

dr hab. Sławomir Cerbin, prof. UAM  
Zakład Zoologii Ogólnej  
Wydział Biologii  
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Poznań, 06.06.2024r.

**Recenzja rozprawy doktorskiej pani mgr Aleksandry Góreckiej**  
**pt. „Adaptacje zooplanktonu do wybranych zanieczyszczeń w miejskich**  
**zbiornikach wodnych”**

Praca została wykonana pod kierunkiem dr hab. Adrianny Wojtal-Frankiewicz, prof. UŁ, w Katedrze UNESCO Ekohydrologii i Ekologii Stosowanej na Wydziale Biologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Łódzkiego. Recenzję pracy napisano w związku z decyzją Komisji Uniwersytetu Łódzkiego do spraw stopni naukowych w dyscyplinie nauki biologiczne podjętą na posiedzeniu w dniu 12 marca 2024r.

**Układ rozprawy doktorskiej**

Pracę pani mgr. Góreckiej rozpoczyna strona tytułowa i informacje wstępne: podziękowania, spis treści (str. 1), informacja o finansowaniu badań (str. 2), współpracy naukowej (str. 3), spis publikacji wchodzących w skład rozprawy doktorskiej (str. 4). Główna część pracy zaczyna się od wprowadzenia (rozdz. 4) z opisem uzasadnienia podjętych badań, celów i hipotez badawczych oraz metod badawczych. W kolejnych rozdziałach autorka omawia prace wchodzące w skład rozprawy (rozdz. 5), przedstawia wnioski (rozdz. 6) oraz streszczenia w języku polskim (rozdz. 7) i angielskim (rozdz. 8). W dalszej części pracy znajdują się kopie czterech publikacji wraz z suplementami, wchodzące w skład rozprawy oraz manuskrypt piątej przygotowywanej publikacji. Na końcu umieszczono oświadczenia wszystkich współautorów o wkładzie w powstanie publikacji wchodzących w skład dysertacji.

Układ pracy jest standardowy dla prac badawczych i oceniam go jako poprawny. Jedynym, drobnym mankamentem jest brak uwzględnienia literatury wykorzystanej we wprowadzeniu i omówieniu publikacji jako osobno numerowanego rozdziału.

## **Merytoryczna ocena rozprawy**

Pani mgr Aleksandra Górecka w przedstawionej mi do recenzji dysertacji podejmuje istotny problem zanieczyszczenia wód słodkich środkami stosowanymi do odladzania dróg. Paradoksalnie, mimo ocieplenia klimatu i krótszych zim zużycie tych środków rośnie, co jest związane m.in. ze wzrostem urbanizacji i rozwojem infrastruktury drogowej. W pierwszym odruchu można stwierdzić, że podjęty temat badawczy jest banalny, gdyż każdy wie, że zastosowanie soli do odladzania dróg ma negatywny wpływ na środowisko. Nic bardziej mylnego, gdyż wydawałoby się że nieskomplikowane i znane mechanizmy reakcji organizmów na zwiększone zasolenie, nie mają prostego przełożenia na funkcjonowanie biocenoz lub ekosystemów, co świetnie przedstawiła w swojej pracy doktorantka. Zagadnienie zanieczyszczenia środkami od odladzania dróg jest często przemilczane, o czym świadczy choćby brak odpowiednich norm nie tylko w Polsce ale i Unii Europejskiej. Doktorantka podjęła się także oceny wpływu na organizmy alternatywnych środków odmrażających, tzw. 'eko', które często są jeszcze bardziej szkodliwe. Przeprowadzone badania są bardzo ważne także ze względu na malejące zasoby wody słodkiej, co związane jest m.in. ze zmianami klimatu i nieodpowiedzialnym (nieświadomym?) zarządzaniem w zlewniach ekosystemów wodnych.

Pani mgr Górecka podchodzi do problemu zanieczyszczenia wód solą drogową i jej zamiennikami wieloaspektowo, tzn. zaczyna od analizy problemu i wskazania luk w wiedzy (publikacja I), następnie stawia hipotezy i je testuje (publikacje II do IV), aby na końcu zaproponować potencjalne rozwiązania i przetestować ich skuteczność (publikacja V).

### Ocena poszczególnych publikacji i wkładu doktorantki w ich powstanie

**Publikacja 1:** „The effects of road salt on freshwater ecosystems and solutions for mitigating chloride pollution – A review”

Artykuł ukazał się w czasopiśmie Science of Total Environment, dla którego IF=10.754 oraz 200 pkt. MEiN. Wkład doktorantki w powstanie publikacji polegał na przeglądzie literatury, przygotowaniu wstępnej wersji i edycji manuskryptu oraz przygotowaniu grafik.

Celem pierwszej publikacji był przegląd dostępnej literatury i podsumowanie aktualnej wiedzy na temat wpływu soli drogowej na ekosystemy słodkowodne. W pracy na podstawie literatury przeanalizowano zagrożenia, dokonano analizy przyczynowo-skutkowej, która wskazała na konsekwencje ze stosowania soli dla jakości ekosystemów słodkowodnych i interakcji między elementami składowymi ekosystemu. Na końcu przedstawiono możliwe

alternatywy i ich skuteczność. Praca jest świetnym wprowadzeniem do całej dysertacji oraz istotnym dla wielu badaczy punktem odniesienia, o czym świadczy wysoka liczba cytacji (59 cytacji od 2022 roku, WofS). Istotny wkład w powstanie tej publikacji niewątpliwie świadczy o bardzo dobrej orientacji doktorantki w zagadnieniu. Widać to wyraźnie w dalszych artykułach, które uzupełniają luki w wiedzy wskazane w przeglądzie. Uważam, że taki schemat dysertacji powinien zostać swego rodzaju standardem.

**Publikacja 2:** „Does winter application of road salt affect zooplankton communities in urban ponds?”

Wyniki tej części doktoratu zostały opublikowane w *Aquatic Sciences* z IF=2.755 oraz 100pkt. MEiN. Doktorantka jest pierwszym i wiodącym autorem tej publikacji a jej wkład polegał na sformułowaniu hipotez badawczych, zbiorze i analizie prób zooplanktonu, analizie i interpretacji danych, przygotowaniu koncepcji manuskryptu, przeglądzie literatury, przygotowaniu i edycji manuskryptu, przygotowaniu tabel i wykresów oraz odpowiedzi na recenzje.

Druga publikacja przedstawia już wyniki badań terenowych, przeprowadzonych na 4 wybranych stawach o zróżnicowanym obciążeniu spływem soli drogowej. Doktorantka starała się wykazać, że podwyższone stężenia chlorków w wodzie obserwowane podczas surowej zimy wpłyną na spadek zagęszczenia zooplanktonu oraz, że stężenia badanych jonów w wodzie oraz zagęszczenie zooplanktonu będą modulowane przez warunki pogodowe i charakterystykę badanych zbiorników. Niewątpliwą wartością tej pracy są badania przeprowadzone w naturalnych ekosystemach, a nie w kontrolowanych warunkach, np. w mezosystemach. Brakuje w literaturze tego typu ‘realistycznych’ danych. Autorom pracy udało się wykazać ujemną korelację zagęszczenia zooplanktonu ze stężeniem jonów chlorkowych w wodzie, choć efekt ten był mocno maskowany przez charakterystykę stawów. Dodatkowym czynnikiem modulującym wpływ jonów chlorkowych były mroźne zimy.

Zastosowane przez doktorantkę metody są standardowe i prawidłowe, jednak mam pewne uwagi i pytania dotyczące poboru prób i oznaczania zooplanktonu. Niestety nie podano w publikacji ani suplementacji informacji o maksymalnej głębokości zbiorników oraz na stanowiskach poboru, a próby pobierano z 1m od powierzchni wody. Jest to o tyle istotne, że nawet w płytkich zbiornikach skorupiaki planktonowe, jak choćby stwierdzona *Daphnia longispina*, w ciągu dnia często przebywają tuż nad osadami i łatwo o niedoszacowanie ich udziału w zespołach zooplanktonu. Jest to problem, którego nie da się uniknąć, ale w przypadku

maksymalnej głębokości istotnie odbiegającej od tej, z której pobierano próby różnice mogą być znaczące. Proszę doktorantkę o komentarz.

Mam też drobną uwagę do opisu wyników, gdzie pani mgr Górecka przywołuje normy dla toksyczności ostrej i chronicznej chlorków. Brakuje w tym miejscu informacji skąd pochodzą te wartości, ale faktycznie jest ona podana niestandardowo dwukrotnie w opisach rycin 2 i 3.

**Publikacja 3:** „Acute toxicity of seven de-icing salts on four zooplankton species – is there an “eco-friendly” alternative?”

Doktorantka opublikowała ten artykuł w czasopiśmie *Ecohydrology & Hydrobiology* o IF 2.957 i za 100pkt. MEiN. Wkład doktorantki w powstanie publikacji polegał na wykonaniu doświadczeń, analizie i interpretacji danych, przygotowaniu tabel, wstępnej wersji manuskryptu i edycji tekstu.

Trzecia publikacja ma charakter aplikacyjny, a jej celem było przetestowanie dostępnych na rynku zamienników soli drogowej. Okazuje się, że niewiele wiadomo na temat efektów zamienników promowanych jako „przyjazne dla środowiska,” które często nie przechodzą wystarczająco dokładnych badań przed dopuszczeniem na rynek. Ponadto, badaniach toksykologicznych często wykorzystywane są substancje chemicznie czyste, a nie te dostępne komercyjnie, które mogą zawierać w swoim składzie dodatkowe toksyczne komponenty. Postawiono hipotezę, że zamienniki charakteryzują się podobną toksycznością dla zooplanktonu co tradycyjna sól drogowa. Doktorantka przeprowadziła standardowe testy ekotoksykologiczne sześciu zamienników na czterech gatunkach zooplanktonu (*D. magna*, *Ceriodaphnia dubia*, *Thamnocephalus platyurus* oraz *Brachionus calyciflorus*).

Wykorzystanie większej liczby gatunków do testowania okazało się bardzo słuszną strategią, gdyż wyniki w dużej mierze zależały od wrażliwości danego organizmu. Niestety, bez względu na gatunek większość zamienników okazała się nawet bardziej toksyczna od chlorku sodu.

Wyniki tych badań są niezwykle istotne dla ochrony środowiska i ograniczonych zasobów wody słodkiej. Uważam, że powinny być rozpowszechnione wśród osób decydujących o użyciu takiej czy innej substancji, zwłaszcza, że często etykieta ‘eco-friendly’ jest tylko etykietą, chwytem marketingowym. Brakuje obiektywnych badań w tym zakresie, co czyni tę pracę bardzo cenną i pożądaną.

Przy czytaniu tego artykułu i przeglądu literatury nasunęło mi się pytanie odnośnie odporności różnych organizmów na zasolenie. W testach ekotoksykologicznych *Daphnia magna* wydaje się bardziej odporna od wrotków, ale w naturalnych warunkach to te ostatnie dominują. Można przyjąć proste wyjaśnienie, że to nie chlorki powodują spadek liczebności zooplanktonu, a np.

drapieżniki, *vide* poprzedni artykuł o zooplanktonie w stawach. Moim zdaniem jest ono zbyt uproszczone. Chciałbym poznać opinię doktorantki na ten temat.

**Publikacja 4:** „The effect of road salt (NaCl) treatment on the hatching success of *Daphnia magna* and *Thamnocephalus platyurus*”

Podobnie jak poprzednia pozycja artykuł ukazał się w *Ecohydrology & Hydrobiology*. Wkład doktorantki w powstanie publikacji polegał na wykonaniu i interpretacji z użyciem SEM, przygotowaniu tabeli nr 1 i ryciny nr 4.

Przedstawione w tej części doktoratu badania są naturalnym uzupełnieniem poprzednich. Ich celem było przetestowanie wpływu soli drogowej (NaCl) na sukces wylęgu dwóch skorupiaków planktonowych *Daphnia magna* oraz *Thamnocephalus platyurus*. Brakuje wiedzy na ten temat, a negatywny wpływ soli na jaja przetrwalne może mieć ogromne znaczenie dla zachowania ‘banku genów’ w osadach. Wykonane przez doktorantkę fotografie SEM pozwoliły sprawdzić czy, cytując: „różne stężenia NaCl mają bezpośredni wpływ na ephippia oraz znajdujące się w nich jaja i zarodki”. Takiego wpływu nie stwierdzono, ale proszę doktorantkę o doprecyzowanie jakich konkretnie skutków się spodziewała, na czym miałyby polegać deformacje ephippium lub jaj.

**Publikacja 5:** „Odpowiedź antyoksydacyjna situ rozpierzchłego (*Juncus effesus*) i oczeretu jeziornego (*Schoenoplectus lacustris*) na zanieczyszczenie solą drogową”

Ostatni rozdział dysertacji stanowi przygotowany manuskrypt. Doktorantka jest pierwszym i wiodącym autorem tej publikacji, a jej wkład polegał na sformułowaniu hipotez badawczych, przeprowadzeniu eksperymentu, przygotowaniu próbek, wykonaniu analiz dotyczących stresu oksydacyjnego, analizie i interpretacji wyników, przeglądzie literatury, przygotowaniu i edycji tekstu, grafik oraz wykresów.

Efekty zanieczyszczenia solą drogową rozciągają się w czasie nawet do końca wiosny. W związku z tym konieczne staje się poszukiwanie rozwiązań, które mogłyby niwelować stopień zasolenia w celu ochrony ekosystemów słodkowodnych. Dlatego doktorantka przeprowadziła badania tolerancji na zasolenie oraz potencjału fitodesalinizacji dwóch gatunków roślin: situ rozpierzchłego (*Juncus effesus*) oraz oczeretu jeziornego (*Schoenoplectus lacustris*), które eksponowano na niskie (200 mg/L) oraz wysokie (1000 mg/L) stężenia NaCl. Założono, że systemy antyoksydacyjne situ rozpierzchłego i oczeretu jeziornego skutecznie chronią rośliny przed stresem spowodowanym ekspozycją na sól drogową oraz, że rośliny akumulują jony sodu

w swoich tkankach. Aby przetestować hipotezy, doktorantka musiała wykazać się znajomością szeregu metod badawczych stosowanych w fizjologii czy biochemii. Dzięki temu udało się jej wykazać, że oba zbadane gatunki roślin są zdolne do akumulacji jonów sodu w swoich tkankach i potencjalnie nadają się do zastosowania w fitodesalinizacji.

Manuskrypt jest napisany poprawnie i moim zdaniem ma duże szanse na publikację w dobrym czasopiśmie. Chciałbym jednak dodać kilka uwag, które mam nadzieję zwiększą te szanse. We wprowadzeniu brakuje poszerzonej informacji o tym, dlaczego zostały wybrane te rośliny. Czy istnieją badania sugerujące ich zwiększoną odporność? W metodach jest wzmianka o wcześniejszych doniesieniach o ich tolerancji na zwiększone zasolenie, ale brakuje źródeł tej informacji. Pojawiają się one dopiero pod koniec dyskusji.

W nawiązaniu do tematu dysertacji warto także wspomnieć o tym, czy i jakie może mieć znaczenie fitodesalinizacja dla zooplanktonu, albo nawet szerzej, dla fauny słodkowodnej. Ostatni rozdział jest jak najbardziej związany z tematem dysertacji i stanowi nieodzowny element planu badań doktorantki, ale brakuje mi bezpośredniego odniesienia do planktonu.

Rośliny każdorazowo były podlewane 200ml odpowiedniego roztworu. Jak często? Brakuje tej informacji.

W opisie wyników autorka powołuje się na istotne statystycznie wyniki, jednak brakuje wyników testów. Tekst jest przez to bardziej czytelny, ale należy podać wartości statystyk, stopni swobody, itp. choćby w suplemencie, aby czytelnik mógł je samodzielnie ocenić.

Ostatnia uwaga ogólna dotyczy braku informacji o stężeniu soli w glebie, a dokładniej czy faktycznie wybrane do badań rośliny potrafią istotnie zmniejszyć jej stężenie w środowisku? Niewątpliwie udało się wykazać zdolność do przetrwania w zasolonym środowisku, co było celem pracy, ale tzw. wisienką na torcie byłaby informacja o istotnym (skutecznym) zmniejszeniu zasolenia.

## **Ocena końcowa**

Przedstawiona mi do recenzji rozprawa doktorska pani mgr Aleksandry Góreckiej, pt. „Adaptacje zooplanktonu do wybranych zanieczyszczeń w miejskich zbiornikach wodnych”, wykonana pod kierunkiem dr hab. Adrianny Wojtal-Frankiewicz, prof. UŁ, jest wartościowym osiągnięciem o istotnym wkładzie w naukę i dużym znaczeniu praktycznym. Tematyka pracy wpisuje się w dyscyplinę nauk biologicznych. Pomimo moich uwag i pewnych drobnych niedociągnięć dysertacja w rzetelny i jasny sposób przedstawia cele i wyniki badań doktorantki. Jej wkład w powstanie publikacji jest istotny, a w dwóch przypadkach jest głównym autorem

o dominującym wkładzie. Pani mgr Aleksandra Górecka wykazała się znajomością całego wachlarza metod stosowanych m.in. w hydrobiologii, ekotoksykologii, biochemii i nie jest to pełna lista. W mojej opinii doktorantka udowodniła swoją dużą wiedzę teoretyczną oraz zdolność do formułowania hipotez, planowania i prowadzenia badań, a więc samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

W związku z powyższym stwierdzam, że przedstawiona mi do oceny dysertacja spełnia wszystkie wymogi stawiane pracom doktorskim zgodnie z Ustawą z 20 lipca 2018 roku Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce. Zwracam się z prośbą do Komisji Uniwersytetu Łódzkiego do spraw stopni naukowych w dyscyplinie nauki biologiczne o dopuszczenie pani mgr Aleksandry Góreckiej do dalszych etapów postępowania doktorskiego.

Posługując się uchwałą nr 11/O/2023 Komisji Uniwersytetu Łódzkiego do spraw stopni naukowych w dyscyplinie nauki biologiczne z dnia 24 października 2023r. w sprawie określenia kryteriów wyróżniania rozpraw doktorskich stawiam wnioski o wyróżnienie rozprawy doktorskiej pani mgr Aleksandry Góreckiej. Praca ma istotne walory aplikacyjne i duże znaczenie dla ochrony środowiska. Przykładem mogą być wykonane testy toksyczności zamienników soli drogowej i poszukiwanie odpowiednich roślin nadających się do fitodesalinizacji. Należy także podkreślić znaczenie społeczno-gospodarcze przeprowadzonych badań. Zagadnienia, którymi zajęła się doktorantka nie są może na szczycie obecnych trendów w nauce, zastosowane metody są standardowe, ale całość pracy będzie niezwykle przydatna dla decydentów i zarządzających środowiskiem. O tym jak istotnym problemem jest wzrost zasolenia i jakie negatywne skutki niesie ze sobą brak wystarczającej wiedzy świadczy przykład zakwitów *Prymnesium parvum* w Odrze. Dodatkowo wartość rozprawy podnosi wysoko cytowana pierwsza publikacja przeglądowa za 200pkt. MEiN.

dr hab. Sławomir Cerbin, prof. UAM