

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr **Dominiki Matuszewskiej**

**„Analiza udziału polskich rzek w zasilaniu Morza Bałtyckiego ksenobiotykami oraz
metalami ciężkimi”**

wykonanej pod kierunkiem Promotora dr hab. Edyty Kiedrzyńskiej
w Katedrze UNESCO Ekohydrologii i Ekologii Stosowanej Instytutu Ekologii i Ochrony
Środowiska Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Łódzkiego
w ramach Szkoły Doktorskiej Nauk Ścisłych i Przyrodniczych Uniwersytetu Łódzkiego

1. Podstawa prawna recenzji

Podstawą wykonania recenzji było pismo Przewodniczącej Komisji Uniwersytetu Łódzkiego do spraw stopni naukowych w dyscyplinie nauki biologiczne prof. dr hab. Agnieszki Marczak z dnia 28 października 2025r.

2. Ogólna charakterystyka rozprawy

Rozprawa doktorska mgr Dominiki Matuszewskiej pt. „Analiza udziału polskich rzek w zasilaniu Morza Bałtyckiego ksenobiotykami oraz metalami ciężkimi” jest zbiorem 6 artykułów spójnych tematycznie, z których (w momencie złożenia dokumentów) 3 zostały opublikowane, 1- przyjęty do druku, a 2 – wysłane do procedowania w czasopismach indeksowanych.

Wątpliwości budzi użyte w tytule słowo „zasilanie”, które kojarzy się pozytywnie, a według Słownika języka polskiego PWN „zasilanie oznacza dostarczenie potrzebnych rzeczy”. Dlatego lepszym rozwiązaniem byłoby użycie słowa „zanieczyszczeniu” (zamiast słowa „zasilaniu”).

Rozprawa doktorska przekazana do recenzji obejmuje autoreferat, zajmujący 40 stron tekstu, przedstawiający ogólne informacje oraz opis treści publikacji, oraz 6 załączników. Załącznikami są kserokopie trzech opublikowanych artykułów (Nr 1,2,3), jednego, który został zaakceptowany w dniu 30 września 2025 (Nr 5) oraz dwóch nieopublikowanych, przygotowanych (Nr 4, 6). Brakuje potwierdzenia z redakcji o złożeniu publikacji do procedowania. Wszystkie prace są współautorskie, jednak Doktorantka występuje w nich jako pierwsza Autorka. Publikacje włączone do rozprawy doktorskiej to następujące prace:

➤ **opublikowane**

- I. „Xenobiotics as a contemporary threat to Surface waters”, *Ecohydrology & Hydrobiology*, 2022

- II. „A global perspective on the nature and fate of heavy metals polluting water ecosystems , and their impact and remediation”, *Critical Review in Environmental Science and Technology*, 2024
- III. „An analysis of catchment factors associated with heavy metal export into the Baltic Sea and Nature-Based Solutions aimed at its limitation”, *Journal of Hazardous Materials*, 2025

➤ **przyjęte do druku**

V. „Wastewater as a Driver of Heavy Metal Pollution in River Catchments – a study of possible scenarios”, *Journal of Hazardous Materials*

➤ **przygotowane do opublikowania:**

IV. *From Catchment to the Baltic Sea: An Ecohydrological Perspective on Heavy Metals Transport in the Vistula, Oder and Polish Coastal River Systems,*

VI. *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: Impact of Municipal and Industrial Wastewater on River Catchment Water Quality*

Na podstawie opisu publikacji zaliczonych do pracy doktorskiej można stwierdzić, że wyniki przeprowadzonych badań opublikowano w ostatnich trzech latach (2022-2025) w znaczących czasopismach o obiegu międzynarodowym. Według wykazu MNiSW, do dyscypliny Nauki biologiczne przypisane są dwa czasopisma tj. *Ecohydrology & Hydrobiology* oraz *Critical Review in Environmental Science and Technology*. Łączna sumaryczna wartość IF artykułów opublikowanych wynosi 26,7. Z powodu braku danych odnośnie udziału Doktorantki w opracowaniu publikacji, przy równomiernym podziale punktów między współautorów, liczba punktów przypadająca dla Doktorantki wynosi sumarycznie 166,7.

3. Ocena szczegółowa rozprawy

Autoreferat obejmuje: informację o finansowaniu i współpracy naukowej, spis publikacji wchodzących w skład rozprawy, wprowadzenie, omówienie prac zaliczonych do rozprawy oraz wnioski. Na zakończenie umieszczono spis literatury i streszczenia w języku polskim i angielskim.

W rozdziale zatytułowanym *Wprowadzenie* przedstawiono uzasadnienie podjętej tematyki, cele i hipotezy badawcze, metodykę badań i metodykę analityczną. W uzasadnieniu przedstawiono ogólną charakterystykę związków organicznych zaliczanych do grupy *Emerging Contaminants*, w tym WWA oraz związków nieorganicznych takich jak metale ciężkie. Podano źródła tych zanieczyszczeń w środowisku wodnym oraz problem zanieczyszczenia wód Bałtyku. Wskazano na brak usystematyzowanych danych odnośnie poziomu skażenia wód rzecznych w Polsce metalami ciężkimi oraz WWA oraz ich migracji w wodach płynących.

W kolejnym punkcie sformułowano cele i 4 hipotezy badawcze, odnoszące się do poszczególnych prac: dwóch opublikowanych (Hipoteza 1,2) nie opublikowanych (Hipoteza 3) oraz jednej pracy przyjętej do druku i jednej nie opublikowanej (Hipoteza 4).

W rozdziale 4.3 opisano metodologię badań, również z przypisaniem odpowiednich prac. W metodyce badań wyróżniono:

- Analizę literaturową dotyczącą zanieczyszczenia ksenobiotykami i metalami ciężkimi globalnych ekosystemów wodnych (publikacja Nr 1,2)
- Analizę zanieczyszczenia Morza Bałtyckiego metalami ciężkimi (publikacja Nr 3)
- Analizę transportu metali ciężkich wzdłuż biegu rzek Wisły, Odry i rzek Przymorza (tekst do publikacji Nr 4)
- Analizę zanieczyszczenia rzeki Pilicy związkami WWA oraz metalami ciężkimi pochodzącymi ze źródeł punktowych (przyjęta do druku publikacja Nr 5, tekst do publikacji Nr 6)

Uwzględniając treść artykułów, które zaliczono do rozprawy doktorskiej należy stwierdzić, że dwa pierwsze artykuły z listy (opublikowane), będące podstawą rozprawy doktorskiej są przeglądem dostępnej literatury. Trzeci (opublikowany) i czwarty (nie opublikowany) artykuł oparty jest na danych literaturowych z własną obróbką statystyczną i interpretacją dostępnych danych. Piąty (przyjęty do druku) i szósty (nie opublikowany) oparty jest o własne badania laboratoryjne.

Celem badań opisanych **w pierwszym artykule** była analiza danych literaturowych (182 pozycje) dotyczących źródeł zanieczyszczenia środowiska wodnego ksenobiotykami, ich przemian w środowisku, oddziaływania na organizmy, aktów prawnych oraz zastosowania naturalnych metod biologicznych w remediacji środowiska. Wśród ksenobiotyków wymieniono WWA, farmaceutyki, kosmetyki, pestycydy i barwniki. Opisano ich migracje i transformacje biotyczne i abiotyczne w środowisku. Ważną częścią tej publikacji jest opis wyników badań toksyczności, bezpośredniej i pośredniej, wybranych mikrozanieczyszczeń wobec organizmów testowych. Ponadto w artykule przedstawiono potencjalny wpływ ksenobiotyków na człowieka, opisano wybrane akty prawne dotyczące jakości wód i dokonano przeglądu możliwości zastosowania naturalnych metod biologicznych, określanych jako *Nature-Based- Solution* w remediacji.

W drugiej publikacji dokonano przeglądu literatury (150 pozycji) w zakresie zanieczyszczenia środowiska wodnego metalami ciężkimi. Wśród metali uwzględniono kadm, ołów i rtęć, opisując ich źródła, redystrybucję w wodach powierzchniowych, przemiany oraz wpływ na testowane organizmy wodne. W odniesieniu do skutków narażenia badanych organizmów, uwzględniono inhibicję wzrostu, zaburzenia metaboliczne, uszkodzenia organów, negatywny wpływ na aktywność i procesy rozrodcze oraz zwiększenie śmiertelności. Podano regulacje prawne w zakresie wybranych metali w odniesieniu do wymagań jakości wód. Ważną

częścią tej publikacji jest ocena możliwości zastosowania metod biologicznych do ograniczenia emisji tych zanieczyszczeń do ekosystemów.

W artykule trzecim dokonano obróbki danych z bazy HELCOM i EUROSTAT dotyczących emisji metali ciężkich do Morza Bałtyckiego wnoszonych wraz z transportem rzeczny oraz ze źródeł punktowych i depozycji z atmosfery. Spis literatury obejmuje 135 pozycji. Na podstawie danych oszacowano ilościowo zanieczyszczenie Morza Bałtyckiego metalami ciężkimi i udział poszczególnych krajów nadbałtyckich. Przegląd bazy HELCOM obejmował dane z okresu 10 letniego (2012-2021) i dotyczył 8 krajów położonych w zlewni Morza Bałtyckiego (Szwecja, Finlandia, Estonia, Łotwa, Litwa, Niemcy, Dania, Polska). Dane demograficzne i gospodarcze zaczerpnięto z bazy EUROSTAT z okresu 4 letniego (2012-2015). Ujednolicenie jednostek publikowanych danych pozwoliło na porównanie i określenie średniego rocznego ładunku kadmu, ołowiu i rtęci wprowadzanego do wód Morza Bałtyckiego z poszczególnych obszarów z uwzględnieniem spływów rzecznych oraz emitowanych z bezpośrednich źródeł punktowych. W oparciu o roczne ładunki zanieczyszczeń z jednostkowej powierzchni wskazano obszary, z których wynoszony jest największy ładunek metali ciężkich. Dane poddano obróbce statystycznej i analiza korelacji PCA wskazała istotne czynniki wpływające na emisję metali ciężkich do wód rzecznych i dalej do Morza Bałtyckiego. Były nimi: akwakultury, hodowla zwierząt, rolnictwo, przetwarzanie odpadów i transport. W artykule zawarto także informacje na temat adsorpcji i oczyszczalni roślinnych, które skutecznie mogłyby minimalizować emisję metali ciężkich do wód powierzchniowych.

Czwarty artykuł załączony do cyklu publikacji nie został opublikowany. W spisie literatury znajduje się 55 pozycji. Artykuł został przygotowany na bazie danych monitoringowych z okresu 2012- 2021 i dotyczy zanieczyszczenia wód Wisły, Odry oraz rzek Przymorza przez metale ciężkie. W analizie uwzględniono dane z punktów pomiarowo-kontrolnych sieci monitoringu Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska zlokalizowane na rzekach takich jak: Wisła (4 punkty), Odra (4 punkty) oraz pojedyncze - na rzekach takich jak: Rega, Parsęta, Słupia, Łeba i Reda. Punktom pomiarowym przyporządkowano punkty wodowskazowe Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Dane monitoringowe obejmowały stężenie takich metali jak: arsen, cynk, miedź, nikiel, kadm, ołów, rtęć i chrom oraz wartości wskaźników fizyczno-chemicznych wody. Ocena statystyczna PCA dla danych rzeki Wisły i Odry wskazała na zależności pomiędzy stężeniami metali, a wielkością przepływu w zakresach: niski, średni, wysoki z podziałem na odcinki rzek (górny, środkowy, dolny). W rzekach Przymorza, oprócz wielkości przepływu, dużą rolę ogrywa sposób zagospodarowania zlewni. W celu ustalenia zależności pomiędzy stężeniami metali a wartościami wskaźników jakościowych wykonano analizę rang Spearamana.

Piąty artykuł zaliczony do doktoratu został przyjęty do opublikowania. Jest to artykuł przygotowany na bazie przeprowadzonych badań. Obejmuje przegląd 94 pozycji literatury, wyniki badań ścieków oczyszczonych odprowadzanych z oczyszczalni oraz wód z rzeki Pilicy. Próbkę pobrano z 17 komunalnych oczyszczalni ścieków komunalnych o zróżnicowanej wielkości, 4

zakładów przemysłowych o zróżnicowanej produkcji (zakład mleczarski, meblarski i 2 zakłady przetwórstwa owocowo-warzywnego) oraz w 7 punktach zlokalizowanych wzdłuż biegu rzeki Pilicy. Próbki pobrano 4-krotnie w ciągu roku w różnych sezonach. Oznaczano stężenie takich metali jak: arsen, bar, cyna, cynk, kobalt, miedź, molibden, nikiel, kadm, ołów, rtęć i chrom oraz podstawowe wskaźniki jakościowe. Wyniki poddano analizie statystycznej i wyznaczono zależności pomiędzy stężeniami metali a wartościami wskaźników fizyczno-chemicznych. W obróbce danych zastosowano dwa warianty obliczeń: stężenia poniżej granicy oznaczalności zastąpiono zerem lub - połową wartości granicy oznaczalności. W opracowaniu zaproponowano modernizację oczyszczalni ścieków w Rozprzy, której celem będzie ograniczenie emisji metali ciężkich wprowadzanych wraz ze ściekami oczyszczonymi do odbiornika.

W tekście nr VI zaliczonym do rozprawy, ale nie opublikowanym, znajdują się wyniki badań WWA w tych samych punktach pomiarowych co opisywano w publikacji nr 5. Próbki ścieków pobrano z 17 oczyszczalni, 4 zakładów przemysłowych oraz wody z 7-iu punktów na rzece Pilica. Analizę jakościowo-ilościową WWA prowadzono z wykorzystaniem układu cieczowej chromatografii z detektorem fluorescencyjnym LC-FLD. Obróbka statystyczna wyników obejmowała wyznaczenie zależności stężeń WWA od wielkości oczyszczalni komunalnej, rodzaju produkcji w zakładzie przemysłowym, sezonowości poboru próbek, lokalizacji punktu pomiarowego na rzece oraz wartości wskaźników fizyczno-chemicznych badanych matryc.

Na zakończenie autoreferatu sformułowano 6 wniosków, które są obszerne i głównie dotyczą odpowiednio:

- Wniosek 1 – został sformułowany na podstawie przeglądu literatury z publikacji I oraz II, jest ogólny i właściwie potwierdza znane zależności związane z zanieczyszczeniem środowiska wodnego przez związki trwałe oraz metale ciężkie
- Wniosek 2 – określa główne źródła zanieczyszczenia wód Morza Bałtyckiego metalami takimi jak: cynk, miedź, nikiel, kadm, ołów, rtęć i chrom zlokalizowane w różnych krajach nadbałtyckich (publikacja III)
- Wniosek 3 - dotyczy identyfikacji metali ciężkich takich jak: arsen, cynk, miedź, nikiel, kadm, ołów, rtęć i chrom wzdłuż biegu rzeki Wisły i Odry oraz określenia ładunku tych związków wnoszonych z wodami tych rzek oraz wodami pięciu rzek Przymorza do Morza Bałtyckiego (tekst przygotowany jako publikacja IV)
- Wniosek 4 – dotyczy określenia ładunku WWA oraz metali ciężkich takich jak: arsen, bar, cyna, cynk, kobalt, miedź, molibden, nikiel, kadm, ołów, rtęć i chrom w ściekach komunalnych i przemysłowych zlokalizowanych na terenie zlewni rzeki Pilicy oraz w wodach rzeki Pilicy (publikacja V, przyjęta do druku oraz tekst przygotowany jako publikacja VI)
- Wniosek 5 – dotyczy metodyki analitycznej, w której stężenie analitów jest poniżej granicy oznaczalności (publikacja III oraz tekst przygotowany jako publikacja IV)
- Wniosek 6 – dotyczy rekomendacji środowiskowych i właściwie jest zdaniem oceniającym wszystkie prace zaliczone do rozprawy.

Przegląd literatury w autoreferacie oparty został na 49 źródłach, w tym 96% stanowią materiały angielskojęzyczne. Wśród cytowanych prac znajduje się 8 artykułów współautorskich, w tym 2 spoza listy artykułów będących podstawą rozprawy doktorskiej. Te artykuły zostały opublikowane w czasopismach o obiegu międzynarodowym w 2023 i 2025. Przegląd piśmiennictwa zamieszczony w autoreferacie uzupełnia części wstępne (wprowadzenia literaturowe) zamieszczone w poszczególnych artykułach. Uwzględniając całość zacytowanej literatury można stwierdzić, że przegląd opublikowanych prac związanych z tematyką badań został wykonany i przedstawiony z dużą starannością. Świadczy to o dobrych predyspozycjach Autorki do zgłębiania tematu, który jest zbieżny z tematyką dysertacji.

Analizując treść autoreferatu oraz załączonych artykułów należy stwierdzić, że tezy zostały udowodnione, a cele osiągnięte i podsumowane. Określono problem badawczy, zaplanowano wykonanie analiz dostępnych danych, dokonano ich obróbki statystycznej oraz zaplanowano i przeprowadzono badania własne. W ramach badań laboratoryjnych dokonano poboru rzeczywistych próbek, przeanalizowano je, wykonując odpowiednie badania analityczne. W zamieszczonych artykułach znajdują się wyniki badań analitycznych oraz obliczeń statystycznych w formie tabel oraz przedstawione graficznie w formie rysunków. Wyniki badań autorskich porównano z wynikami innych badaczy w postaci dyskusji w każdym opublikowanym artykule. Niedosyt budzi brak opisu i interpretacji wyników badań wskaźników biologicznych dotyczących wód powierzchniowych.

4. Uwagi edycyjne

W autoreferacie znalazły się niedociągnięcia edycyjne, które nie mają one jednak wpływu na ocenę strony merytorycznej rozprawy. Uwagi te są następujące:

- W spisie treści i w tekście znajdują się dwa punkty nr.4.
- Nieprawidłowe sformułowania w autoreferacie: „zanieczyszczenia trafiają” (str.10, str.17, str. 31), „ w pracy postawiono ambitne zadanie” (str. 11), „w publikacjach starano się w pełni zrozumieć charakter ...zanieczyszczenia ścieków” (str.11), „konduktywność” zamiast „przewodnictwo właściwe”
- W autoreferacie w sposób nieprawidłowy opisano jednostki ładunku zanieczyszczeń podając wartości w kg/dzień (zamiast w kg/dobę) (str. 26, str.28).

5. Zagadnienia do wyjaśnienia w ramach obrony pracy

- Określić wkład Doktorantki w opracowanie publikacji
- Wyodrębnić, z przedstawionych publikacji, zagadnienia, które jednoznacznie dowodzą przypisania dokonań naukowych do dyscypliny „nauki biologiczne”
- Uzupełnić dane dotyczące wskaźników biologicznych w analizie danych literaturowych/monitoringowych
- Podać możliwe przyczyny uwalniania metali ciężkich z osadów dennych

- Podać wartości odzysku WWA, charakterystyczne dla stosowanej metodyki ich oznaczania i wyjaśnić, czy uwzględniono je w obliczeniach stężenia WWA
- Podać potencjalne możliwości zastosowania wyników badań.

5. Wniosek końcowy

Rozpoznanie literaturowe tematu, zaplanowanie obróbki danych literaturowych oraz badań własnych, ich przeprowadzenie a także szczegółowy opis wyników i ich interpretacja potwierdzają teoretyczną wiedzę Doktorantki z zakresu podjętego tematu oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia badań naukowych. Przedmiotem rozprawy doktorskiej jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, którym była ocena ładunku wybranych metali ciężkich i WWA wnoszonych wraz z wodami polskich rzek do Morza Bałtyckiego.

Dlatego stwierdzam, że opracowanie otrzymane do recenzji spełnia aktualne warunki prawne określone dla rozpraw doktorskich (*art. 187 ust. 1 i 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce – Dz. U. z 2024r. poz. 1571*). Wobec powyższego, wnioskuję do Komisji Uniwersytetu Łódzkiego do spraw stopni naukowych o dopuszczenie mgr Dominiki Matuszewskiej do dalszego postępowania kwalifikacyjnego przewidzianego w procedurze do uzyskania stopnia doktora.

Olga Mioduszyńska-Makula