

Rzeszów, 17.12.2025r

Prof. dr hab. inż. Piotr Koszelnik,  
Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza  
Wydział Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury  
Katedra Inżynierii i Chemii Środowiska

## **Recenzja**

**rozprawy doktorskiej mgr inż. Aliny Pohl pt.: „Wybrane związki organiczne stosowane do produkcji tworzyw sztucznych, w osadach dennych zbiorników wodnych, w warunkach antropopresji zróżnicowanej”,**

napisanej pod promotorstwem dr. hab. inż. Macieja Kosteckiego i promotorstwem pomocniczym dr hab. inż. Malwiny Tytła

Recenzję niniejszą wykonano na zlecenie Dyrektora IPIŚ PAN dr. hab. inż. Piotra Oskara Czechowskiego, zgodnie z pismem, z dnia 7 listopada 2025 roku, znak NK/111-1.2/2025.

### **Ocena celowości podjętej tematyki**

Badanie zawartości związków organicznych wykorzystywanych do produkcji tworzyw sztucznych w osadach dennych sztucznych zbiorników wodnych jest celowe, ponieważ związki te mają tendencję do akumulacji w środowisku bentosowym, gdzie mogą utrzymywać się przez długi czas i wpływać na jakość całego ekosystemu. Osady denne działają jako naturalne archiwum zanieczyszczeń, gromadząc substancje wprowadzane do zbiornika w różnych okresach, co pozwala na rekonstrukcję historii oraz zmienności presji antropogenicznej w zlewni. Wiele związków stosowanych jako monomery, plastyfikatory czy stabilizatory posiada właściwości toksyczne, które mogą negatywnie oddziaływać na organizmy wodne. Związki te mogą również podlegać procesom bioakumulacji oraz biomagnifikacji, co stanowi zagrożenie dla wyższych poziomów troficznych, w tym ryb i potencjalnie człowieka. Analiza chemiczna osadów pozwala identyfikować zarówno źródła punktowe (np. ścieki przemysłowe), jak i rozproszone (spływy powierzchniowe), co jest kluczowe dla oceny skuteczności lokalnych systemów zarządzania odpadami i ściekami. Dzięki badaniom można również określić dynamikę degradacji poszczególnych związków organicznych, w tym ich metabolity, które nieraz są bardziej toksyczne niż substancje wyjściowe. Współczesne metody analityczne umożliwiają wykrywanie nawet śladowych ilości związków, co pozwala na wczesne wykrycie problemów zanim staną się one poważnym zagrożeniem dla ekosystemu. Dane te wspierają

proces oceny ryzyka ekologicznego, umożliwiając tworzenie bardziej precyzyjnych norm i regulacji środowiskowych. Wreszcie, monitoring osadów dennych w sztucznych zbiornikach wodnych pozwala ocenić, czy konstrukcja tych ekosystemów oraz ich sposób użytkowania sprzyjają kumulacji niebezpiecznych substancji, co ma znaczenie dla przyszłego projektowania i eksploatacji tego typu obiektów. Systematyczne badania stanowią więc podstawowy element strategii ochrony środowiska, umożliwiając podejmowanie działań naprawczych i zapobiegawczych mających na celu ograniczenie degradacji jakości wód oraz zachowanie równowagi ekosystemów wodnych. W związku z powyższym podjęcie tematyki opisanej w ocenianej rozprawie doktorskiej należy uznać za aktualne i celowe.

### **Ocena formalna i merytoryczna**

Przedstawiona do recenzji rozprawa posiada klasyczną budowę, tj. składa się z trzech podstawowych części: teoretycznej, doświadczalnej oraz z podsumowania z wnioskami. Zamyka się w objętości 212 stron i 15 załączników. Zawiera w części zasadniczej 85 rysunków oraz 15 tabel. W pracy zamieszczono osobne zestawienia tabel i rysunków oraz spis skrótów, który stanowi ułatwienie dla czytelników. Spis literatury zawiera 266 pozycji, głównie artykułów z czasopism, ale także monografii, norm, aktów prawa i opracowań zbiorczych. Są to pozycje opublikowane głównie w ostatnich latach. Pracę otwierają streszczenia w j. polskim i w j. angielskim, w sposób właściwy syntezujące zagadnienia będące tematem doktoratu.

Na stronach 11 i 12 zaprezentowano hipotezę badawczą, cele, i zakres pracy. Hipoteza w brzmieniu: „Zanieczyszczenie osadów dennych zbiorników antropogenicznych wybranymi związkami organicznymi, stosowanymi głównie do produkcji tworzyw sztucznych, jest konsekwencją i pozostaje w związku z charakterem użytkowania zlewni tych zbiorników oraz pełnioną przez nie funkcją” jest sformułowana poprawnie pod względem metodologicznym, ponieważ spełnia kryteria stawiane hipotezom naukowym: jest falsyfikowalna, konkretna i zakłada istnienie związku przyczynowo-skutkowego (korelacji) między dwiema zmiennymi:

- zmienna niezależna (przyczyna): Charakter użytkowania zlewni i funkcja zbiorników;
- Zmienna zależna (skutek): Poziom zanieczyszczenia osadów dennych określonymi związkami organicznymi.

Głównym celem pracy było zbadanie zależności pomiędzy stężeniami wybranych związków organicznych, stosowanych w przemyśle produkcji tworzyw sztucznych, w osadach dennych zbiorników wodnych a charakterem i antropopresją ich zlewni. Ponadto w pracy zdefiniowane dwa cele szczegółowe.

Zakres pracy obejmował: (i) przegląd aktualnego stanu wiedzy; (ii) badania wstępne, głównie metodyczne; (iii) badania terenowe; (iv) analizę i opracowanie wyników.

Aktualny stan wiedzy dotyczącej prowadzonych badań zawarto w pięciu rozdziałach: 4.1. Gospodarka tworzywami sztucznymi; 4.2. Dodatki stosowane do produkcji tworzyw sztucznych; 4.3. Uwalnianie dodatków z tworzyw sztucznych do środowiska wodnego; 4.4 Wpływa antropopresji na kształtowanie się zawartości wybranych związków organicznych w osadach dennych i 4.5 Posumowanie przeglądu literatury. Pierwszy z nich jest bardzo ogólny. Przedstawiono w nim podstawowe informacje dotyczące produkcji i wykorzystywania tworzyw sztucznych (TS) w skali globalnej. W drugim przedstawiono związki chemiczne stosowane jako dodatki w produkcji TS, ze szczegółowym omówieniem ftalanów jako plastyfikatorów i ich stosowane zamienniki. Dokonano też charakterystyki alkilofenoli i bisfenolu A. Trzeci, krótki rozdział teoretyczny to bardzo ciekawe informacje dotyczące dróg migracji składników TS do środowiska wodnego. W czwartym opisano wpływ zagospodarowania zlewni na zanieczyszczenia osadów dennych związkami organicznymi. Wartościowe jest podsumowanie stanu wiedzy w rozdziale 4.5, gdzie Autorka wysuwa wnioski co do zakresu jej badań na potrzeby rozprawy doktorskiej.

Rozdziały te zostały napisane na podstawie zebranej literatury w większości angielskojęzycznej. Doktorantka omówiła zebrany materiał w sposób syntetyczny, umożliwiając czytelnikowi zrozumienie dlaczego podjęty problem jest ważny, dodatkowo wyjaśniając intencje wyboru metodyki badawczej. Autorka bardzo logicznie zbudowała tę część rozprawy doktorskiej. Układ ten jest przemyślany i informacje przekazywane czytelnikowi w poszczególnych rozdziałach od najbardziej ogólnego do specjalistycznego są sensownie uporządkowane i świadczą o właściwym rozpoznaniu aktualnego stanu wiedzy w analizowanym zagadnieniu badawczym, co jest obowiązkiem doktoranta.

Kolejny rozdział nosi tytuł: 5. Część doświadczalna. Mam drobne uwagi do jego budowy. Pod tytułem rozdziału znajduje się tekst zawieszony będący, co do istoty, spisem treści tego rozdziału. Tekst ten jest niepotrzebny. Teksty zawieszane pojawiają się także w dalszej części pracy np. na stronie 99. Dalej mamy poprawnie napisane rozdziały metodyczne, gdzie doktorantka bardzo dokładnie i szczegółowo opisuje stosowany sprzęt i roztwory, metodyki pomiarów w tym chromatograficznych wraz z dokładnościami stosowanych metod. Bardzo wartościowym elementem jest szczegółowy opis własnej metodyki przygotowania próbek osadów dennych do analiz GC-MS. Szczegółowy jest także opis pięciu badanych zbiorników, wzbogacony mapami i zdjęciami. Badane zbiorniki dobrane są prawidłowo w kontekście hipotezy badawczej, ponieważ są zróżnicowane morfologicznie jak i ze względu na charakter i powierzchnię zlewni. Opisano także strategię poboru próbek osadów dennych, koncentrując się na pobraniach wzdłuż osi zbiorników, co jest prawidłowe, z uwagi na problemy z

reprezentatywnością próbek. W związku z tym mam pytanie: czy wyznaczone punkty są stałymi punktami monitoringowymi np. w monitoringu środowiska, czy też ich lokalizacja była wskazana jedynie dla niniejszej pracy?

Na stronach 92-144 Przedstawiono i omówiono wyniki badań. Pomimo, że kolejny rozdział stanowi dyskusja wyników, Autorka niepotrzebnie także w rozdziale „6. Wyniki badań” podejmuje taką dyskusję (np. strona 93). Niemniej jednak to wartościowa część pracy. Autorka przedstawia w niej opracowane statystycznie wyniki bardzo obszernych badań. Które szczegółowo dyskutowane są od strony 145 w rozdziale „7. Dyskusja wyników badań”. Omówiono w niej uzyskane wyniki odnosząc je do aktualnego stanu wiedzy. Obszernemu omówieniu poddano także analizę statystyczną przeprowadzonych badań. Nie wnoszę uwag krytycznych do tego rozdziału.

Na stronach 170-173 zawarte są wnioski wynikające z pracy wraz z kierunkami dalszych badań. Wnioskowanie jest prawidłowe i wynika z rezultatów przeprowadzonych badań. Należy zauważyć, że większość wniosków podkreśla naukową wartość uzyskanych wyników, jednakże część z nich (3 i 4) ma charakter praktyczny. Wniosek nr 11 stanowi potwierdzenie postawionej hipotezy badawczej. Mam jedynie wątpliwość czy wniosek nr 1 jest w tym kontekście potrzebny. Zdaniem recenzenta jest on stwierdzeniem powszechnie znanego faktu naukowego.

### **Uwagi ogólne i dyskusyjne**

Należy potwierdzić, że Doktorantka wykazała się umiejętnością zaprojektowania i przeprowadzenia badań naukowych. W bardzo dobrym stopniu opanowała współczesne narzędzia i techniki badawcze wykorzystując je do przeprowadzenia kompleksowych analiz w założonym zakresie. Prowadziła badania zarówno laboratoryjne jak i terenowe oraz analizy statystyczne.

Rozprawa została napisana w poprawnym języku polskim. Zwięzłym, inżynierskim stylem. Bardzo starannie wykonano zarówno tabele jak i rysunki. Kilka powyższych i poniższych uwag nie obniża jakości pracy. Zamieszczam je, jako rady nieco bardziej doświadczonego kolegi, z nadzieją że zostaną przyjęte przychylnie.

- Praca jest obszerna i autorce nie udało się uniknąć kilku błędów edycyjnych (np. wspomniane już teksty zawieszono), literówek itp. Nie widzę potrzeby, aby wymieniać je w recenzji. Radzę w przyszłości zwracać uwagę na tego typu niedociągnięcia.
- Opis analizy PCA jest czytelny i daje ogólny obraz uzyskanych wyników, jednak w przyszłych publikacjach warto byłoby go nieco uzupełnić, aby wnioski były jeszcze bardziej przekonujące. Szczególnie pomocne byłoby podanie wartości ładunków

(loadings), które pozwoliłyby jednoznacznie zrozumieć, dlaczego poszczególne substancje powiązano z PC1, PC2 i PC3. Można też rozważyć krótkie wyjaśnienie wyboru trzech składowych oraz doprecyzowanie, co reprezentują one pod względem wspólnych cech lub źródeł zanieczyszczeń. Takie informacje dodatkowo wzmocniłyby interpretację i ułatwiły czytelnikowi pełniejsze zrozumienie wyników. Wyjaśnienie przyjętego kryterium wyboru liczby PC pozwoliłaby czytelnikowi ocenić stabilność i zasadność modelu.

- W części dotyczącej emisji zanieczyszczeń z wybranych materiałów wykonanych z tworzyw sztucznych pojawia się informacja o możliwym wymywaniu ftalanów z tworzyw takich jak np. PET i PE. Z dostępnej literatury wynika, że te materiały nie wymagają stosowania plastyfikatorów, więc zwykle nie zawierają ftalanów - są one charakterystyczne głównie dla PVC. Z czego mogą wynikać zidentyfikowane stężenia?
- Nie powinno pisać się, że odczyn posiadał wartość liczbową (np. str. 145). Zmienia się wartość pH, a za tym nie zawsze musi iść zmiana odczynu.

### **Podsumowanie**

Uważam, że przedłożona mi do recenzji rozprawa doktorska mgr. inż. Aliny Pohl pt.: „Wybrane związki organiczne stosowane do produkcji tworzyw sztucznych, w osadach dennych zbiorników wodnych, w warunkach antropopresji zróżnicowanej” prezentuje interesujące i nowatorskie wyniki badań. Jest oryginalnym rozwiązaniem problemu naukowego, zaś doktorantka wykazała się ogólną wiedzę teoretyczną w dyscyplinie naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka oraz umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Uzyskane rezultaty mają charakter zarówno teoretyczny jak i praktyczny, wobec tego stanowią dobrą bazę do dalszych działań. Systematyka opisu eksperymentów, analiza i dyskusja wyników oraz wnioskowanie są prawidłowe. Powyżej wyszczególnione uwagi nie obniżają merytorycznej wartości pracy. Stwierdzam zatem, że rozprawa doktorska mgr inż. Aliny Pohl pt.: „Wybrane związki organiczne stosowane do produkcji tworzyw sztucznych, w osadach dennych zbiorników wodnych, w warunkach antropopresji zróżnicowanej” spełnia wymogi art. 187 Ustawy prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2024 poz. 1571), dlatego też wnioskuję o dopuszczenie mgr. inż. Aliny Pohl do dalszych etapów postępowania doktorskiego.