

Recenzja rozprawy doktorskiej

***Efektywność technik modyfikujących procesy biodegradacji zanieczyszczeń
ropopochodnych w gruncie z terenu dołu urobkowego***

mgr Katarzyny Wojtowicz

Recenzja została wykonana na prośbę Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka, Prof. Dr ha. K. Labusa.

Wydział Inżynierii Środowiska Politechniki Śląskiej (Nr pisma RIE-RD.512.49.2026).

Uzasadnienie celowości podjęcia tematu badawczego

Już od paru dekad obserwujemy wyższy poziom świadomości społeczeństwa w zakresie problematyki zanieczyszczenia środowiska, w tym gleb i gruntów, a tym samym zwiększenie aktywności i nacisku na badania i na wdrażanie wyników, głównie w zakresie ograniczania presji zanieczyszczeń na środowisko, ale i wprowadzania skutecznych metod ich oczyszczania. Takie działania umożliwiają przywrócenie nie tylko właściwości użytkowych, ale często przynajmniej przyrodniczo rekreacyjnych. W grupie zanieczyszczeń środowiska substancje ropopochodne stanowią jedno z trudniejszych źródeł skażenia/zanieczyszczenia gleb/gruntów, a w tym przede wszystkim te z terenów zastarzałych dołów urobkowych, w których gromadzono zwierciny, zużyte płuczki bentonitowe oraz zanieczyszczenia ropopochodne pochodzące z nawierconych warstw roponośnych. Są to zanieczyszczenia stare pochodzące z okresu prowadzenia prac poszukiwawczych, wydobywczych i eksploatacyjnych powodujących degradację i nieprzydatność użytkową gleb/gruntów, bo po przedostaniu się do środowiska mogą wchodzić w interakcje z jej komponentami, co z kolei determinuje ich dalsze negatywne oddziaływanie na środowisko glebowo/gruntowe. W konsekwencji kontakt substancji ropopochodnych z glebą/gruntem może ograniczać ich podatność nie tylko na desorpcję, parowanie, biodegradację itp., ale też może znacząco obniżać skuteczność

prowadzonych procesów remediacyjnych. W tej sytuacji właściwie prowadzona rekultywacja/remediacja tych terenów należy do ważnych zagadnień jakie głównie stają przed branżą górnictwa nafty i gazu. Zagadnienie jest o tyle ważne, ale i trudne, bo w zależności od swoich właściwości fizykochemicznych substancje ropopochodne mogą występować w gruncie w postaci wolnej fazy ciekłej, związków rozpuszczonych w wodzie glebowej lub składników fazy gazowej. Ponadto należy pamiętać, że toksyczność, mutagenność i rakotwórczość substancji ropopochodnych w środowisku glebowo/gruntowym uznawana jest za zagrożenie. W tej sytuacji istotne są prace rekultywacyjne/remediacyjne prowadzone jako metody inżynieryjne (techniczne), procesowe (procesy fizyczne, chemiczne, biologiczne) jak i niezmiernie ważne metody chemiczne (m.in. procesy utleniania i redukcji, zmiana odczynu środowiska glebowo/gruntowego, sorpcja). Należy zwrócić uwagę, że obecnie szczególną rolę w remediacji gruntów zanieczyszczonych węglowodorami ropopochodnymi odgrywają najczęściej wykorzystywane metody biologiczne ich oczyszczania, w tym biodegradacja mikrobiologiczna i fitoremediacja, które wykorzystują naturalne procesy zachodzące w środowisku glebowym do przekształcania szkodliwych związków chemicznych w formy mniej toksyczne lub obojętne dla środowiska. Metody biologiczne charakteryzują się wysoką efektywnością, szerokim spektrum działania, a także relatywnie niskimi kosztami oczyszczania. Niestety ograniczeniem w ich zastosowaniu mogą być zbyt wysokie stężenia wyjściowe zanieczyszczeń w oczyszczanym gruncie, ze względu na hamujące działanie na mikroorganizmy odpowiedzialne za rozkład zanieczyszczeń. W tej sytuacji wskazane są działania obniżające stężenia zanieczyszczeń do poziomu tolerowanego przez mikroorganizmy glebowe. W ten właśnie nurt działań wpisują się badania Doktorantki, które są niejako kontynuacją, ale i nowatorskimi rozwiązaniami, w odniesieniu do opracowanej i wdrożonej w INiG-PIB technologii oczyszczania odpadów/gleby metodą *in-situ*. Metoda ta oparta jest na etapowej realizacji kolejnych procesów oczyszczania pozwalających na stopniowe obniżanie poziomu zanieczyszczeń ropopochodnych poprzez rekultywację wstępną, bioremediację podstawową, inokulację biopreparatem opracowanym na bazie mikroorganizmów autochtonicznych modyfikowanych w zależności od charakteru zanieczyszczeń oczyszczanego obiektu. Jedną z obiecujących metod jest fitoremediacja jako tzw. „zielona technika” (jak sama nazwa wskazuje) polegająca na symbiotycznym związku między roślinami i związanymi z nimi mikroorganizmami glebowymi w strefie korzeniowej oraz bioaugmentacja, która pozwala na zwiększenie aktywności katabolicznej w ryzosferze, zwiększając tym samym wzrost tolerancji

rośliny na stres wywołany obecnością zanieczyszczeń, poprawę wzrostu i rozwoju systemu korzeniowego i części nadziemnej roślin, a tym samym zwiększenie i przyspieszenie tempa degradacji zanieczyszczeń nie tylko przez rośliny, ale i przez mikroorganizmy. I to właśnie badania związane z bioremediacją/fotoremediacją gleby skażonej substancjami ropopochodnymi obrała Sobie do badań Doktorantka, bowiem dostrzegła tu lukę poznawczą zarówno od strony naukowej jak i praktycznej. W tej sytuacji uważam, że wszelkie próby podjęcia dalszych badań nad problemem przywrócenia do użyteczności terenów zanieczyszczonych/skażonych substancjami ropopochodnymi uważam za bardzo ważny i wręcz konieczny. **Tym samym wybór obszaru badań i ich realizację uważam za nowatorskie i bardzo ważne, tak poznawczo dla nauki jak i aplikacyjnie dla środowiska.**

Ogólna charakterystyka rozprawy

Treść przedstawionej do recenzji rozprawy ujęta została w 9. merytorycznych rozdziałach umieszczonych na 156 stronach tekstu oraz 196 stron z tematycznie powiązanymi publikacjami naukowymi jako załączniki (I-VII). Wszystko to opatrzone zakresem wkładu Doktorantki w przygotowanie każdej z publikacji. Wykaz literatury zawiera 254 poz., w którym dominują pozycje datowane po 2000 roku (>85%).

Wstęp (1.) zawiera omówienie: Zanieczyszczenia środowiska glebowego węglowodorami ropopochodnymi (1.1); Charakterystykę zanieczyszczeń ropopochodnych (1.2); Strategie prowadzenia remediacji gruntów zanieczyszczonych węglowodorami ropopochodnymi (1.3) Biodegradację węglowodorów ropopochodnych (1.4); Charakterystykę gleb z dołów urobkowych (1.5), i b. istotny podrozdział 1.6. **Motywacja, hipoteza i cele pracy.... gdzie wskazano, że *Celem naukowym* pracy była identyfikacja i analiza kluczowych parametrów umożliwiających kompleksową ocenę efektywności zaproponowanych strategii bioremediacji gruntów z dołów urobkowych. *Celem użytkowym* było opracowanie skutecznych i przyjaznych dla środowiska metod oczyszczania gleb zanieczyszczonych węglowodorami ropopochodnymi, umożliwiających przywrócenie właściwości użytkowych zdegradowanych terenów. Badania prowadzone na rzeczywistych próbkach gleb z dołów urobkowych zanieczyszczonych zestarzałymi węglowodorami ropopochodnymi pozwoliły na**

uzyskanie wiarygodnych wyników, co zwiększa możliwość ich wykorzystania w przyszłości w warunkach przemysłowych.+ 7 celów szczegółowych.

W rozdziale **1.7. Zakres pracy** opisano bardzo szczegółowo zastosowane: Materiały i metody badawcze (2), w rozdziale 3. omówiono skrótowno każdą z kolejnych 7. publikacji wraz z omówieniem wyników zaprezentowanych w artykule oraz podsumowaniem. Rozdział 9. to Podsumowanie i wnioski, a kolejno: Bibliografia i Streszczenie.

Publikacje

- I. **Katarzyna Wojtowicz**, T. Steliga, P., Kapusta, J. Brzeszcz, T. Skalski, *Evaluation of the Effectiveness of the Biopreparation in Combination with the Polymer γ -PGA for the Biodegradation of Petroleum Contaminants in Soil*, Materials, Volume 15(2), 400, 2022. DOI: 10.3390/ma15020400; (IF2022 = **3,4**); 28 cytowań
- II. **Katarzyna Wojtowicz**, T. Steliga, T. Skalski, P., Kapusta, *Influence of Biosurfactants on the Efficiency of Petroleum Hydrocarbons Biodegradation in Soil*, Sustainability, Volume 17(14), 6520, 2025; DOI: 10.3390/su17146520 (IF2025 = **3,3**); 5 cytowań
- III. **Katarzyna Wojtowicz**, T. Steliga, P., Kapusta, J. Brzeszcz, *Oil-Contaminated Soil Remediation with Biodegradation by Autochthonous Microorganisms and Phytoremediation by Maize (Zea mays)*, Molecules, Volume 28(16), 6104, 2023; DOI: 10.3390/molecules28166104; (IF2023 = **4,2**); 29 cytowań
- IV. **Katarzyna Wojtowicz**, T. Steliga, P., Kapusta, *Evaluation of the Effectiveness of Bioaugmentation-Assisted Phytoremediation of Soils Contaminated with Petroleum Hydrocarbons Using Echinacea purpurea*, Applied Sciences (Basel), Volume 13(24), 13077, 2023. DOI: 10.3390/app132413077; (IF2023 = **2,5**); 14 cytowań
- V. **Katarzyna Wojtowicz**, T. Steliga, J. Brzeszcz, J. Fyda, T. Skalski, P., Kapusta, *Phytoremediation of soil contaminated with petroleum hydrocarbons using the wild plants Scirpus sylvaticus and Cirsium oleraceum, supported by bioaugmentation*, International Biodeterioration & Biodegradation, Volume 206, 106217, 2026; DOI: 10.1016/j.ibiod.2025.106217; (IF2025 = **4,1**); 6 cytowań
- VI. **Katarzyna Wojtowicz**, T. Steliga, P., Kapusta, J. Brzeszcz, *The Role of Graphene Oxide and Zinc Oxide Nanoparticles in Enhancing the Effectiveness of Phytoremediation of Petroleum Hydrocarbon-Contaminated Soils Using Lolium perenne*, Molecules, Volume 31(5), 890, 2026. DOI: 10.3390/molecules31050890; (IF2026 = **4,6**); 0 cytowań
- VII. T. Steliga, **Katarzyna Wojtowicz**, P., Kapusta, J. Brzeszcz, *Assessment of Biodegradation Efficiency of Polychlorinated Biphenyls (PCBs) and Petroleum Hydrocarbons (TPH) in Soil Using Three Individual Bacterial Strains and Their Mixed Culture*, Molecules, Volume 25(3), 709, 2020. DOI: 10.3390/molecules25030709; (IF2020 = **4,927**); 69 cytowań

II. Publikacje wspomagające:

Katarzyna Wojtowicz, T. Steliga, Wpływ mieszaniny biosurfaktantów na efektywność bioremediacji gruntu zanieczyszczonego węglowodorami ropopochodnymi, 80(5), 269-278, 2024. DOI: 10.18668/ng.2024.05.02

Katarzyna Wojtowicz, Opracowanie metodyki oznaczania BTEX w próbkach gleb z wykorzystaniem chromatografii gazowej z przystawką headspace, Nafta-Gaz, 74(3), 201 - 207, 2018. DOI: 10.18668/NG.2018.03.03

Katarzyna Wojtowicz, Opracowanie metodyki oznaczania polichlorowanych bifenyli w próbkach gleb, Nafta-Gaz, 75(7), 420-429, 2019. DOI: 10.18668/NG.2019.07.06

Katarzyna Wojtowicz, Piotr Jakubowicz, Opracowanie metodyki oznaczania WWA w próbkach gleb z wykorzystaniem chromatografii cieczowej HPLC, Nafta-Gaz, 78(2), 141 - 153, 2022, DOI: 10.18668/ng.2022.02.06

T. Steliga, P. Jakubowicz, P. Kapusta, Katarzyna Wojtowicz, Efektywność biodegradacji zanieczyszczeń ropopochodnych w zestarzałym odpadzie z dołu urobkowego, Nafta-Gaz, 74(10), 752-758, 2018. DOI: 10.18668/NG.2018.10.07

T. Steliga, P. Jakubowicz, Katarzyna Wojtowicz, D. Kluk, Zastosowanie testów toksykologicznych w przemyśle naftowym, Nafta-Gaz, 74(9), 684-689, 2018. DOI:10.18668/NG.2018.09.07

Analiza i ocena merytoryczna rozprawy

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska to oryginalne dzieło, które powstało w oparciu o zbiór 7. publikowanych artykułów naukowych, powiązanych tematycznie. Wkład Doktorantki w ich realizację stanowi 40-70%, a ponadto w 6. artykułach jest pierwszym i korespondującym autorem. Zatem udział Doktorantki nie tylko potwierdza Jej ważną rolę w badaniach, co znalazło swoje uzasadnienie w opracowaniu koncepcji badań, zebraniu materiału badawczego, prowadzeniu doświadczeń, wykonaniu części analiz laboratoryjnych, interpretacji otrzymanych wyników oraz przygotowaniu manuskryptów i udzielaniu odpowiedzi na uwagi recenzentów. Analizując hipotezę badawczą należy potwierdzić jej zasadność..., bowiem wskazała w niej **że głębsze doczyszczenie gruntów z dołów urobkowych można będzie osiągnąć poprzez modyfikację istniejących technik bioremediacyjnych i opracowanie zintegrowanych strategii zwiększających efektywność biodegradacji węglowodorów ropopochodnych...** Powyższą hipotezę Doktorantka bardzo dobrze zweryfikowała w kolejnych etapach Swoich badań, w których modyfikowała procesy biodegradacji zanieczyszczeń ropopochodnych w gruncie z terenu dołu urobkowego poprzez: 1/ zastosowanie dodatków (γ -PGA oraz biosurfaktantów) podczas inokulacji biopreparatem opracowanym na bazie bakterii autochtonicznych; 2/ wzbogacenie biopreparatu bakteryjnego w wybrane szczepy niepatogenne gatunki grzybów autochtonicznych; 3/ zastosowanie fitoremediacji z wykorzystaniem roślin uprawnych wspomaganą inokulacją biopreparatem bakteryjnym; 4/ określenie skuteczności fitoremediacji gleb skażonych historycznie zanieczyszczeniami ropopochodnymi wspomaganą inokulacją konsorcjum bakteryjnym z wykorzystaniem dzikiej roślinności; 5/ zastosowanie wybranych nanomateriałów procesie

fitoremediacji wspomaganej inokulacją 6/ ocenę wpływu współwystępowania polichlorowanych bifenyli (PCB) na przebieg oraz efektywność biodegradacji węglowodorów ropopochodnych.

Co jest bardzo istotne w ocenie tych badań, to fakt, że zostały one wykonane przy zastosowaniu nowoczesnych metod i technik badawczych: chemicznych, chromatograficznych, respirometrycznych, i toksykologicznych (wykorzystanie świetnie dobranych biotestów o zróżnicowanej wrażliwości biowskaźników (Ostracodtoxkit <Microtox < MARA) wraz z testem fitotoksyczności szczególnie istotnym dla tego typu badań.

Dogłębną analizę badań przedstawionych w cyklu 7. publikacji pozwala na stwierdzenie, że były one ulokowane w czasopiśmie ważnym dla dyscypliny. To zaowocowało profitami w postaci 151 cytowań, sumarycznym IF=27 oraz 900. punktami z listy MEiN. Trzeba tu także zwrócić uwagę na fakt, że każdy z artykułów jest b. dobrze opracowany metodycznie i merytorycznie, więc trudno się dziwić reakcji czytelników.

I tak w artykule I Doktorantka przedstawiła badania biodegradacji węglowodorów alifatycznych i aromatycznych stosując inokulację gleby biopreparatem na bazie mikroorganizmów autochtonicznych oraz wspomaganą dodatkiem γ -PGA, a prowadzono je w warunkach półtechnicznych (metoda *ex-situ*). Efektywność biodegradacji oceniano bardzo dobrze dobierając właściwy zakres badań toksykologicznych, respirometrycznych i analiz chromatograficznych.

W artykule II zaprezentowano wyniki z eksperymentów biodegradacji w zanieczyszczonej glebie (w warunkach laboratoryjnych) wraz z oceną wpływu sześciu wybranych biosurfaktantów na efektywność biodegradacji całkowitej na podstawie zawartości węglowodorów ropopochodnych (TPH) i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA).

Artykuły III i IV przedstawiają wyniki badań nad modyfikacją biopreparatu po wzbogaceniu go o wytypowane niepatogenne autochtoniczne gatunki grzybów i zastosowanie go w procesach inokulacyjnych wspomagających fitoremediację którą prowadzono z wykorzystaniem roślin uprawnych i ozdobnych (*Zea mays* i *Echinacea purpurea*) oraz bakterii autochtonicznych.

Bardzo ciekawe wyniki badań przedstawiła Doktorantka w art. V, w którym zaprezentowała cykl badań wskazujących na skuteczność wykorzystania w fitoremediacji (wspomaganej inokulacją konsorcjum bakteryjnym na bazie bakterii autochtonicznych) sadzonek dzikiej roślinności (*Scirpus sylvaticus* L.; *Cirsium oleraceum* L. pobranych **(co jest b. istotne dla prowadzonych badań)** z obszaru naturalnego wycieku ropy naftowej. W publikacji tej należy także ocenić fakt zwrócenia szczególnej uwagi na ocenę struktury „**społeczności**” bakteryjnej w glebie, a szczególnie obecności tych bakterii w ryzosferze, które nie tylko mogą się przyczynić do przyspieszenia procesu degradacji zanieczyszczeń, ale i zwiększyć tolerancję roślin na niekorzystne warunki środowiskowe. **Ponadto należy docenić określenie (po przeprowadzonych procesach fitoremediacyjnych) zmian w zbiorowisku pierwotniaków glebowych, które zwiększając swoją liczebność i różnorodność, poprawiły wskaźniki ekologicznej różnorodności biologicznej.** Można także potwierdzić za Doktorantką, **że te badania stanowią jedną z pierwszych prób określenia skuteczności fitoremediacji gleb skażonych historycznie zanieczyszczeniami ropopochodnymi, które wspomagano inokulacją konsorcjum bakteryjnym z wykorzystaniem dzikiej roślinności z gatunku: *Scirpus sylvaticus* L.**

***i Cirsium oleraceum* (L.) pochodzącej z terenu naturalnego wycieku ropy naftowej, a także określenia interakcji zachodzących badanych układach roślina-mikrobiota glebowa.**

Inne ciekawe i ważne, także dla praktyki, są wyniki badań, które przedstawiła Doktorantka w artykule VI, a dotyczą one oceny skuteczności bioremediacji gleb zanieczyszczonych węglowodorami z wykorzystaniem nanocząstek tlenku grafenu (GO-NP) i nanocząstek tlenku cynku (ZnO-NP), ale w procesie zaliczonym do fitoremediacji, bo wykorzystano *Lolium perenne* jako fitoremedianta, a ponadto proces połączono z inokulacją biopreparatem, na bazie autochtonicznych mikroorganizmów.

Kolejny artykuł (VII) przedstawia wyniki z badań (w skali laboratoryjnej i półtechnicznej -metoda pryzmowania *ex-situ*) i danych z monitoringu pokazujących przebieg biodegradacji zanieczyszczeń w **glebie/gruncie???**. W artykule przedstawiono także w ciekawy i poprawny sposób oceną ekotoksykologiczną gleby/gruntu także w trakcie procesu oczyszczania. Dzięki temu zapoznano czytelnika z oceną możliwości zastosowania w procesie biodegradacji szczepów bakteryjnych (*Mycobacterium frederiksbergense* IN53, *Rhodococcus erythropolis* IN129, *Rhodococcus* sp. IN306) oraz biopreparatu przygotowanego w oparciu o ww. szczepy do usuwania zanieczyszczeń ropopochodnych (TPH i WWA), przy współwystępowaniu skażenia PCB w glebie z dołów urobkowych.

Analiza całości wyników rozprawy, pozwala mi na b. wysoką ocenę przygotowania i realizacji założonych celów dążących do potwierdzenia postawionej sobie tezy badawczej, oraz b. oryginalnej koncepcji badań opartej o szeroki zakres nowoczesnych, precyzyjnych dobrze dobranych metod badawczych, wprowadzenie oryginalnych nowych rozwiązań fitoremediacyjnych do tego bardzo trudnego procesu bioremediacji terenów zanieczyszczonych ropopochodnymi, a także dojrzałego naukowego publikowania wyników badań. W kontekście tego co napisałam wcześniej kryje się bardzo dobre przygotowanie merytoryczne Doktorantki, bo tylko przy spełnianiu takich warunków można było osiągnąć tak wiele oryginalnych i cennych dla nauki i praktyki wyników, w tym (w oparciu o publikacje i dostarczony materiał opisowy) :

- ✓ Stwierdzenie, że modyfikacja procesu inokulacji gleby biopreparatem opracowanym na bazie bakterii autochtonicznych, poprzez dodatek γ -PGA oraz zastosowania oryginalnych nowych rozwiązań wytypowanych biosurfaktantów w tym autorskiej mieszaniny PSR opracowanej na bazie trzech różnych związków powierzchniowo-czynnych przyczynia się do poprawy efektywności biodegradacji zestarzałych zanieczyszczeń ropopochodnych w glebie z terenu dołu urobkowego.
- ✓ Udowodnienie, że w celu głębszego doczyszczania gleb zanieczyszczonych węglowodorami ropopochodnymi, pochodzących z terenów dołów urobkowych celowe jest skojarzenie procesów fitoremediacji wykorzystaniem jako fitoremedianta roślin uprawnych (*Zea mays*) oraz ozdobnych (*Echinacea purpurea*) z inokulacją biopreparatem na bazie autochtonicznych bakterii i grzybów.
- ✓ Wykorzystanie jako fitoremedianta dziko rosnących roślin (*Scirpus sylvaticus* oraz *Cirsium oleraceum*) pobranych z obszaru naturalnego wycieku ropy naftowej znajdującego się w

pobliżu dołu urobkowego w procesie fitoremediacji wspomaganej inokulacją konsorcjum bakteryjnym na bazie bakterii autochtonicznych w celu obniżenia stężenia zastarzałych zanieczyszczeń ropopochodnych w glebie z terenu dołu urobkowego i udowodnienie, że są one odpowiednimi kandydatami, gdyż są w stanie zwiększyć potencjał biodegradacyjny oczyszczanej gleby poprzez wzbogacenie go o taksony wchodzące w skład mikrobiomów zamieszkujących ryzosferę obu gatunków roślin.

- ✓ *Wykazanie zmian struktury społeczności bakteryjnej w remedianowanej glebie pod kątem obecności bakterii w ryzosferze przyspieszających degradację zanieczyszczeń i zwiększających tolerancję roślin na niekorzystne warunki środowiskowe.*
- ✓ *Wprowadzenie nowego elementu badawczego dotyczącego oceny zmian w zbiorowisku pierwotniaków glebowych (orzęsków) jako bioindykatora stresu środowiskowego.*
- ✓ *Przeprowadzenie badań skuteczności biodegradacji zastarzałych zanieczyszczeń ropopochodnych w glebie z terenu dołu urobkowego pod kątem wykorzystania nanocząstek tlenku grafenu (GO-NP) i tlenku cynku (ZnO-NP) w procesie fitoremediacji z wykorzystaniem jako fitoremedianta *Lolium perenne* w połączeniu z inokulacją konsorcjum bakteryjnego na bazie bakterii autochtonicznych.*
- ✓ *Potwierdzenie, że opracowany biopreparat na bazie testowanych szczepów bakteryjnych, charakteryzuje się zadowalającą zdolnością biodegradacji zarówno dla poszczególnych kongenerów PCB, jak i TPH, co rozszerza jego spektrum działania wpływając na efektywność biodegradacji zarówno węglowodorów ropopochodnych jak i polichlorowanych bifenyli.*
- ✓ *Monitorowanie przebiegu procesów bioremediacyjnych i fitoremediacyjnych pod kątem toksyczności oczyszczanej gleby z terenu dołu urobkowego z wykorzystaniem testów nowej generacji, opartych na użyciu organizmów żywych jako biowskaźników reprezentujących wszystkie poziomy troficzne (producentów, konsumentów i reducentów) ekosystemu, co pozwala na kompleksową ocenę stanu badanego środowiska glebowego.*

Uwagi

Proszę o wyjaśnienie używanych w tekście rozprawy pojęć: rekultywacja (i jej podział), remediacja/bioremediacja/fitoremediacja; gleba a grunt w znaczeniu geologicznym i gleboznawczym używanych w rozpatrywaniu zagadnień w ochronie/inżynierii środowiska oraz pojęć zanieczyszczenie/skażenie gleb... dlatego, że te pojęcia w tekście pracy są często wymieniane zamiennie/synonimowo itp. zaburzając nieco czytelność i rozumienie tekstu.

Podsumowanie – wniosek końcowy

Podsumowując mogę stwierdzić, że rozprawa doktorska mgr Katarzyny Wojtowicz pt. ***Efektywność technik modyfikujących procesy biodegradacji zanieczyszczeń ropopochodnych w gruncie z terenu dołu urobkowego*** składająca się z 7. publikacji opatrzonych b. dobrym

przeglądem literatury, tezą, celami badań, metodyką, wnioskami, piśmiennictwem zawiera wyniki, które należy uznać za oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, a także istotne w zakresie aplikacyjnym, a tym samym wskazujące na spełnienie wymagań jakie ustawowo stawia się rozprawom doktorskim. Pani mgr Katarzyna Wojtowicz wykazała się predyspozycjami do prowadzenia prac badawczych, dociekliwością i profesjonalizmem w ich realizacji. Ponadto Doktorantka w badaniach wykazała się umiejętnością stosowania nowoczesnych metod badawczych i interdyscyplinarnego podejścia do przedstawianej problematyki, która wymagała łączenia wielu technik chemicznych, molekularnych biochemicznych i ekotoksykologicznych. Dzięki staranności wykonania badań i wiedzy wyznaczone cele pracy zostały osiągnięte, a wyniki z badań mają bardzo duży potencjał nie tylko poznawczy, ale i aplikacyjny/wdrożeniowy stanowiąc istotny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, w obszarze technik remediacyjnych. Jakość i poprawność przeprowadzonych badań na omawianych obiektach, wraz z interpretacją wyników, także należy uznać za umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Nie mogę pominąć faktu bardzo starannego, rzeczowego i b. profesjonalnego przygotowania całości rozprawy. Dołączone publikacje są tak przygotowane, że są bardziej czytelne niż w czasopismach. Całość zachwyca starannością, tak jak i cały zestaw badań i ich interpretacja. Taki materiał to wspaniała „potrawka”, nie tylko dla Recenzenta, która w obecnych czasach nie już tak wszechobecna.

Wszystko co już powyżej opisałam w tekście recenzji, jak i w ocenie końcowej, upoważnia mnie do wystąpienia do Rady Dyscypliny o wyróżnienie ocenianej rozprawy.

Oceniając całokształt przedkładałam wniosek o dopuszczenie mgr Katarzyny Wojtowicz do publicznej obrony, po przyjęciu przez Radę Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka, Wydział Inżynierii Środowiska Politechniki Śląskiej, w ramach obowiązujących przepisów, tj. Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2024 r., poz. 1571, z późn. zm.)

Podpisała Czesława Rosik-Dulewska

Wniosek o wyróżnienie

Rozprawy doktorskiej mgr Katarzyny Wojtowicz

Pt. Efektywność technik modyfikujących procesy biodegradacji zanieczyszczeń ropopochodnych w gruncie z terenu dołu urobkowego

Rozprawa prezentuje ponadprzeciętny poziom naukowy, zarówno pod względem rangi podjętego problemu badawczego, jak i jakości, zakresu oraz oryginalności przeprowadzonych analiz z zastosowaniem nowoczesnych metod i narzędzi badawczych. Autorka podjęła temat nie tylko o wysokiej wartości poznawczej, lecz także o istotnym potencjale aplikacyjnym. Praca wyróżnia się interdyscyplinarnym ujęciem analizowanych zagadnień, zdecydowanie wykraczającym poza standardowy zakres rozpraw doktorskich.

Na szczególną uwagę zasługuje wykorzystanie w procesie fitoremediacji dziko rosnących roślin (*Scirpusylvaticus* oraz *Cirsiumoleraceum*), pobranych z obszaru naturalnego wycieku ropy naftowej, zlokalizowanego w pobliżu dołu urobkowego. Zastosowane podejście, obejmujące fitoremediację wspomaganą inokulacją konsorcjum bakteryjnego opartego na bakteriach autochtonicznych, ukierunkowane było na obniżenie stężenia zastarzałych zanieczyszczeń ropopochodnych na terenie dołu urobkowego. Warto podkreślić, że takie podejście łączy wykorzystanie potencjału rodzimych organizmów roślinnych i mikroorganizmów z praktycznym aspektem remediacji terenów historycznie zanieczyszczonych. Kolejnym istotnym walorem rozprawy jest wprowadzenie nowego elementu badawczego, polegającego na ocenie zmian w zbiorowisku glebowych pierwotniaków, w szczególności orzęsków, jako bioindykatorów stresu środowiskowego, a także prowadzeniu monitoringu toksykologicznego przebiegu procesów biodegradacyjnych. Zastosowanie tych uzupełniających się metod pozwoliło na wieloaspektową ocenę skuteczności prowadzonych procesów remediacyjnych oraz ich wpływu na funkcjonowanie badanego ekosystemu.

Wyniki uzyskane przez Doktorantkę poszerzają dotychczasowy stan wiedzy na temat procesów bioremediacyjnych i fitoremediacyjnych, a jednocześnie stanowią oryginalny i wartościowy wkład w rozwój strategii zrównoważonego zarządzania terenami skażonymi substancjami ropopochodnymi. Na szczególne podkreślenie zasługuje kompleksowość

przeprowadzonych badań, łączących aspekty związane z redukcją zanieczyszczeń, aktywnością mikrobiologiczną, funkcjonowaniem organizmów glebowych oraz oceną toksykologiczną procesu bioremediacji.

Istotnym potwierdzeniem wysokiej wartości naukowej uzyskanych wyników jest ich publikacja w renomowanych czasopismach naukowych indeksowanych w bazie Journal Citation Reports (JCR), w których Doktorantka ma znaczący udział i jest pierwszym autorem. Dorobek publikacyjny związany z wynikami przedstawionymi w rozprawie stanowi dodatkowe potwierdzenie ich znaczenia naukowego oraz uznania w środowisku międzynarodowym.

Z uwagi na walory naukowe rozprawy, oryginalność i interdyscyplinarność zastosowanego podejścia badawczego, kompleksowość i dogłębność przeprowadzonych badań, a także znaczącą wartość poznawczą i użyteczną uzyskanych wyników, rozprawa doktorska w pełni zasługuje na wyróżnienie, o co wnioskuje do Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka, Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Śląskiej.

Podpisała Czesława Rosik-Dulewska