

dr hab. Tomasz Petelski,

Sopot, 20 maja 2018

prof. nadzwyczajny IO PAN

Pracownia Wzajemnego Oddziaływania

Morza i Atmosfery, Instytut Oceanologii PAN

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr **Magdaleny Stelli**, pod tytułem:

**„Hydrodynamiczne i litodynamiczne przydenne procesy dalekiego przybrzeża
morza bezpływowego”**

Przedstawiona mi do recenzji praca mgr Magdaleny Stelli została wykonana pod kierunkiem prof. Rafała Ostrowskiego w Zakładzie Mechaniki i Inżynierii Brzegów Instytutu Budownictwa Wodnego PAN, liczy 110 stron druku. Podzielona jest na 7 rozdziałów, ponadto zawiera bibliografię (85 pozycji), spis oznaczeń, streszczenie w języku polskim i angielskim.

Praca dotyczy ruchu osadów na dnie morza na głębokościach rzędu kilkunastu metrów. Badania tego rodzaju procesów są niezwykle trudne, ale też niezwykle potrzebne. Poznanie ich jest ważne dla wielu innych dyscyplin naukowych, takich jak oceanografia, geologia, ekologia, paleoceanografia. Ważne jest też ze względów praktycznych, wiedza o ruchu dna morskiego jest niezbędna inżynierom w projektowaniu i budowie budowli podwodnych.

Ruch osadów wywołany jest wzajemnym oddziaływaniem trzech ośrodków ziemi, wody i powietrza. Zarówno powietrze, jak i woda charakteryzują się niewielką lepkością, co powoduje, że liczba Reynoldsa dla prawie wszystkich skal ruchu i prędkości występujących w morzu i atmosferze jest bardzo duża. Oznacza to, że ruch w tych ośrodkach jest burzliwy, a za transport masy, pędu i energii odpowiadają strumienie turbulentne. Ponieważ nie istnieje ogólna teoria turbulencji, w modelowaniu dynamiki tych ośrodków trzeba wykorzystywać szereg uproszczeń i wzorów półempirycznych. Czyni to modelowanie trudnym i często prowadzi do niezgodności między wynikami modelowania a wynikami eksperymentu. Autorce recenzowanej pracy udało się pokonać większość tych trudności. Celem pracy było zbadanie ruchu osadów dennych poza głębokością zamknięcia, czyli głębokością, poniżej której teoretycznie oddziaływanie falowania powierzchniowego na dno morskie jest znikome. Autorka sformułowała hipotezę, że w

warunkach sztormowych na Bałtyku, na głębokościach większych niż głębokość zamknięcia, falowanie, współdziałając z prądem wiatrowym, może powodować przemieszczanie się osadów i tworzyć formy dna podobne do powstających w morzach pływowych fal piaszkowych. Zawarte w pracy dane pomiarowe oraz rozważania teoretyczne potwierdzają tę hipotezę.

Opis pracy

Pracę rozpoczyna dość obszerny ośmiostronicowy rozdział pod tytułem „Wstęp”, który w istocie jest przeglądem literatury na temat głębokości zamknięcia i ruchomych form typu fale piaskowe. Po wstępie następuje trzystronicowy rozdział „Cel i zakres pracy”, w którym autorka formułuje główną tezę pracy. Uważam, że lepsze byłoby postawienie tezy na samym początku pracy, a następnie przejście do omawiania stanu wiedzy. W rozdziale trzecim, podzielonym na trzy podrozdziały, omawiany jest stan wiedzy na temat procesów dynamicznych morskich obszarów przybrzeżnych, poza strefą przyboju. Pierwszy podrozdział poświęcony jest prądom południowej części Morza Bałtyckiego, drugi - falowaniu i przepływowi pochodzenia falowego, trzeci - dynamice dna. Cały ten rozdział poprawnie opisuje procesy, które są istotne z punktu widzenia badanego problemu. Trochę jednak zabrakło w nim pogłębionej refleksji nad fizyką procesów. Niepotrzebnie, moim zdaniem, autorka wyodrębnia wśród prądów powodowanych wiatrem prądy dryfowe i prądy wiatrowe. Jak wiadomo, Ekman w swojej pracy z 1905 roku znalazł pionowy profil prędkości w postaci spirali, rozwiązując równania ruchu dla nieskończonego głębokiego oceanu, przy założeniu stacjonarności, braku innych prądów i brzegów. Tak więc trudno oczekiwać spirali Ekmana w rejonie badanym w pracy. Oba te prądy mają tę samą przyczynę i można je wyliczyć z tych samych równań, ale przy innych warunkach brzegowych. Ciekawi mnie natomiast, dlaczego w pracy nie omówiono dryfu Stockesa.

Rozdział czwarty pracy zawiera opis matematycznego modelu, jaki autorka zastosowała do zbadania możliwości transportu piasku poza głębokość zamknięcia. Obliczeń w modelu dokonuje ona w trzech etapach: w pierwszym etapie liczy prędkość prądu wiatrowego, w drugim - prądu związanego z falowaniem, w trzecim - ocenia, który z mechanizmów jest dominujący, i wylicza średnią prędkość prądu w kolumnie wody, a następnie korzysta z wcześniej opracowanego w IBW PAN trójwarstwowego modelu transportu osadów. Wynikiem obliczeń są wielkości natężenia transportu osadów i przydatnego naprężenia stycznego. Algorytm obliczeń został jasno i logicznie opisany, a także przedstawiony w formie schematu blokowego. Wielkością wyjściową do obliczeń jest prędkość wiatru. Na jej podstawie wyliczana jest prędkość prądu powierzchniowego ze wzoru (28), według którego prędkość prądu wynosi 3% prędkości

wiatru dla wiatrów o prędkości mniejszej niż 8m/s , a 3.5% dla wiatrów o większych prędkościach. Prosiłbym doktorantkę o szersze skomentowanie, dlaczego akurat prędkość wiatru 8 m/s jest prędkością graniczną? Co się zmienia na powierzchni morza przy tej prędkości?

Piąty rozdział rozprawy poświęcony badaniom terenowym to najdłuższy rozdział pracy i podzielony jest aż na siedem podrozdziałów. W pierwszym z nich przedstawiano obszar badań, jego położenie geograficzne oraz charakterystykę geologiczną. W drugim - przedstawiono wyniki pomiarów prądów w dwóch punktach na obszarze badań. Prądy były mierzone prądomierzami akustycznymi zakotwiczonymi na dnie, na głębokości 17 i 12m. W pracy przeanalizowano pomiary trwające od 26 kwietnia do 1 lipca 2014 roku. Następny podrozdział jest poświęcony pomiarom wiatru. Pomiary prędkości i kierunku wiatru prowadzono za pomocą anemometru czasowego umieszczonego na maszcie w stacji badawczej Lubiato. Autorka słusznie uznała, że pomiary te nie są reprezentatywne dla obszaru jej badań.

Poszukując funkcji korygującej zmierzone w MLB Lubiato wartości pomiarów wiatru, tak by były bardziej reprezentatywne dla morza, porównała prędkości wiatru zmierzone w Lubiato z prędkościami otrzymanymi z modelu ICM nad morzem. Przy czym z pracy nie wynika jasno, jakie wartości porównywano. W pracy napisane jest: „godzinowe szeregi czasowe prędkości wiatru...”. Domyślam się, że chodziło o średnie 10-minutowe mierzone co godzinę. Porównano dane z wiatromierza i modelu z okresu od 08.05.2016 do 06.02.2017 r. Okazało się, że współczynnik ich korelacji $r=0.78$, co oznacza, że tylko 60% danych jednego szeregu jest powiązanych z danymi drugiego szeregu. Myślę, że można by otrzymać lepszy wynik, gdyby zamiast korelować całe zbiory danych, podzielić je na podzbiory ze względu na stabilność atmosfery i kierunek wiatru. Pionowy profil wiatru nad lądem charakteryzuje się znacznie wyraźniejszym przebiegiem dobowym niż profil wiatru nad morzem. Brak jest też w pracy porównania kierunków wiatrów w MLB i nad poligonem pomiarowym. Zdaje jednak sobie sprawę z ograniczonych możliwości poprawienia tych danych.

Czwarty podrozdział przedstawia pomiary falowania wykonane za pomocą boi falowej, a także wspomnianych już akustycznych prądomierzy AWAC. Piąty - przedstawia wyniki pomiarów batymetrycznych sondą wielowiązkową i sonarem. Pomiary wykazały istnienie form dna potwierdzające tezę pracy o oddziaływaniu falowania na dno na głębokości kilkunastu metrów. Potwierdza to też podrozdział szósty prezentujący profile poprzeczne do strefy brzegowej wykonane przez Urząd Morski w pobliżu Lubiato. Rozdział piąty kończy krótkie omówienie wyników analizy granulometrycznej próby osadów dennych pobranych w rejonie boi falowej. W rozdziale piątym dobrze przedstawiono wyniki badań terenowych, natomiast nie wynika z niego jasno, jaki był osobisty udział doktorantki w tych pracach terenowych.

Szósty rozdział poświęcony jest porównaniu wyników obliczeń prowadzonych za pomocą modelu - przedstawionego w rozdziale czwartym - z danymi pomiarowymi. Rozdział szósty rozpoczyna się od przedstawienia wyliczeń, z których wynika, że podczas sztormów ruch osadów pojawia się na głębokościach znacznie większych niż można sądzić na podstawie wyliczeń głębokości odcięcia, za pomocą formuł dotychczas stosowanych (Hallermeiera i Birkemeiera). Następnie doktorantka porównuje prądy zmierzone z wymodelowanymi. Moim zdaniem, to porównanie bardzo dobrze świadczy o modelu prezentowanym w pracy. Wprawdzie wartości uzyskane z modelu czasami przeszacowują wartości zmierzone, a czasami ich nie doszacowują, ale uzyskana korelacja między tymi wartościami jest duża. Zwłaszcza jeśli wziąć pod uwagę dużą niepewność danej wejściowej do modelu, czyli wiatru. Rozdział kończy się wyliczeniami wielkości transportu osadów. Okazuje się, że w badanym okresie w miejscu posadowienia prądomierzy akustycznych transport osadu osiągał nawet $0.16 \text{ m}^3/\text{h m}$. Niestety autorka dysponowała wirtualną łapaczką osadu, więc wynik ten oczekuje jeszcze potwierdzenia doświadczalnego.

Ostatni rozdział pracy to podsumowanie i wnioski. Rozdział ten dobrze reasumuje zawartość całej pracy i przedstawia wnioski, z których najważniejsze jest stwierdzenie udowodnienia tezy.

Ocena pracy

Praca zawiera wszystkie niezbędne elementy dobrej rozprawy doktorskiej. Autorka wyraźnie określiła cel prowadzonych badań, naszkicowała też ich tło naukowe. Wykazała się znajomością piśmiennictwa naukowego, przedstawiając aktualny stan wiedzy dotyczącej hydrodynamicznych i litodynamicznych procesów przydennych dalekiego przybrzeża morza bezpływowego. Mgr Stella sformułowała hipotezę o oddziaływaniu fal wiatrowych na dno w rejonie, w którym teoretycznie powinno ono być pomijalnie małe. Udało się jej dowieść prawdziwości tej tezy zarówno na drodze pomiarów, jak i na drodze modelowania. W sposób jasny przedstawiła to w pracy. Rozprawa ma poprawną strukturę i jest pozbawiona zbędnych elementów. Wszystkie rozdziały są zamkniętymi całościami, ale niezbędnymi dla zrozumienia całości pracy. Czyta się ją łatwo, choć język jej nie jest pozbawiony błędów. Oprócz kilku błędów ortograficznych (powinno być: niezalamanej - s.8, polskich - s.18, nieduży - s.30, krótkoterminowej - s.35, Ławicy Stilo - s.45, quasistatystyczny, -s.41, półempiryczne - s.97 dwa ostatnie wyrazy Word rozdziela, niezgodnie ze słownikiem ortograficznym) występują błędy interpunkcyjne. Szczególnie często brak przecinków oddzielających imiesłowowy równoważnik zdania podrzędnego i wyodrębniających różne zdania złożone. Pojawiają się także błędy

składniowe (polegające na skrótach myślowych, niewłaściwym szyku czy złym użyciu imiesłowu współczesnego) i inne.

Rekomendacja

Wymienione wyżej uwagi krytyczne nie obniżają merytorycznej wartości recenzowanej rozprawy. Koncepcja pracy jest prawidłowa, a zastosowane metody zapewniły uzyskanie wyników adekwatnych do wyznaczonych celów. Doktorantka uzyskała nowatorskie wyniki, wykazując się umiejętnością właściwej interpretacji danych empirycznych i modelowych. Stwierdzam, że przedstawiona mi do recenzji praca mgr Magdaleny Stelli spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim w myśl obowiązującej Ustawy o Stopniach i Tytułach Naukowych. Wnioskuje o dopuszczenie mgr Magdaleny Stelli do dalszych etapów przewodu doktorskiego. Jednocześnie proponuję przyznanie wyróżnienia i stosownej nagrody.



Dr hab. Tomasz Petelski