

Gdańsk, 4 kwietnia 2018

Dr hab. inż. Rafał Ostrowski
Instytut Budownictwa Wodnego PAN

Recenzja
rozprawy doktorskiej magistra Daniela Raka
Struktura i dynamika warstw przydennych w rejonie Basenu Bornholmskiego, Rynny Słupskiej i Głębi Gdańskiej

Niniejsza recenzja została sporządzona w odpowiedzi na pismo NK/389/18 z dnia 1 marca 2018 r. podpisane przez dr. hab. Sławomira Sagana, prof. nadzw. IO PAN, Zastępcę Dyrektora ds. Naukowych Instytutu Oceanologii PAN.

Recenzowana praca doktorska została przygotowana w Instytucie Oceanologii PAN w Sopocie pod kierunkiem dr. hab. Waldemara Walczowskiego, prof. nadzw. IO PAN. Rozprawę doktorską stanowi opracowanie liczące 112 stron, składające się ze streszczeń w języku polskim i angielskim, pięciu rozdziałów oraz spisu literatury. Do opracowania załączono płytę DVD-R z plikiem „Doktorat_Rak_v_30_01_2018.pdf” zawierającym wszystkie ww. elementy rozprawy.

Temat rozprawy obejmuje analizę czasowo-przestrzenną zmienności wybranych fizycznych parametrów wód Południowego Bałtyku, mianowicie temperatury, zasolenia i natlenienia, z uwzględnieniem oddziaływania wlewów z Morza Północnego na wartości tych parametrów. Jak wiadomo, Bałtyk jest jednym z największych na świecie zbiorników wód słonawych, charakteryzujący się intensywnym i relatywnie stałym dopływem wód słodkich oraz nieregularnym dopływem wód słonych. Skomplikowana hydrodynamika Morza Bałtyckiego implikuje silną zmienność wartości parametrów fizycznych wody, zarówno w kontekście położenia geograficznego, tj. m.in. odległości od Cieśnin Duńskich, jak i w odniesieniu do specyfiki lokalnej stratyfikacji, której przejawem może być występowanie termokliny, halokliny, prądów gęstościowych, fal wewnętrznych etc. Praca doktorska Pana Daniela Raka wpisuje się w długi szereg badań odnośnych zagadnień, nie tylko interesujących z poznawczego punktu widzenia, ale również ważnych dla szeroko rozumianej gospodarki morskiej.

Krótką charakterystyka pracy

W pierwszym rozdziale Autor podaje zarys historii badań Morza Bałtyckiego, w tym również prac badawczych prowadzonych przez IO PAN, oraz podstawowe dane dotyczące tego zbiornika wodnego. Podkreślając specyfikę Bałtyku, Autor przeprowadza krótki wywód o ważności podjętej tematyki, odnosząc się do ekologii i posługując się przykładami dotyczącymi funkcjonowania szerokiego wachlarza flory oraz fauny morskiej – od wodorostów po fokę i morswinę. Następnie Autor formułuje zasadniczy cel rozprawy jako „zbadanie zmienności czasowej (sezonowej i wieloletniej) oraz przestrzennej właściwości fizycznych wody morskiej w akwenach Bałtyku Południowego badanych przez IO PAN”. Jako cele dodatkowe wymienia Doktorant „zbadanie zmienności natlenienia wód Bałtyku i podjęcie próby oszacowania skali czasowej dotlenienia wód warstwy przydennej wywołanej wlewami”, jak również „przedstawienie cyrkulacji wód przydennych w Bałtyku Południowym”. Autor wymienia parametry poddane analizie i definiuje obszar badań oraz przedstawia w skrócie strukturę i zakres pracy.

Drugi rozdział zawiera pogłębioną charakterystykę Morza Bałtyckiego, z podziałem na batymetrię, temperaturę, zlodzenie, zasolenie, natlenienie i cyrkulację wód oraz rozprze-

strzenianie się wlewów z Morza Północnego. Charakterystyka ta zawiera liczne cytowania literatury przedmiotu.

Treść trzeciego rozdziału rozprawy stanowi opis zastosowanych technik i przyrządów pomiarowych służących do zbierania danych będących w dyspozycji Autora, jak również opis metodyki przygotowania tych danych do analizy.

Czwarty, najobszerniejszy rozdział zawiera wyniki kompleksowej analizy zmienności pomierzonych parametrów w różnych skalach przestrzennych i czasowych. Rozdział ten stanowi zasadniczą część pracy, w której Autor przedstawia interpretację rezultatów badań i formułuje charakterystykę wlewów z Morza Północnego oraz transformacji wód wlewowych i powstawania prądów.

Rozdział piąty jest podsumowaniem pracy. Autor podaje w nim również główne wnioski wynikające z przeprowadzonych badań.

Uwagi krytyczne

Rozprawa nie zawiera żadnych elementów teoretycznego modelowania procesów fizycznych zachodzących w morzu, ma zatem charakter czysto przyrodniczy. Wnioski wynikające z przeprowadzonych badań są rezultatem szeroko zakrojonych pomiarów i analiz. Prace pomiarowe swoim zakresem obejmowały kilka zjawisk i parametrów – od prędkości przepływów po wartości temperatury, zasolenia i natlenienia wody. Prawdopodobnie bogactwo dostępnych danych pomiarowych sprawiło, że Autor na wstępie nie sformułował tezy rozprawy, czyli problemu naukowego, który stanowiłby jądro pracy. Rozwiązanie ściśle określonego problemu naukowego albo udowodnienie konkretnie sformułowanej tezy powinno być bowiem celem pracy doktorskiej.

W recenzowanej przeze mnie rozprawie słowo „teza” nie pada ani razu, a samej tezy należy się domyślać. Podane w pierwszym rozdziale cele pracy wydają się nieco rozstrzelone. Sformułowane są one za pomocą słów „zbadanie” oraz „podjęcie próby oszacowania” i „przedstawienie”. Są to określenia typowe w opisie planu działań zmierzających do realizacji doktoratu. W ukończonej pracy doktorskiej spodziewać się należy uporządkowanego wyводу naukowego, skoncentrowanego na zagadnieniu, które powinno zostać dokładnie zdefiniowane we wstępie. Zagadnień tych może być kilka i mogą się one wzajemnie zazębiać lub uzupełniać. Ważne jest, aby fakt wielotorowości badań nie utrudniał lektury, co jest nieuniknione wobec braku postawienia tezy na początku rozważań.

Wieloaspektową udowodnioną tezę, skądinąd niezwykle wartościową i interesującą, przedstawia Doktorant – niczym autor dobrego kryminału – dopiero w ostatnim rozdziale, zawierającym podsumowanie i wnioski. Niestety, w przeciwieństwie do powieści, literaturze naukowej taka struktura szkodzi, ponieważ jest czytelnik zmuszony cofnąć się do poprzednich rozdziałów, aby odszukać kluczowe fragmenty, które doprowadziły Autora do osiągniętych rezultatów. Lektura pracy i śledzenie kolejnych wyników analizy byłyby ułatwione w przypadku uprzedniego poznania tezy.

Omówiony powyżej mankament rozprawy nie umniejsza wagi uzyskanych wyników i wniosków, zarówno o charakterze ogólnym jak i dotyczących specyficznego zdarzenia hydrodynamicznego, tj. wlewu z grudnia 2014 roku. Rezultaty, które uważam za główne osiągnięcia Doktoranta, przedstawiam w podsumowaniu niniejszej recenzji.

Autor nie ustrzegł się także kilku drobniejszych uchybień merytorycznych i redakcyjnych oraz niejasności. Omawiam je poniżej i liczę na ustosunkowanie się Doktoranta do moich uwag podczas publicznej obrony. Doradzam również ich uwzględnienie w przypadku publikacji pracy lub jej fragmentów w czasopiśmie naukowym.

W opisie batymetrii pojawiają się nazwy głębi i ławic. Szkoda, że nie wszystkie wymienione w tekście elementy morfologii dna zaznaczono na rys. 2. Do nie zaznaczonych należą Brama Bornholmska oraz ławice Ronne, Odrzana i Orla. Czy Brama Bornholmska jest fragmentem Kanału Bornholmskiego?

Złodzenie Bałtyku w części stanowiącej obszar badań ma charakter marginalny. Poza tym zjawisko złodzenia nie leży w zakresie pracy. Podrozdział 2.2.2 zatytułowany „Złodzenie” wydaje się zatem zbędny. Zawarte w nim treści dotyczące zmienności temperatury w kolumnie wody powinny być znaleźć się w podrozdziale 2.2.1 zatytułowanym „Temperatura wód”.

Do opisu natlenienia wody Autor używa jednostki [mg l^{-1}], wody niedotlenione definiując natlenieniem poniżej 2 mg l^{-1} oraz cytowanym z literatury przedziałem wartości od 0.2 do 2.8 mg l^{-1} . W legendzie zaczerpniętego z literatury rys. 5 występuje [ml/l]. Rysunek ten podaje istotne informacje o zasięgu wód niedotlenionych definiowanych jako wody o natlenieniu nie przekraczającym 2 ml/l . Jak jest relacja pomiędzy koncentracją masową tlenu w wodzie morskiej wyrażoną w mg l^{-1} a koncentracją objętościową wyrażoną w ml l^{-1} ? Na przykład, woda wodociągowa kapiąca lub spływająca cienkim strumieniem charakteryzuje się natlenieniem wynoszącym ok. 14 mg l^{-1} , co odpowiada wartości ok. 10 ml l^{-1} . W przeciwieństwie do koncentracji masowej, koncentracja objętościowa gazu rozpuszczonego w cieczy zależy od ciśnienia panującego w cieczy. W rzeczywistych warunkach morskich określona wartość koncentracji masowej odpowiada zatem różnym wartościom koncentracji objętościowej w kolumnie wody. Jaki przelicznik pomiędzy jednostkami [mg l^{-1}] a [ml l^{-1}] należałoby zastosować, aby prawidłowo zinterpretować dane zamieszczone na rys. 5?

Na stronie 50 czytamy, że „błędne dane zostały usunięte przez zastosowanie progu absolutnej wartości (raczej powinno być *wartości* – przyp. R.O.) prędkości prądu ustanowionego na 0.4 m s^{-1} . Stały próg gwarantuje pozyskanie czystych danych, pozbawionych błędu wynikającego z ruchu statku”. Fragment ten jest niezrozumiały. Nie chce się wierzyć, że Autor usuwa dane o wartości większej niż 0.4 m/s , traktując je jako błędne. Na rysunku 48 uwidocznione są bowiem prądy przydenne w Rynnie Słupskiej o prędkościach z przedziału $0.4\text{--}0.5 \text{ m/s}$, a wiadomo, że w wyższych warstwach mogą występować silniejsze prądy. Zdanie dotyczące ruchu statku wprowadza dodatkowy zamęt. Przecież ruch statku jest rejestrowany przez urządzenia GPS, a prędkość prądu uzyskuje się odejmując wektorowo prędkość statku od prędkości pozornej pomierzonej przez prądomierz profilujący.

Mam również drobne zastrzeżenia w odniesieniu do podrozdziału 4.3 opisującego „Dynamikę badanego akwenu”. Prędkości uśrednione w czasie pokazane na rys. 39 stanowią niepełną informację na temat hydrodynamiki akwenu. Autor również zdaje sobie z tego sprawę pisząc, że „Pomiary chwilowych wartości prądów morskich mogą znacznie różnić się od średnich wartości przedstawionych powyżej”. Skoro Autor ma dostęp do danych długoterminowych z wielolecia 2000-2015, to dlaczego nie pokusił się o pokazanie przynajmniej dwóch lub trzech sytuacji, w których silniejsze prądy zobrazowałyby hydrodynamikę badanego obszaru w warunkach odbiegających od średnich? Podane w pracy wyniki analizy profilowych pomiarów krótkoterminowych powinny być również nieco bardziej szczegółowe. Czytelnika z pewnością zainteresowałyby maksymalne wartości zarejestrowane w poszczególnych warstwach kolumny wody. Nie trzeba dowodzić, że parametry zjawisk fizycznych pomierzone w sytuacjach ekstremalnych są bardzo istotne z poznawczego punktu widzenia. Omawiając ekstremalne prądy, Doktorant ograniczył się do podania informacji na temat prądów w odniesieniu do granicznej wartości wynoszącej 20 cm/s , w żadnym przypadku nie uściślając o ile wartość ta została przekroczona. Jedynie dla powierzchniowej warstwy wody w Rynnie Słupskiej wymienia się pomierzoną w 2015 roku prędkość maksymalną wynoszącą 25 cm/s . Bra-

kuje danych o jakichkolwiek ekstremalnych sytuacjach zarejestrowanych w 2012 r. w Rynnie Słupskiej oraz w Głębi Gdańskiej.

W silnych warunkach sztormowych prądy w warstwach przypowierzchniowych zdominowane są przez przepływy generowane falowaniem oraz prąd wiatrowy. W Bałtyku prądy powierzchniowe o uśrednionej w czasie prędkości z przedziału od 0.5 m/s do 1 m/s nie należą do rzadkości, a w warunkach sztormowych są regułą. W dniu 8 lutego 2015 r., należącym do okresu pomiarów prądów analizowanych przez Autora pracy, w Morskim Laboratorium Brzegowym IBW PAN w Lubiatowie, położonym kilkadziesiąt kilometrów na południowy-wschód od Rynny Słupskiej, zarejestrowano północny wiatr o prędkości osiągającej 20 m/s. Wysokość głębokowodnych fal znacznych w tym dniu wynosiła 4 m, zaś wysokość fali maksymalnej przekroczyła 6 m, co świadczy o bardzo silnym sztormie. Jestem skłonny przypuszczać, że w takich warunkach prędkości prądu generowanego wiatrem, szczególnie w warstwach przypowierzchniowych, przekraczały 25 cm/s. W tym kontekście szkoda, że Autor tak mało uwagi poświęcił wynikom przedstawionym na rys. 43. Nawiasem mówiąc, rysunek ten wydaje się niewłaściwie opisany i podpisany. Domyślać się należy, że w górnej części pokazana jest zarówno prędkość jak i kierunek wiatru (a nie sam kierunek), zaś w dolnej – wartość i zwrot północnej składowej prędkości prądu (a nie kierunek prądu) na głębokości 8 metrów. Z rysunku wynika, że wiatr wyznaczony modelem Worf IOPAN dla dnia 8 lutego 2015 r. miał kierunek północny i prędkość sięgającą 20 m/s. Północna składowa prędkości prądu pomierzona w tym dniu miała maksymalną wartość ok. 25-30 cm/s. W wyniku wektorowego złożenia składowej północnej ze składową wschodnią, której wartość oszacować można z rys. 42 jako wynoszącą ok. 20-25 cm/s, uzyskujemy wypadkową prędkość prądu o wartości z przedziału 32-39 cm/s. Jest to prędkość prądu wiatrowego na rzędnej 8 m poniżej zwierciadła wody realna dla wiatru o prędkości 20 m/s. Czy Autora jednakże nie zdziwiło, że zwrot północnej składowej prędkości prądu jest przeciwny do wiatru? Co prawda zauważa Autor korelację kierunków wiatru i prądu tylko dla 60% okresu pomiarowego, ale nie komentuje tego faktu. O ile w warunkach słabego wiatru nie dziwi niezgodność kierunków wiatru i prądu, ponieważ prąd może być zdominowany przez siły sprawcze inne niż wiatr, o tyle w warunkach wiatru sztormowego stwierdzenie ruchu mas wody pod wiatr w warstwie zbliżonej do powierzchniowej wymaga zastanowienia. Należy podkreślić, że akcja rozgrywa się w morzu o głębokości rzędu kilkadziesiątu metrów, w miejscu odległym od brzegu. W takich okolicznościach nie może być mowy o prądzie w kolumnie wody typu przepływu kompensacyjnego, skierowanego przeciwnie do prądu powierzchniowego.

W podpisach rysunków 20 i 27 nazwy miesiący napisano błędnie – wielką literą. Nazwisko „Ekman” napisane jest w rozprawie 2 razy błędnie – jako „Eckman”.

Dostrzegłem w pracy kilka usterek stylistycznych (np. sformułowanie „... oraz z wód pierwotnie zalegającymi Bałtyk Właściwy”, które powinno brzmieć „... oraz z wód pierwotnie zalegających Bałtyk Właściwy”), jak również sporo błędów interpunkcyjnych.

Podsumowanie

Powyższe merytoryczne i redakcyjne uwagi w znacznej mierze wynikają ze złożoności zadania badawczego, realizacji którego Autor się podjął. Uwagi te nie zmieniają mojej pozytywnej ogólnej oceny rozprawy. Jestem zdania, że Doktorant w sposób co najmniej zadowalający zrealizował postawione cele, przy czym za główne oryginalne osiągnięcia Doktoranta uważam:

- wyznaczenie prędkości propagacji sezonowych zmian temperatury w głębi kolumny wody dla poszczególnych basenów południowego Bałtyku,

- określenie oddziaływania wlewu z grudnia 2014 roku na natlenienie warstwy przydennej wód w poszczególnych basenach,
- sformułowanie czasowo-przestrzennego schematu transformacji wód wlewowych i zmienności wybranych właściwości fizycznych wód południowego Bałtyku.

Uwzględniając powyższe stwierdzam, że przedłożona mi do recenzji rozprawa pt. „Struktura i dynamika warstw przydennych w rejonie Basenu Bornholmskiego, Rynny Słupskiej i Głębi Gdańskiej” stanowi dowód możliwości samodzielnego prowadzenia badań. Doktorant udokumentował umiejętność zbierania, przetwarzania i analizy danych pomiarowych oraz wnikliwej interpretacji i wieloaspektowej dyskusji wyników.

Praca spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim w ustawie o stopniach i tytule naukowym. W związku z tym wnioskuję o dopuszczenie rozprawy Pana Daniela Raka do publicznej obrony.

R. Ostrowski