

Poznań, 18.06.2026 r.

Dr hab. inż. Zbysław Dymaczewski, prof.PP
Instytut Inżynierii Środowiska i Instalacji Budowlanych
Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
Politechniki Poznańskiej

RECENZJA

ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr Bhautika Dave'a

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

Recenzowana rozprawa doktorska została wykonana na Wydziale Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej w Katedrze Inżynierii Wody i Ścieków. Promotorem pracy jest dr hab. inż. Ewa Łobos-Moysa, prof. PŚ.

PODSTAWA FORMALNA RECENZJI

Recenzję opracowano na podstawie:

- uchwały Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej z dnia 19.03.2026 wraz z pismem Przewodniczącego Rady Dyscypliny, prof. dr hab. Krzysztofa Labusa z dnia 1.04.2026 i umową UMC/1297/2026 z dnia 23.03.2026
- dołączonego egzemplarza rozprawy w formie oprawionego wydruku
- Ustawy „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” z dnia 20 lipca 2018 z późniejszymi zmianami.

CHARAKTERYSTYKA UKŁADU I TREŚCI ROZPRAWY

Recenzowana praca p.t. „Degradation of natural and anthropogenic pollutant on surface water in aspect of self-cleaning phenomenon” dotyczy problematyki usuwania z wód powierzchniowych wybranych mikrozanieczyszczeń pochodzenia naturalnego i antropogenicznego z wykorzystaniem określonych gatunków grzybów i bakterii. Badania osadzono w kontekście procesów rozkładu mikrozanieczyszczeń zachodzących w naturalnych ekosystemach wodnych oraz hydrofitowych systemach oczyszczania lub końcowego doczyszczania ścieków, co czyni temat interesującym z naukowego punktu widzenia oraz ważnym w aspekcie zastosowań praktycznych. Choć opisane w rozprawie prace badawcze prowadzono jedynie na ściekach syntetycznych w warunkach laboratoryjnych, mają potencjał do przeniesienia rezultatów na skalę techniczną.

Przedłożona do recenzji rozprawa składa się z 232 stron maszynopisu, w tym 30 początkowych stron z osobną numeracją. W pracy zamieszczono 59 rysunków i 25 tabel.

Praca została napisana w języku angielskim. Formalnie podzielono ją na osiem numerowanych rozdziałów poprzedzonych streszczeniem w języku angielskim i polskim, wykazem dorobku publikacyjnego oraz objaśnieniem skrótów i symboli stosowanych przez Doktoranta. Na końcu pracy zamieszczono wykaz wykorzystanych materiałów źródłowych oraz spis wszystkich tabel i rysunków.

Całość pracy ma typowy układ monografii naukowej, obejmując kolejno przegląd literatury, w tym zaobserwowaną lukę badawczą, będącą punktem wyjścia do podjęcia tematu badawczego, następnie cel, zakres i tezę pracy. Kolejne elementy rozprawy to opis materiałów i metod badawczych, zestawienie wyników i ich omówienie zakończone wnioskami. Taki układ porządkuje i dobrze odzwierciedla zamiysł Doktoranta, udokumentowanie istniejącego stanu wiedzy oraz sposób przeprowadzenia badań w celu realizacji wyznaczonych celów i udowodnienia postawionej tezy.

We wprowadzeniu „1. Introduction” Doktorant krótko, na niecałych dwóch stronach wprowadza nas w tematykę pracy, zwracając uwagę na wyjątkową wartość wody dla ludzi oraz problem mikrozanieczyszczeń wprowadzanych do wód naturalnych. Porusza też temat zjawiska samooczyszczania a także roli, jaką mogą odgrywać systemy ekstensywne w postaci oczyszczalni hydrobotanicznych.

Rozdział drugi „2. Literature Review” to przegląd światowej literatury dotyczącej tematyki rozprawy. Został podzielony tematycznie na siedem podrozdziałów, które

w logiczny sposób porządkują stan wiedzy i stanowią teoretyczną podbudowę części eksperymentalnej pracy. W punkcie 2.1 bardzo syntetycznie opisano występowanie mikrozanieczyszczeń w wodach powierzchniowych i ich obieg w środowisku. Podane informacje częściowo pokrywają się z treścią rozdziału 1. Punkt 2.2 poświęcono charakterystyce czterech wybranych zanieczyszczeń, dwóch naturalnych: kofeiny i nikotyny oraz dwóch antropogenicznych: metyloparbenu (MeP) i triklokarbanu (TCC), będących silnymi środkami przeciwbakteryjnymi i przeciwgrzybiczymi stosowanymi w kosmetykach, żywności i środkach farmaceutycznych. Na końcu tego punktu Autor uzasadnia wybór tych czterech substancji do badań, jako przedstawicieli szerokiej grupy mikrozanieczyszczeń trafiających do wód powierzchniowych. Kolejny, bardzo krótki podpunkt poświęcony jest czynnikom ograniczającym efektywność procesu samooczyszczania, gdzie jako główny czynnik wskazane zostało rozcieńczanie i duże rozproszenie zanieczyszczeń o bardzo niskim stężeniu. W punkcie 2.4 Doktorant zasygnalizował na czym polega mechanizm degradacji mikrozanieczyszczeń z udziałem bakterii, grzybów oraz ich wzajemne interakcje. Bardzo interesującym uzupełnieniem opisów jest graficzne przedstawienie tego zagadnienia na rysunku 2. W dalszej części rozdziału Autor skupił się na oczyszczalniach hydrofitowych i roli jaką pełni wprowadzanie do nich konsorcjów bakterii i grzybów zaadaptowanych do usuwania wybranych mikrozanieczyszczeń (pkt 2.5) oraz na wyzwaniach pojawiających się przy przechodzeniu ze skali laboratoryjnej do pełnej skali technicznej (2.6). Podsumowaniem przeglądu literatury jest punkt 2.7, w którym Doktorant wskazuje dostrzeżoną przez siebie lukę w stanie wiedzy (częściowo robi to już pod koniec punktu 2.6) na temat biodegradacji przez wyspecjalizowane bakterie i grzyby mikrozanieczyszczeń, reprezentowanych przez takie substancje jak kofeina, nikotyna, metyloparben i triklokarban oraz w doświadczeniach na temat przenoszenia wyników z laboratorium do układów pełnoskalowych. Ponadto, Autor uzasadnia ważność przedstawionej tematyki.

Rozdział trzeci „3. Research Aim, Objectives, and Scope of the Study” składa się z pięciu podrozdziałów. Punkt 3.1 zawiera motywację i uzasadnienie naukowe podjętych badań. Doktorant podkreśla w nim, że klasyczne oczyszczalnie ścieków nie są projektowane do usuwania mikrozanieczyszczeń, a naturalne procesy samooczyszczania w ekosystemach wodnych choć przyczyniają się do obniżenia stężeń substancji obciążających środowisko, są słabo podatne na celową ingerencję. W pkt 3.2 Autor sformułował cel pracy jako: opracowanie i eksperymentalna walidacja strategii samooczyszczania z wykorzystaniem mikroorganizmów, zaprojektowanej w celu zintensyfikowania biodegradacji mikrozanieczyszczeń pochodzenia antropogenicznego. Aby osiągnąć zamierzony cel, Doktorant sformułował sześć zadań

szczegółowych (pkt 3.3): (1) wybór i ocena bakterii i grzybów zdolnych do rozkładu mikrozanieczyszczeń; (2) badanie adaptacji wybranych mikroorganizmów przy przejściu ze środowiska bogatego w substancje odżywcze do wzrostu na syntetycznych ściekach z mikrozanieczyszczeniami; (3) ocena kinetyki i efektywności biodegradacji i usuwania wybranych mikrozanieczyszczeń przy użyciu zaawansowanych technik analitycznych; (4) zaprojektowanie i eksploatacja modelowych oczyszczalni hydrofitowych; (5) ocena synergii między grzybami i bakteriami oraz efektywności systemu w warunkach dopływu mieszaniny różnych mikrozanieczyszczeń; (6) ocena możliwości przeniesienia wyników z laboratoryjnych eksperymentów statycznych do modelowych oczyszczalni hydrofitowych. W pkt 3.4 została sformułowana teza badawcza zakładająca, że naturalna zdolność samooczyszczania zanieczyszczonych wód powierzchniowych jest generalnie niewystarczająca do efektywnego usuwania mikrozanieczyszczeń w rzeczywistych warunkach środowiskowych zwłaszcza w przypadku niedoboru substancji biogennych. Rozwinięciem tej tezy jest stwierdzenie, że właściwa adaptacja odpowiednich bakterii i grzybów w systemach hydrofitowych pozwala na poprawę efektywności biodegradacji tych mikrozanieczyszczeń w środowisku wodnym. W ostatnim punkcie (3.5) Doktorant dokładnie określa ograniczenia zakresu swoich eksperymentów do czterech przedstawicieli mikrozanieczyszczeń, skali laboratoryjnej badań z wykorzystaniem ścieków syntetycznych o ściśle określonym składzie i celową rezygnację z identyfikacji hodowanych mikroorganizmów, w tym technik biologii molekularnej a skupienie się na wybranych mikrozanieczyszczeniach i ich biodegradacji.

Rozdział czwarty „4. Research Methodology”, szczegółowo charakteryzuje warsztat badawczy Doktoranta. Został podzielony na trzy części. W punkcie 4.1 zostały opisane metody ekstrakcji nikotyny i kofeiny wraz z metodami oceny wyekstrahowanych substancji oraz sposób przygotowania do części eksperymentalnej substancji pochodzenia antropogenicznego (metyloparben i triklokarban). Punkt 4.2 zawiera opisy metod prowadzenia eksperymentów laboratoryjnych dotyczących adaptacji grzybów i bakterii do różnych warunków, oceny ich wzrostu i efektywności biodegradacji analizowanych mikrozanieczyszczeń, inokulacji a także przygotowania próbek do dalszych analiz. Punkt 4.3 poświęcono modelowym układom hydrofitowym, które wykorzystano w kolejnym etapie badań. Autor opisał stanowisko badawcze, scharakteryzował metody oceny adaptacji i wzrostu mikroorganizmów, inokulację układów grzybami i bakteriami, sposób kontroli prowadzenia procesu w układach modelowych oraz poboru i przygotowania próbek do analiz.

W rozdziale piątym „5. Analytical Methods and Data Validation”, który jest kontynuacją opisu warsztatu badawczego Doktoranta, przedstawiono wybór zaawansowanych

technik analitycznych na potrzeby niniejszego doktoratu (pkt 5.1) oraz charakterystykę poszczególnych zastosowanych metod badawczych: analizę w podczerwieni FTIR (pkt 5.2), magnetyczny rezonans jądrowy NMR (pkt 5.3), chromatografię cienkowarstwową HPTLC (pkt 5.4) i skaningową mikroskopię elektronową SEM (pkt 5.5).

Rozdział szósty „6. Results and Discussion”, który zawiera zestawienie wyników oraz ich szczegółowe omówienie, jest najobszerniejszy w całej rozprawie i został podzielony na trzy główne części. W pierwszej (6.1) Autor przedstawił wyniki etapu badań laboratoryjnych adaptacji bakterii i grzybów i kinetykę biodegradacji wszystkich czterech wybranych mikrozanieczyszczeń wraz z ich interpretacją. Część druga (6.2) opisuje z kolei wyniki i interpretację badań pilotowych w modelowych systemach hydrofitowych. Część trzecia (6.3) to syntetyczne omówienie całości badań, w tym zagadnienia powiększania skali oraz ewentualnych przyszłych zmian w budowie i roli układów hydrofitowych.

Rozdział siódmy „7. General Conclusions and Future Perspectives” składa się z trzech punktów, w których odpowiednio przedstawiono: 7.1 wnioski z przeprowadzonych wstępnych eksperymentów laboratoryjnych (7.1.1) i modelowych (7.1.2); 7.2 wnioski ogólne z całej pracy i 7.3 wkład do nauki i ważność przeprowadzonych badań.

W rozdziale ósmym „8. Conclusions” Doktorant zebrał ważne, jego zdaniem, wnioski szczegółowe z całej pracy.

Spis cytowanej literatury („References”) świadczy o rzetelnym i wnikliwym przestudiowaniu przez Doktoranta dostępnych źródeł bibliograficznych. Formalnie spis składa się z 217 pozycji, jednak recenzent zauważył powtarzające się pozycje pod różnymi numerami (22 i 34; 64 i 72; 85 i 86). Wszystkie cytowane pozycje są angielskojęzyczne z wyjątkiem nr 123, która prawdopodobnie jest tłumaczeniem angielskiego oryginału (IWAPublishing, 2017, open access) na język nieznany recenzentowi. Zdecydowana większość wykorzystanych źródeł to artykuły i monografie z ostatnich dwóch dekad, w tym prace najnowsze, z lat 2023-26.

Pod względem edycyjnym Doktorant nie ustrzegł się pewnych błędów i niedociągnięć. Są to jednak drobiazgi, które nie mają wpływu na merytoryczny odbiór pracy, nie umniejszają też ogólnej pozytywnej oceny rozprawy.

Podsumowując ocenę układu rozprawy oraz prezentowanych treści stwierdzam, że praca doktorska mgr Bhautika Dave’a jest napisana w sposób przemyślany i logiczny, zgodnie z ogólnymi zasadami pisania monografii naukowych. Układ rozprawy dobrze odzwierciedla zarówno zamysł Autora jak i konsekwentną realizację poszczególnych zadań cząstkowych i sposób interpretacji uzyskanych wyników podporządkowany udowodnieniu postawionej tezy.

OCENA MERYTORYCZNA ROZPRAWY

Praca doktorska mgr Bhautika Dave jest wynikiem przeprowadzonych wnikliwych studiów literaturowych oraz starannie zaplanowanych i zrealizowanych badań doświadczalnych mających za zadanie osiągnięcie założonego celu i weryfikację postawionej tezy. Przy ocenie merytorycznej rozprawy istotnym czynnikiem jest atrakcyjność i znaczenie podjętego problemu badawczego, sposób jego rozwiązania oraz jakość uzyskanych rezultatów. Podjęty temat badawczy jest jedną z wielu możliwych odpowiedzi na zaostrzające się przepisy dotyczące ochrony środowiska i coraz pełniejszą wiedzę na temat szkodliwości wielu substancji przedostających się do ekosystemów wodnych mimo ich śladowych ilości i stężeń mierzonych w mikro i nanogramach. Rozwój technologii efektywnego doczyszczania ścieków w ramach tzw. czwartego stopnia i wspomaganie naturalnych procesów samooczyszczania zachodzących w wodach powierzchniowych, w szczególności metod ekstensywnych, niskokosztowych, jest obecnie bardzo potrzebny. W tym kontekście uważam wybór tematu przez Doktoranta za trafny, bardzo aktualny i silnie osadzony w tematyce przypisywanej inżynierii środowiska.

Część teoretyczno-literaturowa została przez Autora dobrze skomponowana, co powoduje, że pracę czyta się z dużym zainteresowaniem. Doktorant wprowadza nas do zagadnienia nakreślając ogólną istotę problemu, którym zamierza się zająć. Drobnym minusem jest fakt, że część informacji na początku rozdziału pokrywa się z treściami ze wstępu. W pierwszej części przeglądu na uwagę zasługuje dokładna charakterystyka czterech mikrozanieczyszczeń wybranych do badań. Doktorant dotarł do wielu publikacji opisujących zarówno charakterystykę tych substancji, jak i notowane stężenia w środowisku wodnym i kanalizacji oraz podatność na biodegradację. Pewien niedosyt zostawia część poświęcona mechanizmom degradacji zanieczyszczeń przez grzyby i bakterie. Zagadnienia te opisano bardzo skrótowo, a dotyczą zasadniczej części prac eksperymentalnych rozprawy. Również część dotycząca opisu systemów hydrofitowych mogłaby, zdaniem recenzenta zostać bardziej rozbudowana. Niezależnie jednak od przedstawionych wyżej uwag krytycznych, uważam, że zarówno treść jak i przyjęta kolejność poszczególnych punktów przeglądu literatury, dobór źródeł bibliograficznych oraz forma i zakres merytoryczny przekazu pozwalają wysoko ocenić zarówno cały przegląd jak i – pośrednio – wiedzę Doktoranta oraz swobodę poruszania się w obrębie tematyki rozprawy.

Następujące po przeglądzie literatury uzasadnienie podjęcia tematu jest logiczne, wynika z wcześniejszego przedstawienia problemu i utwierdza czytelnika w pozytywnej ocenie działań Doktoranta. Na podstawie wcześniejszych rozważań Autor pracy postawił sobie za cel główny opracowanie i eksperymentalną walidację modelowego systemu hydrofitowego z wykorzystaniem mikroorganizmów – bakterii i grzybów – w celu zintensyfikowania biodegradacji mikrozanieczyszczeń pochodzenia antropogenicznego. Pozytywnie oceniam też podział części badawczej na sześć zadań szczegółowych. Odzwierciedlają one w logiczny sposób kolejne etapy prac eksperymentalnych. Postawiona do weryfikacji teza pracy jest poprawnie sformułowana, a przyjęte wcześniej etapy badań pozwalają tę weryfikację przeprowadzić. Takie zaplanowanie całości badań świadczy o dojrzałości naukowej Doktoranta i jego samodzielności. Analizując przyjęty cel ogólny, zadania cząstkowe i postawioną tezę oraz zakres badań stwierdzam, że pan mgr Bhautik Dave wyznaczył sobie ciekawe zadanie naukowe z potencjałem do praktycznego zastosowania w przyszłości, które w pełni zrealizował.

Oznaczanie różnych mikrozanieczyszczeń jest, mimo ogromnego postępu w zakresie techniki analitycznej, wciąż dużym wyzwaniem ze względu na bardzo małe stężenia tych substancji oraz ich złożoność. Wymaga to zaawansowanej aparatury badawczej oraz zweryfikowanych, dających wiarygodne i powtarzalne wyniki metodyk oznaczania poszczególnych związków lub grup zanieczyszczeń. Doktorant w rozprawie zaprezentował wykorzystanie dużego wachlarza zaawansowanych technik analitycznych, obejmującego spektroskopię w podczerwieni (FTIR), rezonans magnetyczny (NMR), wysokosprawną chromatografię cienkowarstwową (HPTLC) i mikroskopię elektronową (SEM) co jest dużym walorem naukowym rozprawy. Wybrane przez Autora rodzaje aparatury zostały dobrze dobrane w odniesieniu do badanych mikrozanieczyszczeń pochodzenia naturalnego (kofeina i nikotyna) oraz antropogenicznego (metyloparben i triklokarban). Pozytywnie oceniam wybór *Trametes versicolor* jako gatunek grzyba do biodegradacji kofeiny i nikotyny oraz wybór *Rhodococcus* sp. i *Alcaligenes* sp. do biodegradacji metyloparbenu i triklokarbanu. Doktorant skorzystał z doświadczeń innych naukowców, co udokumentował odpowiednimi cytowaniami. Właściwy dobór mikroorganizmów miał istotne znaczenie dla uzyskanych potem wyników. Reasumując, po przeanalizowaniu zastosowanych metod badawczych, w tym wybranych technik analizy instrumentalnej, sposobów ekstrakcji mikrozanieczyszczeń pochodzenia naturalnego oraz sposobu zaprojektowania prowadzonych eksperymentów, wysoko oceniam warsztat naukowy mgr Bhautika Dave i przyjęte przez niego metody badawcze.

W części poświęconej przedstawieniu i interpretacji wyników Doktorant chronologicznie prezentuje szczegółowo każdy z etapów badań. Uzyskane rezultaty są opisane w sposób logiczny i przejrzysty oraz uzupełnione czytelnymi zestawieniami tabelarycznymi i materiałem graficznym. Badania laboratoryjne prowadzone w kolbach stożkowych pozwoliły potwierdzić bardzo wysoką efektywność rozkładu kofeiny przez grzyby *Trametes versicolor*, dochodzącą do 97-98% w warunkach uznanych za optymalne: temp. 25°C w środowisku lekko kwaśnym oraz rozkładu przez bakterie *Rhodococcus* i *Alcaligenes* metyloparbenu (89,1%) i triklokarbanu (100%) w warunkach niedoboru typowych składników odżywczych. Pilotowe badania w reaktorach hydrofitowych zasilanych ściekami syntetycznymi wykazały, że podczas eksperymentu trwającego siedem tygodni zarówno kofeina, jako przedstawiciel mikrozanieczyszczeń pochodzenia naturalnego, jak i metyloparben będący zanieczyszczeniem antropogenicznym uległy całkowitej degradacji przy zachowaniu stabilnej pracy systemu. Jako podsumowanie swoich prac Doktorant podaje w rozbudowanej formie cztery główne wnioski: (1) synergia mikroorganizmów i ich adaptacja są kluczowe przy rozkładzie zanieczyszczeń o złożonej budowie chemicznej; (2) parametry środowiskowe – tu Autor wskazuje przede wszystkim temperaturę – mają kluczowy wpływ na efektywność procesu; (3) degradacja mikrobiologiczna mikrozanieczyszczeń może być stymulowana w warunkach w jakich pracują systemy rzeczywiste; (4) biomimetyczne pilotowe układy hydrofitowe można uznać za skalowalne systemy oczyszczania ścieków i krok w kierunku dalszego zwiększania skali. Niezależnie od wymienionych wyżej głównych wniosków, Doktorant zamyka rozprawę rozdziałem, w którym konkluduje, że jest możliwe opracowanie i walidacja strategii pozwalającej na intensyfikację procesu samooczyszczania wód powierzchniowych, w którym biodegradowane będą kofeina, nikotyna, metyloparben i triklokarban. Formułuje też dziewięć wniosków szczegółowych, które podsumowują najważniejsze, zdaniem Autora, jego osiągnięcia.

Sposób przedstawienia wyników prac badawczych oraz przeprowadzoną interpretację oceniam pozytywnie, a za najistotniejsze osiągnięcie pracy uważam wykazanie znacznego wzrostu efektywności usuwania badanych mikrozanieczyszczeń w systemach hydrofitowych wspomaganych przez łączne wykorzystanie odpowiednio wyselekcjonowanych bakterii i grzybów w odniesieniu do systemów klasycznych bez tego wspomaganie, co zostało jednoznacznie wykazane przez Doktoranta uzyskanymi wynikami przeprowadzonych eksperymentów.

Badania przeprowadzone przez mgr Bhautika Dave wyraźnie wskazują praktyczny wymiar uzyskanych wyników, szczególnie w kontekście zwiększających się wymagań

dotyczących ochrony wód naturalnych przed mikrozanieczyszczeniami, w tym jakości odpływu z miejskich oczyszczalni ścieków. Z drugiej strony istotnym – w kontekście zastosowania wyników w praktyce inżynierskiej – jest kwestia przeniesienia skali i związane z tym wyzwania, na które zwraca uwagę sam Doktorant w rozdziałach 2.6 i 6.3 swojej pracy. Przeprowadzone badania stanowią ważny krok w kierunku wdrożenia, jednak jeszcze nie zapewniają odpowiedzi na pytanie jak proponowany sposób usuwania wybranych mikrozanieczyszczeń funkcjonowałby po wyjściu ze ściśle kontrolowanych warunków w laboratorium do układów pracujących przy dopływie rzeczywistych ścieków o zmiennym składzie i w dynamicznie zmieniających się warunkach środowiskowych.

Poniżej przedstawiono pytania i uwagi krytyczne do pracy. Częściowo mają one charakter dyskusyjny, nie umniejszają też ogólnej wysokiej oceny recenzowanej rozprawy.

- Po zakończeniu eksperymentów laboratoryjnych pierwszego etapu badań wyniki zostały wykorzystane do budowy i uruchomienia instalacji pilotowych. Pewne wątpliwości budzi skala tych instalacji – 15 L pojemności czynnej i tylko kilka małych sadzonek trzciny pospolitej jako model oczyszczalni hydrofitowej. Na ile eksperymenty prowadzone w laboratorium w małych reaktorach modelowych i zasilane ściekami syntetycznymi o ściśle określonym składzie a opisane jako badania pilotowe odzwierciedlają rzeczywiste warunki, które będą występować w instalacjach terenowych w skali demonstracyjnej lub w pełnej skali technicznej? Jakie elementy podobieństwa przy zwiększaniu skali Doktorant uznałby za najistotniejsze?
- Doktorant w pracy celowo zrezygnował z badań identyfikacyjnych mikroorganizmów, w tym technikami biologii molekularnej, co zaznaczył w pkt 3.5, prawdopodobnie ze względu, iż w badaniach użył zidentyfikowanych kultur bakterii i grzybów pozyskanych ze sprawdzonych źródeł. Zdaniem recenzenta takie badania na pewno wzbogaciłyby wartość naukową uzyskanych wyników, zwłaszcza w kontekście ewentualnych kolejnych publikacji w prestiżowych czasopismach naukowych. Czy Doktorant mógłby dokładniej uzasadnić powody swojej decyzji? Czy z perspektywy zakończonych już prac badawczych i dokonanej interpretacji dziś podjąłby taką samą decyzję? Jak, zdaniem Doktoranta należałoby postąpić w przypadku kontynuacji badań w większej skali, z dopływem ścieków rzeczywistych a nie syntetycznych?
- Na rysunku 2 (str. 21) zostały przedstawione graficznie ścieżki degradacji zanieczyszczeń przez grzyby i bakterie. Czy jest to autorskie opracowanie Doktoranta czy wzorował się na pracach innych autorów (brak cytowań literatury)?

- Na stronie xix podano, że rozprawa składa się z czterech monotematycznych publikacji, które wymieniono. Jest to sformułowanie wprowadzające w błąd, ponieważ do recenzji przekazano zwarte opracowanie w formie monografii, a wymienione publikacje nie zostały dołączone do rozprawy przekazanej do recenzji. Wszystkie dotyczą tematyki rozprawy, jednak Doktorant w pracy cytuje tylko trzy z nich. W opinii recenzenta należałoby ten spis inaczej nazwać, np. Publikacje związane z tematem rozprawy.
- W streszczeniu w języku polskim występują błędy stylistyczne utrudniające zrozumienie oraz nieprawidłowe słownictwo fachowe (sztuczne mokradła).
- Na stronie xxvii został zamieszczony spis nazwany „Nomenclature” zawierający szereg powszechnie stosowanych jednostek fizycznych (takich jak °C, cm, g, mg, ng, h, min, Hz, MHz, L itp.) oraz pięć symboli (δ , $\lambda_{\max}$, J, R_f, v/v). Uważam, że podawanie wyjaśnienia jednostek takich podstawowych wielkości jak stopień Celsjusza, centymetr, gram itp. jest niepotrzebne w rozprawie doktorskiej. Natomiast wyjaśnienie symboli można włączyć do spisu „List of Abbreviations” (str. xxix) i zmienić jego nazwę na „List of Abbreviations and Symbols”. Z kolei w spisie skrótów nie wszystko zostało przez Doktoranta konsekwentnie ujęte, np. skrót AU (absorbance units, str. 123).
- Zdaniem recenzenta wydzielenie dwóch osobnych rozdziałów końcowych: „7. General Conclusions and Future Perspectives” i „8. Conclusions” utrudnia odbiorcy ocenę, które wnioski są dla Doktoranta najważniejsze zwłaszcza, że w rozdziale 7 jest punkt 7.2 „Key Conclusions” w którym umieszczono najważniejsze wnioski ogólne wynikające z pracy Doktoranta. Dobrą praktyką jest też wyraźny podział wniosków z rozprawy na naukowe i utylitarne.
- Istotnym niedopatrzeniem redakcyjnym jest brak numerowania wzorów w całej rozprawie, co utrudnia powoływanie się na nie w treści pracy i ewentualnych dyskusjach.

Reasumując, ogólna ocena merytoryczna przedstawionej do recenzji rozprawy jest pozytywna. Pan mgr Bhautik Dave wykazał się dużą wiedzą w zakresie inżynierii środowiska, umiejętnością postawienia problemu badawczego i zaplanowania oraz przeprowadzenia badań potrzebnych do jego rozwiązania. Świadczy to o wystarczającej dojrzałości Doktoranta do samodzielnego prowadzenia badań naukowych. Wyniki uzyskane w trakcie realizacji pracy wraz z ich interpretacją są bardzo ciekawe, wiarygodne i wartościowe zarówno w aspekcie poznawczym jak i w odniesieniu do ewentualnego zastosowania ich w praktyce oraz stanowią oryginalne rozwiązanie

problemu naukowego sformułowanego przez Autora. Uzupełniają też dotychczasową wiedzę w zakresie zagadnień, którymi zajmował się Doktorant.

WNIOSEK KOŃCOWY

Rozprawa doktorska mgr Bhautika Dave'a pt. „Degradation of natural and anthropogenic pollutant on surface water in aspect of self-cleaning phenomenon” jest pracą o charakterze badawczym. Zawiera ciekawe i oryginalne wyniki które mają przede wszystkim wymiar naukowy, jednak posiadają też potencjał aplikacyjny. Pan mgr Bhautik Dave wykazał się dużą wiedzą w zakresie tematyki poruszanej w rozprawie oraz umiejętnością samodzielnego prowadzenia badań i interpretacji uzyskiwanych wyników.

Moim zdaniem **rozprawa ta spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim** określone zarówno w aktualnie obowiązujących przepisach (Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 z późniejszymi zmianami) jak i zwyczajowo oczekiwane od rozpraw doktorskich.

Upoważnia mnie to do zaproponowania **przyjęcia rozprawy doktorskiej mgr Bhautika Dave'a przez Radę Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej i dopuszczenie jej do dalszych etapów postępowania.**

Podpisał Zbysław Dymaczewski