



UNIWERSYTET SZCZECIŃSKI

INSTYTUT NAUK O MORZU  
I ŚRODOWISKU

dr hab. Teresa Radziejewska, prof. US  
Instytut Nauk o Morzu i Środowisku  
Uniwersytet Szczeciński  
Ul. Mickiewicza 16a  
70-383 Szczecin  
[teresa.radziejewska@usz.edu.pl](mailto:teresa.radziejewska@usz.edu.pl)

Recenzja rozprawy doktorskiej Pani mgr Marty Szczepanek  
*The role of organic matter in shaping the diversity and trophic structure of benthic communities in the coastal zone of the southern Baltic Sea*

Wobec intensywnych zmian w ekosystemach morskich, jakich jesteśmy obecnie świadkami, bardzo ważne staje się poszerzenie naszej znajomości mechanizmów, które mają zasadnicze znaczenie dla stanu i funkcjonowania tych ekosystemów a także mogą mieć wpływ na powstawanie tych zmian. Wśród tych mechanizmów znajdują się oddziaływania określane mianem sprzężeń między pelagialem a bentalem. Jednym z ich przejawów jest zasilanie systemów bentonicznych materia organiczną (cząstkową, POM i rozpuszczoną, DOM) z toni wody, tam wyprodukowaną (autochtoniczną) lub doprowadzoną z lądu czy z atmosfery (allochtoniczną). Wielkość dostaw tego materiału do systemów bentonicznych uzależniona jest z kolei od całego szeregu mniej lub bardziej proksymalnych czynników, ze zmianami klimatycznymi włącznie. Nie ulega wątpliwości, że zagadnienia te mają duże znaczenie w pogłębianiu naszej wiedzy o funkcjonowaniu ekosystemu Bałtyku. Z tego względu temat podjęty w przedstawionej mi do oceny rozprawie doktorskiej p. mgr Marty Szczepanek jest bardzo ważny i aktualny.

Powstanie rozprawy doktorskiej p. Szczepanek było wynikiem badań, jakie Doktorantka – wraz z zespołem – prowadziła od roku 2018. Badania te znalazły swój konkretny wyraz w dwóch artykułach już opublikowanych w renomowanych czasopismach (*Ecological Indicators* i *Frontiers in Marine Science*) oraz w jednym złożonym do druku (*Limnology and Oceanography*). W zespołach autorskich tych publikacji p. mgr Szczepanek była pierwszym autorem i jednocześnie autorem-korespondentem, z deklarowanym znacznym udziałem w ich powstaniu (60-80%).

Publikacja artykułów, wchodzących w skład podstawy przygotowania rozprawy doktorskiej p. mgr Marty Szczepanek w międzynarodowych czasopismach naukowych oznacza, że na temat ich treści, przygotowania merytorycznego i opracowania danych

wypowiedzieli się kompetentni recenzenci. Nie widzę w związku z tym potrzeby ponownej oceny tej publikacji. Mogę jedynie – i chciałabym w tym miejscu – pogratulować Doktorantce i Jej współautorom niewątpliwego sukcesu, jakim były te publikacje i tym samym włączenie się trwale w historię badań nad funkcjonowaniem ekosystemów morskich. Autorka i Jej współpracownicy włożyli godny podziwu wysiłek w szczegółowe opracowanie bardzo obszernego materiału badawczego. Tym niemniej, będę miała kilka uwag, wynikających z zapoznania się z tymi artykułami, o czym dalej.

Natomiast oceniając rozprawę p. Marty Szczepanek zajmę się przede wszystkim tym, co i w jaki sposób Autorka starała się zademonstrować zestawiając swoje publikacje w zwartą całość, poprzedzając ją streszczeniami (w jęz. polskim i angielskim) i zaopatrując ją w obszerne wieloczęściowe wprowadzenie przygotowane w jęz. angielskim. Swą zwartość dysertacja zawdzięcza jednej zasadniczej idei. Mianowicie jest to dążenie do wykorzystania techniki badawczej polegającej na zastosowaniu izotopów stabilnych węgla (w postaci  $\delta^{13}\text{C}$ , ‰) i azotu ( $\delta^{15}\text{N}$ , ‰) do prześledzenia oddziaływania materii organicznej (OM) z różnych źródeł (w zawiesinie i w osadzie, autochtonicznej i allochtonicznej – wprowadzanej przez rzeki) jako czynnika determinującego strukturę funkcjonalną (przede wszystkim troficzną) zespołów makrobentosu w obszarach przybrzeżnych południowego Bałtyku (w polskiej strefie tego morza), od Zalewu Szczecińskiego po ujście Wisły do Zatoki Gdańskiej.

Samo podejście metodyczne nie jest nowe, ponieważ analiza izotopów stabilnych (*stable isotope analysis*, SIA) stosowana jest w ekologicznych badaniach morza (również Morza Bałtyckiego) już od dawna przynosząc bardzo ciekawy wgląd w funkcjonowanie badanych ekosystemów. Dotychczasowe badania z użyciem SIA w Bałtyku pozostawiły jednak otwartymi wiele kwestii, w tym zagadnienie kształtowania się struktury funkcjonalnej bentosu, czym zajęła się Doktorantka. Jej wybór tematyki badań i sposobu podejścia do niej oceniam więc bardzo pozytywnie.

Podejście to oparło się na sformułowaniu celów badawczych i wyprowadzonych z nich hipotez, głównej i dodatkowych, co jest jak najbardziej właściwą drogą poznania naukowego, aczkolwiek – biorąc pod uwagę dokonany przez Autorkę przegląd literatury – hipotezy te są niejako intuicyjne, dlatego można byłoby dodać formalny kwalifikator, że chodzi o układy w południowym Bałtyku.

W swym wprowadzeniu do rozprawy Autorka pominęła opis metodyki i sposobu przetwarzania danych, pozostawiając szczegóły do odnalezienia w publikacjach. Przedstawiła natomiast obszerne podsumowanie całości swoich badań (w części zatytułowanej *Conclusions*). Tutaj znajduję kilka zdań niejasnych lub wewnętrznie

sprzecznych, jak np. na str. 28: *Conversely, SOM composition was generally stable throughout the year, with the lowest quality of food during early spring in all locations despite differences in accumulated organic carbon concentrations.* [podkreślenia moje].

Generalnie rzecz biorąc, omawiane wprowadzenie napisane jest w sposób jasny i czytelny, bardzo dobrym (na ogół) językiem angielskim, a narracja prowadzona jest, na ogół, w sposób logiczny i przekonujący. Tym niemniej jest kilka kwestii, które uważam za dyskusyjne. Pierwsza to włączenie w obszar badań Zalewu Szczecińskiego przy braku możliwości pozyskania z tego akwenu właściwych materiałów. Zalew jest bardzo specyficznym akwenem, płytkim, o zróżnicowanych siedliskach dennych, do których nie udało się dotrzeć jednostce takiej, jak S/Y Oceania (o czym zresztą Autorka informuje w Publikacji Nr 1). Nie wiem, gdzie w Zalewie Autorka miała swoją stację poboru prób. Podejrzewam, że znajdowała się ona w miejscu najgłębszym, czyli w sztucznie pogłębianym torze żeglugowym wiodącym ze Świnoujścia do Szczecina, o czym świadczyłoby pozyskanie tylko 2 taksonów bentosu (*Potamopyrgus antipodarum* i larw Chironomidae) w ilości nie nadającej się do przeprowadzenia analiz. Uważam, że na podstawie prób pobranych z 1 stanowiska (i to nietypowego dla całego akwenu) nie powinno się formułować uogólnionych wniosków na temat dominacji auto- czy allochtonicznego pochodzenia OM i jej włączania w sieć troficzną. To niewłaściwe generalizowanie znalazło swoje odbicie w niezrozumiałym dla mnie zdaniu na str. 15: *In the fourth location, the most distinct, enclosed, almost freshwater Szczecin Lagoon, the seasonality of OM properties was decoupled from marine influence, reflecting the eutrophic state of this shallow water basin* (po polsku na str. 10: “W czwartym, najbardziej wysuniętym na zachód i zamkniętym obszarze Zalewu Szczecińskiego, wzorce charakterystyk OM były niezależne od wpływu morskiego i odzwierciedlały eutroficzny stan tego płytkiego zbiornika wodnego”); nie bardzo rozumiem, co Autorka miała na myśli – co wpływ morski ma w tym przypadku wspólnego z eutrofizacją?

Sprawa druga to sprowadzanie różnorodności funkcjonalnej bentosu do zróżnicowania troficznego, co przejawia się w Publikacjach Nr 1 i 2. Na szczęście w Publikacji Nr 3 Autorka i Jej współpracownicy zajęli się zróżnicowaniem funkcjonalnym w jego właściwym, wielowymiarowym kształcie, tylko można odnieść wrażenie, iż nie zawsze pewni byli, czy zróżnicowanie troficzne jest jednoznaczne ze zróżnicowaniem izotopowym, czy też jest elementem różnorodności funkcjonalnej.

Wprowadzenie, które omawiam, jak i polskie i angielskie streszczenia rozprawy czyta się na ogół bardzo dobrze, jako że napisane zostały jasnym i poprawnym językiem. Znalazło się jednak jedno sformułowanie, co do zrozumienia którego mam pewne trudności (w wersji angielskiej na str. 17: *In deeper areas of both localizations, where local food*

*variability ceased in favor of the open waters, benthic communities showed similar, intermediately diverse functional structure*; a po polsku na str. 12: “W głębszym obszarze obu lokalizacji, gdzie lokalna zmienność pożywienia ulegała zatarciu na tle otwartego morza, zespoły zachowały podobną, średnio zróżnicowaną strukturę funkcjonalną”). Jest jeszcze kilka innych sformułowań, które budziły moje wątpliwości, ale przyjąłam je za duże skróty myślowe ze strony Autorki.

Nie wiem też, co Autorka miała na myśli pisząc, w ostatnim zdaniu streszczeń, o efektywnym zarządzaniu i ochronie różnorodności bentosowych siedlisk morskich (ang. *effective management and conservation of the diversity of marine benthic habitats*). Nie wiem, jakim aspektem zarządzania środowiskiem morskim miałyby służyć rozprawa.

Podsumowując tę część recenzji, chciałabym powtórzyć, że bardzo pozytywnie oceniam wybór tematyki podjętej w pracy. Sformułowanie celów i hipotez badawczych wraz z ich uzasadnieniem oraz sposób weryfikacji tych hipotez nie budzą wątpliwości, choć zabrakło mi trochę krytycyzmu odnośnie do zakreszenia obszaru badań. Ponadto dobrze zrobiłoby wprowadzeniu, gdyby Autorka odniosła się – we wnioskach – do stopnia realizacji celów pracy i do hipotez, jakie na wstępie sformułowała (przyjęcie *versus* odrzucenie).

Teraz nieco o publikacjach będących podstawą rozprawy, choć – jak zaznaczyłam – nie mam powodu, by zajmować się nimi bardziej szczegółowo, skoro uczynili to już recenzenci.

Publikacja Nr 1 (*The response of coastal macrobenthic food-web structure to seasonal and regional variability in organic matter properties*; M. Szczepanek, M.J. Silberberger, K. Koziorowska-Makuch, E. Nobili, M. Kędra, *Ecological Indicators* 132, 108326; deklarowany udział Doktorantki 60%) przynosi bardzo wartościowe dane odnośnie do zmienności pochodzenia OM w badanych rejonach i wykorzystywania jej przez zespoły makrobentosu. Z danych tych ewidentnie wynika odmienność Zalewu Szczecińskiego i niekompletność informacji, jakie udało się pozyskać, więc bez większej szkody dla całości można było dane dla tego akwenu pominąć. Z drugiej strony wartościowe jest dla mnie inkluzywne spojrzenie Autorki na zespoły bentosu: choć zajmowała się makrobentosem, nie odżegnuje się od włączenia przypuszczeń co do roli meiobentosu w sieciach troficznych badanych akwenów, aczkolwiek siłą rzeczy czyni to w sposób bardziej spekulatywny niż oparty na twardych danych. Natomiast dziwi mnie trochę to, że w pracy dotyczącej makrobentosu tak mało jest samego makrobentosu – nie dowiadujemy się wiele o strukturze tych zespołów (np. strukturze dominacji w liczebności czy strukturze dominacji w biomasie). Autorka bierze pod uwagę jedynie pulę taksonów, identyczną – jak twierdzi – dla badanych rejonów, pomimo czego występują między nimi różnice w

wykorzystaniu OM. Różnice te mogłyby być wyjaśnione przy pomocy rozpatrywania relacji ilościowych, np. właśnie struktury dominacji. Dla jasności chciałabym jednak powiedzieć, że kwestie relacji ilościowych w badanym makrobentosie podjęte zostały w Publikacji Nr 3.

Publikacja Nr 2 (*Utilization of riverine organic matter by macrobenthic communities in a temperate prodelta*; M. Szczepanek, M.J. Silberberger, K. Koziorowska-Makuch, M. Kędra; *Frontiers in Marine Science* 9: 974539; deklarowany udział Doktorantki: 60%) dotyczy wykorzystania materii organicznej wnoszonej przez Wisłę przez zespoły makrobentosu w prodelcie ujścia tej rzeki. Publikacja przynosi ciekawe dane odnośnie do rozdziału w korzystaniu z OM przez gatunki o różnych sposobach poboru pokarmu: detrytożercy polegają bardziej na materiale wprowadzanym przez rzekę i deponowanym w osadzie a dla filtratorów bardziej istotna jest materia autochtoniczna. Choć jest to wynik bardzo intuicyjny, dobrze było otrzymać dane, które te intuicje uprawdopodobniają. Autorka wysuwa różne przypuszczenia co do przyczyn tego podziału, sprowadzające się do dostępności różnych kategorii OM dla określonych typów troficznych. Można byłoby tu dodać, że tam, gdzie oba wspomniane typy troficzne współwystępują, zasobem pokarmowych dla detrytożerców może być również OM zawarta w zdeponowanych w osadzie odchodach (fekaliach i pseudofekaliach), czyli detrytożercy będą mieli również do dyspozycji autochtoniczną OM. Autorzy powiązali również zmiany w strukturze troficznej makrobentosu z głębokością oraz ze zmianą charakteru osadu i wykazali duże znaczenie OM wnoszonej z wodami Wisły dla bentonicznej sieci troficznej. Co ciekawe, w przeciwieństwie do Publikacji Nr 1 w omawianej pracy nie ma już wzmianki o ewentualnym znaczeniu meiofauny w transferze OM do konsumentów II rzędu.

Publikacja Nr 3 (*Functional diversity reflects the variability in isotopic diversity of coastal macrobenthic communities*; M. Szczepanek, M.J. Silberberger, M. Kędra; manuskrypt przekazany do *Limnology and Oceanography*) jest najpełniejszą prezentacją zagadnień związanych ze zróżnicowaniem funkcjonalnym (w tym troficznym) i izotopowym i wiąże je z różnorodnością taksonomiczną makrobentosu. Praca niejako sterowana jest hipotezą o względnym znaczeniu autochtonicznej i allochtonicznej (wprowadzanej przez Wisłę) materii organicznej. Praca jest bardzo ciekawa, dobrze na ogół napisana i uargumentowana, stanowiąc właściwe zamknięcie dysertacji. Z uznaniem przyjmuję poziom analizy matematyczno-statystycznej, zastosowany w pracy. W tekście znalazły się jednak niekiedy drobne usterki językowe i niejasne dla mnie sformułowania, np. na str. 2 *local OM variability ceases* – czy chodzi o znikającą zmienność ilościową czy jakościową OM? Na str. 11 w wierszach 216-219: skoro pewne osobniki nie mogły być oznaczone do gatunku, zostały połączone w rodziny, ale jednocześnie podane są ich gatunki! Dalej w wierszach 222-225 nie jest dla mnie jasne, co oznacza zdanie zaczynające się od *To ensure*

*consistency in species biomass between functional traits and stable isotope ratios in the dataset.....* Pożyteczne dla innych byłoby też zamieszczenie (być może w Supplementary Data) tabelę z przyporządkowanymi gatunkom kodami dla poszczególnych cech funkcjonalnych i ich wagę w poszczególnych zespołach/na poszczególnych stanowiskach.

Przechodząc do podsumowania swojej recenzji chciałabym powiedzieć, że miała ona na celu stwierdzenie, czy rozprawa doktorska p. mgr Marty Szczepanek, przygotowana pod opieką promotora i promotora pomocniczego, stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego oraz czy wykazuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydatki w Jej dyscyplinie naukowej i umiejętność samodzielnego prowadzenia przez Nią pracy naukowej. Oceniając dysertację zwróciłam uwagę na następujące aspekty:

- 1) wybór obszaru, przedmiotu badań i tematu pracy: uważam, że ten aspekt, choć niejako „nadany” Doktorantce, okazał się ogólnie bardzo celny (z wyrażonymi już zastrzeżeniami odnośnie do Zalewu Szczecińskiego);
- 2) cele i metody badawcze oraz struktura rozprawy pozwalające na ustosunkowanie się do umiejętności samodzielnego przygotowania dzieła naukowego: cele zostały sformułowane w sposób poprawny i zostały podbudowane hipotezami, które testowano w kolejnych częściach rozprawy; struktura rozprawy, choć niezbyt typowa, była uzasadniona i spełniła swoje zadanie;
- 3) wykazanie przez Kandydatkę ogólnej wiedzy teoretycznej w dyscyplinie Nauki o Ziemi i Środowisku: ten aspekt został potraktowany w dysertacji wyjątkowo szczegółowo; Doktorantka wykazała się imponującą dociekliwością w poszukiwaniu wyjaśnień i interpretacji obserwowanych przez siebie relacji i wzorców; przeanalizowała olbrzymią literaturę tropiąc w niej różne wątki i łącząc je w spójną całość;
- 4) oryginalność w rozwiązaniu problemu badawczego: w tym aspekcie na uwagę zasługuje zastosowany aparat matematyczno-statystyczno-modelowy, wykorzystany do pogłębionej analizy rozpatrywanych przez Doktorantkę zagadnień;
- 5) formalna strona pracy (struktura, styl pisania, poprawność cytowania literatury, przygotowanie ilustracji i dokumentacji tabelarycznej): ten aspekt również oceniam pozytywnie pomimo drobnych przeoczeń (np. brak pracy Villéger et al. 2012 w spisie literatury), nieścisłości i niejasności pewnych sformułowań oraz usterek terminologicznych (które nawiasem mówiąc powinny być wyeliminowane przez redaktorów w czasopiśmie, np. w podpisie Fig. 7 w Publikacji Nr 2 napisano *credible intervals* zamiast *confidence intervals*).

Moja generalna ocena pracy w odniesieniu do sformułowanych wyżej elementów oceny wypada więc pozytywnie. Stosując odpowiednie metody badawcze, w szczególności



UNIWERSYTET SZCZECIŃSKI

## INSTYTUT NAUK O MORZU I ŚRODOWISKU

analizę izotopów stabilnych, Autorka skoncentrowała się na szczegółowym wyjaśnieniu pochodzenia materii organicznej w strefie przybrzeżnej Bałtyku, jej wykorzystania przez zespoły makrobentosu i kształtowania przez nią struktury troficznej (i w szerszym ujęciu – zróżnicowania funkcjonalnego) tych zespołów. Doktorantka zrealizowała założone sobie cele badawcze komponując rozprawę w formie odpowiadającej treści (biorąc pod uwagę gotowe publikacje i tekst przygotowywany do druku jako części pracy) i wykazała się odpowiednią wiedzą teoretyczną w swojej dyscyplinie i w odniesieniu do obiektu swoich badań. Należy też podkreślić, że wykonanie przedstawionych w rozprawie badań, nawet we współpracy zespołu badawczego, wymagało ogromnego nakładu pracy i czasu.

Konkludując pragnę stwierdzić, że przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska spełnia kryteria art. 187. ust. 1 i 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668). Zatem zgłaszam Radzie Naukowej Instytutu Oceanologii Polskiej Akademii Nauk w Sopocie wnioski o uznanie, że rozprawa Pani mgr Marty Szczepanek odpowiada wymogom stawianym rozprawom doktorskim oraz o dopuszczenie Doktorantki do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Szczecin, 23.08.2023