

Prof. dr hab. Katarzyna Błachowiak-Samołyk
Instytut Oceanologii Polskiej Akademii Nauk
Ul. Powstańców Warszawy 55
81-712 Sopot

Recenzja

pracy doktorskiej mgr Angeliki Słomskiej pt. „Population dynamics of Antarctic salps in the Southern Ocean: past and future changes”

wykonanej pod kierunkiem prof. dr hab. Marii Iwony Żmijewskiej
i dr Anny Panasiuk (promotora pomocniczego) w Zakładzie Badań Planktonu Morskiego
Uniwersytetu Gdańskiego

Recenzję tej wersji pracy doktorskiej wykonano w odpowiedzi na pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Nauk o Ziemi i Środowisku Uniwersytetu Gdańskiego – prof. dr hab. Wojciecha Tylmanna – z dnia 10.12.2021.

Tematyka przedstawionej do recenzji rozprawy doktorskiej dobrze wpisuje się w nurt współczesnych badań środowiskowych rejonów polarnych. Jest to obszerne opracowanie dotyczące dynamiki populacji powszechni występującego w wodach antarktycznych gatunku salp – *Salpa thompsoni* na tle obserwowanej obecnie, szczególnie intensywnie w rejonach polarnych, przebudowy struktury zespołów planktonowych spowodowanych globalnym ociepleniem klimatu. Jednym z ważniejszych efektów obserwowanych obecnie przemian środowiskowych jest przesunięcie głównych stref frontalnych w wodach antarktycznych, pociągające za sobą zmiany zasięgów występowania wielu gatunków stowarzyszonego z masami wodnymi zooplanktonu. Salpy są dobrym przykładem grupy o dużych zdolnościach adaptacyjnych, bardzo efektywnych filtratorów pelagicznych, które na przestrzeni ostatnich dekad zwiększyły znacznie w wodach Oceanu Południowego zarówno swoją liczebność, jak i zasięg występowania. Przy ich stosunkowo niskiej, w porównaniu z in. grupami zwierząt (widłonogów czy kryla), wartości odżywczej zmiana ta może wpłynąć na poważne zaburzenia w krótkiej, antarktycznej sieci troficznej. W tym kontekście wybrana tematyka badawcza dysertacji i poczynione predykcje odnośnie biologii i ekologii salp na tle przemian ekosystemu antarktycznego są bardzo ważne.

Charakterystyka pracy

Praca napisana w języku angielskim łącznie liczy obecnie 136 stron plus 234 stron aneksu oraz zawiera 42 rysunki i 15 tabel (7 tabel w tekście rozprawy i 8 w aneksie) zasadniczo dobrze ilustrujących wyniki przeprowadzonych badań. Rozprawa składa się z pięciu rozdziałów: wstępu wprowadzającego w tematykę badawczą, następnie rozdziału zawierającego charakterystykę rejonu badań oraz kolejnego opisującego materiały i metody wykorzystane w niniejszej pracy, wreszcie wyniki i dyskusję. Dodatkowo w pracy zawarte są dwa 4-stronnicowe streszczenia, zarówno w języku angielskim, jak i polskim. Bibliografia obejmuje 149 dobrze dobranych pozycji literaturowych związanych z tematyką dysertacji.

Rozdział 1. Wstęp: Rozdział ten prezentujący aktualny stan wiedzy dotyczącej biologii i ekologii antarktycznych salp, rozpoczyna się od opisu pozycji filogenetycznej, traktuje o biologii/ekologii tej grupy (m.in. o odżywianiu, rozmnażaniu, cyklu życiowym), o roli tych zwierząt w ekosystemie, o ich bioróżnorodności, a następnie o przyszłości tych zwierząt w kontekście obserwowanych obecnie zmian klimatycznych. Pewnym paradoksem jest, że wśród trzech grup salp wymienionych na str. 35 w rozdziale dotyczącym różnorodności

gatunkowej zabrakło głównego bohatera niniejszej rozprawy - *Salpa thompsoni*, jednak generalnie rozdział ten dobrze wprowadza czytelnika w tematykę badawczą dysertacji. Wstęp kończy się zdefiniowaniem trzech głównych aspektów poruszanych w pracy i wszystkie następne rozdziały mają podobną strukturę, tzn. są podzielone na trzy analogiczne (tematycznie) części. W I części dokonano analizy wieloletniej (1975-2001) bazy danych z sektora atlantyckiego Oceanu Południowego z imponującej liczby próbek (1872) w celu skonfrontowania znanego z literatury zasięgu występowania głównego bohatera rozprawy (45°S-55°S) z tym pozyskanym w rozprawie, dokonany na podstawie analizy rozmieszczenia *S. thompsoni* ze znacznie szerszego obszaru (50°S-68°S). Materiały stanowiące podstawę II części pracy pobierane były wyłącznie z warstwy powierzchniowej (0-43 m) wschodniej i zachodniej części sektora atlantyckiego Oceanu Południowego w lecie 2009/2010 w celu zbadania zdolności reprodukcyjnej blastozoidów *S. thompsoni*. Ważnym aspektem tej części pracy było udzielenie odpowiedzi na pytanie czy potencjalnie niekorzystne warunki środowiskowe (np. niska temperatura i niskie stężenie chlorofilu a) wpływają na liczebność populacji tego gatunku w wodach antarktycznych. Celem trzeciej części rozprawy było przedstawienie współczesnej struktury molekularnej populacji *S. thompsoni* z różnych rejonów Oceanu Południowego oraz przetestowanie hipotezy badawczej dotyczącej jednorodności populacji antarktycznych salp na podstawie stacji zlokalizowanej w zasięgu wpływu Frontu Polarnego (55°S) w lecie 2015/2016r.

Rozdział 2. Rejon badań: Liczący 12 stron rozdział opisuje charakterystykę mas wodnych, cyrkulację okołobiegunową oraz wpływ ocieplenia klimatu na hydrografię badanego rejonu. Podrozdział dotyczący stacji badawczych, z których zebrano materiał do dysertacji od początku jednoznacznie definiuje, że wszystkie materiały, na których bazuje rozprawa doktorska dotyczą strefy atlantyckiej Oceanu Południowego. W sposób jasny też przedstawione zostały współrzędne geograficzne, tj. zakresy dla 3 kolejnych rejonów badawczych (dla pierwszej i ostatniej stacji poboru materiałów). Proszę o wyjaśnienie na obronie dlaczego w Appendix 9 jedna stacja (np. 2236) jest rozpisana w kilkunastu wierszach z tymi samymi wartościami temperatury i zasolenia? W efekcie takiego zapisu Appendix liczy aż 234 strony. Jaki był cel takiej prezentacji wyników hydrograficznych?

Rozdział 3. Materiały i metody zawiera charakterystykę materiałów, które stały się podstawą przeprowadzonych przez Doktorantkę analiz. Rozdział ten rozpoczyna syntetyczna tabelazestawienie dla wszystkich trzech części pracy, zawierająca informacje o ilości stacji/próbek, liczebności osobników w próbie (uderzający kontrast pomiędzy materiałami wykorzystanymi do części I i II rozprawy, gdzie te drugie stanowią tylko ok. 2%), informacje o rodzaju siatki planktonowej (o określonej średnicy oczek) i latach/sezonach wypraw badawczych. W tym miejscu widzę potrzebę doprecyzowania: ile stacji/próbek (jak rozumiem są tożsame) pobranych zostało na potrzeby II części pracy? Bo w opisanej powyżej Tabeli I (str. 56) jest mowa o 9 stacjach, a w opisie (str. 60) o 25 stacjach. Czy 9 stacji odnosi się do wyników biologicznych (salp), a 25 stacji do hydrograficznych? Proszę o wyjaśnienie ile tych stacji naprawdę było. Ponadto mam pytanie dotyczące metodyki: Rysunek 8 (za Wstępu) ilustrujący cykl życiowy salp pokazuje, że w zależności od pory roku blastozoidy (płciowa forma) występują przede wszystkim w górnej warstwie wody (0-150m), podczas gdy oozoidy (bezpłciowa forma) mogą zajmować znacznie głębsze warstwy (nawet do 1 000m). Z tego co zrozumiałam materiał do I części pobierany był zasadniczo w warstwie 0-200 m (lub 10 m nad dnem na stacjach zlokalizowanych w strefie przybrzeżnej, gdzie i tak salp zasadniczo nie było) także chciałabym się upewnić czy w tym materiale analizowane były obie formy (płciowej i bezpłciowej) *S. thompsoni*? Bo nie wynika to jasno ani z pracy, ani z opublikowanego na bazie tych materiałów artykułu. Czy pomimo, że materiał

zooplanktonowy stanowiący podstawę II części dysertacji zebrany był wyłącznie z warstwy powierzchniowej (0-43 m) i opisuje strukturę populacji blastozoidów, to czy Doktorantka dysponuje danymi dotyczącymi oozoidów? Z literatury wynika, że udział blastozoidów zwykle przewyższa udział oozoidów, jednak chciałabym się dowiedzieć jak to wyglądało w materiałach będących podstawą tej pracy (chętnie I i II części rozprawy). Jaka była proporcja blastozoidów do oozoidów?

Rozdział 4. Wyniki: Atrakcyjne, bardzo obszerne wyniki z I części rozprawy zostały opublikowane w prestiżowym czasopiśmie *Aquatic Conservation* w cytowanym w pracy artykule Słomska i in. (2021). *Salpa thompsoni* była rozprzestrzeniona głównie wokół Wyspy Elephant zlokalizowanej w pobliżu Półwyspu Antarktycznego. Istotny podczas interpretacji tego wyniku jest fakt, iż tylko próbki z dwóch pierwszych dekad były pobierane z bardzo szerokiego zakresu geograficznego (aż 18 stopni) z wód otwartych Oceanu Południowego, podczas gdy te z ostatniej dekady (oznaczonej kolorem żółtym na Rys. 13) z rejonu obejmującego tylko 8 stopni i niemal wyłącznie w pobliżu Półwyspu Antarktycznego. A zatem rodzi się pytanie jak stopień ‘opróbkowania’ danego rejonu wpłynął na zaobserwowanie opisanych hot-spotów (liczebności salp)? Zdaję sobie sprawę, że powtórzenie badań z tak rozległego rejonu jak w 2 pierwszych dekadach byłoby zarówno trudne, jak i bardzo kosztowne. Jednak warto byłoby zobaczyć (np. na prezentacji w trakcie obrony) czy istnieje korelacja pomiędzy ilością stacji/próbek z danego rejonu/lat a maksymalnym zagęszczeniem salp w okolicy Wyspy Elephant. Interesującym wynikiem jest to, że najwyższe prawdopodobieństwo wystąpienia antarktycznych salp jest oczekiwane w obszarach głębokowodnych i wolnych od lodu morskiego (o temperaturze wody ok. 1-2°C), jak również to, że południowa granica Antarktycznego Prądu Okołobiegunowego nie stanowi bariery dla występowania tego gatunku. Ciekawe są także zaproponowane w pracy prognozowania dotyczące znacznego rozszerzenia zasięgu antarktycznych salp (o ponad 500 000 km²) przy założeniu, że w ciągu najbliższych 50 lat nastąpi wzrost temperatury wody o 1°C.

Wyniki z II części pracy wykazały, że zasięg występowania *S. thompsoni* w badanym rejonie był znacznie szerszy niż opisano w poprzednich pracach oraz, że aktywnie rozmnażające się blastozoidy rejestrowane były w zakresie geograficznym 35°S-62°S. Fakt, że najliczniejszą i najbardziej zróżnicowaną strukturę populacji *S. thompsoni* zaobserwowano w chłodnej, oligotroficznej strefie antarktycznej w Cieśninie Drake’a (ok. 60°S) może być wytłumaczony tym, że niezbyt wymagające pod względem troficznym salpy ‘chętnie’ zasiedlają nisze ekologiczne nieatrakcyjne dla innych dominantów wód antarktycznych. W moim odczuciu ta część wymaga jeszcze dopracowania i wyselekcjonowania jedynie tych najlepszych wyników. Nadmiar wykresów (np. Rys. 24-30), z których kilka nie pokazuje żadnych wyraźnych trendów (np. Rys. 24), a część z nich nie została nawet opatrzona jakimś szerszym opisem/komentarzem w tekście wyników (np. Rys. 28) rodzi raczej sporo pytań, na które nie można znaleźć odpowiedzi w tekście rozprawy. Poza tym przydałaby się w tym miejscu odrobina pokory, żeby na podstawie wyników z kilku (9 czy 25?) stacji/próbek z jednego li tylko roku/sezonu nie wysnuwać zbyt dalekosiężnych wniosków odnośnie reprodukcji populacji *S. thompsoni*, jak np. tego, że „salpy mogą prowadzić efektywne procesy rozrodcze w rejonie wysokich szerokości południowych, a ich procesy reprodukcyjne nie były hamowane ani przez zbyt niską temperaturę wody ani przez niskie stężenie chlorofilu a”. Wydaje mi się, że zgłębienie tego zagadnienia wymaga znacznie obszerniejszego materiału badawczego, z kilku lat, większych głębokości i być może również prac eksperymentalnych? Wyniki III najkrótszej części wykluczają hipotezę zakładającą, że *S. thompsoni* stanowi jednorodną populację panmiktyczną. Muszę przyznać, że oszacowanie doboru metodyki i interpretacji uzyskanych wyników molekularnej stanowiło dla mnie pewien problem. Co

prawda Doktorantka prowadziła analizę w oparciu o genom mitochondrialny, który jest właściwy do badania struktury populacyjnej, jednak analiza oparta została wyłącznie o jeden marker mitochondrialny *cox1*, który jest przydatny do rozróżniania blisko spokrewnionych gatunków zwierząt, jednak, z powodu wysokiej konserwatywności, mniej użyteczny do szacowania zmienności genetycznej wewnątrz jednego gatunku, a co za tym idzie bardzo niskiego tempa mutacji tego genu. Dlaczego dodatkowo nie wybrano innego fragmentu genomu mitochondrialnego? Czy było to spowodowane koniecznością porównania uzyskanych wyników z otrzymanymi wcześniej przez Goodall-Copestake (2017) z tego rejonu? Analiza zmienności genetycznej bazująca na uzyskanej sieci haplotypów oraz drzewie zależności filogenetycznych z włączeniem obu wcześniejszych zestawów sekwencji, wskazuje raczej na brak struktury populacyjnej. Dominujący jest tu jeden haplotyp wspólny dla trzech prób oraz nieliczne haplotypy satelitarne różniące się pojedynczymi mutacjami od dominującego. Jednak uwagę zwraca grupa haplotypów zidentyfikowanych w niniejszej pracy, znacząco odległych (wiele zdarzeń mutacyjnych) od dominującego, stanowiących zdecydowanie odrębną gałąź na drzewie (Rysunki 35, 36 i 37) oraz sieci (Rys. 34). Można przypuszczać, iż przedmiotem analizy były odrębne gatunki. Stąd znacząco wyższe identyfikatory zmienności (H , P_i) oraz praktycznie brak możliwości zastosowania testów Tajima's D , F_u and L_i 's D dla badanego w tej części zestawu danych. Czego będą dotyczyły dwa manuskrypty publikacji (zapowiedziane na początku rozprawy) bazujące na opisanym w pracy materiale? Z redakcyjnych uwag do tej części: to brak oznaczenia osi pionowej na Rys. 32 (utrudniającego interpretację uzyskanego wyniku) oraz brak cytowanej w tekście Tabeli VIII (która *de facto* jest cytowana w opisie wyników wcześniej niż Tabela VII).

Rozdział 5. Dyskusja: Licząca 17 stron dyskusja, składa się również z, analogicznych jak pozostałe rozdziały, trzech części poprzedzonych wprowadzeniem dotyczącym długookresowych zmian w populacji salp, bazujących głównie na wieloletnich wynikach opisanych w części I dysertacji i rodzi pewien niedosyt. Czy to, że *S. thompsoni* wystąpiła w 68% całego przeanalizowanego, wieloletniego materiału z I części wyników może wynikać z faktu, że materiały te były pobierane siecią RMT8 o zbyt dużym rozmiarze oczek (4.5 mm)? Czy mogło to wpłynąć na efektywność złowienia małych, juvenilnych osobników? Szkoda, że w pracy (i dyskusji) pominięty został wątek związany z rozmiarami opisywanego gatunku, tym bardziej, że informacja o przeprowadzonych analizach morfometrycznych znajduje się na str. 61. Takie dane znalazły się tylko w bardzo długim Appendix i wynika z nich, że niektóre osobniki były mniejsze niż średnica oczka sieci. Zabrakło w wynikach (także w metodyce) zakresów rozmiarów ciała dla poszczególnych stadiów salp, co utrudnia mi samodzielną odpowiedź na pytanie dotyczące 'łowności' sieci (z dużą średnicą oczek) zastosowanej w I części rozprawy. Zabrakło mi w tym rozdziale również fragmentu, w którym przedyskutowano by problem pobierania materiału do II części pracy wyłącznie z powierzchniowej warstwy wody. Czy strategia poboru materiału do tej części rozprawy była właściwie dobrana w kontekście cyklu życiowego salp (przedstawionego na Rys. 8) oraz rozmieszczenia tych zwierząt w kolumnie wody? Gdyby możliwości było nieograniczone, to z jakich głębokości/sezonów warto byłoby zebrać próbki, żeby objąć badaniami całą antarktyczną populację *S. thompsoni*?

Jeśli chodzi o dyskusję III części wyników, to do wielu rozważanych scenariuszy wyjaśniających otrzymany obraz tak wysokiej zmienności genetycznej badanej populacji, a najprawdopodobniej raczej obecności dwóch odrębnych, ale wysoce monomorficznych kładów, dodać i poważnie rozważyć należy przynależność badanych osobników do dwóch różnych taksonów *Salpa* spp. Rozdział ten kończy się konkluzjami, które z mojej perspektywy sformułowane zostały w zbyt długi i opisowy sposób (5 stron). Wniosek do II części, że populacja salp z południa obejmuje głównie juvenilne osobniki, bez embrionów

powinien być wcześniej wnikliwiej przedyskutowany (w kontekście sezonu, cyklu życiowego, użytej sieci i jej łowności).

Referencje: Literatura w tej wersji pracy mogłaby być zestawiona w bardziej staranny sposób (uwaga dotyczy także jednolitego sformatowania). Pozycji Lynne et al. (2018) nadal brakuje w spisie literaturowym. Podobnie Dubischar (poprawne nazwisko) wciąż występuje w spisie w 2 wersjach jako: Dubischar oraz Dubishar. Publikacja Goodall-Copestake i in. (2010) nie została zacytowana w tekście rozprawy, a znajduje się w referencjach, natomiast w tekście występuje praca tego autora z 2016, której brakuje w spisie. W pracy występuje niestety więcej tego typu błędów, także wymieniłam tylko kilka przykładów tych najbardziej uderzających.

Ocena edytorskiej strony rozprawy: Pomimo, że jest to druga wersja rozprawy, to nadal zawiera dość sporo literówek oraz niezręczności językowych, np. w streszczeniu polskim na str. 18 pojawia się słowo „długoletniej” zamiast „wieloletniej”, na str. 46 „Antarctic Benthic Water” zamiast (jak mi nie mam) „Antarctic Bottom Water”, na str. 51-51 słowo „Transekt” jest napisane tak samo w wersji polskiej, jak i angielskiej. Zauważyłam także niewłaściwe używanie skrótów, niestosowanych generalnie w tekstach formalnych/naukowych („It's”) na stronach: 35 i 40 i więcej błędów, których ze względu na brak czasu nie będę już przytaczać.

Wnioski końcowe

Biorąc pod uwagę złożoną strukturę pracy, doceniam niełatwe zadanie umiejętnego połączenia wyników taksonomicznych z obserwacjami biogeograficznymi oraz wynikami molekularnymi. Na uwagę zasługuje również nowatorskie podejście polegające na uzupełnieniu brakujących danych hydrograficznych (część I wyników) danymi satelitarnymi oraz interesujące predykcje dotyczące znacznego rozszerzenia zasięgu antarktycznych salp w najbliższych 50 latach (pod warunkiem, że nastąpi wzrost temperatury wody o 1°C). Przedłożona rozprawa doktorska ujawnia również dotychczas nierozpoznane preferencje siedliskowe *S. thompsoni* i potwierdza duży potencjał adaptacyjny tego gatunku na poziomie ekologicznym i molekularnym. Przedstawione powyżej uwagi krytyczne i zasygnalizowane wątpliwości, nie wpływają na moją zasadniczo pozytywną ocenę recenzowanej pracy. Uważam, że potencjał naukowy tej dysertacji jest znacznie wyższy, co powinno zostać wykorzystane (a częściowo już się potwierdziło w publikacji Słomska i in. 2021) w przyszłych planach publikacyjnych Doktorantki.

Podsumowując uważam, że rozprawa doktorska Pani mgr Angeliki Słomskiej stanowi oryginalne dzieło naukowe, będące cennym uzupełnieniem ciągle fragmentarycznej wiedzy dotyczącej biologii, ekologii i genetyki ważnego gatunku zooplanktonu Oceanu Południowego - *Salpa thompsoni*. Praca spełnia wymagania określone w art. 13 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2003 nr 65, poz. 595, z późn. zm.), dlatego przedkładam Radzie Instytutu Oceanografii Uniwersytetu Gdańskiego wniosek o przyjęcie rozprawy doktorskiej i dopuszczenie Pani mgr Angeliki Słomskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Sopot, 02.02.2022

