

Gdańsk, 17 lipca 2019 r.

Dr hab. inż. Rafał Ostrowski
Instytut Budownictwa Wodnego PAN

Recenzja
rozprawy doktorskiej magistra Artura Nowickiego
Międzyletnia zmienność przybrzeżnego upwellingu w Bałtyku określona na podstawie modeli numerycznych oraz danych satelitarnych

Niniejsza recenzja została sporządzona w odpowiedzi na pismo DS/893/19 z dnia 1 lipca 2019 r. podpisane przez dr. hab. Sławomira Sagana, profesora IO PAN, Zastępcę Dyrektora ds. Naukowych Instytutu Oceanologii PAN.

Recenzowana praca doktorska została przygotowana w Instytucie Oceanologii PAN w Sopocie pod kierunkiem prof. dr hab. Lidii Dzierzbickiej-Głowackiej. Rozprawę doktorską stanowi cykl 4 publikacji, których współautorem jest Pan mgr Artur Nowicki. Przedłożone do recenzji opracowanie zawiera – obok odnośnych publikacji – wykaz skrótów oraz streszczenie w języku polskim i angielskim, a także spis cytowanej literatury („References”), jak również – w języku angielskim – oświadczenia pozostałych współautorów („Authorship statements”) i podziękowania („Acknowledgements”). Do opracowania tego, liczącego 80 stron, załączono płytę CD-R z plikiem „Full PhD Thesis.pdf” zawierającym wszystkie ww. elementy rozprawy oraz z plikiem „Artur Nowicki cv.pdf” zawierającym życiorys Autora.

Temat rozprawy dotyczy zjawiska przybrzeżnego upwellingu pojawiającego się w Morzu Bałtyckim, a konkretnie możliwości jego wiarygodnego modelowania teoretycznego. Owa wiarygodność jest w pracy badana głównie za pomocą danych satelitarnych. Cele rozprawy Autor definiuje jako poszerzenie wiedzy na temat bałtyckiego upwellingu oraz stworzenie narzędzia do prognozowania tego zjawiska.

Jak wiadomo, Bałtyk jest jednym z największych na świecie zbiorników wód słonych, charakteryzujący się intensywnym i relatywnie stałym dopływem wód słodkich oraz nieregularnym dopływem wód słonych. Z drugiej strony, Morze Bałtyckie jest relatywnie małym akwenem, o nieregularnej linii brzegowej, co sprzyja występowaniu różnych zjawisk hydrodynamicznych w różnych jego miejscach, zależnie od oddziałujących wymuszeń meteorologicznych. Jednym z takich zjawisk jest upwelling, występujący prawie zawsze w jakimś rejonie Bałtyku pod warunkiem wiatru wiejącego z wystarczającą prędkością przez wystarczająco długi czas. Upwelling pojawia się w morskiej strefie brzegowej jako wstępujący prąd wodny skierowany od dna ku powierzchni, kompensujący odpływ wód powierzchniowych w stronę morza. Ponieważ woda w warstwie przydennej jest z reguły zimniejsza od wód powierzchniowych, najefektywniejsza metoda detekcji upwellingu sprowadza się do pomiarów temperatury wody powierzchniowej. Identyfikacja procesu upwellingu następuje w toku przestrzenno-czasowej analizy pól temperatury wody powierzchniowej. Pojawienie się w strefie przybrzeżnej chłodniejszej wody, zwykle bardziej natlenionej i bogatszej w składniki pokarmowe, ma istotne znaczenie dla funkcjonowania ekosystemu. Praca doktorska Pana Artura Nowickiego wpisuje się w długi szereg badań tego zagadnienia, nie tylko interesującego z poznawczego punktu widzenia, ale również ważnego dla gospodarki morskiej.

Krótką charakterystyka pracy

Stanowiące rozprawę cztery publikacje, których pierwszym (a zarazem głównym) autorem jest Doktorant, dotyczą kilku aspektów działania modelu hydrodynamicznego 3D

CEMBS (3D Coupled Ecosystem Model of the Baltic Sea), w tym asymilacji danych, dokładności wyznaczania temperatury i zasolenia oraz częstości, miejsc występowania i wieloletniej zmienności parametrów upwellingu na Morzu Bałtyckim.

W pierwszym artykule (Nowicki i in., 2015) Autor (wraz ze współautorami) opisuje wdrożenie algorytmu asymilacji przez model 3D CEMBS danych satelitarnych dotyczących temperatury wody powierzchniowej i przedstawia wyniki wstępnej walidacji modelu pomiarami, zarówno satelitarnymi, jak i *in situ*. Modelowanie przeprowadzone zostało dla archiwalnych danych z lat 2011 i 2012 w wariantach modelu z asymilacją danych satelitarnych (3D CEMBS_A) i bez asymilacji danych (3D CEMBS).

Drugi artykuł, którego współautorem jest Doktorant (Nowicki i in., 2016a), jest w pewnym sensie kontynuacją pierwszego i przedstawia automatyczny system prognostyczny działający w trybie operacyjnym w ramach modelu 3D CEMBS. Praca ta zawiera zwięzły opis procesu asymilacji pól temperatury wody powierzchniowej oraz chlorofilu „a” rejestrowanych przez urządzenie MODIS zainstalowane na satelicie AQUA. Podobnie jak w pierwszym artykule w odniesieniu do lat 2011-2012, autorzy pokazują (tym razem dla roku 2013), że dzięki asymilacji danych 48-godzinna predykcja temperatury wody powierzchniowej znacznie zyskuje na dokładności, szczególnie w zakresie temperatur od 10°C do 20°C.

Nowe treści wnosi trzeci artykuł współautorstwa Pana Nowickiego (2016b), w którym uwaga skoncentrowana jest na stratyfikacji temperatury i zasolenia w kolumnie wody. Bez uwzględnienia stratyfikacji termicznej niemożliwa jest bowiem poprawna i pełna interpretacja przestrzennej zmienności temperatury wody powierzchniowej wskazującej na pojawienie się zjawiska upwellingu. Okazuje się, że model 3D CEMBS odwzorowuje stratyfikację ww. parametrów z dokładnością wystarczającą dla uzyskania wiarygodnej predykcji upwellingów.

Wieńczący rozprawę czwarty artykuł (Nowicki i in., 2019) jest najobszerniejszy i zawiera analizę upwellingów na Morzu Bałtyckim od maja do września w latach 2010-2016. Rdzeniem tego studium – podobnie jak w przypadku pozostałych trzech publikacji składających się na rozprawę doktorską – są obserwacje satelitarne i obliczenia modelem 3D CEMBS. W pracy potwierdzono zadowalającą dokładność teoretycznego odwzorowania zjawiska upwellingu przy użyciu zastosowanego modelu. Znajdujemy w niej ponadto omówienie lokalizacji upwellingów o różnej częstości występowania w poszczególnych latach okresu badań.

Uwagi krytyczne

Pierwszy artykuł składający się na rozprawę doktorską opublikowano w czasopiśmie *Oceanologia*, drugi – w *Polish Maritime Research*, zaś trzeci i czwarty – w *Journal of Operational Oceanography*. Według obowiązującego do końca 2018 r. wykazu czasopism naukowych MNiSW, za publikacje w każdym z tych czasopism przyznaje się 20 punktów. Aktualna ministerialna lista nie jest jeszcze znana (wg stanu faktycznego w dniu ukończenia niniejszej recenzji), ale wszystkie z ww. czasopism są bardzo wysoko cenione – na stronie internetowej <https://www.scopus.com/sources.uri?zone=TopNavBar&origin=searchbasicwartości> ich wartości centylowe wynoszą odpowiednio 77%, 59% i 91%. Do czynienia mamy więc z dobrymi publikacjami, najprawdopodobniej wnikliwie i rzetelnie zrecenzowanymi. Lektura tych prac w połączeniu z analizą streszczenia i oświadczeń współautorów budzi jednak pewne wątpliwości, które przedstawiam poniżej.

Z życiorysu Doktoranta wynika, że jest on z wykształcenia fizykiem i że na takim stanowisku zatrudniony jest w Instytucie Oceanologii. Drugim miejscem pracy Pana Artura Nowickiego okazuje się bank, w którym ma do czynienia z IT – dziedziną wiedzy mocno związaną m.in. z programowaniem komputerowym i przetwarzaniem danych oraz zarządzaniem nimi. Wydaje się, że zarówno w publikacjach jak i w streszczeniu dominuje natura Doktoran-

ta jako informatyka, nie zaś jako fizyka – badacza morza. Niezmiernie szczegółowo opisane są np. zagadnienia związane z modelowaniem numerycznym przedmiotu rozprawy, czyli upwellingu, kosztem opisu tego procesu fizycznego, który jest moim zdaniem potraktowany zbyt ogólnikowo.

Opis powstawania upwellingu zajmuje zaledwie 10 zdań w pierwszym akapicie streszczenia i 7 zdań we wstępie do czwartego artykułu. Opis ten jest bardzo ogólny i nie nawiązuje do specyfiki Morza Bałtyckiego, a przecież praca dotyczy upwellingów na Bałtyku. W drugim akapicie streszczenia i czwartego artykułu znajdujemy wprawdzie nieco treści charakteryzujących Morze Bałtyckie, ale informacje na temat bałtyckiego upwellingu są nad wyraz skromne. To interesujące zjawisko hydrodynamiczne ma najprawdopodobniej trochę inne cechy w Bałtyku niż np. w Morzu Czarnym, pomimo że oba morza są zamknięte i charakteryzują się zbliżonym polem powierzchni oraz podobnymi rozciągłościami działania wiatru. Morze Bałtyckie jest płytkie, a nachylenie dna strefy brzegowej jest przeważnie bardzo małe, co sprawia, że bałtyckie głębokości „pełnego morza” (reprezentujące tzw. warunki głębokowodne) zazwyczaj znajdują się w znacznej odległości od linii brzegowej. Na przykład w rejonie Kołobrzegu izobata 50 m przebiega w odległości od ok. 25 km (na odcinku wybrzeża Darłowo – Gąski) do ok. 50 km (w pobliżu Mrzeżyna) od linii brzegowej. Badania pokazują, że w płytkowodnej strefie brzegowej morza siła Coriolisa ma znaczenie marginalne, a prąd wiatrowy w całej kolumnie wody ma prawie ten sam kierunek co wiatr. W Kołobrzegu (oraz w wielu innych miejscach polskiego wybrzeża) zjawisko upwellingu nie należy do rzadkości, ale mechanizm jego powstawania może być prostszy i sprowadzać się do spychania powierzchniowych mas cieplejszej wody w stronę morza przez wiatr wiejący od lądu, nie mając wiele wspólnego z warstwą Ekmana, o której wspomina Autor.

Na temat modelu 3D CEMBS, będącego sercem rozprawy, czytelnik uzyskuje wiedzę czysto techniczną, dotyczącą np. rozdzielczości, konfiguracji, warstw, kroków czasowych, długości predykcji, połączeń pomiędzy modułami i połączeń z innymi modelami. Informatyczna dusza Doktoranta ujawnia się w zdaniu „Parametry hydrodynamiczne modelu obliczane są poprzez rozwiązywanie numeryczne trójwymiarowych równań różniczkowych z wykorzystaniem metody elementów skończonych”. Przydałaby się chociażby wzmianka o fizycznym charakterze tych równań – czy są to równania zachowania masy, pędu, energii etc. Odnośnych informacji nie zawierają ani artykuły, ani streszczenie.

Doktorant deklaruje autorstwo poszczególnych artykułów naukowych oraz autorstwo reprezentatywne dla wszystkich czterech artykułów w przedziale od 70% do 80%. Zauważyłem jednakże, że we wszystkich oświadczeniach brakuje w spisie autorów doktora Piotra Piotrowskiego z Instytutu Morskiego w Gdańsku – współautora drugiego artykułu. Brakuje również oświadczenia podpisanego przez tego współautora. Mam nadzieję, że zaniedbanie jest niecelowe i że to współautorstwo nie wpływa na deklarowany fakt, iż głównym autorem wszystkich przedmiotowych publikacji jest Pan Artur Nowicki.

Omówione powyżej drobne mankamenty rozprawy nie umniejszają wagi uzyskanych wyników i wniosków, zarówno o charakterze ogólnym jak i dotyczących specyficznych zdarzeń hydrodynamicznych, tj. „case studies” w artykule nr 4. Rezultaty, które uważam za główne osiągnięcia Doktoranta, przedstawiam w podsumowaniu niniejszej recenzji.

Pomimo starannego przygotowania rozprawy Autor nie ustrzegł się kilku mało istotnych uchybień redakcyjnych. Np. w streszczeniu występuje słowo „obwite” zamiast „obfite” oraz „wgląb” (pisane razem) zamiast „w głąb”. Nieco razi nazwa geograficzna „wyspa Oland”. Dlaczego nie Olandia, skoro we wszystkich innych przypadkach zastosowano polskojęzyczne nazwy geograficzne. Dostrzegłem błąd w cytowaniu: w tekście streszczenia jest Andersson et al. (2006), podczas gdy w wykazie literatury pozycja ta opatrzona jest rokiem publikacji 1998. Nawiasem mówiąc, w polskojęzycznej wersji streszczenia należałoby w od-

niesieniu do publikacji kilku autorów stosować termin „i in.” zamiast „et al.”. W przypadku dwóch (lub dwojga) autorów Doktorant jest niekonsekwentny i używa albo „and” albo „i”. W wykazie literatury publikacje autorstwa pani Hunke zamieszczone są niealfabetycznie, znajdują się bowiem po publikacjach Janeckiego i in. (2018) oraz Jankowskiego (2002).

Podsumowanie

Powyższe merytoryczne i redakcyjne uwagi nie zmieniają mojej wysokiej oceny rozprawy. Jestem zdania, że Doktorant w bardzo dobry sposób zrealizował postawione cele, przy czym za główne oryginalne osiągnięcia Doktoranta uważam:

- ulepszenie oprogramowania 3D CEMBS i jego adaptację do warunków panujących w Morzu Bałtyckim,
- wprowadzenie do modelu 3D CEMBS modułu asymilacji danych satelitarnych i wykazanie, że asymilacja danych skutkuje znaczną poprawą dokładności obliczeń w odniesieniu nie tylko do temperatury wody powierzchniowej, ale również zmienności temperatury w kolumnie wody,
- opracowanie i walidację systemu detekcji oraz predykcji upwellingów,
- określenie przestrzenno-czasowej kilkuletniej zmienności charakterystyk upwellingów w Morzu Bałtyckim.

Uwzględniając powyższe stwierdzam, że przedłożona mi do recenzji rozprawa pt. „Międzyletnia zmienność przybrzeżnego upwellingu w Bałtyku określona na podstawie modeli numerycznych oraz danych satelitarnych” stanowi dowód możliwości samodzielnego prowadzenia badań. Doktorant udokumentował umiejętność wiarygodnego numerycznego modelowania złożonych morskich procesów fizycznych, w tym zjawiska upwellingu, jak również kompetencje w zakresie przetwarzania i analizy danych pomiarowych, a także wnikliwej interpretacji oraz wieloaspektowej dyskusji wyników badań teoretycznych i doświadczalnych.

Praca spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim w ustawie o stopniach i tytule naukowym. W związku z tym wnioskuję o dopuszczenie rozprawy Pana Artura Nowickiego do publicznej obrony. Jednocześnie – biorąc pod uwagę bardzo wysoki poziom rozprawy – wnioskuję o jej wyróżnienie pod warunkiem wyjaśnienia podczas obrony wątpliwości dotyczącej współautorstwa drugiego z artykułów składających się na rozprawę.

R. Ostrowski