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 1998, **456**: 279-284.
22. Pikuła D.: Praktyki zapobiegające stratom węgla organicznego z gleby. Studia i Raporty IUNG-PIB, Puławy, 2019, **59(13)**: 77-91.
23. Porębska G., Sadowski M.: Współczesne problemy pustynnienia, Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych, 2007, **30**: 73-82.
24. Raport z wdrożenia Zintegrowanego Systemu Informacji o Rolniczej Przestrzeni Produkcyjnej dla potrzeb ochrony gruntów w województwie podlaskim. Oprac. Pod red. Stuczyńskiego T.: Urząd Marszałkowski Województwa Podlaskiego, IUNG-PIB, Puławy–Białystok. 2006. s. 238.
25. Skłodowski P., Bielska A.: Właściwości i urodzajność gleb Polski – podstawą kształtowania relacji rolno-środowiskowych. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. 2009, t. 9, **4(28)**: 203-214.
26. Sprawozdanie Specjalne nr 33 Europejskiego Trybunału Obrachunkowego KE. Zwalczanie pustynnienia w UE – rosnące zagrożenie wymagające intensyfikacji działań. 2018, s. 72. https://www.eea.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR18_33/SR_DESERTIFICATION_PL.pdf
27. Ukalska-Jaruga A., Smreczak B., Strzelecka J.: Wpływ materii organicznej na jakość gleb użytkowanych rolniczo. Studia i Raporty IUNG-PIB, Puławy, 2017, **54(8)**: 25-39.

28. www.susza.iung.pulawy.pl
29. W o ś A.: Klimat Polski. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa, 1999, s. 302.
-

Adres do korespondencji:

*dr Jan Jadczyzyn
Zakład Gleboznawstwa Eroзии i Ochrony Gruntów
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy
tel. 81 4786 918
e-mail: JanJ@iung.pulawy.pl*

AUTOR

ORCID

Jan Jadczyzyn

0000-0003-4921-7609

Beata Bartosiewicz

0000-0003-0148-2999