

dr hab. inż. Iwona Kłosok-Bazan prof. P.O.

Opole, 1.06.2026

Katedra Techniki Ciepłej i Aparatury Przemysłowej

Wydział Mechaniczny

Politechnika Opolska

RECENZJA

rozprawy doktorskiej MSc, Bhautik Dave pt.

” Degradation of natural and anthropogenic pollutant on surface water in aspect of self-cleaning phenomenon”

wykonanej pod kierunkiem Promotora dr hab. inż. Ewy Łobos-Moysa, prof. PS
w Dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej

1. Podstawa prawna recenzji

Podstawą wykonania recenzji była uchwała Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej z dnia 19.03.2026 przekazana pismem z dnia 1.04.2026 o numerze RIE-BD/512.19.2026 podpisanym przez Przewodniczącą Rady Dyscypliny prof. dr hab. inż. Krzysztofa Labus.

2. Ogólna charakterystyka rozprawy

Rozprawa doktorska MSc, Bhautik Dave pt. *”Degradation of natural and anthropogenic pollutant on surface water in aspect of self-cleaning phenomenon”* jest 194 stronicowym opracowaniem. Na początku pracy znajduje się rozbudowana część wstępna, obejmująca stronę tytułową, streszczenie w języku angielskim i polskim, wykaz publikacji wchodzących w skład rozprawy, tj. artykułów naukowych, w których część wyników zaprezentowanych w pracy została opublikowana przed jej opracowaniem, informacje o dodatkowej aktywności naukowej Doktoranta, wykaz symboli oraz wykaz ważniejszych skrótów. Następnie zamieszczono spis treści i zasadniczą część pracy, obejmującą 8 rozdziałów głównych: wprowadzenie, przegląd literatury, cel i zakres badań, metodykę, metody analityczne i walidację danych, wyniki i dyskusję, wnioski ogólne i perspektywy dalszych

badan oraz końcowe podsumowanie. Układ ten wskazuje, że rozprawa ma logiczną strukturę typową dla pracy eksperymentalnej z zakresu inżynierii środowiska. Dysertacja kończy się bibliografią, spisem tabel oraz spisem rysunków. Bibliografia obejmuje 217 pozycji literaturowych. Przyjmując jako okres najnowszy lata 2022–2026, około 20% pozycji, tj. 43 pozycje, stanowią publikacje z ostatnich pięciu lat. Przy szerszym ujęciu obejmującym również rok 2021 udział literatury najnowszej wynosi około 30%. Można zatem stwierdzić, że baza literaturowa jest obszerna i aktualna, choć udział publikacji z ostatnich pięciu lat nie dominuje nad literaturą wcześniejszą. Doktorant opiera swoją bibliografię przede wszystkim na pozycjach anglojęzycznych, głównie artykułach naukowych z czasopism międzynarodowych, rozdziałach w monografiach oraz opracowaniach dotyczących biodegradacji, mokradeł sztucznych i metod analitycznych.

W pracy wskazano, że rozprawa obejmuje 4 monotematyczne publikacje wchodzące w skład doktoratu. Są to prace opublikowane w latach 2024–2026, dotyczące m.in. kofeiny, nikotyny, biodegradacji grzybowej, adaptacji mikroorganizmów oraz zastosowania mokradeł sztucznych do usuwania zanieczyszczeń z grupy PPCPs. Ponadto przedstawiono aktywność naukową Doktoranta, w tym wystąpienia konferencyjne, rozdziały w monografiach oraz inne publikacje naukowe. Świadczy to o powiązaniu rozprawy z aktywnością publikacyjną i badawczą Doktoranta.

Od strony edytorskiej praca jest rozbudowana i zawiera znaczną liczbę elementów dokumentujących przebieg badań. Spis tabel obejmuje 25 tabel, natomiast spis rysunków obejmuje numerację do 59 rysunków, co potwierdza, że dysertacja została wyposażona w liczne zestawienia, schematy, wyniki analiz instrumentalnych, chromatogramy, widma oraz ilustracje układów badawczych. Jest to korzystne w pracy eksperymentalnej, ponieważ ułatwia śledzenie metodyki, przebiegu doświadczeń i interpretacji wyników. W mojej opinii brakuje jednak dokumentacji fotograficznej, która by uwiarygodniała zaprezentowane schematy wygenerowane przez sztuczną inteligencję.

Pod względem staranności edytorskiej rozprawa została przygotowana w sposób zasadniczo poprawny, jednak nie jest wolna od uchybień redakcyjnych, językowych i stylistycznych. W rozprawie zauważalne są drobne niekonsekwencje terminologiczne. Przykładowo stosowane są określenia „pilot-scale”, „constructed wetland-scale” oraz „laboratory-scale constructed wetland”, co może powodować pewną niejednoznaczność w odniesieniu do rzeczywistej skali doświadczeń. Warto byłoby ujednolicić te pojęcia i jasno określić, czy system mokradeł sztucznych miał charakter laboratoryjny, półtechniczny, czy

pilotażowy. Podobnie w tytule pracy występuje forma „pollutant” w liczbie pojedynczej, mimo że praca dotyczy kilku zanieczyszczeń, co sugeruje, że poprawniejszy byłby zapis „pollutants”.

Podsumowując, układ pracy jest zasadniczo zgodny z przyjętymi zasadami redagowania rozpraw doktorskich. Praca zawiera część wprowadzającą, przegląd literatury, jasno wyodrębniony cel i zakres badań, rozbudowaną metodykę, opis metod analitycznych, część wyników, dyskusję, wnioski, bibliografię oraz wykazy tabel i rysunków. Pewną uwagę redakcyjną można odnieść do obecności dwóch końcowych rozdziałów o charakterze podsumowującym — „General Conclusions and Future Perspectives” oraz „Conclusions” — ponieważ mogą one częściowo dublować funkcję końcowego rozdziału wnioskowego. Nie zmienia to jednak ogólnej oceny, że struktura rozprawy jest kompletna, uporządkowana i odpowiada standardowi pracy doktorskiej o charakterze badawczo-eksperymentalnym w naukach technicznych.

3. Ocena szczegółowa rozprawy

W pracy Doktorant podejmuje ważny i aktualny problem badawczy dotyczący degradacji zanieczyszczeń pojawiających się w środowisku wodnym, ze szczególnym uwzględnieniem możliwości intensyfikacji procesów samooczyszczania wód powierzchniowych. Tematyka pracy wpisuje się w aktualne kierunki badań z zakresu inżynierii środowiska, biotechnologii środowiskowej oraz technologii oczyszczania wód i ścieków, ponieważ dotyczy związków trudnych do pełnego usunięcia w konwencjonalnych układach oczyszcz. Doktorant opiera swoje badania na takich związkach jak: kofeina, nikotyna, metyloparaben oraz triklokarban. Dobór zanieczyszczeń należy uznać za zasadny, ponieważ obejmuje zarówno związki pochodzenia naturalnego lub związane ze stylem życia człowieka, jak i związki antropogeniczne, różniące się właściwościami fizykochemicznymi, podatnością na biodegradację oraz zachowaniem w środowisku wodnym.

Pewne zastrzeżenie budzi jednak już sam tytuł pracy, zapisany jako „Degradation of natural and anthropogenic pollutant on surface water in aspect of self-cleaning phenomenon”. Tytuł ten wymaga korekty językowej i terminologicznej. Po pierwsze, praca dotyczy kilku zanieczyszczeń, a zatem poprawniejsza byłaby forma „pollutants”, a nie „pollutant”. Po drugie, sformułowanie „on surface water” jest niepoprawne w tym kontekście i powinno zostać zastąpione np. przez „in surface water”. Po trzecie, wyrażenie „in aspect of self-cleaning phenomenon” jest dla mnie nie do końca zrozumiałe. Uchybienie to ma co prawda charakter

redakcyjny, jednak dotyczy szczególnie istotnego elementu pracy, ponieważ tytuł powinien jednoznacznie i poprawnie wskazywać zakres rozprawy.

W rozdziale 3 Doktorant formułuje cel pracy oraz jej założenia badawcze. Zasadniczym celem rozprawy jest opracowanie i eksperymentalna walidacja strategii mikrobiologicznego samooczyszczania ukierunkowanej na zwiększenie biodegradacji zanieczyszczeń pojawiających się w środowisku wodnym. Autor zakłada, że naturalna zdolność mikroorganizmów do samooczyszczania wód powierzchniowych jest niewystarczająca w warunkach rzeczywistych, zwłaszcza przy ograniczonej dostępności składników odżywczych, natomiast celowa selekcja, adaptacja i integracja wyspecjalizowanych mikroorganizmów może zwiększyć efektywność degradacji badanych związków. Tak postawiony problem badawczy należy uznać za interesujący i zasadny z punktu widzenia inżynierii środowiska. Należy jednak zauważyć, że hipoteza badawcza nie została wyodrębniona w sposób klasyczny, np. w formie jednoznacznie nazwanej hipotezy głównej i hipotez szczegółowych. Została ona przedstawiona opisowo w podrozdziale 3.4 „Thesis Statement”. Taki sposób zapisu jest dopuszczalny, ale mniej przejrzysty. W pracy doktorskiej korzystniejsze byłoby jednoznaczne sformułowanie hipotezy głównej oraz kilku hipotez pomocniczych, np. dotyczących wpływu adaptacji mikroorganizmów do ścieków syntetycznych, różnic pomiędzy degradacją grzybową i bakteryjną oraz skuteczności układu mokradeł sztucznych. Ułatwiłoby to późniejszą ocenę, czy wyniki badań potwierdzają, częściowo potwierdzają, czy też nie potwierdzają założeń pracy.

Zastrzeżenia budzi sposób sformułowania celu pracy na stronie 28. Fragment rozpoczynający się od słów „Targeted enhancement...” jest dla mnie niejasny i trudny do zrozumienia. W obecnej formie nie jestem w stanie jednoznacznie odczytać, co dokładnie Autor chciał w tym zdaniu przekazać. Mam nadzieję, że Autor odniesie się do tej uwagi w odpowiedzi na moją recenzję i wyjaśni, jaki był zamierzony sens tego fragmentu.

Przyjęta metodyka badań została zaplanowana etapowo i obejmuje przejście od badań laboratoryjnych do układu mokradeł sztucznych. W pierwszym etapie oceniano degradację kofeiny i nikotyny z udziałem grzyba *Trametes versicolor*, natomiast w kolejnym etapie badano degradację metyloparabenu i triklokarbanu z wykorzystaniem konsorcjów bakteryjnych. Następnie zaadaptowane układy mikrobiologiczne wprowadzono do systemu mokradeł sztucznych obsadzonych *Phragmites australis*. Tak skonstruowany układ badawczy należy ocenić jako logiczny, ponieważ pozwala przejść od warunków kontrolowanych do bardziej złożonego układu biologiczno-technologicznego. Na podkreślenie zasługuje zastosowanie ścieków syntetycznych jako kontrolowanej matrycy badawczej. Rozwiązanie to umożliwiło

ograniczenie zmienności typowej dla ścieków rzeczywistych i pozwoliło na ocenę zdolności mikroorganizmów do wzrostu oraz degradacji zanieczyszczeń przy wykorzystaniu składników odżywczych zawartych w tej matrycy. Takie podejście jest uzasadnione na etapie badań podstawowych i półtechnicznych, szczególnie gdy celem jest sprawdzenie potencjału biodegradacyjnego wybranych mikroorganizmów.

Jednocześnie przyjęta metodyka ma istotne ograniczenia, które powinny zostać wyraźniej zaakcentowane w pracy. Po pierwsze, stężenia badanych zanieczyszczeń, wynoszące najczęściej 100 mg/L, i są znacznie wyższe niż typowe stężenia środowiskowe zanieczyszczeń pojawiających się w wodach powierzchniowych. Autor wyjaśnia, że celem było sprawdzenie odporności i potencjału degradacyjnego mikroorganizmów, jednak tak zaprojektowane badania należy traktować przede wszystkim jako badania obciążeniowe, a nie bezpośrednie odwzorowanie warunków środowiskowych.

W pracy występuje też niekonsekwencja w określaniu skali badań mokradłowych. Autor posługuje się określeniami „pilot-scale”, „constructed wetland-scale” oraz „laboratory-scale biomimetic constructed wetland system”. Nie jest więc całkowicie jasne, czy układ mokradeł sztucznych należy traktować jako skalę laboratoryjną, półtechniczną czy pilotażową. W rozprawie doktorskiej takie rozróżnienie powinno być jednoznaczne, ponieważ od skali badań zależy zakres możliwych uogólnień i ocena potencjału wdrożeniowego proponowanego rozwiązania.

Zakres analityczny pracy, mimo że obejmuje techniki FT-IR, NMR, qNMR, HPTLC i SEM, nie pozwala w każdym przypadku na pełną ocenę „losów” badanych zanieczyszczeń. Autor sam wskazuje, że w części badań oceniano głównie zanik związku macierzystego, bez pełnej identyfikacji produktów transformacji i bez oceny ich toksyczności. Jest to istotne ograniczenie, ponieważ w przypadku zanieczyszczeń, sama redukcja stężenia związku wyjściowego nie zawsze oznacza detoksykację układu.

Zastrzeżenia budzi także sposób sformułowania niektórych wniosków. W części wynikowej autor wskazuje, że układ grzybowo-bakteryjny nie zawsze przewyższał monokultury i że jego przewaga miała charakter funkcjonalnej komplementarności, a nie addytywnej synergii. Tymczasem w rozdziale wnioskowym pojawia się stwierdzenie, że układ łączony konsekwentnie wykazywał lepszą skuteczność i że synergia mikroorganizmów jest warunkiem skutecznego samooczyszczania ścieków wielozanieczyszczonych. Jest to zbyt mocne i częściowo niespójne z wcześniejszą interpretacją wyników.

Pomimo wskazanych uchybień, niejasności językowych i elementów wymagających doprecyzowania, pracę należy uznać za interesującą i wartościową pod względem podjętej tematyki, przyjętej koncepcji badawczej oraz potencjalnego znaczenia wyników dla rozwoju metod biologicznego wspomagania procesów samooczyszczania wód.

4. Uwagi edycyjne

1. Na stronie tytułowej pracy uwagę zwraca niepoprawne językowo sformułowanie tytułu: „Degradation of natural and anthropogenic pollutant on surface water in aspect of self-cleaning phenomenon”. Ponieważ praca dotyczy kilku zanieczyszczeń, zasadne byłoby użycie liczby mnogiej „pollutants”. Ponadto zwroty „on surface water” oraz „in aspect of” są nienaturalne w języku angielskim naukowym i powinny zostać przeformułowane.
2. W pracy Doktorant nie zawsze konsekwentnie stosuje zapis terminów technicznych i skrótów. Przykładowo w wykazie skrótów pojawia się zapis „FTIR”, natomiast w treści pracy stosowany jest także zapis „FT-IR”. W pracy naukowej powinien zostać przyjęty jeden sposób zapisu danego skrótu i konsekwentnie stosowany w całym tekście.
3. W wykazie symboli zapisano „0 C Degree Celsius”. Jest to zapis niepoprawny. Jednostkę temperatury należy zapisać jako „°C”. W wykazie skrótów Doktorant rozwija skrót NA jako „Nutritional Agar”. Tymczasem w dalszej części pracy pojawia się określenie „Nutrient Agar”, które jest właściwym i powszechnie stosowanym terminem. Należy ujednolicić ten zapis.
4. W spisie treści widoczne są uchybienia formatowania np. w końcowym wykazie rysunków pojawia się zapis „List of figures”, podczas gdy poprawniejszy i spójny z pozostałymi elementami pracy byłby zapis „List of Figures”. W pracy należy zachować jednolity sposób zapisu tytułów rozdziałów, wykazów i elementów pomocniczych.
5. W streszczeniu angielskim pojawia się sformułowanie „successful system accumulation”. Wydaje się, że Autor miał na myśli aklimatyzację lub stabilizację układu, a nie jego akumulację. W obecnej formie zapis ten jest nieprecyzyjny i może prowadzić do błędnej interpretacji.
6. W streszczeniu polskim występują kalki językowe z języka angielskiego, np. „relewantność środowiskowa”, „silnie recalcitrantnych zanieczyszczeń” oraz „akumulacja układu”. W

języku polskim bardziej właściwe byłyby określenia: „znaczenie środowiskowe”, „zanieczyszczenia trudno biodegradowalne” oraz „aklimatyzacja” lub „stabilizacja układu”.

7. Na stronie 28, w rozdziale dotyczącym celu pracy, fragment rozpoczynający się od słów „Targeted enhancement...” jest dla mnie niejasny i trudny do zrozumienia. Zdanie jest zbudowane w sposób niepoprawny, a nazwy badanych zanieczyszczeń zostały wstawione w takim miejscu, że zaburzają sens wypowiedzi.

8. Na stronie 33, na schemacie dotyczącym ekstrakcji i analizy kofeiny, występuje zapis „Caffein” zamiast „Caffeine”. Jest to drobna, ale widoczna literówka, która powinna zostać usunięta, szczególnie że dotyczy jednego z głównych badanych związków.

9. W pracy występuje niekonsekwencja w określaniu skali badań mokradłowych. Autor posługuje się określeniami „pilot-scale”, „constructed wetland-scale” oraz „laboratory-scale biomimetic constructed wetland system”. Należy ujednolicić ten zapis i jednoznacznie wskazać, czy zastosowany układ miał charakter laboratoryjny, półtechniczny czy pilotażowy.¹

5. Zagadnienia do wyjaśnienia w czasie obrony:

1. Doktorant podejmuje w pracy problem degradacji zanieczyszczeń pojawiających się w wodach powierzchniowych, odnosząc go do zjawiska samooczyszczania. Już sam tytuł pracy sugeruje, że zasadniczym problemem badawczym jest możliwość wykorzystania lub intensyfikacji naturalnych procesów samooczyszczania w celu usuwania wybranych zanieczyszczeń naturalnych i antropogenicznych. Tymczasem w pracy pojęcie samooczyszczania jest używane dość szeroko i miejscami nie jest dla mnie jednoznaczne, czy Autor rozumie je jako naturalny proces zachodzący w środowisku wodnym, czy jako proces technologicznie wspomagany poprzez wprowadzenie wyspecjalizowanych mikroorganizmów do zaprojektowanego układu mokradeł sztucznych.

Jak zatem Doktorant definiuje samooczyszczanie w kontekście niniejszej pracy i czym różni się ono od klasycznego procesu biologicznego oczyszczania realizowanego w układzie technologicznym?

2. W rozdziale dotyczącym celu pracy Autor wskazuje, że przedmiotem badań była degradacja kofeiny, nikotyny, metyloparabenu oraz triklokarbanu. Związki te różnią się pochodzeniem, właściwościami fizykochemicznymi, rozpuszczalnością, podatnością na biodegradację oraz

znaczeniem środowiskowym. Dobór ten wydaje się interesujący, jednak z pracy nie zawsze jednoznacznie wynika, jaki był główny klucz ich wyboru: częstość występowania w środowisku, toksyczność, trudność biodegradacji, reprezentatywność dla różnych grup zanieczyszczeń, czy też dostępność metod analitycznych.

Jaki był zatem zasadniczy klucz doboru właśnie tych czterech zanieczyszczeń do badań i które z ich właściwości Doktorant uznał za najważniejsze przy projektowaniu eksperymentu?

3. W pracy zastosowano ścieki syntetyczne jako podstawową matrycę badawczą. Takie rozwiązanie ma niewątpliwie zalety, ponieważ pozwala ograniczyć zmienność składu medium i ułatwia porównywanie wyników. Jednocześnie ścieki syntetyczne nie odzwierciedlają w pełni złożoności rzeczywistych wód powierzchniowych lub ścieków, w których występują zmienne stężenia materii organicznej, zawiesin, soli, mikroorganizmów autochtonicznych oraz innych zanieczyszczeń mogących wpływać na biodegradację.

Na jakiej podstawie opracowano skład zastosowanych ścieków syntetycznych i w jakim stopniu, matryca ta odzwierciedla rzeczywiste warunki środowiskowe?

4. W rozdziale 3.4 Autor przedstawia tzw. „Thesis Statement”, w którym opisowo wskazuje podstawowe założenia pracy. Nie wyodrębniono jednak klasycznej tezy lub hipotezy badawczej w formie jednoznacznego zdania, które następnie można byłoby zweryfikować na podstawie uzyskanych wyników. W mojej opinii teza jest istotnym elementem pracy doktorskiej, ponieważ wskazuje sposób rozumowania Autora i pokazuje, jaki problem badawczy miał zostać rozwiązany.

Jaką główną tezę lub hipotezę badawczą założył Pan przed rozpoczęciem badań i które wyniki pracy uważa Pan za najważniejsze dla jej potwierdzenia?

5. Autor wskazuje, że zastosowanie układów grzybowych, bakteryjnych oraz grzybowo-bakteryjnych może intensyfikować proces degradacji badanych zanieczyszczeń. Jednocześnie w części wynikowej pojawia się informacja, że układ łączony nie zawsze przewyższał monokultury, a jego działanie miało raczej charakter funkcjonalnej komplementarności niż prostej addytywnej synergii (str. 158-159). Tymczasem we wnioskach znaczenie synergii mikroorganizmów zostało dość mocno zaakcentowane.

Czy uzyskane wyniki potwierdzają rzeczywistą synergę pomiędzy grzybami i bakteriami, czy raczej wskazują na ich komplementarne działanie zależne od rodzaju zanieczyszczenia i etapu pracy układu?

6. W pracy oceniano przede wszystkim zanik związków macierzystych, wykorzystując m.in. techniki FT-IR, NMR, qNMR oraz HPTLC. Tymczasem w przypadku mikrozanieczyszczeń samo obniżenie stężenia związku wyjściowego nie musi oznaczać pełnej mineralizacji ani pełnej detoksykacji układu, ponieważ mogą powstawać produkty transformacji o nieznanej aktywności biologicznej.

Czy może Pan wyjaśnić, w jakim stopniu obserwowany zanik badanych związków oznaczał ich rzeczywistą biodegradację, a w jakim jedynie transformację do innych produktów, oraz czy planowano ocenę toksyczności produktów pośrednich?

6. Wniosek końcowy

Odnosząc się do aktualnie obowiązujących przepisów, tj. art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. — Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, należy wskazać, że rozprawa doktorska powinna prezentować ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w danej dyscyplinie naukowej albo dyscyplinach naukowych oraz potwierdzać umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Jednocześnie przedmiotem rozprawy doktorskiej powinno być oryginalne rozwiązanie problemu naukowego albo oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej lub społecznej.

Na podstawie przesłanej do recenzji rozprawy doktorskiej, stwierdzam, że opracowanie spełnia w dostatecznym stopniu podane powyższej warunki. Treść rozprawy potwierdza wiedzę teoretyczną Doktoranta. Sprecyzowane w pracy: cel i zakres badań, ich zaplanowanie i opis, a także interpretacja uzyskanych wyników świadczą o dostatecznej dojrzałości naukowej Doktoranta. Jednocześnie, w mojej opinii, realizując przesłaną do recenzji rozprawę, Doktorant posiadał umiejętności do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Wnioskuje zatem do Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej o dopuszczenie MSc, Bhautik Dave do dalszego postępowania kwalifikacyjnego przewidzianego w procedurze uzyskania stopnia doktora nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka.

Podpisała Iwona Kłosok-Bazan