

Puławy, dn. 01.12.2023 r.

**dr hab. Anna Gałązka, prof. IUNG-PIB**

**Zakład Mikrobiologii Rolniczej**

## **RECENZJA**

**rozprawy doktorskiej mgr Marty Składowskiej pt.**

**„Metody remediacji *in situ* z wykorzystaniem naturalnych właściwości skał i  
organizmów żywych”**

Przedłożona do oceny praca doktorska mgr Marty Składowskiej została wykonana na Wydziale Nauk Przyrodniczych Instytutu Nauk o Ziemi w Sosnowcu, Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach. Promotorem rozprawy doktorskiej był prof. dr hab. Leszek Marynowski oraz dr Leszek Majgiel jako opiekun przemysłowy. Recenzję rozprawy doktorskiej mgr Marty Składowskiej przygotowano na prośbę Dyrektora Instytutu Nauk o Ziemi Wydziału Nauk Przyrodniczych, Pani dr hab. Ewy Łupikasza, prof. UŚ, po wcześniejszym wyborze Rady Naukowej Instytutu Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach (Uchwała nr 38/2023 z dnia 12 września 2023 r.).

### **1. Uwagi ogólne i znaczenie podjętej tematyki badań.**

Problematyka omawianej rozprawy doktorskiej dotyczy aktualnej tematyki zanieczyszczenia gleb substancjami ropopochodnymi oraz pierwiastkami śladowymi, w tym wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi (WWA) oraz zastosowania roślin i mikroorganizmów w bioremediacji skażonych gleb.

Trwałe zanieczyszczenia organiczne emitowane są do środowiska głównie ze źródeł antropogenicznych i charakteryzują się wysoką toksycznością, trwałością i zdolnością do bioakumulacji. Biologiczny rozkład substancji organicznych przez mikroorganizmy wykazujące często działanie synergistyczne, jest jednym z najefektywniejszych i najbezpieczniejszych sposobów usuwania ich ze środowiska a zarazem procesem długotrwałym i wieloetapowym. Zagrożenie takie widoczne jest szczególnie na glebach poddanych długoletniej i silnej antropopresji przemysłowej. Ważny jest tu oczywiście rodzaj

emisji i jej natężenie oraz depozycja w glebie, ale również należy brać pod uwagę sposób użytkowania przestrzeni wraz z jej naturalnymi cechami, takimi jak rodzaj i właściwości gleb, czy też warunki klimatyczne oraz bioróżnorodność mikrobiologiczną środowiska glebowego. Ocena roślinności w miejscu skażenia wraz z oceną mikrobiomu tych roślin jest niezwykle ważna. Badanie tych procesów powinno mieć charakter interdyscyplinarny. Biodegradacja zależy od wielu czynników abiotycznych i biotycznych. To, jak przyroda może oczyścić własne zasoby, jest wciąż niewyjaśnione i niezwykle interesujące.

Rośliny mogą przyczyniać się do rozpraszania zanieczyszczeń organicznych poprzez wzrost liczby mikroorganizmów, poprawę fizycznych i chemicznych warunków glebowych, zwiększoną humifikację i adsorpcję zanieczyszczeń w ryzosferze. Wielu autorów badało wpływ interakcji między roślinami a mikroorganizmami na degradację zanieczyszczeń organicznych, w oparciu o hipotezę, że wydzieliny korzeniowe zwiększają populację mikroorganizmów w ryzosferze. W przypadku stresu chemicznego w glebie roślina może reagować zwiększeniem lub zmianą ilości tych wydzielin, co z kolei modyfikuje skład mikrobiomu lub aktywność mikroorganizmów.

Ponieważ uważa się, że uwalnianie szeregu związków lub enzymów z korzeni roślin może wpływać na biodegradację związków ropopochodnych, a grupy roślin różnią się charakterem i ilością uwalnianych związków, wynika z tego, że użyte gatunki roślin mogą być istotnym czynnikiem wpływającym na skuteczność fitoremediacji. Dodatkowo wykazano, że synergiczne oddziaływanie między roślinami a zbiorowiskami mikroorganizmów w ryzosferze jest skuteczne w przypadku opornych związków organicznych. Stąd też zastosowanie wybranych gatunków traw w celu fitoremediacji gleb skażonych WWA uwzględniłam za ciekawy pomysł Doktorantki.

Gleba jest siedliskiem życia różnych organizmów i nie powinna stwarzać zagrożenia dla zdrowia ludzi oraz stanu środowiska (bioróżnorodności). Stąd też wszelkie próby podjęcia badań dotyczących rekultywacji terenów skażonych uważam za bardzo cenne i potrzebne w dzisiejszym świecie. W ten nurt wpisuje się tematyka pracy doktorskiej mgr Marty Składowskiej. Należy również dodać, że pomimo bardzo licznych publikacji na powyższy temat, metody badań dotyczące zastosowania wybranych technik remediacyjnych wydają się być ciągle niedostateczne i słabo poznane, szczególnie w warunkach *in situ* tj. realnego zanieczyszczenia gleb tymi związkami. W powyższym kontekście problematyka

ocenianej pracy doktorskiej **ma znaczenie praktyczne** ze względu na możliwości wdrażania osiągniętych wyników badań do praktyki.

Recenzowana rozprawa doktorska opiera się zarówno na laboratoryjnych metodach podstawowych jak i metodykach doświadczalnych z udziałem roślin. Warte podkreślenia są badania wazonowe i polowe w miejscu zanieczyszczenia gleb.

## **2. Ocena formalna i merytoryczna rozprawy doktorskiej**

Recenzowana rozprawa doktorska ma postać monotematycznej dysertacji liczącej 128 stron, na których znajduje się: 15 tabel oraz 36 rysunków. Dodatkowo na końcu dysertacji zamieszczono spis literatury oraz streszczenie w języku angielskim. Rozprawa doktorska składa się z klasycznych rozdziałów zgodnych ze schematem prac badawczych.

Dysertacja rozpoczyna się spisem treści, tabel i rysunków. Zbudowana jest z 7 rozdziałów zasadniczych, do których Doktorantka zaliczyła: „**Wprowadzenie**”, „**Przegląd literatury**” z czterema podrozdziałami a następnie „**Cel i zakres pracy**”. Kolejny rozdział „**Metodyka badań**” z dwunastoma podrozdziałami oraz rozdział „**Wyniki badań**”, w którym Doktorantka omawia otrzymane w toku realizacji badań rezultaty. W rozdziale siódmym zatytułowanym „Wdrożenie usługi remediacyjnej – procedura postępowania” Doktorantka przedstawia kolejne kroki dotyczące sposobu postępowania w przypadku realnego zanieczyszczenia gleb i jej oczyszczania. Dysertacja zakończona jest dwoma kolejnymi rozdziałami zatytułowanymi „**Wnioski**” i „**Literatura**”.

Układ omawianej pracy jest poprawny i niebudzący większych zastrzeżeń. Ponadto poszczególne rozdziały i podrozdziały są ze sobą logicznie powiązane, stanowią całość, co ułatwia merytoryczną ocenę uzyskanych wyników. Generalnie recenzowana rozprawa doktorska jest napisana językiem poprawnym stylistycznie. Nie mniej jednak w całej dysertacji można odnaleźć liczne błędy literowe, interpunkcyjne, błędy stylistyczne, nieprawidłowe cytowania, co może świadczyć o pośpiechu w przygotowaniu niniejszej pracy. W przyszłości podczas opracowywania wyników badań do publikacji błędy te powinny być poprawione, szczególnie jeśli dotyczy to prawidłowych sformułowań oraz poprawnego cytowania literatury naukowej.

Poniżej przedstawiam moje uwagi i pytania dotyczące niniejszej rozprawy doktorskiej:

- w pracy nie przedstawiono hipotezy badawczej, zaś rozdział „Cel i zakres pracy” nie przedstawia jasno postawionego głównego celu badań. Doktorantka kilkakrotnie i dość chaotycznie przedstawia kolejne zapisy: „Generalnym celem pracy było..., problemem badawczym na potrzeby niniejszej pracy było....; głównym celem pracy było ....”. Jednocześnie przedstawiony na stronie 30 zakres prac powinien w mojej opinii być raczej przereklamowany na cele szczegółowe, które Doktorantka chciała uzyskać w toku realizacji badań.
- ponadto zastosowanie gotowego, komercyjnego preparatu do bioremediacji gleb zanieczyszczonych substancjami ropopochodnymi o potwierdzonych już wcześniej właściwościach nie może stanowić, jak pisze Doktorantka „nowatorskiego podejścia do tych badań”. Nowatorskie badania dotyczyłyby w tym zakresie zastosowania przez Doktorantkę własnej i oryginalnej kompozycji mikroorganizmów o wybranych cechach biotechnologicznych.
- Doktorantka zastosowała bardzo liczne techniki remediacyjne, co z jednej strony wnosi wiele cennych wyników do niniejszej pracy, zaś z drugiej strony sprawia wrażenie jedynie pobieżnego podejścia, do każdej z tych części badań. Zdaję sobie jednak sprawę z tego, iż szczegółowe badania każdego z zaplanowanych doświadczeń musiałyby jednak prowadzić do znacznego wydłużenia czasu realizacji pracy doktorskiej. Niemniej jednak ograniczenie się do dwóch lub trzech metod remediacyjnych z ich szczegółową analizą mogłoby przyczynić się do uzyskania ciekawych wyników badań.
- Doktoranta szczegółowo omawia wpływ pierwiastków śladowych na organizmy żywe opierając się na pozycjach literaturowych eksportów w tej dziedzinie m.in. szeroko uznanych opracowaniach prof. Kabaty-Pendias. Z tego miejsca w myśl za nauką Pani prof. Kabaty –Pendias sugerowałabym stosowanie w opracowaniach szczególnie polskojęzycznych nazewnictwa „pierwiastki śladowe” w zamian za „metale ciężkie”. Niemniej jednak nazewnictwo „metale ciężkie” jest jak najbardziej powszechne w literaturze i nie stanowi merytorycznego błędu i jest szeroko stosowane w literaturze szczególnie anglojęzycznej.

- w dysertacji zdecydowanie zabrakło szczegółowej analizy statystycznej wyników badań. Doktorantka podjęła się jedynie wyliczenia średnich arytmetycznych z trzech powtórzeń i podania odchylenia standardowego, co przedstawiła na rysunkach i w tabelach. Na etapie przygotowywania publikacji naukowych szczegółowe analizy statystyczne otrzymanych wyników badań powinny być rozszerzone.
- Doktorantka w rozdziale ósmym przedstawia osiem wniosków, które jednak w mojej opinii w większości nie są wnioskami a potwierdzeniami, znanych już wcześniej z literatury ogólnych stwierdzeń z zakresu bioremediacji gleb.
- proszę o odpowiedź na pytanie: która z badanych przez Panią metod remediacyjnych w Pani opinii jest najwłaściwsza w zależności od rodzaju zanieczyszczenia oraz typu gleby? Która z tych metod należałoby zastosować w pierwszej kolejności po bezpośrednim zanieczyszczeniu gleby substancjami ropopochodnymi? Czy w Pani opinii łączenie tych metod przy zanieczyszczeniu gleb może stanowić dobre praktyczne rozwiązanie remediacyjne? Proszę także krótko omówić samoczynny, naturalny proces oczyszczenia gleb z substancji ropopochodnych.

### 3. Wniosek końcowy

Podsumowując recenzowana rozprawa doktorska stanowi ciekawe rozwiązanie problemu naukowego i wykazuje ogólną wiedzę teoretyczną mgr Marty Składowskiej. Doktorantka dowiodła, iż posiada wystarczającą wiedzę w powyższej tematyce, jak również potrafi przeprowadzić badania metodyczne związane z powyższą tematyką. Moim zdaniem sformułowany problem badawczy został osiągnięty a zaplanowany zakres badań zrealizowany. Wykorzystany przez Doktorantkę warsztat naukowo-badawczy jest wystarczający, a uzyskane wyniki umożliwiły osiągnięcie zakładanych na wstępie założeń pracy. Dysertacja nie budzi większych zastrzeżeń pod względem formalnym i merytorycznym.

W świetle powyższej recenzji stwierdzam, że przedstawiona mi do oceny praca spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim zgodnie z obowiązującą podstawą prawną. Wnoszę więc do Rady Naukowej Instytutu Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach o dopuszczenie Pani mgr Marty Składowskiej do dalszych etapów

postępowania o nadanie stopnia doktora w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki o Ziemi i środowisku.

*Anna Gałązka*  
dr hab. Anna Gałązka, prof. IUNG-PIB

Jednostka organizacyjna IUNG-PIB Zakład Mikrobiologii Rolniczej  
Osoba do kontaktu: dr hab. Anna Gałązka, prof. IUNG-PIB  
Telefon: 814786950  
Adres e-mail: [agalazka@iung.pulawy.pl](mailto:agalazka@iung.pulawy.pl)