

Rzeszów, 29 maja 2024 r.

Prof. dr hab. inż. Daniel Słyś  
Katedra Infrastruktury i Gospodarki Wodnej  
Wydział Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury  
Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgra inż. Jakuba Copika  
nt. „Badania nowych technologii oczyszczania strumieni wodnych  
pod kątem eliminacji mikrozanieczyszczeń”**

**1. Podstawa formalna opracowania recenzji**

Formalną podstawą wykonania recenzji jest pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka na Politechnice Śląskiej (znak: RIE-BD.512.22.2024) oraz egzemplarz rozprawy doktorskiej mgra inż. Jakuba Copika nt. „Badania nowych technologii oczyszczania strumieni wodnych pod kątem eliminacji mikrozanieczyszczeń”.

**2. Przedmiot i zawartość rozprawy**

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgra inż. Jakuba Copika nt. „Badania nowych technologii oczyszczania strumieni wodnych pod kątem eliminacji mikrozanieczyszczeń”. Składa się ona z 6 rozdziałów merytorycznych, bibliografii, spisu tabel, rysunków i nomenklatury oraz streszczenia. Układ rozprawy doktorskiej jest poprawny.

Na początku pracy zamieszczono wprowadzenie, które w sposób ogólny przedstawia tło zagadnień podejmowanych w pracy doktorskiej.

W rozdziale drugim Autor przedstawia przegląd literatury w przedmiocie pracy. Dokonuje On charakterystyki mikrozanieczyszczeń organicznych, omawia ich źródła, w szczególności odnosząc się do farmaceutyków i środków higieny osobistej, wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych oraz perfluorowanych związków alifatycznych. Następnie, przedstawia On w sposób syntetyczny zagadnienie wpływu mikrozanieczyszczeń na zdrowie człowieka. Omawia zaawansowane procesy utleniania mikrozanieczyszczeń, w tym proces nadźwiekawiania. Przedstawiona wiedza odwołuje się do licznych źródeł literaturowych.

Z kolei, w rozdziale trzecim został zdefiniowany problem naukowy, cele badawcze i zakres pracy oraz teza pracy.

W kolejnej części pracy – rozdziale czwartym, poświęconemu metodyce dokonano charakterystyki wykorzystywanych w badaniach roztworów wodnych. Omówiono metodykę analiz fizykochemicznych roztworów wodnych oraz wykorzystywaną aparaturę. Następnie przedstawiono metodykę przeprowadzania procesów zaawansowanego utleniania oraz sonokatalizy. W dalszej części omówiono metodykę oceny stopnia usuwania zanieczyszczeń w oparciu o analizę chromatograficzną oraz wykorzystanie analizy ekotoksykologicznej do oceny efektu oczyszczania na toksyczność roztworu. W ostatniej części tego rozdziału przedstawiono metodologię obliczeń parametrów procesów utleniania oraz ich efektywności.

Rozdział piąty stanowi przedstawienie wyników badań oraz ich dyskusję.

Przedstawiono wyniki w zakresie eliminacji związków z wody zdejonizowanej, wody pochodzącej z jeziora, kanału otwartego oraz wody opadowej, które zostały poddane procesom nadźwiękawiania.

Omówiono wyniki badań toksyczności próbek roztworów przed i po procesie utleniania.

Następnie, w rozdziale tym przedstawiono wyniki badań w zakresie zastosowania innych procesów utleniania i zaawansowanego utleniania mikrozanieczyszczeń, takich jak: zastosowanie O<sub>3</sub>, US/O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, US/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> oraz heterogenicznej sonokatalizy US/Sa i US/Gl.

Część merytoryczną pracy kończy rozdział szósty stanowiący podsumowanie i wnioski z przeprowadzonych prac badawczych.

Pracę kończy rozdział zawierający bibliografię, która liczy 235 cytowanych w pracy pozycji literaturowych, z czego zdecydowaną większość stanowią źródła zagraniczne. Bibliografia jest bogata, dobrana w sposób prawidłowy, adekwatny do przedmiotu rozprawy oraz jest ona aktualna. Wysoka liczba cytowanych prac świadczy o dobrym przeglądzie literatury przedmiotu wykonanym przez Doktoranta.

### **3. Ocena merytoryczna rozprawy**

#### **3.1. Ocena doboru tematu i celów rozprawy**

Wybrany temat rozprawy doktorskiej wpisuje w bardzo istotne zagadnienie powstawania i migracji mikrozanieczyszczeń w środowisku naturalnym, a także ich wpływu na życie i zdrowie człowieka.

Mikrozanieczyszczenia występują powszechnie we wszystkich aspektach bytności człowieka, natomiast źródła ich powstawania, transport, przekształcenia

i wpływ na jego kondycję nie są rozpoznane w wystraszającym stopniu i wymagają dalszych badań.

Zaawansowania dalszych badań wymagają również procesy, a w konsekwencji potencjalnie i technologie zmierzające do usuwania mikrozanieczyszczeń ze środowiska wodnego oraz środowiska życia człowieka. Substancje te mające zarówno działanie kancerogenne jak mutagenne, często o nieokreślonym jeszcze stopniu są substancjami groźnymi dla życia i zdrowia człowieka. Zatem, badania tych w zakresie tych substancji mogą stanowić interesujący obszar prac naukowych również w przyszłości.

Doktorant w swoich badaniach zajął się zagadnieniem eliminacji wybranych, różnych mikrozanieczyszczeń z wybranych rodzajów wód (woda jeziorna, odpływ z jeziora, woda deszczowa) oraz wpływem procesów utleniania na toksyczność poprzez powstawanie produktów procesów o podwyższonej toksyczności.

Doktorant stara się odpowiedzieć na pytania: i) Jaka jest efektywność usuwania wybranych mikrozanieczyszczeń w wybranych procesach jednostkowych w zależności od parametrów procesów w przypadku wód o różnym pochodzeniu, ii) Jaka jest efektywność usuwania wybranych mikrozanieczyszczeń przy łączeniu procesów jednostkowych w zależności od parametrów tych procesów, iii) Jak wpływa rodzaj procesu utleniania mikrozanieczyszczeń oraz ich łączenia oraz ich parametry na toksyczność roztworu.

Uważam, że temat dysertacji ma potencjał naukowy i możliwości praktycznej aplikacji wyników badań. Jest on interesujący i przyszłościowy. Wzrost ilości mikrozanieczyszczeń oraz coraz bardziej restrykcyjne podejście do ich eliminacji, może przyczynić się do coraz szerszego zainteresowania praktycznego takimi badaniami.

Cele pracy zostały prawidłowo sformułowane i pozwolił na odpowiedź na postawione tezy, a zakres badań był wystarczający i adekwatny do podjętego tematu.

### 3.2. Teza pracy

Na potrzeby realizacji rozprawy doktorskiej sformułowano tezę w obszarze badawczym, która zdaniem Doktoranta, i słusznie, wymaga rozpoznania w celu rozwoju nowych technologii oczyszczania wód z mikrozanieczyszczeń. Teza pracy:

cyt. *„Zastosowanie ultradźwięków stanowi skuteczną metodą eliminacji mikrozanieczyszczeń organicznych pochodzących z różnych źródeł. Integracja procesu nadźwiękawiania z innymi metodami zaawansowanego utleniania wpływa na zwiększenie efektywności procesu oczyszczania roztworów wodnych zawierających mikrozanieczyszczenia organiczne”* jest sformułowana poprawnie, choć moim zdaniem mogłaby być również rozdzielona na dwie niezależne tezy.

Zrealizowany zakres badań, dobór narzędzi badawczych i metod był adekwatny do postawionego celu i umożliwił w pełni potwierdzenie postawionej tezy pracy.

### 3.3. Ocena metody badawczej

Przyjęte do realizacji metody badawcze obejmowały w szczególności wykorzystanie: i) zaawansowanych analiz jakościowych z wykorzystaniem chromatografii, ii) analiz toksykologicznych próbek wody.

Z punktu widzenia założonych celów i zakresu badań metody badawcze zostały dobrane właściwie i umożliwiły pełną realizację postawionych celów badawczych oraz sformułowanie wniosków o charakterze użytkowym.

### 3.4. Ocena naukowej wartości rozprawy

Na podstawie przedłożonej do recenzji rozprawy doktorskiej za najważniejsze osiągnięcia naukowe mgr inż. Jakuba Copika uznaję kwestie przedstawione w punktach.

1. Opracowanie programu badań obejmującego analizy ilościowe i toksykologiczne z wykorzystaniem nowoczesnych narzędzi badawczych.
2. Analizę skuteczności eliminacji wybranych mikrozanieczyszczeń na drodze procesu nadźwiękawiania oraz innych procesów utleniania w zależności od parametrów operacyjnych tych procesów.
3. Analizę próbek wody w aspekcie wpływu procesów oczyszczania na pojawianie się niekorzystnych produktów tych procesów oraz zmianę stopnia ich toksyczności.
4. Analizę skuteczności eliminacji wybranych mieszanin mikrozanieczyszczeń na drodze procesu nadźwiękawiania oraz innych procesów utleniania w zależności od parametrów operacyjnych tych procesów.

## 4. Uwagi krytyczne i dyskusyjne

Przedmiotowa praca doktorska jest napisana poprawnym językiem polskim. Posiada prawidłową strukturę i podział treści. Jest ona zrealizowana na wysokim poziomie edytorskim.

Nie wnoszę zastrzeżeń merytorycznych dla zrealizowanych badań. Podczas obrony proszę o omówienie następującej kwestii:

1. Czy uprawnione jest twierdzenie, że w przypadku niektórych rodzajów zanieczyszczeń: i) ze względu na możliwość powstawania toksycznych produktów utleniania zanieczyszczeń ii) oraz ze względów energetycznych wskazane jest stosowanie najkrótszych z analizowanych czasów trwania nadźwiękawiania.
2. Proszę o komentarz dotyczący wpływu ilości energii dostarczanej do roztworu

w przypadku nadźwężkowania na uzyskiwany stopień eliminacji badanych zanieczyszczeń.

3. Proszę o omówienie proponowanych przez Doktoranta dalszych kierunków badań w temacie rozprawy.

## **5. Podsumowanie i wniosek końcowy**

Na podstawie analizy przedstawionej mi do oceny rozprawy doktorskiej, a w szczególności postawionych przez Doktoranta celów, zakresu, tez, zastosowanych narzędzi badawczych, zrealizowanych badań, analizy i dyskusji otrzymanych wyników stwierdzam, że mgr inż. Jakub Copik rozwiązał postawione przed nim zadanie naukowe w sposób nie budzący zastrzeżeń.

Zaprezentowany przez Doktoranta warsztat badawczy, sposób wnioskowania naukowego i podejście do tematu rozprawy potwierdzają jego dojrzałość oraz umiejętność pracy badawczej.

Uzyskane wyniki mają znaczenie zarówno teoretyczne jak i w przyszłości mogą być wykorzystane aplikacyjnie. W swoim zakresie rozwijają one teorię związaną z ważnym, ogólnoswiatowym problemem dotyczącym metod eliminacji mikrozanieczyszczeń ze środowiska.

Autor rozprawy wykazał się umiejętnością planowania, przygotowania i realizacji badań, a także analizy wyników i formułowania wniosków.

Reasumując, uważam że przedstawiona mi do recenzji rozprawa doktorska posiada walory naukowe oraz praktyczne. Została zrealizowana na wysokim poziomie badawczym, a osiągnięte wyniki stanowią oryginalny wkład Autora do badań mikrozanieczyszczeń wody, w szczególności w aspekcie ich eliminacji.

Biorąc pod uwagę powyższe stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska autorstwa mgr inż. Jakuba Copika nt. „Badania nowych technologii oczyszczania strumieni wodnych pod kątem eliminacji mikrozanieczyszczeń” spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim określone w przepisach prawa. W związku z powyższym, stawiam wniosek o przyjęcie rozprawy doktorskiej i dopuszczenie jej do publicznej obrony.