Dr hab. Urszula Janas prof. UG

Katedra Ekologii Morza

Wydział Oceanografii i Geografii

Uniwersytet Gdański

Al. Marsz. J. Piłsudskiego 46

81-378 Gdynia

Recenzja rozprawy doktorskiej Pana mgr Krzysztofa Pawlikowskiego pt. „Makrozoobentos różnych siedlisk Zalewu Wiślanego" zrealizowanej w Zakładzie Oceanografii Rybackiej i Ekologii Morza Morskiego Instytutu Rybackiego – Państwowego Instytutu Badawczego pod kierunkiem prof. dr hab. Ryszarda Korniłowa.

Recenzję pracy doktorskiej wykonano w odpowiedzi na pismo Przewodniczącej Rady Naukowej Dyscypliny nauki biologiczne prof. dr hab. Niny Smolińskiej z Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, z dnia 9 marca 2023 r.

Praca składa się z abstraktu, spisu publikacji wchodzących w skład rozprawy doktorskiej, wstępu, omówienia publikacji wchodzących w skład pracy doktorskiej, podsumowania, wniosków, bibliografii oraz cyklu czterech artykułów naukowych. Do każdego artykułu dołączono oświadczenia wszystkich autorów opublikowanych prac z których wynika, że doktorant miał znaczący wkład w autorstwie publikacji. W trzech dwuautorskich publikacjach jest pierwszym autorem i jednocześnie autorem korespondencyjnym. Brał udział we wszystkich etapach pracy nad tymi publikacjami (tj. od udziału w opracowaniu koncepcji pracy i metodyki, poprzez badania terenowe i laboratoryjne, analizy statystyczne, aż po pracę nad manuskryptem na wszystkich jej etapach). W jednej wieloautorskiej publikacji jest drugim autorem. Wziął udział w wielu etapach pracy nad publikacją (tj. począwszy od poboru prób, poprzez udział w analizach statystycznych uzyskanych wyników, po przygotowanie manuskryptu).

Celem badań przedstawionej do recenzji rozprawy było określenie w jaki sposób zróżnicowanie siedlisk bentosowych, związane przede wszystkim z obecnością roślinności,

wpływa na skład taksonomiczny, zagęszczenie oraz pionowe rozmieszczenie makrozoobentosu w osadach, w strefie litoralu oraz śródzalewia, na przykładzie Zalewu Wiślanego.

Strefa przybrzeżna, wraz z występującą roślinnością odgrywa ważną rolę w zbiornikach wodnych. Między innymi stanowi filtr dla substancji odżywczych, związków organicznych oraz zanieczyszczeń spływających z lądu. Roślinność tam występująca przyczynia się do tworzenia siedlisk odpowiednich zarówno dla ryb, bezkręgowców, jak i dla ptactwa wodnego. Pomimo tak ważnej roli badania tej części zbiorników wodnych są raczej rzadkie, a nasza wiedza nadal niepełna. Doktorant znaczną część swojej pracy poświęcił makrofitom i ich roli w kształtowaniu warunków panujących w siedliskach. W swoich badaniach uwzględnił roślinność wynurzoną, którą stanowiła trzcina pospolita *Phragmites australis* oraz roślinność zanurzoną zdominowaną przez rdestnicę przeszytą *Potamogeton perfoliatus*. Oba gatunki charakteryzują się szerokim zasięgiem występowania co sprawia, że wyniki badań mogą być wykorzystywane również w innych rejonach na świecie.

Bezkręgowce bentosowe pełnią ważną rolę w ekosystemach wodnych. Gatunki żyjące w osadach, natleniają je i w ten sposób wpływają na procesy biogeochemiczne. Bezkręgowce bentosowe stanowią istotny składnik pokarmu ryb oraz ptaków. Podczas odżywiania pobierają pokarm z toni wodnej lub z osadu. To zagadnienie doktorant uwzględnił w swojej pracy, w ten sposób wpisując się w aktualny trend badań makrozoobentosu uwzględniający aspekt funkcjonalny. Podejście to pozwala na lepsze przedstawienie roli fauny bantosowej w procesach zachodzących w ekosystemie wodnym, takich jak krążenie materii. Wiedza ta jest również niezbędna do połączenia roli zbiorników wodnych, w tym przypadku strefy przybrzeżnej zasiedlonej przez florę i fauną bentosową, z usługami ekosystemowymi i korzyściami społeczno-ekonomicznymi.

Badania przeprowadzono w latach 2010-2014, w różnych siedliskach litoralu i śródzalewia przymorskiej laguny na przykładzie Zalewu Wiślanego. Próby pobierano wiosną, latem i jesienią. Wykonano pomiary w wodzie (zasolenie, natlenienie, temperatura) i osadach (skład granulometryczny, zawartość materii organicznej i chlorofilu-a oraz zagęszczenie bakterii) oraz zmierzono poziom wody i natężenie światła nad powierzchnią wody. Przeprowadzono analizy ilości sadzonek w strefie roślinności wynurzonej i zanurzonej. Próby zoobentosu pobierano czerpaczem rurowym o średnicy 4,4 lub 6,0 cm, rdzeń cięto na warstwy i przesiewano na sicie. Bezkręgowce wybierano z prób i konserwowano. Oznaczenia

taksonomiczne prowadzono do najniższego możliwego taksonu. Na uwagę zasługuje oznaczenie Chironomidae i Oligochaeta do niższych jednostek taksonomicznych. Wykonano analizy zagęszczenia i w niektórych przypadkach biomasy (artykuł 3) makrozoobentosu oraz analizy statystyczne.

Artykuł 1 "Co-occurrence and potential resource partitioning between oligochaetes and chironomid larvae in a sediment depth gradient", Aquatic Sciences 2021. Celem badań było określenie bogactwa gatunkowego oraz zagęszczenia zoobentosu w pionowym profilu osadów w śródzalewiu Zalewu Wiślanego. Ponadto wykazanie zależności pomiędzy Tubificinae i larwami ochotek *Chironomus balatonicus*, współwystępujących w tych samych warstwach osadów dennych. Osady były zasiedlone przez siedem taksonów, maksymalnie do głębokości 25 cm. Stwierdzono statystycznie istotną, pozytywną, ale słabą zależność pomiędzy zagęszczeniem obu badanych taksonów. Ich wysokie zagęszczenia w osadach do głębokości 10 cm, wskazują na brak konkurencyjnych relacji między tymi taksonami. W pracy zaproponowano uproszczony model aktywności badanych taksonów oraz ich roli w krążeniu materii organicznej. Zwrócono uwagę na odmienne funkcje jakie pełnią oba taksony w osadach i możliwą ich współzależność (pytanie do tego zagadnienia znajduje się w dalszej części recenzji).

Artykuł 2 "Role of macrophytes in structuring littoral habitats in the Vistula Lagoon (southern Baltic Sea), Oceanologia, 2019. W pracy podjęto badania mające na celu określenie roli rozmieszczenia i zagęszczenia roślin wynurzonych oraz zanurzonych na warunki siedliskowe Zalewu Wiślanego. Badania te pokazały ważną rolę roślin wynurzonych, występujących na dużym obszarze, w kształtowaniu warunków środowiskowych. Doktorant wykazał różnice w typie osadu, zawartości materii organicznej, a także w temperaturze i natlenieniu wody nad dnem pomiędzy strefami roślin wynurzonych oraz w stosunku do strefy roślin zanurzonych, a także wpływ roślin wynurzonych na ilość światła docierającego do powierzchni wody pod roślinami. Praca zawiera również uproszczony schemat zależności i procesów związanych z obecnością makrofitów na obszarze Zalewu Wiślanego. Zwrócono szczególną uwagę na wpływ różnych form życiowych makrofitów na emisję i absorbcję gazów cieplarnianych.

Artykuł 3 „Distribution of benthic macroinvertebrates across a reed stand in a brackish Baltic lagoon", Oceanologia 2022. Praca przedstawia znaczenie trzcinowisk dla występowania i składu gatunkowego oraz zagęszczenia i biomasy makrozoobentosu. Na podstawie dostępnej

wiedzy dotyczącej rodzaju pobieranego pokarmu, doktorat podjął się kategoryzacji poszczególnych taksonów do odpowiednich grup troficznych. Przedstawił w ten sposób pełniejszy obraz roli makrozoobentosu zasiedlającego trzcinowiska w procesach zachodzących w ekosystemie wodnym, między innymi krążenie materii organicznej. Uwzględnienie tej cechy biologicznej jest z pewnością cennym aspektem pracy. Doktorant wykazał przestrzenne zróżnicowanie jakościowe i ilościowe fauny bentosowej w trzcinowiskach z największym bogactwem gatunkowym, zagęszczeniem i biomasą w środkowej strefie trzcinowiska, które autor tłumaczył przede wszystkim warunkami tlenowymi (pytanie do tego zagadnienia znajduje się w dalszej części recenzji).

Artykuł 4 "Above- and belowground habitat complexity created by emergent and submerged vegetation drives the structure of benthic assemblages", Oceanologia 2022. W pracy doktorant podjął się porównania wpływu roślinności wynurzonej i zanurzonej na makrobezkręgowce bentosowe. Badania doktoranta wykazały wyższe bogactwo taksonomiczne oraz o rząd wielkości wyższe zagęszczenie w strefie helofitów. Infauna najliczniej występowała w warstwie do 5 cm, a maksymalna głębokość zagrzebywania wyniosła 15-20 cm. Taksonami najgłębiej zagrzebującymi się w osadzie były pierścienice *Marenzelleria* spp. oraz *Limnodrilus* spp. Na podstawie badań doktorant wnioskuje o pozytywnej roli części roślin znajdujących się nad osadem. Natomiast w przypadku różnic w rozmieszczeniu pionowym w osadzie doktorant wskazuje czynniki, które jego zdaniem mogły w największym stopniu wpłynąć na to rozmieszczenie (tj. typ osadu oraz obecność i rodzaj systemu korzeniowego roślin).

Uwagi i pytania

Abstrakt, wstęp wraz z metodyką, cele, omówienie artykułów oraz bibliografia zostały przedstawione prawidłowo. Uważam, że dwie pierwsze hipotezy badawcze zamieszczone we wstępie są zbyt ogólne. Natomiast trzecia hipoteza jest chyba niemożliwa do weryfikacji na podstawie przedstawionych wyników badań. Stąd też, w podsumowaniu, część dotycząca tej hipotezy budzi moje wątpliwości. Na podstawie uzyskanych wyników doktorant sformułował siedem wniosków końcowych. W moim odczuciu są one zbyt ogólne i nie do końca oddają zawartość publikacji i omawianych w nich wyników badań (uwagi do wniosków znajdują się w dalszej części recenzji).

- W omówieniu artykułu 2, wchodzącego w skład rozprawy doktorskiej (str. 9), znajduje się informacja o różnicach pomiędzy strefami, między innymi w stężeniu chlorofilu. Jednak w artykule 2 nie zamieszczono wyników dotyczących zawartości chlorofilu a w osadach.
- Hipoteza 3 (strona 6). W przedstawionych do oceny artykułach naukowych wchodzących w skład rozprawy doktorskiej, doktorant nie przedstawił wyników badań dotyczących wpływu stopnia upakowania systemów korzeniowych lub przynajmniej ich biomasy na pionowe rozmieszczenie zoobentosu. Raczej ograniczył się do stwierdzenia wpływu obecności i formy życiowej makrofitów. W artykule 4, we wstępie (str. 70) znalazły się co prawda informacje dotyczące systemu korzeniowego roślin wynurzonych i zanurzonych, jednak to za mało żeby postawić taką hipotezę w pracy doktorskiej.

  Wnioski (strona 13-14):
- Wniosek 1. Doktorant używa terminu różnorodność gatunkowa, podczas gdy wyniki badań zamieszczone w publikacjach wskazują, że nie wszystkie osobniki udało się oznaczyć do gatunku. Terminem właściwym jest różnorodność taksonomiczna.
- Wniosek 2. „Gęste płaty roślinności wynurzonej składające się głównie z trzciny pospolitej znacząco zmieniają warunki środowiskowe w strefie litoralu, w szczególności prowadząc do zwiększenia temperatury wody…”.

  Jak rozumiem wnioskowanie to jest oparte na analizach danych dotyczących temperatury wody zebranych w okresie od 20 lipca do 3 października 2011 r. (zbieranych co 10 minut). Wniosek ten nie jest jednak zgodny z wynikami badań sezonowych (niższa temperatura w czerwcu na stacji 1I) i przede wszystkim dobowych, wskazującymi na niższą temperaturę w godzinach popołudniowych, w strefie najbliżej brzegu (stacje 1I i 2M) (artykuł 2, str. 45, rys. 8 i 9).

  Pytanie: Gęste płaty roślinności wynurzonej prowadzą do podwyższenia czy obniżenia temperatury wody? Wyniki zamieszczone w artykule 2 są bardzo ciekawe, ale nie są jednoznaczne. Czy obecność roślinności wynurzonej w strefie najbardziej osłoniętej (stacje 1I lub 2M) może wpływać na obniżenie temperatury w godzinach popołudniowych w porównaniu do strefy zewnętrznej (stacja 2O)? Interesujące byłoby stwierdzenie, czy różnice te były widoczne w temperaturze w godzinach popołudniowych, w wynikach zebranych za pomocą rejestratorów temperatury.

- We wniosku 3 znalazła się informacja o wpływie niższej biomasy roślin zanurzonych na warunki siedliskowe, podczas gdy w artykule 2 (rysunek 5, str. 44) oraz w artykule 4, w opisie rejonu badań (rozdział 2.1., str. 71) znajdują się jedynie informacje dotyczące zagęszczenia roślinności / liczby sadzonek.
- Wniosek 5 nie jest wnioskiem z badań przedstawionych w pracy doktorskiej. Doktorant nie prowadził badań, które dowodziłyby, że niestrawione resztki pokarmowe transportowane w głąb osadu przez Chironomidae są następnie przetwarzane przez Tubificinae. Jest to możliwe, na co wskazują ciekawe wyniki badań doktoranta, jednak zagadnienie to wymaga dalszych badań.
- Nie mogę zgodzić się z wnioskiem 6. W październiku, na dnie z roślinnością wynurzoną, bezkręgowce były obecne w osadzie aż do głębokości 20 cm. Ich zagęszczenie, w najgłębszej warstwie, było wyższe niż na dnie z roślinnością zanurzoną we wszystkich badanych miesiącach (artykuł 4, rys. 6, str. 77). Wyjaśnienie przedstawione we wniosku, również nie pochodzi z wyników doktoranta i jest jedynie przypuszczeniem.
- Ostatni wniosek nr 7 sprawia wrażenie niedokończonego. „Zależy bardziej od charakteru osadów i dynamiki warunków hydrologicznych" - niż od czego?
- W artykule 1 doktorant zwrócił uwagę, że dwa taksony pełnią odmienną rolę w krążeniu materii: Chironomidae będąc fakultatywnymi detrytusożercami filtratorami zbierają pokarm nad powierzechnią osadów, a niestrawione resztki pokarmu usuwają w głębszych warstwach osadu. Tubificinae żerują w głębszych warstwach osadu, a resztki pokarmowe transportują na powierzchnię. Na tej podstawie doktorant zaproponował model współzależności.

  Pytanie: Jaka jest skala czasowa tego wpływu? Czy aktywności te mogą odbywać się w tym samym czasie? Czy istnieje przesunięcie, jeżeli tak to jak duże (tj. dni, tygodnie czy miesiące)?
- Artykuł 2. Jakie były przyczyny zaniku fragmentów łąk *Potamogeton perfoliatus* w Zalewie Wiślanym po sierpniu 2011?

  Które z gatunków bezkręgowców w badanych zespołach bentosowych są zależne od obecności roślin? Jakie mogą być konsekwencje zaniku roślinności wynurzonej lub zanurzonej m.in. dla funkcjonowania systemu bentosowego lub całego ekosystemu?

- Artykuł 3 . Dla jakich gatunków ryb lub bezkręgowców występujących w trzcinowiskach, warunki tlenowe obserwowane w trakcie prowadzenia badań (nasycenie wody tlenem 40-50 %) mogą być problematyczne i wywoływać ucieczkę lub zmianę procesów fizjologicznych?

  Doktorant wspomina o okresowej hipoksji znacząco kształtującej warunki do życia w przybrzeżnej części trzcinowiska (artykuł 3, str. 62). Czy w trakcie badań prowadzonych na Zalewie Wiślanym, w latach 2010-2014 lub innym okresie, obserwowano warunki hipoksji lub anoksji, które mogłyby mieć istotny wpływ na rozmieszczenie makrozoobetosu?
- Czy *Dreissena polymorpha* jest detrytusożercą? Taka informacja znajduje się w tabeli 1 na str. 59.

- W artykule 4 w przypadku różnic w rozmieszczeniu pionowym makrozoobentosu, w osadzie doktorant wskazuje czynniki, które jego zdaniem mogły w największym stopniu wpłynąć na to rozmieszczenie (tj. typ osadu oraz obecność i rodzaj systemu korzeniowego roślin). Niestety doktorant nie przeprowadził analiz statystycznych (w przypadku typu osadu czy zawartości chlorofilu a) oraz nie zawarł w pracy wyników badań dotyczących podziemnych części roślin, które mogłyby potwierdzić to stwierdzenie.

  Pytanie: Gdyby doktorant obecnie planował tego rodzaju badania to jakie parametry by uwzględnił?

Pytania metodyczne

- W publikacji porównano wyniki badań z 2011 r. z wynikami z badań przeprowadzonych w 2013 r. (Pawlikowski i Korniłow 2022). W pierwszych badaniach użyto czerpacza rurowego o średnicy 4,4 cm, a w drugich 6,0 cm. Powierzchnia poboru prób była inna. Czy użycie czerpaczy o różnej powierzchni zbioru prób mogło mieć wpływ na otrzymane wyniki badań?
- W pracy doktorskiej zastosowano sito o średnicy oczka 300 µm. Dlaczego zastosowano takie sito i czy to jest odpowiednie sito dla makrozoobentosu?
- Dlaczego zdecydowano się na użycie danych zagęszczenia makrosoobentosu, a nie biomasy? Szczególnie w artykule 1 bardzo wartościowe mogłyby być użycie biomasy bezkręgowców.

Ogólne wnioski

Pomimo licznych uwag oraz wskazania fragmentów dyskusyjnych w pracy uważam, że rozprawa doktorska Pana mgr Krzysztofa Pawlikowskiego zawiera cenny materiał badawczy i ma dużą wartość poznawczą. Wyniki rozprawy stanowią uzupełnienie dotychczasowej wiedzy dotyczącej strefy litoralu oraz roli występujących tam makrofitów i makrozoobentosu. W szczególności cenne są kompleksowe badania warunków środowiskowych, kształtowanych nie tylko przez obecność roślinności, ale również wykazanie ich odmienności w zależności od formy życiowej makrofitów, zagęszczenia oraz miejsca wśród roślinności (tj. część wewnętrzna, środkowa lub zewnętrzna). Te aspekty są rzadko brane pod uwagę w badaniach innych zbiorników. Dużą wartością rozprawy doktorskiej są również sezonowe badania taksonów należących do Chironomidae oraz Tubificinae, czyli grup często pomijanych w badaniach makrozoobentosu stref przybrzeżnych mórz i lagun. Znaczące są również wyniki badań dotyczące pionowego rozmieszczenia w osadach oraz współwystępowania tych dwóch grup organizmów poszerzające naszą wiedzę na ich temat.

W mojej opinii uzyskane wyniki opublikowane w czterech artykułach naukowych przyczyniły się do lepszego poznania litoralu zbiorników przymorskich i lagun oraz wniosły nową wiedzę w zakresie ich roli w funkcjonowaniu mórz.

Wniosek końcowy

Biorąc pod uwagę przedstawione argumenty mogę stwierdzić, że rozprawa doktorska Pana mgr Krzysztofa Pawlikowskiego pt. „Makrozoobentos różnych siedlisk Zalewu Wiślanego" spełnia warunki określone w Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2017 r. poz. 1789 ze zm.), w związku z art. 179 ust. 1 ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1669 ze zm.). Zwracam się zatem do Rady Naukowej Dyscypliny nauki biologiczne Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie o dopuszczenie mgr Krzysztofa Pawlikowskiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Urszula Janas

Gdynia, 14.05.2023 r. Urszula Janas