

dr hab. Agnieszka Herman, prof. UG  
Instytut Oceanografii, Uniwersytet Gdański  
Al. Piłsudskiego 46, 81-378 Gdynia  
e-mail: [oceagah@ug.edu.pl](mailto:oceagah@ug.edu.pl)

Gdynia, 9 stycznia 2019 r.

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Agnieszki Promińskiej  
pt. „Dynamika międzyletnich i sezonowych zmian temperatury, zasolenia  
oraz prądów morskich w fiordzie Hornsund, Spitsbergen”**

***Struktura i ogólna problematyka pracy***

Przedstawiona mi do oceny rozprawa doktorska Pani mgr Agnieszki Promińskiej jest podzielona na 7 rozdziałów, obejmuje 114 stron, zawiera 22 tabele i 50 rysunków.

W pierwszych dwóch rozdziałach zawarty jest wstęp do poruszanej tematyki i przegląd literatury, przedstawiony jest także cel i zakres pracy. W rozdziale trzecim opisano obszar badań, występujące na nim prądy morskie oraz masy wodne, a także procesy kształtujące cyrkulację i strukturę mas wodnych. Rozdział ten jest podzielony na dwie części: pierwsza dotyczy szerszego obszaru szelfu zachodniego Spitsbergenu, a druga – fiordu Hornsund. W rozdziale czwartym zawarty jest opis danych oraz metod ich analizy. Opisano źródła danych pomiarowych *in situ* oraz danych opisujących czynniki oceaniczne i atmosferyczne wpływające na cechy mas wodnych, metody wstępnej obróbki tych danych, metody klasyfikacji mas wodnych, podano także definicje wielkości fizycznych analizowanych w dalszej części pracy. Rozdział piąty, poświęcony analizie wyników, podzielony jest na 5 części. Najbardziej obszerna z nich dotyczy analizy sezonowej zmienności właściwości wody morskiej na szelfie oraz w Hornsundzie. Pozostałe części dotyczą średnich właściwości mas wodnych w Hornsundzie oraz ich czasowego i przestrzennego zróżnicowania, jak również analizy wpływu czynników atmosferycznych i oceanicznych na obserwowaną zmienność wód w Hornsundzie. Dyskusja oraz wnioski zawarte są w rozdziałach, odpowiednio, 6 oraz 7.

Układ pracy jest poprawny i logiczny, i w naturalny sposób odpowiada zawartej w niej treści.

Jak zostało już wspomniane, praca dotyczy cyrkulacji i struktury mas wodnych w rejonie szelfu zachodniego Spitsbergenu oraz w obrębie fiordu Hornsund. Obiektem analizy są podstawowe właściwości mas wodnych na analizowanych obszarach – temperatura, zasolenie i gęstość wody

oraz wielkości „pochodne”, jak np. zawartość ciepła oraz wody słodkiej w kolumnie wody – a poruszane w pracy zagadnienia dotyczą przestrzennej i czasowej zmienności cech mas wodnych, zarówno w skali sezonowej, jak i wieloletniej (długość szeregów czasowych, na podstawie których przeprowadzono analizę, wynosi 17 lat). Istotnym elementem pracy jest analiza związków pomiędzy obserwowanymi zmianami struktury i cyrkulacji mas wodnych a zachodzącymi na obszarach wokół Spitsbergenu procesami oceanicznymi i atmosferycznymi. Zależności te są niezwykle złożone, obejmują cały szereg skomplikowanych sprzężeń zwrotnych oraz bardzo szeroki zakres skal przestrzennych i czasowych. Ich zrozumienie jest bardzo istotne zarówno z praktycznego, jak i czysto naukowego punktu widzenia. Do praktycznych aspektów tych zagadnień należy np. możliwość poprawy jakości modeli numerycznych oceanu oraz atmosfery. Naukowa wartość analizowanych zagadnień wynika ze specyfiki badanego obszaru. Jeśli chodzi o atmosferę, jest to bardzo dynamiczny rejon ścierania się mas powietrza o różnych właściwościach, jeśli chodzi o ocean – obszar, na którym przepływy kształtowane są przez czynniki atmosferyczne (wiatr, ogrzewanie/ochładzanie mas wodnych na powierzchni), tworzenie się i zanikanie pokrywy lodowej, skomplikowaną topografię dna i ukształtowanie linii brzegowej oraz gradienty ciśnienia związane ze znacznymi poziomymi gradientami gęstości wody w strefach licznych frontów oceanicznych. Problematyka pracy jest więc niewątpliwie bardzo istotna, a badanie poruszanych w niej zagadnień – zarówno na podstawie danych obserwacyjnych (jak w recenzowanej pracy), jak i modeli teoretycznych i numerycznych, jest interesujące i ważne.

Jak wspomniano wyżej, główna część pracy, dotycząca analizy i dyskusji wyników (rozdziały 5 i 6), obejmuje kilka odrębnych, choć powiązanych ze sobą grup zagadnień. Pierwsza z nich obejmuje sezonową zmienność cech mas wodnych oraz przepływów na szelfie zachodniego Spitsbergenu (analiza na podstawie danych z mooringów z lat 2010–2013 na wejściu do fiordu Hornsund) oraz sezonową zmienność pionowej struktury kolumny wody w głównym basenie Hornsundu (analiza na podstawie uśrednionych danych z lat 2011–2015 z okresu od kwietnia do września). Autorka wykorzystuje te profile do analizy sezonowej zmienności ciepła i zawartości wody słodkiej, a także do identyfikacji mas wodnych na profilu w poprzek fiordu. Część druga, bardzo krótka, opisuje średnie długookresowe (z lat 2001–2017) właściwości wód w Hornsundzie latem (w lipcu) na profilu biegnącym wzdłuż fiordu. Opis ten jest punktem wyjścia do analizy w części trzeciej, która dotyczy zmienności cech mas wodnych w badanym okresie i jest przeprowadzona na podstawie diagramów  $\theta S$ , statystyk  $T$  i  $S$  w wybranych częściach fiordu oraz przekrojów anomalii tych wielkości. Jest to podstawą do zawartej w części czwartej analizy przestrzennego rozmieszczenia mas wodnych w kolejnych sezonach oraz wyznaczenia indeksów mas wodnych, opisujących procentowy udział tych mas na badanym przekroju. Wreszcie część ostatnia, moim zdaniem najbardziej interesująca, dotyczy związków pomiędzy obserwowaną zmiennością struktury mas wodnych a wybranymi czynnikami

oceanicznymi i atmosferycznymi oraz lodem morskim. Przedstawiono m.in. współczynniki korelacji pomiędzy tymi czynnikami a indeksami mas wodnych i ich temperaturą i zasoleniem.

Część wyników przedstawionych w pracy została opublikowana w dwóch artykułach, w czasopismach *Polar Research* oraz *Oceanologia*. Doktorantka jest pierwszym autorem w obu tych artykułach.

Zanim przejdę do oceny merytorycznych aspektów pracy, chciałabym podkreślić jej aspekty stylistyczne i językowe. Pomimo pewnej ilości błędów i niedociągnięć (w większości przypadków raczej drobnych; na część z nich zwracam uwagę w dalszej części tej recenzji), tekst czyta się bardzo płynnie i w związku z tym przyjemnie. Zasługuje to na podkreślenie tym bardziej, że niektóre fragmenty tekstu – jak piszę w punkcie 1 poniżej – są, zdawałoby się, dość nużącym spisem wartości temperatury i zasolenia mas wodnych w różnych okresach czasu i lokalizacjach. Pomimo to Doktorantce udało się napisać nawet te fragmenty w sposób – pozwolę sobie użyć bardzo potocznego określenia – „nadający się do czytania”. Zarówno wstęp, jak i dyskusja pracy napisane są bardzo dobrze, są ciekawe i uporządkowane (pomimo znacznej liczby przewijających się przez dyskusję wątków), co świadczy nie tylko o umiejętnościach Autorki posługiwania się ładnym, zgrabnym językiem, ale również o tym, że swobodnie porusza się ona w analizowanych zagadnieniach, a całość pracy jest dobrze przemyślana.

### ***Merytoryczna ocena pracy***

1. W pracy przedstawiono bardzo szczegółowy opis analizowanych danych. Z jednej strony, szczegółowość ta jest niewątpliwą zaletą pracy. Świadczy o tym, że Doktorantka doskonale zna najdrobniejsze detale danych, z którymi pracuje, i pozwala wierzyć, że wszystkie etapy analizy zostały przeprowadzone rzetelnie i dokładnie. Z drugiej jednak strony, wiele fragmentów tekstu stanowi po prostu niezwykle detaliczny opis zawartości rysunków i tabel, co sprowadza się do długiej „litanii” liczb, które same w sobie niewiele wnoszą do sprawy. Informacja o tym, że np. temperatura wody w jakimś punkcie w danej chwili w czasie wynosiła tyle-to-a-tyle, a w innym czasie była o tyle-to-a-tyle wyższa, jeśli jest widoczna na wykresach i w tabelach, nie musi być powtarzana w tekście. Co więcej, nie ma to większego znaczenia bez wskazania, dlaczego podane liczby są istotne lub bez interpretacji, co te zmiany oznaczają, z czego mogą wynikać itd. Uważam, że fragmenty pracy zawierające opis zmienności przedstawionych na rysunkach wielkości fizycznych mogłyby być znacznie skrócone, natomiast analiza zależności pomiędzy tymi zmiennymi oraz interpretacja tych zależności rozbudowana.
2. Z komentarzem w poprzednim punkcie wiąże się wrażenie, jakie odniosłam przy czytaniu pracy, że Doktorantka znacznie więcej uwagi przywiązuje do opisu samej zmienności cech mas wodnych na analizowanym obszarze niż do przyczyn tej zmienności. Jest to oczywiście

kwestia subiektywna, ale moim zdaniem zdecydowanie najbardziej interesująca tabela w całej pracy – ta zawierająca współczynniki korelacji pomiędzy zmiennymi charakteryzującymi warunki w Hornsundzie a kształtującymi je czynnikami oceanicznymi i atmosferycznymi – została umieszczona w załączniku na samym końcu pracy, podczas gdy w tekście głównym znalazło się wiele tabel (np. 4 – 9) z informacją mniej istotną dla całości wyводу i zrozumienia jego treści. W rozdziale 5.5.1 większość miejsca jest poświęcona sposobom wyznaczania stref frontalnych oddzielających AW od ArW, a rysunki 41 i 42, ilustrujące wspomniane korelacje, zostały skwitowane pojedynczymi zdaniami. Podobnie w (bardzo krótkim!) rozdziale 5.5.2, większość jego treści dotyczy wyznaczania długości sezonu zimowego itp., a otrzymane korelacje analizowanych zmiennych z temperaturą powietrza są skomentowane dosłownie dwoma niezbyt długimi zdaniami. To samo dotyczy korelacji związanych ze zlodzeniem. Owszem, Doktorantka wraca do tych zagadnień w dyskusji w rozdziale 6, ale mimo to wydaje mi się, że zasługują one na więcej miejsca. Pytania zaczynające się od „dlaczego...” zawsze są bardziej interesujące od tych rozpoczynających się od „jak...”.

3. Wśród czynników wpływających na zmienność hydrografii analizowanego obszaru Doktorantka wyróżnia czynniki oceaniczne, atmosferyczne oraz „lokalne”. Ostatnie z tych określeń, pod którym Autorka umieszcza zlodzenie, jest mylące, gdyż rozpatrywane czynniki atmosferyczne obejmują wyłącznie lokalne warunki (patrz dalej), a zlodzenie rozpatrywane jest nie tylko wewnątrz fiordu, lecz również na stosunkowo dużym obszarze na południe od Spitsbergenu. Co istotniejsze jednak, w przeprowadzonej analizie jest bardzo wyraźna asymetria pomiędzy tymi trzema grupami czynników. Autorka poświęca bardzo wiele uwagi pierwszym, a bardzo niewiele pozostałym. Wśród czynników atmosferycznych brana jest pod uwagę jedynie temperatura powietrza (pomimo tego, że w rozdziale 4.4.2, gdzie opisane są wykorzystywane dane, jest mowa również o prędkości wiatru). Ponadto, są to wartości temperatury mierzone lokalnie na Polskiej Stacji Polarnej, które niekoniecznie są reprezentatywne dla szerszego obszaru i niekoniecznie stanowią dobrą „miarę” sytuacji synoptycznej w badanym rejonie. Byłoby niezwykle interesujące – i niezbyt skomplikowane oraz pracochłonne! – rozszerzyć przedstawioną analizę o korelacje temperatury/zasolenia/indeksów mas wodnych z indeksami cyrkulacji atmosferycznej na badanym obszarze. Oczywiście cyrkulacja ta jest niewątpliwie skorelowana z lokalną temperaturą powietrza, a także z omawianymi w pracy „czynnikami oceanicznymi”, ale dałoby to znacznie szerszy obraz oraz możliwość interpretacji wyników w szerszym kontekście trendów klimatycznych w rejonie Spitsbergenu i północnego Atlantyku (są one dość dobrze opisane w literaturze). Zastanawiam się, czy wspomniana asymetria w przeprowadzonej analizie była świadomym zabiegiem Autorki pracy – i jeśli tak, jakie przesłanki za tym przemawiały. Czy są jakieś argumenty pozwalające założyć *a priori*, że czynniki oceaniczne są istotniejsze? Czy wybór podyktowany był dostępnością danych?

A może po prostu faktem, że Doktorantka swobodniej „czuje się” w problematyce oceanograficznej niż meteorologicznej?

4. W pracy bardzo przydałaby się mapa topografii dna Hornsundu. Na Rys. 3 Autorka zamieściła mapę rozmieszczenia stacji pomiarowych, na Rys. 4 – krzywą hipsometryczną fiordu, jednak dla właściwego zrozumienia wielu aspektów pracy informacja o przestrzennym zróżnicowaniu głębokości wody jest znacznie bardziej istotna niż „zbiorcza” informacja w postaci krzywej hipsometrycznej. Jak Autorka sama pisze w tekście, obecność progów podwodnych lub ich brak ma decydujący wpływ na cyrkulację i wymianę wód, a więc i na czasowo-przestrzenną strukturę mas wodnych w fiordach Spitsbergenu. Częściową informację o topografii dna można uzyskać z zamieszczonych w pracy przekrojów pionowych wzdłuż sekcji, na których prowadzone były pomiary, ale mapa topografii dna znacznie ułatwiłaby czytanie pracy.
5. Przedstawiony w podrozdziale 3.1.4 opis Spitsbergeńskiego Prądu Rynnowego dotyczy bardzo interesujących – i istotnych – procesów, ale zostały one potraktowane przez Autorkę bardzo ogólnikowo. O jakie konkretnie kierunki wiatru chodzi i jakie zmiany poziomu morza są korzystne dla opisywanych zjawisk? Czy istotny jest wiatr lokalny, czy raczej ogólna sytuacja synoptyczna? Jaki jest związek tych zjawisk z tymi, które są opisane w następnym podrozdziale (3.1.5), gdzie mowa jest głównie o roli topografii dna w kształtowaniu WSC?
6. Doktorantka bardzo niekonsekwentnie i niepoprawnie używa określeń „parametr” oraz „zmienna”. Analizowane w pracy wielkości fizyczne, takie jak temperatura czy zasolenie wody, to *zmiennie*, a nie *parametry*. Parametry to (często dobierane w procesie kalibracji itp.) współczynniki występujące w funkcjach obok zmiennych – np. w równaniu regresji  $y = ax + b$ ,  $x$  i  $y$  to zmienne, natomiast  $a$  i  $b$  to parametry. Nawet, jeżeli Autorka z jakiegoś powodu preferuje inną konwencję niż ta ogólnie przyjęta, należałoby stosować ją konsekwentnie. W przeciwnym wypadku powstają dość dziwne twory, jak np. u dołu str. 26, gdzie pada stwierdzenie: „przy obliczeniach średnich wartości parametrów zmiennych użyto...”
7. W rozdziale 4.2 Doktorantka bardzo pobieżnie wspomina o interpolacji danych pomiarowych z poszczególnych profili w dwuwymiarowej przestrzeni ( $x, z$ ), wspominając jedynie, że interpolacja ta została przeprowadzona metodą krigingu. Czy testowane były inne metody? Dlaczego wybrano właśnie tę? Czy wybrana metoda posiada jakieś parametry, a jeżeli tak, jak je dobrano? Jak uzupełniano braki w danych? Jaką rolę odgrywał fakt, że krok siatki w kierunku poziomym (0.5 km) jest 500 razy większy niż w kierunku pionowym (1 m)? Najważniejsze pytanie: czy wyniki interpolacji były czułe na modyfikacje metody/parametrów interpolacji? Czy Doktorantka podjęła próbę oceny błędów, jakimi obarczone są te wyniki? Ponieważ interpolowane pola temperatury, zasolenia i innych analizowanych zmiennych – oraz dokonana na ich podstawie identyfikacja mas wodnych –

są jednym z głównych efektów pracy, należałoby tym technicznym szczegółom poświęcić trochę więcej miejsca.

8. W jaki sposób wyznaczono średnie dobowe prędkości prądów, analizowane m.in. w rozdziale 5.1.1? Na obszarach pływowych, gdzie nie tylko prędkość, ale i kierunek prądu ulega znacznym zmianom w ciągu cyklu pływowego, średnia dobowa prędkość prądu ma często niewielką wartość, ale jest wynikiem sumowania prędkości chwilowych o znacznych wartościach i przeciwnych znakach, a co za tym idzie jest niezwykle czuła na sposób uśredniania, krok czasowy i wszelkie błędy pomiaru. Ponadto, okres jednej doby nie jest oczywiście całkowitą wielokrotnością okresu pływu, co może mieć znaczący wpływ na wartość średnią. Uśrednianie w ciągu doby pływowej wydaje się w tym wypadku bardziej poprawne. Czy aspekty te uwzględniono przy wyznaczaniu wartości średnich analizowanych w pracy? Czy mooringi, z których pochodzą pomiary, położone są w miejscach silnych prądów pływowych? Jakie były chwilowe amplitudy prądów zmierzone w tych lokalizacjach?
9. Bardzo interesującym aspektem otrzymanych wyników jest, po pierwsze, bardzo znaczna zmienność międzyletnia warunków hydrograficznych w Hornsundzie, a po drugie, brak istotnych statystycznie trendów wielu analizowanych wielkości, połączony z dodatnim trendem ich *zmienności*. Wskazuje to m.in., że identyfikacja ewentualnych trendów w cyrkulacji i strukturze mas wodnych na badanym obszarze jest niezwykle trudna i wymaga długich szeregów czasowych – co podkreśla istotność długoterminowych pomiarów, jak te wykorzystywane w recenzowanej pracy.

### ***Uwagi szczegółowe***

- Rys. 1: brakuje opisu oznaczeń (strzałki, symbole itd.) na obu mapach.
- Str.9, linie 4-5: „...ochładza się i wysładza w wyniku częściowej utraty ciepła do atmosfery” – niefortunne sformułowanie, bo oczywiście utrata ciepła wysładzania nie powoduje.
- Str.9, ostatnie zdanie rozdziału 3.1.1 jest mało precyzyjne. Rozumiem, że chodzi o zmienność w czasie?
- Rys.2: Mapa temperatury jest zamieszczona dwa razy, a mapy zasolenia brak!
- Str. 16, ostatni paragraf rozdziału 3.2.1: „... na powierzchni cyrkulacja wody odbywa się zgodnie z ruchem wskazówek zegara, natomiast przy dnie woda cyrkuluje w kierunku przeciwnym”. Co jest przyczyną przeciwnych kierunków cyrkulacji w tych dwóch warstwach? Jak kierunek cyrkulacji w warstwie powierzchniowej ma się do tego, że w skali całego fiordu woda wpływa brzegiem południowym, a wypływa brzegiem północnym (cyrkulacja w kierunku przeciwnym do kierunku ruchu wskazówek zegara)?
- Drobną uwagę dotyczącą odmiany nazwisk autorów prac cytowanych w tekście: w wielu miejscach nazwiska są w mianowniku (np. na str. 17: „W pracy Marsz i Styszyńska (2013)

autorzy przeanalizowali...”) i/lub forma czasownika w zdaniu nie uwzględnia faktu, że autorów było wielu (np. na str. 18: „... Cisek i in. (2017) podaje...”).

- Str. 18, ostatnie zdanie rozdziału 3.2.2: „Średnia roczna [...] jest prawie dwukrotnie wyższa i wynosi  $-2.34^{\circ}\text{C}$ ”. Porównywanie w ten sposób temperatury podanej w stopniach Celsjusza to „szkolny” błąd, który wręcz nie przystoi w doktoracie!
- W Tab. 2 (str. 24) częstotliwości podane są w sekundach.
- Str. 25: Czy pod określeniem „wyrównanie danych [...] względem ciśnienia” należy rozumieć interpolację w pionie na zadane poziomy ciśnienia?
- Str. 26: Autorka pisze, że „wszystkie parametry obliczone [zostały] w standardzie EOS-80”. Jak to się ma do informacji na str. 25, gdzie mowa o standardach ITS-90, PSS-78 i TEOS-10?
- We wzorach (7) i (8) na str. 29 brakuje definicji wykorzystanych tam symboli.
- W opisie w rozdziale 4.4.1 przyjęto bardzo niefortunne oznaczenia wykorzystywanych tam wielkości. Poziome gradienty temperatury i zasolenia oznaczono przez  $T_g$  oraz  $S_g$ , co wygląda jak iloczyn  $T$  (lub  $S$ ) i przyspieszenia ziemskiego. W przypadku stosowania oznaczeń wieloliterowych należy korzystać z indeksów (wyjątkiem są ogólnie przyjęte oznaczenia w postaci skrótów, jak np. stosowana w pracy FWC – co, tak na marginesie, powinno być zapisywane czcionką normalną, a nie pochyłą). Jeszcze bardziej razi zapis  $T_m - std/2$  itd. Jest to po prostu matematycznie niepoprawne.
- Jak konkretnie zdefiniowany jest indeks DFI (rozd. 4.4.3)? Jak dokładnie należy rozumieć to, że bierze on „pod uwagę zarówno czasowy jaki i przestrzenny zasięg pokrywy lodowej”? Jak rozumiem, indeks ten uwzględnia tylko stały lód brzegowy (*fast ice*), a nie pak lodowy, który również może być obecny w fiordzie?
- Na Rys. 47 brak paneli c, d i e. Ponadto, opis od rysunkiem dotyczący paneli a i b – o ile dobrze rozumiem – nie odpowiada zawartości tych paneli. Czy po prostu podpis pod rysunkiem jest niewłaściwy, czy też część rysunku gdzieś „zniknęła”?

### **Uwagi końcowe**

Zgodnie z wymaganiami ustawowymi, stawianymi rozprawom doktorskim, prace te powinny „stanowić oryginalne rozwiązanie problemu naukowego [...] oraz wykazywać ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w danej dyscyplinie naukowej”. Moim zdaniem, praca doktorska Pani mgr Agnieszki Promińskiej spełnia te dwa kryteria. Poza wymienionymi w tej recenzji merytorycznymi wartościami pracy na podkreślenie zasługuje fakt, że Doktorantka brała czynny udział w pracach pomiarowych, których wyniki zostały wykorzystane w pracy. Nie znajduje to bezpośredniego odzwierciedlenia w treści, ale przygotowanie niniejszej rozprawy doktorskiej wymagało analizy różnego typu surowych danych pomiarowych, a więc, obok teoretycznej wiedzy dotyczącej analizowanych procesów, również praktycznych umiejętności związanych

z przetwarzaniem danych. Uważam również, że otrzymane dane i wyniki posiadają potencjał do dalszego ich wykorzystania w badaniach oceanograficznych rejonu Hornsundu.

W świetle wszystkich powyższych argumentów stwierdzam, że przedstawiona mi do recenzji rozprawa doktorska Pani mgr Agnieszki Promińskiej spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim (zgodnie z ustawą z dnia 14 marca 2003., Dz. Ustaw nr 65, poz. 595, z późniejszymi zmianami) i stawiam wniosek o dopuszczenie Doktorantki do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



dr hab. Agnieszka Herman, prof. UG  
Instytut Oceanografii Uniwersytetu Gdańskiego