

Dr hab. inż. Tomasz Ciesielczuk, prof. Uczelni
Instytut Inżynierii Środowiska i Biotechnologii
Wydział Przyrodniczo-Techniczny
Uniwersytet Opolski

Opole, dn. 12.05.2025 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej

mgr Wojciecha Rybaka

pt. ”Hybrydowa metoda usuwania zanieczyszczeń ropopochodnych
ze środowiska gruntowo-wodnego z użyciem preparatów immobilizowanych”

1. Podstawa recenzji

Recenzja przedmiotowej rozprawy doktorskiej powstała na wniosek Pana dr hab. inż. Pawła Mirka prof. P.Cz. Prodziekana ds. Nauki Wydziału Infrastruktury i Środowiska oraz Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska Górnictwo i Energetyka Politechniki Częstochowskiej zawarty w Uchwale Nr 43/2024/2025), w którym powołuje mnie na recenzenta rozprawy doktorskiej Pana mgr Wojciecha Rybaka.

Pan Wojciech Rybak uzyskał tytuł magistra w roku 2010 na studiach kierunku Ochrona Środowiska, na Uniwersytecie Opolskim, na podstawie pracy pt.: „Koncepcja waloryzacji terenów zdegradowanych w mieście Opolu”.

Pan mgr Wojciech Rybak jest absolwentem Studiów Podyplomowych Wyższej Szkoły Bankowej w Poznaniu na Wydziale Finansów i Bankowości oraz Doktorantem Szkoły Doktorskiej na Wydziale Infrastruktury i Środowiska Politechniki Częstochowskiej.

2. Uwagi ogólne

Praca została napisana na Politechnice Częstochowskiej pod kierunkiem dr hab. Anny Grobelak, prof. Politechniki Częstochowskiej – promotora w postępowaniu doktorskim.

Tematyka recenzowanej pracy, dotycząca systemu łączącego elementy różnych metod usuwania zanieczyszczeń ropopochodnych z gruntu, znajduje się w obszarze moich zainteresowań naukowych.

Uznaję, że praca – jako doktorat mający wysoki potencjał wdrożeniowy - wnosi wkład w rozwój teorii i praktyki w dyscyplinie nauk inżynierii środowiska.

Wybór Autora odnośnie do tematyki badawczej należy uznać za trafny, aktualny i istotny przede wszystkim ze względów praktycznych, co jest istotne nie tylko z punktu widzenia jakości komponentów środowiska (gleby oraz wód podziemnych oraz roślin), ale także z uwagi na kontekst ekonomiczny i społeczny. Wzbogacanie wiedzy w obszarze możliwości wykorzystania najbardziej efektywnych elementów metod remediacji środowiska glebowego z zanieczyszczeń ropopochodnych w tym zanieczyszczeń zastarzałych, ma ścisły związek z metodami pożądanymi w praktyce, co zostało przetestowane w niniejszej pracy. Autor przeprowadził badania kluczowe z punktu widzenia możliwości połączenia różnych elementów metod remediacyjnych oraz zaproponował metodę hybrydową jako optymalną z punktu widzenia nie tylko szybkości przywracania dobrego stanu środowiska, co jest istotnym elementem nowości w rozpatrywanym kontekście, ale także możliwości efektywnego usuwania związków ropopochodnych z gleby, a co za tym idzie wyniku ekonomicznego, bezpieczeństwa środowiskowego oraz zdrowotnego. Niniejsza praca wpisuje się w trend Gospodarki Rozwoju Zrównoważonego, co jest istotne z punktu widzenia dążenia do wysokiej jakości wszystkich komponentów środowiska.

3. Dorobek naukowy

W skład dorobku naukowego Doktoranta wchodzi 9 – oprócz maszynopisu rozprawy doktorskiej - publikacji o zasięgu krajowym.

1. Anna Grobelak, Aneta Kowalska, Daria Sławczyk, Marek Klimasz, **Wojciech Rybak**, Dominika Augustajtys, Daryna Makarenko, Jakub Włoka „Enzymy w procesach biologicznego przetwarzania odpadów”, w „Nowatorskie rozwiązania w inżynierii środowiska i energetyce - perspektywa zrównoważonego rozwoju" red. Iwona Zawieja. Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa, 2024 e-ISBN 978-83-65976-06-2 DOI: 10.17512/CUT/9788365976062

2. Dariusz Włoka, **Wojciech Rybak**, Marzena Smol, Dominika Szoldrowska, Beata Szatkowska, Renata Tomczak-Wandzel. New solution for phosphorus recovery in circular water filtration systems. Wydawnictwo Instytutu Badań Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków 2024 ISBN 978-83-67606-37-0

3. **Wojciech Rybak**, Dariusz Włoka The application of microencapsulated active substances exemplifies an innovative solution that aids in reducing water consumption during the in situ bioremediation process of soils. Wydawnictwo Instytutu Badań Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków 2024 ISBN 978-83-67606-37-0

4. **Wojciech Rybak**, Małgorzata Kacprzak, Anna Grobelak Etapy prac remediacyjnych w długookresowym oczyszczaniu gruntów z zanieczyszczeń ropopochodnych. (w) Wodociągi Płockie Gryszpanowicz Piotr (*red.*) 2022, ISBN: 978-83-946540-7-8 Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej,
5. **Wojciech Rybak**, Anna Grobelak Studium przypadku remediacji środowiska gruntowo-wodnego w technologii in situ. (w) Inżynieria środowiska i biotechnologia. Wyzwania i nowe technologie Rosińska, Karwowska, Madeła (*red.*) 2022, ISBN 978-83-7193-900-6 Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej
6. **Wojciech Rybak**, Anna Grobelak: Soil bioremediation with immobilized microorganisms as a green technology. Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków 2023
7. **Wojciech Rybak**, Anna Grobelak Wspomagana remediacja trwałych zanieczyszczeń organicznych w strefie oddziaływania wyłączonej z eksploatacji stacji paliw w Chełmie ; 2021
8. **Wojciech Rybak**, Małgorzata Kacprzak, Anna Grobelak Oczyszczanie gruntów z zanieczyszczeń ropopochodnych metodą skojarzoną – materiały szkoleniowe” (w) „Praktyczne aspekty remediacji, rekultywacji i rewitalizacji. Publikacja branżowa REMEA, Warszawa 2021
9. Małgorzata Kacprzak, **Wojciech Rybak** Improved biodegradation of petroleum hydrocarbon waste in soils. materiały pokonferencyjne; 2020 z 15th Conference on Sustainable Development of energy, water and environmental systems SDEWES w Kolonii (Niemcy).

Doktorant brał udział w licznych konferencjach naukowych i naukowo-technicznych m.in. •

- konferencji Innowacje w inżynierii ekologicznej, Białystok 26-28.06.2024, (Prezentacja posterowa: „Remediacja zanieczyszczeń ropopochodnych w środowisku gruntowo-wodnym metodą hybrydową z użyciem mikrokapsułkowanych preparatów aktywnych”)
- konferencji International Conference Water and Sewage in the Circular Economy Model (CEwater), Kraków 22-24.04.2024, (Prezentacja posterowa: „Microencapsulation of active substances = saving water”)
- serii konferencji projektowych w zagranicznych ośrodkach naukowych oraz w Polsce: Uppsala (Szwecja) 05.2023, Ryga (Łotwa) 06.2023, Kowno (Litwa) 10.2023, Kokkola (Finlandia) 01.2024, Kraków (Polska) 05.2024
- konferencji AQUA 2022 Międzynarodowe Sympozjum, Płock 27-28.10.2022, Politechnika Warszawska (Prezentacja: „Etapy prac remediacyjnych w długookresowym oczyszczaniu gruntów z zanieczyszczeń ropopochodnych”)

- konferencji MonGOS International Conference 2022, Kraków 30.06-01.07.2022, Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN (Prezentacja posterowa: „Soil bioremediation with immobilized microorganisms as a green technology”)
- konferencji „Praktyczne aspekty rekultywacji, rewitalizacji, remediacji”. Stare Jabłonki w dn. 21-23.06.2021 (Prezentacja: „Oczyszczanie gruntów z zanieczyszczeń ropopochodnych metodą skojarzoną – aspekty praktyczne”)
- 15th Conference on Sustainable Development of energy, water and environmental systems SDEWES w Kolonii (Niemcy) w dn. 1-5.09.2020, sesja specjalna: Environmental safety of bio-waste in the circular economy – potential for energy and matter recovery. Konferencja on-line. (Prezentacja: Małgorzata Kacprzak, Wojciech Rybak. Improved biodegradation of petroleum hydrocarbon waste in soils)
- Współorganizator/prelegent konferencji „I Forum Zrównoważonego rolnictwa – TechNabio”, Częstochowa 2017

Ponadto Doktorant legitymuje się innymi osiągnięciami, takimi jak wynalazki z zakresu gospodarki pasiecznej (3 zgłoszenia).

- Współtwórca wynalazku z zakresu doskonalenia gospodarki pasiecznej i poprawy kondycji pszczół. Zgłoszenie patentowe 10.2024. „Pułapka na roztocza warrozy do ula pszczelego”
- Twórca wynalazku z zakresu doskonalenia gospodarki pasiecznej i poprawy kondycji pszczół. Zgłoszenie patentowe 08.2024. „Mechanizm dystrybucji preparatów przeciw roztoczom w nakładce na wylotkę ula pszczelego”
- Twórca wynalazku z zakresu doskonalenia gospodarki pasiecznej i poprawy kondycji pszczół. Zgłoszenie patentowe 12.2022. „Nakładka na wylotkę do ula pszczelego”.

oraz członkostwem w zespołach badawczych:

- Członek zespołu badawczego Politechniki Częstochowskiej realizującego zadania w ramach pracy badawczej: „Zrównoważone technologie w gospodarce odpadami” (2025)
- Członek zespołu badawczego Politechniki Częstochowskiej realizującego zadania w ramach pracy badawczej: „Nowe technologie w ochronie gleb i gruntów” (2021)
- Członek konsorcjum TechNabio realizującego projekt w ramach konkursu TANGO o tytule: „Opracowanie technologii wytwarzania biopreparatów złożonych o kontrolowanym uwalnianiu do remediacji gleb i wspomagania wzrostu roślin” (2016-2018)
- Członek zespołu badawczego realizującego grant naukowy Prezydenta Opola: „Opracowanie kompleksowego systemu ochrony habitatu wyspy Bolko w świetle komunikacyjnego czynnika antropopresji wraz ze wskazaniem rozwiązań komunikacyjnych regulujących ruch w obrębie wyspy” (2016)

Pan Wojciech Rybak był także pomysłodawcą i współtwórcą projektu „Let's reclaim the soil for great Vietnam”, współpraca z Ho Chi Minh City University of Technology od 12.2023

Współwykonawcą projektu „CEforestry” finansowanego z programu Interreg - Region Morza Bałtyckiego 2021-2027

Współwykonawcą projektu: „WodoGOZowanie w praktyce – opracowanie kompleksowych rozwiązań odzysku wody i podnoszenie świadomości o kluczowej roli wody w procesie transformacji w kierunku gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ)”

Projekt współfinansowany ze środków EOG EEA i Norway Grants. Realizacja 2022-2024

Był także kierownikiem projektu współfinansowanego ze środków schematu II Pomocy Technicznej PROW na lata 2014-2020, projekt: „Zrównoważona gospodarka surowcami biogenicznymi i wodą w nowoczesnym rolnictwie”. Realizacja 2022.

4. Tytuł, zasadnicze aspekty metodologiczne i ogólna charakterystyka pracy

Tytuł pracy – „Hybrydowa metoda usuwania zanieczyszczeń ropopochodnych ze środowiska gruntowo-wodnego z użyciem preparatów immobilizowanych” bezpośrednio nawiązuje do podjętego w pracy problemu badawczego i jest spójny zawartością treściową całej rozprawy.

Tezy pracy sformułowano w postaci stwierdzeń:

1. Połączenie metod chemicznych, fizycznych i biologicznych w oczyszczaniu środowiska gruntowo-wodnego z zanieczyszczeń ropopochodnych może mieć efekt synergistyczny.
2. Odpowiednia modyfikacja i aktywacja mikroflory autochtonicznej dla danego terenu skażonego pozwala na uzyskanie wysokiego poziomu efektywności usuwania zanieczyszczeń.
3. Zastosowanie biopreparatu w formie polimerowych mikrokapsulek umożliwia dokładniejsze dozowanie, zapewnia stabilność biopreparatu i odporność na stres glebowy oraz pozwala na szybkie odtworzenie naturalnej równowagi mikrobiologicznej w środowisku gruntowo-wodnym.

Głównym celem naukowym było zbadanie przebiegu i ocena efektywności procesu degradacji zanieczyszczeń ropopochodnych w metodzie hybrydowej w poszczególnych etapach procesu bio/chemodegradacji zanieczyszczeń ropopochodnych.

Dodatkowo zdefiniowano cel użytkowy którym było opracowanie wysokowydajnej, ekonomicznej, skojarzonej (hybrydowej) metody usuwania zanieczyszczeń ropopochodnych w gruntach.

Struktura dysertacji została oparta na 8 rozdziałach zasadniczych (oraz spisem literatury oraz spisami rysunków i tabel), z których najistotniejsze opisują przeprowadzone przez Autora badania laboratoryjne, terenowe oraz prezentują modelowanie rozkładu zanieczyszczeń.

Praca ta została zatem podzielona na 3 odrębne jednak uzupełniające się części. Pierwsza z nich dotyczyła badań laboratoryjnych obejmujących badania rozkładu i elucji zanieczyszczeń (badania kolumnowe), badania mikrobiologiczne mające na celu ustalenie składu gatunkowego mikroflory występującej na terenach skażonych, a wytypowanych do eksperymentów terenowych, badania respirometryczne przeprowadzone w celu określenia aktywności mikroflory po zaaplikowaniu dodatków chemicznych.

Część druga to opis badań terenowych. Przeprowadzono je w 2 anonimowych miejscach wytypowanych ze względu na znaczny stopień zanieczyszczenia gruntu substancjami ropopochodnymi w efekcie działalności człowieka - magazynowaniu oleju napędowego oraz tankowaniu lokomotyw podobnie na terenie 1 oraz 2. Na uwagę zasługuje wytypowanie terenów o długim okresie presji człowieka wynoszącym około 20 i 30 lat, co powoduje, że mamy do czynienia z trudnymi zanieczyszczeniami zastarzalymi.

Trzecia część to opis modelowania rozkładu badanych zanieczyszczeń z dodatkiem biostymulantów (surfaktantów i mikroorganizmów). Model ten koncentrował się na frakcji olejowej (węglowodory o długości łańcucha C₁₂-C₃₅).

Na uwagę zwraca duża ilość wykonanych badań laboratoryjnych i wymagających dużego nakładu pracy badań terenowych.

Ponadto, na uwagę zasługuje także fakt opisu eksperymentów, które należało przerwać z uwagi na brak oczekiwanych efektów. Tego rodzaju doświadczenia zwykle nie są umieszczane w finalnej wersji dysertacji.

W rozdziale 8 Autor przedstawia w szerokim opisie proces wdrożenia opracowanej hybrydowej metody do praktyki.

Jeden z ostatnich rozdziałów zawiera spis literatury.

Spis ten obejmuje 66 pozycji. Dobór źródeł literatury uważam za trafny i wystarczający. W spisie ujęto także wykorzystane w pracy akty prawne.

Uwagi krytyczne i sugestie

Pomimo, że pracę tę oceniam wysoko, moją uwagę zwróciły następujące drobne mankamenty:

- 1) W części opisującej badania respirometryczne, można było dodać serię opartą o glebę z zanieczyszczeniem zastarzałym, co byłoby interesujące z punktu widzenia współwystępowania produktów półrozpadu węglowodorów w takiej matrycy.
- 2) W omówieniu wyników zabrakło graficznego przedstawienia analizy chromatograficznej próbek pobranych z terenu badań, co byłoby interesujące pod kątem porównania obu silnie zanieczyszczonych terenów.
- 3) W dyskusji wyników, zabrakło nieco szerszego zacytowania danych innych autorów, w sensie głębszego porównania danych liczbowych, do zaprezentowanych w niniejszej dysertacji.
- 5) Forma edytorska i warstwa językowa tej pracy zasługują na ocenę bardzo dobrą – jednak wnioski końcowe zasługiwałyby na lepsze wyróżnienie w strumieniu tekstu.

Wnioski końcowe

Przedstawiona mi do recenzji rozprawa doktorska Pana mgr Wojciecha Rybaka posiada następujące cechy:

- 1) Powstała w oparciu o przeprowadzone oznaczenia i eksperymenty, a podział na 3 osobne części sprawia, że praca jako całość pozostała przejrzysta i komplementarna.
- 2) W opisanych pracach zastosowano odpowiednią konwencję prowadzącą w logiczny sposób do zaprojektowania i przeprowadzenia niezbędnych badań.
- 3) Autor biegle posługuje się odpowiednimi metodami zarówno analizy prób, jak i interpretacji uzyskanych wyników.
- 4) Pomimo swojej złożoności, praca jest starannie opracowana edytorsko, co ułatwia i przyspiesza zapoznanie się czytelnika z zawartością naukową.
- 5) Opisowa część rozprawy podana jest w sposób atrakcyjny, dostępny nawet dla czytelnika spoza obszaru wiedzy omawianego w dysertacji, pomimo że w wielu fragmentach konieczne było zastosowanie specyficznej terminologii.

Kilka wskazanych w tej recenzji krytycznych uwag, nie zmienia mojej wysokiej oceny rozprawy jako całości.

Recenzowana praca doktorska Pana mgr inż. Wojciecha Rybaka jest samodzielnym, oryginalnym rozwiązaniem zaprezentowanego w niej celu naukowego. Autor podjął bardzo aktualny temat, który ma istotne znaczenie z punktu widzenia praktycznego. Trafnie określił założenia dotyczące analizy problemu i z sukcesem zastosował właściwe metody badawcze – zarówno laboratoryjne jak i terenowe.

Doktorant wykazał się odpowiednią ogólną wiedzą z zakresu chemii i biochemii w odniesieniu do problematyki możliwości unieszkodliwienia zanieczyszczeń

ropopochodnych w glebie i gruncie, a także umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Reasumując, stwierdzam, że rozprawa doktorska Pana mgr Wojciecha Rybaka spełnia warunki zawarte w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. *Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz.U. 2024 poz. 1571) i niniejszym wnoszę o dopuszczenie Go do dalszych etapów procedury ubiegania się o stopień naukowy doktora.

A handwritten signature in blue ink, reading "Tomasz Cieślak". The signature is written in a cursive style with a long horizontal stroke at the beginning.