



dr hab. Agnieszka Parzych, prof. UP
Zakład Chemii i Toksykologii Środowiska
Katedra Nauk o Ziemi i Środowisku
Instytut Geografii
Uniwersytet Pomorski w Słupsku
ul. Arciszewskiego 22B, 76-200 Słupsk
e-mail: agnieszka.parzych@upsl.edu.pl

Słupsk, dn.12.01.2026

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Beaty Rustowskiej

„Bioakumulacja makro- i mikroelementów w biomase brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth) na glebach o zróżnicowanym stopniu zniekształcenia”, wykonanej w Katedrze Gleboznawstwa Instytutu Rolnictwa SGGW w Warszawie pod kierunkiem dr hab. Jerzego Jonczaka, prof. SGGW. Promotor pomocniczy dr inż. Wojciech Kwasowski (Katedra Gleboznawstwa, Instytut Rolnictwa SGGW).

Praca składa się z autoreferatu (80 stron) oraz czterech artykułów naukowych (dwóch autorskich oraz dwóch współautorskich), wydanych w latach 2022-2024 w czasopismach: *Soil Science Annual* (DOI: 0.37501/solisa/149943, DOI: 10.37501/solisa/195922), *Trees* (DOI: 10.1007/s00468-024-02492-y) oraz *Water, Air & Soil Pollution* (DOI: 10.1007/11270-024-07254-7), stanowiących zasadniczą część rozprawy doktorskiej. Sumaryczny IF załączonych artykułów wynosi 8,8, a łączna ilość punktów MNiSW - 310.

Powierzona mi do oceny praca jest wynikiem badań terenowych przeprowadzonych przez mgr inż. Beatę Rustowską w latach 2021-2022, w obrębie czterech grup stanowisk brzozy brodawkowatej porastającej gleby: o cechach zbliżonych do naturalnych, przekształconych wskutek pożaru, porolnych oraz znajdujących się w strefie oddziaływania kopalni węgla brunatnego i elektrowni węglowej, w tym na hałdzie przemysłowej. Badania doktorantka przeprowadziła na 12 stanowiskach zlokalizowanych na terenie trzech województw: mazowieckiego, kujawsko-pomorskiego oraz łódzkiego.

Celem pracy było prześledzenie procesu bioakumulacji makro- i mikroelementów w biomase brzozy brodawkowatej porastającej gleby o zróżnicowanym charakterze i stopniu zniekształcenia. Na podstawie informacji zawartych w dostępnej literaturze naukowej sformułowano hipotezy badawcze.



Zakres przeprowadzonych badań terenowych i laboratoryjnych był obszerny i obejmował charakterystykę powierzchni badawczych, pobór próbek gleby i biomasy brzozy brodawkowatej oraz wykonanie szeregu analiz laboratoryjnych. Próbkę pobierano z 12 powierzchni badawczych w 10 powtórzeniach. Glebę była pobierana z czterech głębokości: 0-10, 10-20, 20-40 oraz 40-80 cm, a w przypadku brzozy brodawkowatej z 10 wytypowanych drzew pobierano próbki: korzeni I-rzędu, korzeni II-rzędu, drewna pni, kory, gałęzi I-rzędu, gałęzi II-rzędu oraz liści. Łącznie badaniami objęto 480 próbek gleby i 840 próbek biomasy. W próbkach gleby wyznaczono: skład granulometryczny, pH, całkowitą zawartość węgla (TC), azotu (N), siarki (S), węgiel nieorganiczny (TIC), P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu i Zn. We frakcjach biomasy oznaczono: TOC, N, S, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu i Zn. Realizacja tak obszernych i kompleksowych badań wymagała ogromnego nakładu pracy, czasu oraz wytrwałości doktorantki w dążeniu do celu.

Uzyskane zbiory danych są cenne, a ich interpretacja w znacznym stopniu uzupełnia aktualną wiedzę odnośnie właściwości akumulacyjnych brzozy brodawkowatej (szczegółowe i kompleksowe badania zarówno elementów biomasy nadziemnej, jak i podziemnej) rosnącej na glebach o różnym stopniu zniekształcenia, które często przez innych naukowców badane są wybiórczo. Zarówno temat podjętych badań oraz uzyskane wyniki wyjaśniają wiele kwestii odnośnie wpływu warunków siedliskowych na zawartość pierwiastków w biomase brzozy brodawkowatej oraz mają istotną wartość aplikacyjną.

Ocena autoreferatu

Autoreferat obejmuje 80 stron, zawiera jednostronicowe streszczenia w jęz. polskim i angielskim wraz ze słowami kluczowymi oraz wykaz publikacji będących podstawą rozprawy doktorskiej. W części literaturowej doktorantka opisała aktualny stan wiedzy na temat zasięgu występowania i warunków siedliskowych brzozy brodawkowatej, produkowanej przez nią biomasy, właściwości opadu roślinnego i jego rozkładu, oddziaływania brzozy brodawkowatej na właściwości fizyczne i chemiczne gleby. Doktorantka scharakteryzowała również interakcje brzozy z mikroorganizmami glebowymi i możliwość wykorzystaniu tego gatunku w procesach fitoremediacji. Opisane zagadnienia są przedstawione w sposób uporządkowany, syntetyczny i dostarczają wielu cennych informacji o relacjach roślina-gleba. Cel pracy oraz trzy hipotezy badawcze zostały sformułowane w sposób zwięzły i czytelny wraz z szerokim uzasadnieniem podjęcia tematu badań.



Zwięźle scharakteryzowano powierzchnie badawcze, zamieszczając ich lokalizacje na mapie Polski. Analizy laboratoryjne zostały wykonane zgodnie z obowiązującą metodyką. Uzyskane zbiory danych poddano opracowaniu statystycznemu. Zastosowano uogólnione modele liniowe (GLM) traktując typ stanowiska jako zmienną niezależną, przyjmując rozkład gamma dla zmiennych zależnych. Do identyfikacji głównych źródeł zmienności w badanych zbiorach danych zastosowano analizę głównych składowych (PCA). Uzyskane wyniki badań zostały przedstawione i opisane w sposób syntetyczny, zrozumiały i uporządkowany. Tabele oraz ryciny przygotowano w sposób przejrzysty i czytelny. Prezentowane wyniki badań wyjaśniono w oparciu o dostępną literaturę naukową. W podsumowaniu doktorantka odniosła się do założonych celów pracy oraz postawionych hipotez badawczych, formułując najważniejsze wnioski.

Na uwagę zasługuje również udział doktorantki w 3 projektach naukowych, w których pełniła funkcje wykonawcy lub kierownika, co potwierdza umiejętność współpracy zespołowej, jak i pracy samodzielnej. Doświadczenie naukowe mgr inż. Beata Rustowska wzbogaciła w trakcie 2 zagranicznych staży naukowych na Uniwersytecie w Grenadzie (Hiszpania) oraz Uniwersytecie w Nitrze (Słowacja). Wyniki swoich badań doktorantka prezentowała przed opublikowaniem na konferencjach krajowych oraz zagranicznych.

Ocena artykułów naukowych

Załączone artykuły zostały opublikowane w czasopismach o wysokiej randze, co dowodzi, że zarówno temat podjętych badań, sposób przedstawienia wyników, ich interpretacja, dyskusja i sformułowane wnioski zostały poddane krytycznej ocenie przez specjalistów na etapie recenzowania i uzyskały pozytywne oceny, które również podzielam. Mimo, iż załączone artykuły ukazały się całkiem niedawno, cieszą się sporym zainteresowaniem czytelników, o czym świadczy liczba ich cytowań. Według *Web of Science* (dn. 09.01.2026) suma cytowań wynosi już 13. Świadczy to o ważności podjętej tematyki, istotności prezentowanych wyników badań ze względu na możliwość praktycznego wykorzystania brzozy brodawkowatej na różnych etapach optymalizacji technik rekultywacji gleb o zróżnicowanym stopniu zniekształcenia.

Ocena merytorycznej spójności artykułów składających się na rozprawę doktorską

Składające się na rozprawę doktorską cztery artykuły naukowe są zgodne z tematyką zawartą w tytule pracy, spójne tematycznie i merytorycznie w zakresie prezentowanych treści.



Ocena indywidualnego wkładu doktorantki w powstanie pracy

Udział Pani mgr inż. Beaty Rustowskiej w powstanie artykułów naukowych, poświadczony oświadczeniami współautorów jest imponujący i wynosi średnio 80%. Warto zaznaczyć, że w dwóch artykułach doktorantka jest samodzielnym autorem, a w dwóch pozostałych (współautorskich) jest pierwszym autorem. Do zadań doktorantki należało przygotowanie koncepcji badań, opracowanie metodologii, prowadzenie badań, gromadzenie danych, ich analiza, wizualizacja, interpretacja oraz pisanie pracy. Ponadto, we wszystkich załączonych artykułach pełniła funkcje autora korespondencyjnego. Należy zaznaczyć również, ważną rolę promotora w powstaniu artykułów, co jest zrozumiałe z racji pełnionej funkcji, który jako współautor sprawował nadzór nad prowadzonymi badaniami i zatwierdzał ostateczne wersje artykułów. Pozostali współautorzy: Marek Kondras i Artur Pędziwiatr pomagali na etapie przeprowadzania badań i zestawiania danych, co jest uzasadnione ze względu na dużą ilość próbek i szeroki zakres badań.

Pytania do doktorantki i uwagi do pracy

Cenną wartością rozprawy doktorskiej są zbiory danych uzyskane w każdej z czterech grup stanowisk. Zdolność brzozy brodawkowatej do bioakumulacji makro- i mikroelementów we frakcjach biomasy jest ściśle związana z szeregiem właściwości fizycznych i chemicznych gleby na każdym stanowisku. Nie wszystkie jednak z analizowanych składników są biodostępne w tych samych warunkach glebowych. Kwaśny odczyn gleb wpływa korzystnie na mobilność i biodostępność, np. Zn, Cu, Mn czy Fe, ogranicza jednak możliwość pobierania innych składników tj. Ca, Mg czy K. Analizując zawartość makro- i mikroelementów w biomase roślinnej należy pamiętać również o wzajemnych interakcjach (synergizmie i antagonizmie) pomiędzy pierwiastkami. Wysoka zawartość jednego składnika w roślinie może wpływać korzystnie lub negatywnie na pobieranie innego składnika. Czy analizując wyniki badań zauważyła Pani wzajemne relacje, jeśli tak to pomiędzy którymi pierwiastkami? Wartościowym parametrem istotnie wpływającym na mobilność makro- i mikroelementów, ułatwiających jednocześnie interpretację wyników badań jest wilgotność gleby. Czy parametr ten był brany pod uwagę? Czy analizując zbiory danych w każdej z czterech grup stanowisk zauważyła Pani istotne statystycznie zależności związane z wiekiem badanych drzew, zwłaszcza na stanowiskach porolnych (R1, R3 oraz R2 i R4), znacznie różniących się wiekiem?



W trakcie analizy treści autoreferatu znalazłam kilka skrótów myślowych, błędów językowych, np. sformułowanie „intensywność bioakumulacji” (str 8) „intensywność akumulacji” (str 21) użyte w kontekście omawiania uzyskanych wyników badań. Intensywność bioakumulacji to miara szybkości i stopnia akumulowania w biomase roślin określonych składników chemicznych. Przeprowadzone przez Panią badania uniemożliwiają ocenę intensywności bioakumulacji (próbki pobierano jednokrotnie na każdym stanowisku). Właściwszym wyrażeniem byłoby raczej „ilość zakumulowanych makro- czy mikroelementów (mikroskładników)”. W opisie skali mapy zamieszczonej na rys. 1 wkradł się błąd (zamieszczono niewłaściwą ilość zer). Interpretację opisanych treści w części literaturowej utrudnia nieco zamieszczanie przykładów dotyczących wartości liczbowych makro- i mikroelementów wyrażanych w różnych jednostkach, tj. %, g/kg (str 14). W opisie badań terenowych zabrakło kilku istotnych szczegółów dotyczących pobierania próbek biomasy, tj. średnica korzeni, średnica gałęzi czy sposób pobierania próbek drewna pni (mam na myśli użyte narzędzia, sprzęt). Takie informacje powinny być dodane w tym podrozdziale, aby uniknąć niejasności metodycznych. W opisie rysunku 2, zabrakło wyjaśnienia umieszczonych w legendzie skrótów (W1, W2, ..., PR3). Wyjaśnienia te pojawiają się w dalszym opisie na kolejnych stronach pracy, co utrudnia na bieżąco analizę czytanego tekstu.

Wskazane powyżej uwagi i pytania do autorki nie umniejszają wartości naukowej prezentowanych wyników, ale mają za zadanie wzbudzić pewną dociekliwość badawczą i mam nadzieję, że będą pomocne na etapie przygotowania do publikacji artykułu podsumowującego całość przeprowadzonych badań.

Podsumowanie

Atutem prezentowanych badań jest zarówno interdyscyplinarny charakter łączący zagadnienia typowe dla leśnictwa, rolnictwa, ochrony środowiska, inżynierii środowiska, biogeochemii i innych pokrewnych dyscyplin naukowych, jak i znaczenie aplikacyjne uzyskanych wyników na etapach optymalizacji technik rekultywacji gleb zdegradowanych z wykorzystaniem brzozy brodawkowatej.

W moim odczuciu, doktorantka bardzo dobrze opanowała warsztat badawczy, o czym świadczy przemyślany sposób zaplanowania i przeprowadzenia badań oraz przedstawienia wyników:



- szczegółowy w 4 artykułach naukowych poświęconych 4 grupom stanowisk brzozy brodawkowatej, obejmujących gleby o zróżnicowanym charakterze i stopniu zniekształcenia,
- oraz porównawczy w formie autoreferatu, w którym zestawiono i porównano wyniki dotyczące bioakumulacji makro- i mikroelementów w biomase brzozy brodawkowatej porastającej 4 wybrane grupy stanowisk.

Cel pracy został osiągnięty, a sformułowane hipotezy zweryfikowane. Przedstawione wyniki badań wzbogacają aktualny stan wiedzy odnośnie zdolności akumulacyjnych brzozy brodawkowatej rosnącej w różnych warunkach siedliskowych.

Podsumowując stwierdzam, że przedstawiona mi do oceny rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie tematu naukowego, potwierdza umiejętność samodzielnego prowadzenia badań oraz formułowania prawidłowych wniosków przez Autorkę. Mgr inż. Beata Rustowska wykazała się obszerną wiedzą w zakresie omawianej tematyki, dobrą znajomością literatury, metod badawczych, metod statystycznych oraz odpowiednim poziomem naukowym. Na podstawie powyższych argumentów stwierdzam, że przedstawiona mi do recenzji rozprawa doktorska spełnia warunki określone w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2023 r. poz. 742 z późn. zmianami). Wnioskuje zatem o dopuszczenie Kandydatki do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora w dziedzinie nauk rolniczych w dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo.

Agnieszka Pomych

UNIWERSYTET POMORSKI
w Słupsku
76-200 SŁUPSK, Arctowskiego 22 a
tel: 59 84 05 327
Regon 00000159 NIP 839 10 28 460

Przesyłka nadeszła uszkodzona

otwarte

890
OPLATA POB
TAXE PERÇUE - POŁOGNE
Umowa z Poczta Polska S.A. ID nr
595475/G z dnia 04.07.2025r.

podpis



POLECONY



RPU/1111/2026 N
Data: 2026-01-16



R

Biuro Obsługi Nauki
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
w Warszawie
ul. Nowoursynowska 166
02-787 Warszawa

KANCELARIA GŁÓWNA SGGW
2026-01-16
WPŁYNĘŁO DNIA -7-