

Prof. dr hab. Andrzej Łachacz

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Wydział Rolnictwa i Leśnictwa

Katedra Gleboznawstwa i Mikrobiologii

pl. Łódzki 3

10-727 Olsztyn

Wpłynęło dnia
2023-08-28

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgra Mateusza Stolarczyka

pt. „Uwalnianie biogenów oraz węgla organicznego z gleb torfowych na przykładzie różnie przekształconych torfowisk wysokich w Bieszczadach Zachodnich”

Recenzję wykonano na podstawie decyzji Rady Dyscypliny Nauki o Ziemi i Środowisku na Uniwersytecie Jagiellońskim (pismo nr 1214a.510.12.2023 z dnia 12.07.2023 r.). Praca doktorska została zrealizowana w Pracowni Gleboznawstwa i Geografii Gleb w Instytucie Geografii i Gospodarki Przestrzennej na Wydziale Geografii i Geologii Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie pod kierunkiem prof. dr. hab. Marka Drewnika.

1. Wybór tematu i jego uzasadnienie

Torfowiska z powodu zgromadzonych w nich zasobów wody, węgla i biogenów pełnią szereg ważnych funkcji środowiskowych i z tego względu zaliczane są do najbardziej cennych ekosystemów. W Polsce wśród torfowisk największą powierzchnię zajmują torfowiska niskie, a udział torfowisk wysokich i przejściowych jest znacznie mniejszy. Żyzne torfowiska niskie od dawna stanowiły przedmiot zainteresowania rolnictwa i były odwadniane w celu użytkowania łąkowego. Badania naukowe koncentrowały się na określeniu wpływu odwodnienia na właściwości gleb torfowisk niskich położonych w strefie klimatu umiarkowanego. Natomiast mniej uwagi poświęcono zagadnieniu przekształceń torfowisk wysokich pod wpływem ich odwodnienia. Zasilane są one głównie wodami atmosferycznymi, stąd są oligotroficzne. Jednak odwodnienie zmienia ich stosunki wodne, zwiększa się odpływ wód powierzchniowych, a mineralizacja materii organicznej powoduje, że odpływa z wodami rozpuszczony węgiel organiczny i składniki biogenne, w tym przede wszystkim związki azotu

i fosforu. Uwalnianie węgla organicznego z torfowisk jest uwarunkowane nakładaniem się wielu czynników abiotycznych i biotycznych, które wpływają wzajemnie na siebie. Przebieg pogody (temperatura, opady) silnie wpływają na te procesy. Pomimo prowadzonych prac dotyczących funkcjonowania torfowisk wysokich w Ameryce Północnej i borealnej strefie Europy, nadal wpływ odwodnienia na uwalnianie do wód powierzchniowych biogenów oraz rozpuszczonej materii organicznej nie jest w pełni rozpoznany. Zwłaszcza sezonowość tych procesów uwarunkowana porami roku i związaną z tym wegetacją roślin wymaga dalszych badań. Obecnie w związku z globalnymi zmianami klimatycznymi przykłada się wielką wagę do funkcji pełnionych przez torfowiska. Bez poznania zdolności gromadzenia węgla, biogenów i wody w górskich torfowiskach wysokich nie można oszacować tych zasobów w skali lokalnej ani globalnej.

W związku z powyższym, należy uznać za uzasadnione podjęcie przez Autora recenzowanej pracy szczegółowych badań dotyczących uwalniania biogenów oraz węgla organicznego z gleb trzech torfowisk wysokich w Bieszczadach Zachodnich, które w wyniku odwodnienia uległy zróżnicowanym przekształceniom. Oceniana rozprawa jest próbą wypełnienia luki w wiedzy i przyczynia się do lepszego poznania zagadnień ważnych z naukowego i utylitarnego punktu widzenia. Tytuł rozprawy dobrze oddaje zawarte w niej treści.

2. Struktura pracy

Dysertacja została przygotowana zgodnie z wymogami stawianymi tego typu opracowaniom. Składa się z ośmiu głównych rozdziałów: wstęp, cel i zakres pracy, obszar badań, obiekty i metody badań, wyniki badań, dyskusja wyników, wnioski, spis literatury. Zawiera także wykaz stosowanych skrótów oraz spis rycin i tabel. Główne rozdziały rozprawy zostały podzielone na 19 podrozdziałów pierwszego rzędu i 5 podrozdziałów drugiego rzędu. Praca zawiera „Załącznik” w postaci osobnego tomu. Zestawiono w nim dane dotyczące lokalizacji badanych obiektów, morfologii i systematyki gleb, właściwości próbek pobranych z poziomów genetycznych, właściwości próbek pobranych w różnych okresach roku z poziomów powierzchniowych, właściwości wód gruntowych i powierzchniowych badanych torfowisk. Stanowi to wartościowy materiał dokumentacyjny.

Praca jest obszerna, gdyż obejmuje 112 stron wydruku komputerowego plus 99 stron „Załącznika”. Struktura pracy oraz proporcje objętościowe rozdziałów moim zdaniem są prawidłowe i dobrze eksponują uzyskane wyniki.

3. Metodyka badań

Badania objęły trzy torfowiska wysokie (Litmirz, Tarnawa Niżna I, Tarnawa Niżna II) położone w dolinie górnego Sanu w Bieszczadach Zachodnich. Torfowiska te różnią się stopniem przeobrażenia spowodowanego przeprowadzonymi w minionym okresie pracami melioracyjnymi. Do szczegółowych badań wybrano powierzchnie różniące się intensywnością odwodnienia (przeobrażenia), co związane jest z głębokością poziomu wody gruntowej i charakterem szaty roślinnej. Łącznie wydzielono 15 powierzchni, w tym 5 powierzchni uznanych za naturalne, 5 słabo przekształconych i 5 silnie przekształconych, na których przeprowadzono badania terenowe od kwietnia 2017 do kwietnia 2018 roku. W terenie opisano profile glebowe, wykonano dokumentację fotograficzną oraz pobrano próbki glebowe do badań laboratoryjnych. Dodatkowo z powierzchniowego poziomu (0-30 cm) badanych gleb pobierano próbki o nienaruszonej strukturze w czterech terminach (kwiecień, lipiec, październik, luty) w celu określenia zmian właściwości chemicznych gleb w ciągu roku. Przeprowadzono także badania roztworu glebowego (wody gruntowe) i wód powierzchniowych odciekających z torfowisk. W tym celu na każdej powierzchni zainstalowano rury piezometryczne, z których pobierano próbki wody w tych samych czterech terminach co próbki gleb z powierzchniowego poziomu. Równocześnie pobierano w czterech powtórzeniach próbki wód powierzchniowych odciekających z kopuł torfowisk.

W materiale glebowym w stanie wilgotności polowej oznaczono następujące właściwości: stopień rozkładu torfu (metodą półstrzykawki na podstawie zawartości włókna przetartego oraz metodą polową w skali von Posta), odczyn w wodzie metodą potencjometryczną, właściwości optyczne materii organicznej metodą spektrofotometryczną w wyciągach z wodą dejonizowaną przy długości fal 280 nm (Q2), 472 nm (Q4), 664 nm (Q6), parametr SUVA w wyciągach z wodą dejonizowaną przy długości fali 253 nm, zawartość labilnych form fosforu mineralnego ($P-PO_4$) rozpuszczalnych w wodzie dejonizowanej, zawartość azotu azotanowego ($N-NO_3$) i azotu amonowego ($N-NH_4$) w roztworze 1% K_2SO_4 , zawartość rozpuszczalnych form węgla organicznego (RWO) w ekstrakcji z wodą dejonizowaną metodą chromatografii gazowej z użyciem analizatora VARIO TOC Cube.

W próbkach glebowych wysuszonych w temperaturze 35 °C wykonano następujące oznaczenia: popielność, skład granulometryczny mineralnych poziomów podścielających, zawartość węgla organicznego i azotu całkowitego, kwasowość wymienna i zawartość w kompleksie sorpcyjnym kationów o charakterze zasadowym. W próbkach wód gruntowych i powierzchniowych oznaczono: zawartość azotu azotanowego metodą przepływowej analizy

wstrzykowej, zawartość fosforanów metodą spektrofotometryczną, zawartość rozpuszczalnych form węgla organicznego metodą chromatografii gazowej, parametr SUVA.

Na podstawie uzyskanych wyników wyliczono stosowne wskaźniki. W badaniach zastosowano metody standardowe, powszechnie stosowane w laboratoriach gleboznawczych, jak i metody specjalistyczne dedykowane glebom organicznym. Na podstawie obserwacji terenowych i oznaczeń laboratoryjnych ustalono pozycję systematyczną gleb w ramach Systematyki gleb Polski, wyd. 6 (2019) oraz według międzynarodowej klasyfikacji WRB (2022).

Uzyskane wyniki właściwości gleb poddano analizie statystycznej obliczając statystyki opisowe osobno dla poziomów genetycznych do głębokości 50 cm i osobno dla próbek pobranych z poziomu powierzchniowego (0-30 cm) w czterech okresach roku. Następnie wyniki właściwości gleb poddano analizie statystycznej wykonując jednoczynnikową analizę wariancji ANOVA oraz wielowymiarową analizę składowych głównych PCA. W celu porównania średnich wartości pomiędzy wyróżnionymi grupami posłużono się parametrycznym testem post-hoc Scheffégo. Obliczono współczynniki korelacji Pearsona przy poziomie istotności $p < 0,05$.

Przeprowadzono zatem szeroko zaplanowane badania obejmujące terenowe i laboratoryjne prace gleboznawcze. Na podkreślenie zasługuje różnorodność zastosowanych podejść i metod badawczych, dzięki którym uzyskano bardzo bogaty materiał, wystarczający do wnioskowania o procesach prowadzących do uwalniania węgla organicznego, azotanów i fosforanów z różnie przekształconych gleb torfowisk wysokich. Zakres prac terenowych i kameralnych oraz metody badań laboratoryjnych opisano w sposób szczegółowy na 6 stronach. Podejście metodologiczne, jak i wybór procedur badawczych moim zdaniem są prawidłowe.

4. Dobór i wykorzystanie piśmiennictwa

Doktorant zebrał i wykorzystał 318 pozycji literatury, w tym 251 w języku angielskim. Tak duża liczba piśmiennictwa wynika z interdyscyplinarnego charakteru pracy. Należy podkreślić prawidłowy wybór tematyczny cytowanych publikacji oraz ich ścisły związek z zakresem pracy. Należy zauważyć, że 88 cytowanych prac opublikowano w ciągu ostatnich dziesięciu lat, w tym 21 prac opublikowano od 2020 roku, co świadczy że analizowane zagadnienie jest bardzo aktualne w nauce światowej. Autor umiejętnie wykorzystał „klasyczne” pozycje literatury dotyczące funkcjonowania torfowisk, zwłaszcza wysokich, a także publikacje o tematyce ogólnej oraz dotyczące fizjografii badanego obszaru. Na uwagę

zasługuje obszerny przegląd literatury (12 str.), w którym przedstawiono m.in. występowanie i funkcjonowanie torfowisk, w tym uwalnianie rozpuszczonej materii organicznej, azotanów i fosforanów do wód powierzchniowych. Autor prawidłowo wykorzystał różnorodne opracowania w rozdziale „Obszar badań”, w którym w sposób przejrzysty i uporządkowany omówił lokalizację, geologię i geomorfologię, klimat, hydrologię, szatę roślinną obszaru badań, a także historię działalności człowieka i przekształcenia torfowisk. W rozdziale „Dyskusja wyników” Autor konfrontuje uzyskane wyniki z rezultatami innych autorów. Doktorant wykazał dobrą znajomość obszernej literatury przedmiotu, w szczególności z zakresu procesów zachodzących w torfowiskach, metod badań stosowanych w gleboznawstwie, genezy i właściwości gleb organicznych oraz ich przekształceń pod wpływem odwodnienia.

5. Dokumentacja tabelaryczna i graficzna

W tekście pracy zamieszczono 10 tabel. W pierwszych podano lokalizację i warunki środowiskowe badanych torfowisk i wyznaczonych na nich powierzchni badawczych. Kolejne zawierają porównanie średnich wartości mierzonych parametrów dla warstwy 0-50 cm i osobno dla poziomów powierzchniowych dla trzech torfowisk o różnym stopniu przekształcenia. W trzech kolejnych tabelach przedstawiono sezonową zmienność właściwości powierzchniowych poziomów gleb. Dwie ostatnie tabele zawierają wyniki dotyczące koncentracji $N-NO_3$, $P-PO_4$ oraz wartość parametru SUVA w wodach gruntowych oraz w wodach powierzchniowych (wypływających z torfowisk).

Uzyskane wyniki zilustrowano 20 rysunkami. Przedstawiają one lokalizację torfowisk i rozmieszczenie powierzchni badawczych, budowę profili glebowych, uziarnienie mineralnych poziomów podścielających, zmienność zalegania poziomu wody gruntowej w zależności od stopnia przekształcenia torfowisk. Kolejne rysunki przedstawiają badane zależności i wyniki obliczeń statystycznych.

W Załączniku przedstawiono materiał dokumentacyjny osobno dla każdej powierzchni badawczej. Podano lokalizację powierzchni na zdjęciu lotniczym oraz na modelu LIDAR, zdjęcie otoczenia profilu glebowego. W towarzyszącej tabeli podano współrzędne geograficzne, wysokość n.p.m., poziom wody gruntowej, dominujące zbiorowisko roślinne, pozycję systematyczną według Systematyki gleb Polski (2019) oraz systematyki międzynarodowej WRB (2022). Na kolejnym rysunku przedstawiono budowę morfologiczną profilu (fotografia i schemat stratygraficzny) z danymi analitycznymi służącymi do identyfikacji materiałów glebowych i poziomów genetycznych.

Moim zdaniem zastosowano właściwe sposoby w celu prezentacji uzyskanych wyników badań. Tabele i rysunki opracowano prawidłowo i czytelnie, mimo obszerności zebranego materiału. Materiały dokumentacyjne i ilustracje przygotowano bardzo starannie z wykorzystaniem współczesnych technik komputerowych.

6. Merytoryczna i formalna ocena pracy

Na podstawie wnikliwego przeglądu literatury Doktorant sprecyzował główny cel badań, a następnie uszczegółowił go podając trzy cele pracy. Umożliwiło to postawienie trzech hipotez badawczych, które wynikają ze zidentyfikowanych luk w wiedzy. W celu weryfikacji hipotez badawczych opracowano szczegółowy plan badań, uwzględniający sezonową zmienność analizowanych zjawisk. Przeprowadzono kompleksowe badania terenowe i laboratoryjne. Wielowątkowe aspekty badań własnych Autor przedyskutował ze staraniem dobraną literaturą przedmiotu. Doktorant udokumentował oraz wnikliwie przeanalizował procesy biogeochemiczne zachodzące w glebach torfowisk wysokich w różnym stopniu odwodnionych (przeobrażonych). Obszerne wyniki badań własnych omówił w sposób uporządkowany i przekonujący. Udowodnił w ten sposób, że opanował aktualne metody prowadzenia badań naukowych oraz techniki analityczne. Posiadał także umiejętność interpretacji i dyskusji wyników. Pracę podsumowuje sześć wniosków. Wszystkie wnioski są zasadne i rzeczywiście wynikają z przeprowadzonych badań. Świadczą o zrealizowaniu zamierzonych celów badawczych, potwierdzając lub negując przyjęte hipotezy badawcze. Oprócz wniosków, Autor w rozdziale „Dyskusja wyników” podał szereg szczegółowych stwierdzeń, trafnych i interesujących z naukowego punktu widzenia.

Do najważniejszych osiągnięć pracy zaliczam:

- Podjęcie zagadnienia przeobrażenia gleb torfowych pod wpływem odwodnienia, które jest aktualne w nauce światowej, ważne z teoretycznego i praktycznego punktu widzenia.
- Zastosowanie w badaniach gleb torfowych odpowiednich metod, uwzględniających specyfikę gleb zasobnych w materię organiczną.
- Uwzględnienie w badaniach sezonowości wynikającej ze zmian uwodnienia torfowisk i stanu wegetacji roślin w ciągu roku.
- Umiejętne przełożenie wyników analiz laboratoryjnych na warunki terenowe.
- Wykazanie specyfiki procesu murszenia gleb torfowisk wysokich.

- Przedstawienie szeregu prawidłowości dotyczących uwalniania azotanów i fosforanów z gleb torfowisk wysokich.
- Wykazanie, że zawartość biogenów (azotanów i fosforanów) w glebie, wodach gruntowych i w wodach wypływających z torfowisk jest dobrym wskaźnikiem procesów biogeochemicznych zachodzących w odwodnionych torfowiskach wysokich. Z uwagi na hydrologiczną specyfikę torfowisk wysokich jest to zagadnienie stosunkowo słabo poznane.
- Powiązanie informacji o uwalnianiu węgla organicznego, azotanów i fosforanów ze stanem przekształcenia torfowisk, ich szatą roślinną i zawartością biogenów w wodach gruntowych i wypływających z torfowisk.

Lektura pracy nasunęła mi kilka uwag dyskusyjnych i krytycznych:

- W tabeli 2 podano podstawowe informacje o torfowiskach wysokich w dolinie górnego Sanu, w tym miąższość torfu. Nie sprecyzowano jednak czy jest to miąższość maksymalna czy średnia. W pracy na stronie 22 napisano, że miąższość torfu badanych torfowisk nie przekracza 10 metrów, a na stronie 31 wspomniano, że największa miąższość torfu została stwierdzona na torfowisku Tarnawa Wyżna I (ok. 6,2-7,5 m). W związku z tym nasuwa się pytanie, czy dla badanych torfowisk wykonano dokumentację geologiczną złóż torfu, które wykonano w Polsce dla torfowisk o powierzchni większej od 1 ha. W tych dokumentacjach podana jest średnia i maksymalna miąższość torfu obliczona według jednakowej dla całej Polski metodyki.
- Badania objęły kopuły torfowisk oraz wypływające z nich wody powierzchniowe. W tabeli 2 podano wysokość kopuł w metrach n.p.m. Brak jest jednak informacji na temat wysokości względnej kopuł w stosunku do okrajka (tzw. lagg). Jaka jest różnica wysokości pomiędzy najwyższym punktem kopuły a okrajkiem w miejscu poboru wody? Jaki był stan uwodnienia okrajka w ciągu roku? Czy obserwowano przepływ w nim wody? Czy prawidłowo wybrano zdjęcie przedstawiające otoczenie profilu SP2 na torfowisku Tarnawa Niżna I?, gdyż przedstawia ono krzewinki (borówki?), a w tabeli VII (Załącznik) podano, że dominuje tam zbiorowisko roślinne – mszar torfowcowy *Sphagnetum magellanicum*.
- Na podstawie analizy zawartości części mineralnych (popiołu) w poszczególnych profilach badanych gleb (Załącznik, tabela XVII a, b, c) można zauważyć duże zróżnicowanie tego parametru zarówno w obrębie poszczególnych profili, jak

i w obrębie torfowisk wyróżnionych na podstawie intensywności przekształcenia. Zwraca jednak uwagę wyraźnie wyższą (przekraczającą 10%) zawartość popiołu w profilach słabo przekształconych gleb torfowych. Czy w tym przypadku nie miał miejsca dopływ wód/składników mineralnych z otoczenia podczas rozwoju torfowiska? Czy jest taka możliwość biorąc pod uwagę położenie torfowiska w stosunku do otoczenia? W przypadku torfowisk silnie przekształconych 2-3 krotnie wyższą zawartość popiołu w powierzchniowych poziomach murszowych jednoznacznie świadczy o ich silnym i długotrwałym odwodnieniu.

- Przy opisie zbiorowisk roślinnych Autor zawsze skrupulatnie powoływał się na prace źródłowe. Jednak celowe byłoby powołanie się także na pracę przedstawiającą systematykę zbiorowisk roślinnych Polski (Matuszkiewicz W. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski).
- W tabelach 6-8 oraz na rysunku 15 podano zawartość P-PO₄ w g kg⁻¹, a mineralnych form azotu w mg dm⁻³; czym jest to spowodowane? W metodyce badań nie podano metody oznaczania gęstości objętościowej gleb.
- Oprócz wyliczonych wskaźników można także obliczyć stosunek azotu mineralnego (suma N-NO₃ i N-NH₄) do azotu ogółem lub azotu organicznego.

Powyższe uwagi mają głównie charakter uzupełnień i poprawek redakcyjnych i nie podważają mojej zdecydowanej pozytywnej oceny pracy. Mogą być one wykorzystane podczas przygotowywania fragmentów pracy do druku. Reasumując stwierdzam, że praca doktorska mgra Mateusza Stolarczyka jest oryginalnym rozwiązaniem problemu naukowego i dostarcza wielu nowych informacji odnośnie przekształceń gleb górskich torfowisk wysokich pod wpływem odwodnienia. Uzyskane wyniki można wykorzystać do opracowania metod regeneracji i ochrony torfowisk wysokich w górach. Na podstawie uzyskanych wyników Autor stwierdził, że nawet niewielkie (20-30 cm) i trwające krótko (2-3 miesiące) obniżenie poziomu wody gruntowej w glebach torfowisk wysokich powoduje intensyfikację przemian glebowej materii organicznej, a w rezultacie uwalnianie biogenów (azotanów i fosforanów). Jest to jedno z nielicznych tak szczegółowych i kompleksowych opracowań problemu w nauce światowej

7. Wniosek końcowy

Przedstawiona do oceny rozprawa mgra Mateusza Stolarczyka pt. *„Uwalnianie biogenów oraz węgla organicznego z gleb torfowych na przykładzie różnie przekształconych torfowisk wysokich w Bieszczadach Zachodnich”* została wykonana w oparciu o starannie opracowaną

metodykę badań i jest dobrze udokumentowana. Autor w rozprawie doktorskiej wykazał szeroką wiedzę teoretyczną w zakresie podjętego problemu naukowego. Stanowi ona oryginalne rozwiązanie problemu badawczego. Obszerny zakres badań terenowych, laboratoryjnych i kameralnych wskazuje na dobre przygotowanie Autora do samodzielnego prowadzenia interdyscyplinarnych prac naukowych. Na podkreślenie zasługuje zastosowanie różnorodnych metod badawczych, adekwatnych do rozwiązywanego problemu. Recenzowana praca wnosi nowe elementy poznawcze i użytkowe, zasługuje na pozytywną ocenę.

Stwierdzam, że recenzowana rozprawa całkowicie spełnia warunki określone w art. 13 ust. 1 Ustawy z dnia 13 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2014 r., poz. 1852, ze zmianami, w związku z art. 179 Ustawy z dnia 3 lipca 2018 roku – Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce – Dz. U. z 2018 r., poz. 1669). Zakres pracy mieści się w dyscyplinie Nauki o Ziemi i Środowisku. Wnioskuje o dopuszczenie jej Autora – Pana mgra Mateusza Stolarczyka do dalszych etapów przewodu doktorskiego. Jednocześnie, biorąc pod uwagę wysoki poziom naukowy rozprawy, jej nowatorskie podejście do badania gleb torfowych, a także szeroki zakres, wnioskuje o wyróżnienie Autora stosowną nagrodą.

Olsztyn, 17 sierpnia 2023 r.

Prof. dr hab. Andrzej Łachacz