

Recenzja Rozprawy Doktorskiej Pana mgr Macieja Janeckiego

pt. *Mapowanie optymalnych warunków środowiskowych dla bytowania wybranych gatunków ryb poławianych przemysłowo w rejonie Zatoki Gdańskiej z wykorzystaniem modeli numerycznych i danych pomiarowych*

Cel badań

Badania naukowe składające się na rozprawę doktorską Pana mgr Macieja Janeckiego zatytułowaną „**Mapowanie optymalnych warunków środowiskowych dla bytowania wybranych gatunków ryb poławianych przemysłowo w rejonie Zatoki Gdańskiej z wykorzystaniem modeli numerycznych i danych pomiarowych**” przeprowadzone zostały w Pracowni Modelowania Procesów Ekohydrodynamicznych Instytutu Oceanologii Państwowej Akademii Nauk w Sopocie pod kierunkiem Pani prof. dr hab. Lidii Dzierzbickiej-Głowackiej w dziedzinie nauki i technik według klasyfikacji OECD: 1.5 – Nauki o ziemi i o środowisku.

Celem przeprowadzonych badań naukowych było sprawdzenie hipotezy badawczej, zakładającej, że możliwe jest określenie optymalnych warunków środowiskowych dla bytowania wybranych gatunków ryb występujących w rejonie południowego Bałtyku (w szczególności w Zatoce Gdańskiej) oraz wskazanie obszarów występowania tych warunków przy wykorzystaniu modeli numerycznych. Badania zostały przeprowadzone w ramach projektu o nazwie *FindFISH* i wykorzystany został w nich model numeryczny Community Earth System Model (CESM), który został przystosowany i zaaplikowany dla rejonu Zatoki Gdańskiej przez Pana mgr Janeckiego. Dla potwierdzenia powyższej hipotezy badawczej sformułowane zostały następujące cele szczegółowe:

1. Scharakteryzowanie struktury i zmienności parametrów hydrodynamicznych w rejonie Zatoki Gdańskiej.
2. Zbadanie struktury pionowej wód w rejonie Zatoki Gdańskiej z dokładnym wyznaczeniem termokliny i halokliny, stanowiących bariery dla migracji ryb.
3. Scharakteryzowanie struktury i zmienności parametrów biochemicznych w rejonie Zatoki Gdańskiej oraz wpływu czynników limitujących na produkcję fitoplanktonu
4. Zastosowanie modelowania numerycznego do wskazania obszarów, na których występują optymalne warunki dla bytowania szprota, śledzia, dorsza i storni w rejonie Zatoki Gdańskiej, na podstawie preferencji środowiskowych tych gatunków.

Przedmiotem niniejszej recenzji jest ocena materiałów i metod zastosowanych do osiągnięcia powyższych celów wraz z uzyskanymi wynikami i wyciągniętymi wnioskami.

Struktura rozprawy doktorskiej

Rozprawa doktorska Pana mgr Macieja Janeckiego składa się z dwóch opublikowanych artykułów naukowych, jednego w druku oraz jednego złożonego i będącego w trakcie recenzji. Artykuły adresują każdy z powyższych celów badań w podanej kolejności. Pierwszy artykuł prezentuje charakterystykę struktury i zmienności parametrów hydrodynamicznych w rejonie Zatoki Gdańskiej przy wykorzystaniu modelu CESM z asymilacją danych satelitarnych temperatury powierzchniowej. Drugi artykuł przedstawia nowatorską metodę wyznaczania głębokości termokliny i halokliny. Trzeci artykuł zawiera analizę zmienności parametrów biochemicznych w rejonie Zatoki Gdańskiej oraz ich wpływ na produkcję pierwotną. Ostatni z artykułów, będący w trakcie recenzji, dotyczy bezpośrednio głównej hipotezy badań naukowych, mianowicie

prognozowania siedlisk wybranych gatunków ryb w Zatoce Gdańskiej. Czasopisma naukowe są indeksowane JCR i posiadają Wskaźnik Cytowań w zakresie od 2.8 do 7.1, które należy uznać za wysokie w dziedzinie oceanografii.

Wszystkie publikacje zawarte w rozprawie posiadają współautorów, a **Pan mgr Janecki** jest pierwszym i korespondencyjnym autorem we wszystkich publikacjach z wkładem na poziomie od 75% do 85%. Wszyscy współautorzy są naukowcami związanymi z IOPAN.

W prezentowanych badaniach naukowych wykorzystano wiele spośród nowoczesnych narzędzi badawczych dostępnych obecnie w dziedzinie oceanografii. Składają się na to: dane pomiarowe CTD (użyte do walidacji), dane satelitarne (użyte zarówno do asymilacji danych w modelu, jak i do walidacji) oraz model numeryczny.

Rozprawa przedstawiona przez Pana mgr Janeckiego składa się z:

1. Wykazu skrótów.
 2. Streszczenia w języku angielskim i polskim z następującymi rozdziałami:
 - Wstęp
 - Materiały i metody
 - Rezultaty i dyskusja
 - Podsumowanie.
 3. Bibliografii.
 4. Przedruków dwóch opublikowanych artykułów naukowych, jednego w druku oraz jednego w trakcie recenzji.
- 5) Oświadczeń o autorstwie.
- 6) Podziękowań.

Streszczenie w języku polskim jest bardziej szczegółowe i niniejsza recenzja skupia się na informacjach zawartych w tymże streszczeniu oraz załączonych publikacjach.

Wstęp

Wstęp do dysertacji, jak również wstęp do manuskryptu nr. 4, bardzo dobrze przedstawiają motywację, jak również korzyści płynące z zaprezentowanych badań. Przemysł rybacki boryka się obecnie z problemami zarówno natury ekonomicznej i społecznej, jak również tymi wynikającymi z negatywnego oddziaływania na środowisko. Badania naukowe podjęte przez Pana mgr Janeckiego mają potencjał do wygenerowania korzyści w postaci przeciwdziałania spadkowi rentowności rybołówstwa, np. poprzez skrócenie czasu połowu oraz optymalizację połowu poprzez zmniejszenie przyłowów. Poprawi to również warunki pracy, a tym samym bezpieczeństwo na morzu. Kolejną korzyścią jest zmniejszenie zanieczyszczenia środowiska poprzez mniejsze zużycie paliwa. Należałoby również dodać zmniejszenie ryzyka poważniejszych negatywnych skutków związanych z awariami, np. wyciekami oleju.

Pan mgr Janecki zacytował kilka publikacji powiązanych z metodologią obliczania wskaźnika przydatności siedliskowej oraz publikacji wykorzystujących logikę rozmytą, która również została wykorzystana przez Pana mgr Janeckiego w przeprowadzonych badaniach.

Ponieważ artykuł nr 4 bezpośrednio odnosi się do głównej hipotezy badawczej, zarówno we wstępie do tego artykułu, jak i dysertacji, brakuje, w mojej ocenie, komentarza **czy podobne platformy do zaprezentowanej FindFISH istnieją dla innych akwenów morskich, jaka jest ich skuteczność i odbiór przez środowisko rybackie. Kandydat jest proszony o komentarz.**

Artykuł nr 1

Artykuł nr 1 dotyczy opisu zaimplementowania modelu CESM do rejonu Zatoki Gdańskiej w celu analizy hydrodynamiki i jej zmienności w badanym rejonie. Główne założenia modelu, równania i implementacja do rejonu Zatoki Gdańskiej, włączając specyfikację warunków brzegowych są szczegółowo opisane zarówno w artykule 1, jak i rozdziale 3.2 dysertacji.

Użyty został model CESM, który służy również jako model prognostyczny dla rejonu południowego Bałtyku oraz był uprzednio wykorzystany do modelowania wód przybrzeżnych Zatoki Puckiej w Pracowni Modelowania Procesów Ekohydrodynamicznych IOPANu. Projekt siatki obliczeniowej z rozdzielczością poziomą 575 m oraz pionową 5 m wydaje się być adekwatny do analizowanego rejonu, aczkolwiek zwiększona rozdzielczość w strefach powierzchniowych oraz przydennych zwykle skutkuje dokładniejszym modelem. **Czy stworzenie takiej struktury pionowej siatki jest możliwe w modelu CESM i czy taka opcja była rozważana w procesie badawczym?** Ma to również znaczenie przy asymilacji danych oraz walidacji modelu względem danych satelitarnych, które to reprezentują górne milimetry powierzchni morza, natomiast pierwsza warstwa w prezentowanym modelu reprezentuje górne 5 m. Pan mgr Janecki odnosi się do tego zagadnienia w rozdziale 4.2.1 artykułu. **Czy zwiększona rozdzielczość przy powierzchni była brana więc pod uwagę?**

Kolejnym pytaniem dotyczącym ustawienia modelu, które nasuwa się w trakcie recenzji dotyczy specyfikacji dopływu z rzek. W części dyskusyjnej zawarta jest informacja o tym, że temperatura wody Wisły, wpadającej do Zatoki Gdańskiej ze średnim natężeniem ponad 1000 m³/s wpływa na rozkład temperatury w zatoce. **W załączonym artykule nie znajdujemy jednak informacji czy temperatura 13-tu rzek uwzględnionych w modelu jest zaimplementowana. Kandydat jest proszony o komentarz.**

Walidacja modelu została przeprowadzona względem profili CTD dostępnych z ICES i, w opinii recenzenta, model odzwierciedla profile temperatury i zasolenia w sposób satysfakcjonujący i nadaje się do dalszego rozwinięcia o moduł biochemiczny. Mam jednak kilka uwag dotyczących uzyskanych wyników oraz ich interpretacji:

1. Podczas gdy z tabeli 5 wynika, że model z asymilacją lepiej oddaje dynamikę temperatury powierzchniowej, w tabeli 6 widzimy, że nie przekłada się to na strukturę pionową. **Czy Kandydat mógłby rozwinąć komentarz do tego wyniku? Czy testowane były inne modele turbulencji?**
2. Nie jestem również przekonany do wyników zaprezentowanych na rysunku 22 i załączonego komentarza. Zagadnienie dotyczy silniejszych prądów symulowanych przez model z asymilacją w porównaniu do modelu bez asymilacji, a mających wynikać z wyższych temperatur powierzchniowych w modelu z asymilacją i drugiej zasady dynamiki. Z wyników zaprezentowanych na rysunku 22 wynika, że model z asymilacją zawsze symuluje silniejsze prądy, gdyż brak jest na skali i mapach wartości ujemnych. Jeżeli przeanalizujemy miesiąc listopad, to z rysunku 11 wynika, że temperatura powierzchniowa jest dużo niższa w modelu z asymilacją, a pomimo tego rysunek 22 wciąż sugeruje silniejsze prądy. W mojej ocenie, na rysunku 22 nie zostały porównane wartości wektorów prędkości, ale ich składowe z osobna, które następnie po obliczeniu ich wartości zawsze skutkują wartością nieujemną ($\sqrt{(x1 - x2)^2 + (y1 - y2)^2}$), co doprowadziło do błędnych wniosków na temat wpływu asymilacji danych na prądy w zatoce, według których asymilacja temperatury powierzchniowej w prezentowanym modelu, w każdym miejscu i czasie skutkuje silniejszymi prądami, co jest praktycznie niemożliwe. **Kandydat jest proszony o komentarz.**

Ostatnia drobna uwaga dotyczy tytułu artykułu nr 1, który sugeruje czytelnikowi, że analiza zmian parametrów hydrodynamicznych w Zatoce Gdańskiej została przeprowadzona na podstawie danych satelitarnych, podczas, gdy analiza ta opiera się na modelu CESM (EcoFish).

Artykuł nr 2

Drugi z artykułów składających się na dysertację prezentuje nowatorską metodę wyznaczania głębokości termokliny i halokliny w płytkich akwenach morskich, nazwaną „*Algorytmem MovSTD*”. Metoda bazuje na średniej kroczącej z odchylenia standardowego dla profili pionowych temperatury i zasolenia, a następnie przetwarza ją w celu określenia potencjalnej głębokości na której gwałtownie zmieniają się ich wartości. Motywacją do badań w tym temacie był związek termokliny z występowaniem ryb.

Metoda ta została bardzo dobrze i przejrzysto przedstawiona w artykule opublikowanym w jednym z topowych czasopism oceanograficznych. Metoda ta pozwala przeanalizować duże ilości danych i uzyskać odpowiedź w krótkim czasie i niewątpliwie stanowi spore osiągnięcie w dotychczasowej karierze naukowej Pana mgr Janeckiego.

Jedno pytanie, które nasuwa się jednakże po analizie artykułu nr 4 dotyczy tego **czy głębokości termokliny lub halokliny, zostały faktycznie użyte w platformie *FindFISH*, np. przy wyznaczaniu najkorzystniejszych warunków środowiskowych (współczynnika HSI) lub w jakikolwiek inny sposób przy użyciu algorytmu *MovSTD* (bądź innego)?**

Artykuł nr 3

Część biochemiczna modelu EcoFish została zaprezentowana w artykule nr 3 opublikowanym w czasopiśmie *Oceanologia*. Walidacja modelu została przeprowadzona w oparciu o dane *in-situ* pozyskane z bazy danych ICES. Biorąc pod uwagę zastosowanie modelu w platformie *FindFISH*, Pan mgr Janecki słusznie skupił się na walidacji tlenu rozpuszczonego oraz produkcji pierwotnej oraz analizie dynamiki i czynników limitujących tą ostatnią. Jeżeli chodzi o szerszy wachlarz wyników, to zaobserwowano podobny wpływ ograniczenia depozycji azotanów na rozkład biomasy w rozpatrywanych grupach fitoplanktonu, w szczególności intensywniejsze zakwity sinic, do tego zaobserwowanego w Zatoce Puckiej i przedstawionego w artykule Dybowski i Dzierzbicka-Głowacka 2023.

Ogólnie uzyskano zadowalające wyniki walidacyjne, aczkolwiek kilka aspektów wymaga poszerzenia o komentarz Doktoranta.

Jeżeli chodzi o specyfikację depozycji substancji biogennych z rzek, to czy stężenia tych substancji były ustawione na stałym poziomie czy zmiennym? Z artykułu wynika, że na stałym. Czy takie podejście jest realistyczne i jak przekłada się na wiarygodność otrzymanych wyników? Na przykład, jeżeli stężenia tych substancji w rzekach, a w szczególności w Wiśle, są znacząco zmienne sezonowo, to może to mieć duży wpływ na dynamikę fitoplanktonu, szczególnie w okresach zwiększonej produkcji pierwotnej. Warto zwrócić uwagę na jedynie średnio dobrą walidację modelu dla azotanów (rozdział 3.2 artykułu). Być może przyczyna leży w braku zmienności stężenia azotanów w dopływających rzekach.

Przyglądając się następnie walidacji pozostałych substancji biogennych, nietrudno zauważyć dość słabe wyniki otrzymane dla krzemianów. Biorąc pod uwagę wyniki otrzymane dla całego analizowanego okresu, podczas gdy współczynnik korelacji jest dość wysoki (jak na standardy modeli biochemicznych), to już błąd średniokwadratowy wydaje się być bardzo wysoki. Przekracza on wartość 10 mmol m^{-3} , czyli jest on w pobliżu maksymalnego stężenia krzemianów w wodach

powierzchniowych zatoki, obserwowanego w okresie zimowym. Biorąc pod uwagę ten wynik, **Doktorant jest proszony o rozwinięcie komentarza do uzyskanych wyników walidacyjnych i poddanie ich dalszej krytycznej analizie, np. jak mają się wartości uzyskanych błędów średniokwadratowych do odchyłeń standardowych.** Brak w załączniku tabel S1 do S5, do których odnoszony jest czytelnik, uniemożliwia pełną weryfikację walidacji przez recenzenta. **Jak uzyskane wyniki dotyczące stężeń substancji biogennych wpływają na wiarygodność modelowanej produkcji pierwotnej?**

Analizując dalej modelowane stężenia substancji biogennych widzimy, że stężenia fosforanów są generalnie przeszacowane, natomiast krzemianów niedoszacowane. Brak tabel S1 do S5, uniemożliwia ocenę w jak dużym stopniu. Rysunek 22 sugeruje, że limitujący wpływ fosforanów na produkcję pierwotną jest niewielki (wartość współczynnika limitującego spada minimalnie do ok. 0.85 w miesiącu wrześniu). **Jak duży byłby limitujący wpływ fosforanów, gdyby ich stężenie nie było przeszacowane?**

Jeżeli chodzi o limitujący wpływ krzemianów na produkcję pierwotną okrzemek, to z rysunku 22 dowiadujemy się, że jest on praktycznie zerowy, a dodatkowo stężenie krzemianów jest w modelu niedoszacowane. Rozpatrując jedynie substancje biogenne, widzimy, że nieporównywalnie największy limitujący wpływ na produkcję pierwotną zarówno okrzemek jak i drobnego fitoplanktonu ma stężenie azotanów, a w przypadku sinic żadna z substancji biogennych nie limituje ich wzrostu. **W świetle tych wyników nasuwa się zatem pytanie, czy w celu osiągnięcia przedstawionych w dysertacji celów badawczych w ogóle niezbędne jest modelowane fosforanów i krzemianów?** Pominięcie ich w modelu pozwoliłoby zaoszczędzić zarówno czas jak i koszty. **Czy opublikowane dotychczas badania naukowe potwierdzają zdecydowaną dominację azotanów jako substancji biogennej limitującej produkcję pierwotną w Zatoce Gdańskiej?**

W świetle powyższego, ostatnie pytanie dotyczące produkcji pierwotnej. **Skoro *EcoFish* systematycznie przeszacowuje azotany, z jakich zatem powodów stężenie chlorofilu jest systematycznie niedoszacowane?**

Artykuł nr 4

Finalny artykuł dysertacji prezentuje *Moduł Fish*, który jest głównym składnikiem Platformy Transferu Wiedzy – *FindFISH*, wraz ze szczegółami wyznaczania współczynnika HSI orzy użyciu logiki rozmytej. Platforma jest innowacyjnym produktem i z pewnością stanowi duże osiągnięcie w dotychczasowej karierze naukowej Kandydata. **Czy podobne platformy istnieją dla innych akwenów morskich i jaka jest ich skuteczność i odbiór?**

Jednym z wniosków wyciągniętych przez Pana mgr Janeckiego jest zaobserwowanie słabego trendu wskazującego na wzrost wydajności połowu wraz ze wzrostem HSI. Trend ten trudny jednak jest do zaobserwowania na rysunku 16. **Kandydat jest proszony o przedstawienie bardziej szczegółowej analizy tego trendu, najlepiej przy użyciu narzędzi statystycznych.** Jeżeli chodzi o szprota, to widzimy, że największa wydajność połowowa została osiągnięta wręcz przy najniższej wartości HSI. Recenzent ma jednocześnie świadomość jak trudnego zadania, jakim jest mapowanie optymalnych warunków siedliskowych poszczególnych gatunków ryb, podjął się Kandydat. We wstępie do artykułu stwierdzono, że metody wyznaczania HSI wymagają dobrej wiedzy na temat preferencji analizowanych gatunków. **Czy biolodzy morscy opisują takie warunki dla analizowanych gatunków w Zatoce Gdańskiej lub innych akwenach i czy dokonano przeglądu literatury w tym zakresie?**

Recenzent ma również świadomość, że prezentowana platforma została wdrożona niedawno i jej odbiór przez środowisko rybackie oraz jego zarówno obiektywna jak i subiektywna walidacja, będą możliwe dopiero

na przestrzeni kolejnych kilku lat. Jednak w świetle rekomendacji zamieszczonej w artykule, mianowicie zalecającej wybór tras połowowych charakteryzujących się minimalną wartością HSI 0.5 dla śledzia i szprota oraz 0.4 dla dorsza, widzimy na rysunku 16, że spośród kilkuset przeanalizowanych wypraw na przestrzeni kilku lat tylko kilka charakteryzuje się niższymi współczynnikami. **Czy nie istnieje obawa, że rybacy znają miejsca, gdzie mogą liczyć na dobry połów bez korzystania z platformy? Czy w opinii Kandydata uzasadnione są dalsze badania prowadzące do wzmocnienia zależności HSI i efektywności połowów, np. poprzez rewizję założeń przyjętych w modelu logiki rozmytej? W nawiązaniu do powyższego pytania, dlaczego w procesie wyznaczania HSI użyto danych z modelu z innego okresu czasu (2016-2020) niż dane z połowów (2018-2022)?**

Oprócz walidacji rekomendowanej przez Kandydata, gdzie rybacy dokonywaliby połowów z i bez wsparcia FindFISH, użyteczna byłaby również „ślepa” walidacja systemu na podstawie danych kilkuletnich z innego okresu czasu przed powstaniem FindFISH. **Czy dane potrzebne do takiej walidacji są dostępne? Czy dwie wyprawy zaprezentowane w artykule, jedna z wysoką wydajnością, a druga z niską, wchodziły w skład wypraw, na podstawie których wyznaczono HSI?**

Finalne pytanie do kandydata to prośba o komentarz, czy prezentowany system jest transferowalny do innych obszarów Morza Bałtyckiego bez konieczności analizy HSI?

Podsumowanie

Pan mgr Maciej Janecki prawidłowo sformułował szczegółowe cele badawcze prowadzące do weryfikacji głównej hipotezy badawczej oraz narzędzia i metody w celu ich przeprowadzenia. Cele szczegółowe 1-3 zostały osiągnięte, natomiast cel 4 został osiągnięty częściowo.

Podczas gdy udało się wskazać obszary występowania optymalnych warunków dla trzech gatunków analizowanych ryb, nie udało się wskazać takich obszarów dla czwartego gatunku. Ponadto związek pomiędzy wartością współczynnika najkorzystniejszych warunków środowiskowych, HSI, a wydajnością połowu nie jest, w opinii recenzenta, czytelny. Udało się natomiast wskazać wartości progowe HSI, powyżej których przebiegały trasy zdecydowanej większości analizowanych wypraw połowowych, jednakże z różną wydajnością połowową. Pozwala to założyć, że rybacy z wieloletnim doświadczeniem znają miejsca występowania określonych gatunków ryb.

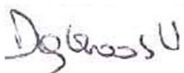
Pomimo tego, prezentowany system FindFISH jest produktem wysoce innowacyjnym, którego walidacja w przypadku braku danych historycznych, które nie weszły w skład danych użytych w procesie jego tworzenia, będzie możliwa dopiero na przestrzeni kolejnych kilku lat. Ponadto, jeżeli współpracujący rybacy będą dostarczać niezbędnych danych, system ten może być cyklicznie udoskonalany. Ważnym elementem walidacji będzie proces konsultacji z rybakami, którzy zdecydują się korzystać z systemu FindFISH i będą gotowi do modyfikacji swoich tras połowowych w oparciu o współczynnik HSI.

Ocena końcowa

Podsumowując tematykę opiniowanej rozprawy doktorskiej Pana mgr Macieja Janeckiego jednoznacznie stwierdzam, iż oceniana praca wnosi istotny wkład w rozwój dziedziny oceanografii, a tym samym spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim wynikające z „Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki” (Dz.U. z 14 marca 2003 r. Nr 65, poz. 595) i wnioskuję do Rady Naukowej Instytutu Oceanologii Polskiej Akademii Nauk o dopuszczenie Pana mgr Macieja Janeckiego do dalszych etapów postępowania.

Biorąc pod uwagę element wdrożeniowy w przedłożonej dysertacji w postaci platformy *FindFISH*, jej wysoki poziom innowacyjności oraz potencjał do realnego wsparcia sektora rybołówstwa zarówno w wymiarze ekonomicznym, jak i oddziaływania na środowisko, wnioskuję do Rady Naukowej Instytutu Oceanologii Polskiej Akademii Nauk o wyróżnienie rozprawy doktorskiej Pana mgr Macieja Janeckiego.

Z poważaniem,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Dąbrowski'.

dr inż. Tomasz Dąbrowski