Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
Katedra Inżynierii Wody i Ścieków
prof. dr hab. inż.
Mariusz Dudziak

Gliwice, 17.02.2025 r.

Recenzja
rozprawy doktorskiej mgr inż. Anny Solipiwko-Pieścik
pt. „Usuwanie substancji organicznych z wód powierzchniowych
w wybranych procesach jednostkowych ich uzdatniania"
wykonanej pod kierunkiem
dr hab. inż. Małgorzaty Wolskiej, prof. uczelni

Podstawa opracowania

Recenzję sporządzono w związku z Uchwałą Rady dyscypliny Inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka Politechniki Wrocławskiej z dnia 22 stycznia 2025 r. i na zlecenie Przewodniczącego Rady dyscypliny naukowej prof. dr hab. inż. Roberta Króla z dnia 23 stycznia 2025 r. (pismo nr RDND08/16/2025). Podstawą sporządzenia recenzji był egzemplarz rozprawy doktorskiej autorstwa mgr inż. Anny Solipiwko-Pieścik.

Celowość podjęcia tematu

Aktualnym problemem globalnym jest zapewnienie dostępu wszystkich ludzi na ziemi do wody o odpowiedniej jakości i niestanowiącej zagrożenia zdrowotnego. Stanowi to obszar badań naukowych w zakresie nie tylko technologicznym, ale również socjologicznym czy strategicznym w zarządzaniu i gospodarowaniu zasobami wodnymi.

Autorka przedstawionej do oceny rozprawy podjęła badania nad oceną właściwości usuwanych substancji organicznych w procesach oczyszczania wody powierzchniowej na podstawie rutynowych i tanich analiz laboratoryjnych lub wykonywanych on-line przy jednoczesnej optymalizacji skuteczności procesów jednostkowych na podstawie wyników tych analiz. Celowość podjęcia pracy doktorskiej o tej tematyce jest uzasadniona.

Ogólna charakterystyka rozprawy

Przedstawiona do recenzji praca liczy 139 stron i zawiera 61 tabel, 63 rysunki oraz spis 100 cytowanych pozycji bibliograficznych.

Rozprawę podzielono na 11 podstawowych rozdziałów zawierających m.in. wstęp, przegląd literaturowy, genezę, cel i zakres badań, prezentację i dyskusję uzyskanych wyników oraz wnioski z pracy.

Wstęp jest uzasadnieniem wyboru tematyki badawczej wynikającym z potrzeby poszukiwania skutecznych metod i narzędzi pozwalających na identyfikację oraz klasyfikację coraz większej liczby substancji i związków organicznych, również tych występujących w bardzo małych stężeniach. Doktorantka stwierdziła, że zasadne jest przeprowadzenie badań mających na celu umożliwienie oceny właściwości usuwanych substancji organicznych w procesach oczyszczania wody powierzchniowej na podstawie rutynowych i tanich analiz laboratoryjnych lub wykonywanych on-line przy jednoczesnej optymalizacji skuteczności procesów jednostkowych na podstawie wyników tych analiz.

Przegląd literaturowy przedstawia piśmiennictwo dotyczące kilku wspólnych tematów tj. charakterystyka substancji organicznych obecnych zarówno w wodach naturalnych jak i w wodach przeznaczonych do spożycia, w tym metody ich oznaczeń. Przedstawiona została również skuteczność procesów jednostkowych w usuwaniu substancji organicznych wraz z ich charakterystyką. Doktorantka stwierdziła, że substancje organiczne są obecne w każdym rodzaju wód naturalnych, a ich rodzaj oraz stężenie zależą od wielu czynników. W wodach powierzchniowych na świecie występują zarówno naturalna materia organiczna (NOM), jak i zanieczyszczenia antropogeniczne, przy czym te pierwsze zanieczyszczenia stanowią większość węgla organicznego obecnego w wodach. Tak więc zapewnienie ludziom dostępu do wody o odpowiedniej jakości wymaga zastosowania układów technologicznych umożliwiających usuwanie substancji organicznych o zróżnicowanej budowie i właściwościach. Wśród metod charakteryzujących substancje organiczne w wodach wymienia się głównie: ogólny węgiel organiczny (OWO), absorbancję, frakcjonowanie substancji organicznych, fluorescencję i rozkład wielkości cząstek.

W kolejnych rozdziałach przedstawiona została geneza, cel i zakres badań oraz metodyka ich prowadzenia. Geneza badań dotyczy określenia zarówno możliwości oceny właściwości usuwanych substancji organicznych w oparciu o standardowe pomiary jak i oceny poprawności realizacji procesów jednostkowych na ich podstawie.

Celem pracy było określenie możliwości oceny skuteczności usuwania substancji organicznych wraz z oceną ich właściwości w jednostkowych procesach oczyszczania wody oraz w całych układach technologicznych na podstawie pomiarów spektrofotometrycznych.

Do realizacji celu pracy Doktorantka zaplanowała realizację 4 głównych etapów badawczych tj.:

- Określenie właściwości substancji organicznych występujących w różnych rodzajach wód powierzchniowych.
- Ocena skuteczności usuwania materii organicznej oraz właściwości tych substancji w wybranych procesach jednostkowych, realizowanych w różnych układach technologicznych.
- Ustalenie wpływu właściwości substancji organicznych obecnych w wodzie poddawanej procesom jednostkowym na ich przebieg i skuteczność.
- Wskazanie zależności pomiędzy wartościami pomiarów spektrofotometrycznych a zawartością substancji organicznych o określonej masie molekularnej w wodach naturalnych i po kolejnych procesach jednostkowych.

Zakres pracy obejmował:

- Analizę skuteczności usuwania frakcji substancji organicznych w referencyjnym układzie oczyszczania wody powierzchniowej.
- Określenie zależności pomiędzy zmianami zawartości frakcji związków organicznych a wartościami pomiarów spektrofotometrycznych w układzie referencyjnym.
- Weryfikację uzyskanych wyników w układach oczyszczania wód powierzchniowych ujmujących wody o różnej zawartości ogólnego węgla organicznego i właściwości substancji organicznych.
- Opracowanie wytycznych dotyczących oceny przebiegu procesów jednostkowych na podstawie pomiarów spektrofotometrycznych.

Część badawcza zawiera opis badań eksperymentalnych prowadzonych na obiektach rzeczywistych. Analizom poddano próbki wody powierzchniowej pochodzącej z trzech zakładów oczyszczania wody (ZOW 1, ZOW 2 i ZOW 3), pobierane przed i po każdym ze stosowanych tam procesów jednostkowych. Doktorantka określiła, że pomimo ujmowania wody powierzchniowej, w każdym z analizowanych zakładów zastosowano różne sekwencje jednostkowych procesów oczyszczania wody. Badania prowadzono z uwzględnieniem sezonowej zmienności składu wód powierzchniowych. W zakładach 1 i 2 realizowana była koagulacja objętościowa z sedymentacją osadów pokoagulacyjnych. Natomiast w zakładzie 3 stosowano dwustopniową koagulację. Pierwszy stopień stanowiła koagulacja objętościowa z flotacją, a drugi koagulacja kontaktowa realizowana w pulsatorach.

Według założeń Doktorantki pierwszy zakład oczyszczania wody stanowił podstawę badań, a dwa pozostałe służyły zarówno do weryfikacji uzyskanych zależności jak i ich przydatności w ocenie właściwości substancji organicznych usuwanych w jednostkowych procesach oczyszczania wody.

W pobranych próbkach wykonywano pośrednie i bezpośrednie oznaczenia zawartości substancji organicznych. Zakres analityczny obejmował analizę: ogólnego węgla organicznego (OWO), rozpuszczonego węgla organicznego (RWO), biodegradowalnego rozpuszczonego węgla organicznego (BRWO), barwy oznaczanej przy długości fali 410 nm (barwy 410), barwy oznaczanej przy długości fali 340 nm (barwy 340), absorbancji w nadfiolecie przy długości fali 254 nm (UV_{254}), absorbancja w nadfiolecie przy długości fali 272 nm (UV_{272}), potencjału elektrokinetycznego i rozkładu wielkości cząstek organicznych (SEC).

W części badawczej Doktorantka przedstawiła również opis poszczególnych technik pomiarowych z uwzględnieniem analizy statystycznej uzyskanych rezultatów.

Prezentację wyników badań rozpoczyna analiza zawartości substancji organicznych i ich zmian w zależności od rodzaju jednostkowego procesu oczyszczania. Doktorantka określiła, że w przypadku ZOW 1 zawartości substancji organicznych, mierzonych poprzez OWO i RWO w wodzie surowej nie były duże.

Następnie w pracy przedstawiono dyskusję wyników, w tym ocenę właściwości obecnych w wodzie substancji organicznych i skuteczności ich usuwania w zależności od jednostkowego procesu oczyszczania.

Doktorantka stwierdziła, że we wszystkich analizowanych wodach powierzchniowych wśród substancji organicznych dominowała frakcja rozpuszczona, a rozkład wielkości cząstek wskazuje na największy udział cząstek o masach molekularnych większych od 2,0 kDa. Zawartość OWO była wprost proporcjonalna do wartości absorbancji UV_{254}. Największą skuteczność usuwania substancji organicznych zapewniają procesy koagulacji i adsorpcji, natomiast utlenianie chemiczne i naświetlanie w największym stopniu wpływały na strukturę materii organicznej. Niezależnie od rodzaju stosowanego procesu, absorbancja UV_{254} świadczy o zawartości substancji organicznych o masie molekularnej większej od 2,0 kDa, a absorbancja 272 nm o stężeniu substancji o masie molekularnej 1,3-1,5 kDa. Z kolei zmiana intensywności barwy oznaczanej przy długości fali 410 nm świadczy o zmianie zawartości wielkocząsteczkowych substancji humusowych, natomiast intensywność barwa oznaczanej przy długości fali 340 nm o stężeniu substancji o mniejszej masie molekularnej. Tak więc na podstawie pomiarów absorbancji UV i intensywności barwy można dokonać oceny poprawności przebiegu procesów jednostkowych oczyszczania wody powierzchniowej.

Ostatni rozdział pracy zawiera zestawienia najważniejszych osiągnięć Doktorantki, które zostały wskazane w kilkunastu wnioskach szczegółowych.

Merytoryczna ocena rozprawy

Zdaniem recenzenta tematyka pracy jest oryginalna, aktualna i interesująca. Praca jest napisana poprawnie oraz została podzielona na logicznie ułożone rozdziały. Na uwagę zasługuje zrealizowanie obszernego programu badań na obiektach rzeczywistych.

Za główne osiągnięcia Autorki pracy uważam:

- Szczegółową analizę skuteczności usuwania substancji organicznych z uwzględnieniem poszczególnych frakcji w rzeczywistych układach oczyszczania wody powierzchniowej.
- Określenie zależności pomiędzy zmianami zawartości frakcji związków organicznych a wartościami pomiarów spektrofotometrycznych.
- Wykorzystanie różnych instrumentalnych metod analitycznych w ocenie technologii oczyszczania wód powierzchniowych.
- Pogłębienie wiedzy na temat charakterystyki pomiarów spektrofotometrycznych w aspekcie oceny jakości wody oraz skuteczności procesów jej oczyszczania.

Uwagi dyskusyjne

W pracy dostrzeżono pojedyncze przypadki błędów redakcyjnych. W dalszej części recenzji przedstawię kilka uwag jakie nasunęły mi się podczas lektury pracy, a które umożliwią dalszą dyskusję podczas publicznej obrony:

- Z czego wynikają różnice w zawartości substancji organicznych w wodzie surowej pomiędzy badanymi zakładami oczyszczania wody?
- Jakie są według Pani wytyczne dotyczące oceny przebiegu procesów jednostkowych z użyciem pomiarów spektrofotometrycznych? Do których pomiarów można by się było ograniczyć?
- Czy metody spektrofotometryczne umożliwiają, w jakiś sposób ocenić zagrożenie wynikające z obecności w wodzie mikrozanieczyszczeń organicznych?
- Czy na podstawie uzyskanych w pracy rezultatów identyfikuje Pani potrzebę modernizacji ciągów technologicznych badanych zakładów oczyszczania wody?

Podsumowanie i wniosek końcowy

W podsumowaniu chciałbym podkreślić, że bardzo dobrze oceniam przedstawioną do recenzji pracę doktorską. Na tę ocenę zasługuje teoretyczny i doświadczalny wkład Doktorantki. Zamieszczone w recenzji uwagi mają charakter dyskusyjny. Uważam, że mgr inż. Anna Solipiwko-Pieścik rozważyła oryginalny problem naukowy mający istotne znaczenie w dyscyplinie naukowej Inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, który został jasno sformułowany w przedłożonej rozprawie doktorskiej pt. „Usuwanie substancji organicznych z wód powierzchniowych w wybranych procesach jednostkowych ich uzdatniania".

W swojej pracy Doktorantka wykazała wiedzę zarówno w zakresie technologii oczyszczania wody jak i instrumentalnych metod analitycznych oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Podwaliny do badań stanowiły liczne pozycje literaturowe innych naukowców.

Stwierdzam, że przedstawiona do recenzji praca mgr inż. Anny Solipiwko-Pieścik spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez obowiązujące ustawowe przepisy. Wnioskuję o przyjęcie pracy przez Radę dyscypliny Inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka Politechniki Wrocławskiej oraz dopuszczenie jej Autorki do publicznej obrony.