

dr hab. Andrzej Jankowski

Recenzja

pracy doktorskiej mgr Anny Maciejewskiej

„Czynniki warunkujące stężenie rozpuszczonego i zawieszonego węgla organicznego (DOC i POC) w Bałtyku Południowym - badania eksperymentalne i modelowe”

1. Uwagi wstępne

Niniejsza recenzja została sporządzona na zlecenie dr hab. Kseni Pazdro, prof. ndzw IOPAN, Z-cę Dyrektora d/s Naukowych Instytutu Oceanologii PAN w Sopocie (pismo: NK/2482/12 z dnia 31.10.2012r.) Do pisma dołączono maszynopis rozprawy.

2. Przedmiot i metodologia badań

Przedmiotem badań podjętych przez Doktorantkę w rozprawie są wybrane elementy składowe obiegu węgla w środowisku morskim, ściślej - stężenia rozpuszczonej (DOC) i zawieszanej (POC) frakcji węgla organicznego w wodach Południowego Bałtyku. Frakcja rozpuszczona, stanowi ok. 80% zasobów materii organicznej wód morskich (Pempkowiak 1997), przy czym rozkład stężeń w toni wodnej ulega zmianom w ciągu roku pod wpływem wielu czynników, których rola (waga) w kształtowaniu dynamiki zmian DOC (jak i również POC) nie została dotąd rozpoznana dostatecznie. Wynika to rzecz jasna ze złożoności procesów kształtujących reżim hydrologiczny wód Bałtyku, akwenu o specyficznych warunkach hydrograficznych i wciąż jeszcze kryjącego wiele tajemnic.

Metody i narzędzia badawcze zastosowane w rozprawie, to podstawowe dla chemii morza, badania eksperymentalne (*in situ*) i ich analiza z wykorzystaniem wybranych metod przetwarzania danych pomiarowych, uzupełnione analizą wyników symulacji komputerowych z modelu biogeochemicznego (ekohydrodynamicznego).

Tematyka pracy zawiera, oprócz ważnych dla chemii morza zagadnień, również elementy dotyczące zastosowania technik przetwarzania dużych zbiorów danych oraz elementy związane z metodyką badań modelowych, symulacyjnych a także wykorzystania modeli numerycznych jako narzędzia do rozpoznania procesów ekohydrodynamicznych w środowisku morskim.

Nie jestem ani chemikiem ani też biologiem czy ekologiem morza, zatem moja ocena rozprawy dotyczy bardziej aspektów formalnych i zagadnień powiązanych z elementami analizy wyników z zastosowaniem technik przetwarzania danych oraz rezultatów badań modelowych.

3. Omówienie rozprawy

Przedłożona mi do recenzji rozprawa doktorska liczy 183 strony, w tym 74 rysunki oraz 24 tabele. Wykaz literatury zawiera 140 pozycji bibliograficznych. Maszynopis dysertacji, datowany „Sopot 2012”, składa się z 8 rozdziałów, w tym rozdziały 3-6 stanowią zasadniczą, merytoryczną część rozprawy.

Rozdział I zawiera krótkie, zwięzłe wprowadzenie w tematykę badań podjętych w dysertacji, Doktorantka formułuje ich cel oraz prezentuje ogólną koncepcję pracy, zarysowując zakres badań eksperymentalnych i strategię badań modelowych.

Zasadniczym celem poznawczym rozprawy jest rozpoznanie czynników warunkujących rozmieszczenie i dynamikę zmian, w tym zmian sezonowych, stężenia rozpuszczonego (DOC) i zawieszonego (POC) węgla organicznego w Bałtyku Południowym - na podstawie badań eksperymentalnych i modelowych.

Osiągnięcie celu w zakresie badań eksperymentalnych wymagało realizacji celów szczegółowych:
- zebrania danych eksperymentalnych odnośnie: stężeń DOC i POC oraz wielkości z listy czynników

warunkujących ich rozmieszczenie i dynamikę - stężeń chlorofilu i produktów jego rozpadu (feopigmentów-a) oraz wartości abiotycznych właściwości wody morskiej (pH, temperatura, zasolenie) w trzech charakterystycznych dla Bałtyku Południowego rejonach: Głębi Bornholmskiej, Głębi Gdańskiej oraz Głębi Gotlandzkiej, umożliwiającym:

- określenie wagi i roli wybranych czynników warunkujących w kształtowaniu dynamiki stężeń POC i DOC,
- zbadanie sezonowych zmian stężeń POC i DOC na wyznaczonych stacjach badawczych (głębiach),
- określenie i zbadanie powiązań, w tym ilościowych, pomiędzy czynnikami warunkującymi stężenia obu frakcji węgla organicznego

Osiągnięcie celu w zakresie badań modelowych wymagało finalizacji zadań - celów szczegółowych:

- opracowanie matematycznego modelu biogeochemicznego, opisującego zmienność i dynamikę stężeń POC i DOC w Bałtyku Południowym w skali sezonu, roku czy wielolecia, skalach czasowych, dla jakich badanie zmienności POC i DOC jest niemożliwe na podstawie badań eksperymentalnych,
- weryfikację modelu w oparciu o pomiary DOC i POC *in situ*,
- realizację obliczeń symulacyjnych w celu określenia sezonowej i długoterminowej zmienności i dynamiki stężeń POC i DOC.

Doktorantka precyzuje wymagania jakie winien spełniać model biogeochemiczny, aby mógł zostać wykorzystany do osiągnięcia celu rozprawy, informując, że w wersji modelu użytym w dysertacji, zostały one uwzględnione: cyt. ze str. 9 w10-4d (...)

- przepływ materii organicznej pomiędzy poziomami troficznymi, występującymi w środowisku morskim: fitoplanktonem, zooplanktonem, martwą materią organiczną oraz bakteriami, które warunkują stężenie węgla organicznego w wodzie morskiej,
- mechanizm produkcji pierwotnej, na który bezpośredni wpływ ma temperatura i dostępność światła,
- obecność substancji odżywczych.(...)

Uwagi: Rozdział 1 - przygotowany poprawnie, w przemyślany sposób. Doktorantka jasno przedstawiła cel oraz zakres badań eksperymentalnych i modelowych.

Rozdział 2, oparty na studiach literaturowych, poświęcony jest omówieniu roli, rozmieszczeniu i znaczeniu materii organicznej w środowisku morskim, w tym Morza Bałtyckiego. Rozdział ten to zwięzłe kompendium wiedzy o pochodzeniu i znaczeniu materii organicznej w środowisku morskim oraz jej udziale w obiegu węgla. Sprecyzowano tu podstawowe pojęcia związane z przedmiotem rozprawy, definiując skład obu frakcji węgla organicznego: rozpuszczonej (DOC) i zawieszanej (POC) oraz strategię ich rozróżnienia w pobieranym materiale eksperymentalnym. W skład rozpuszczonej w wodzie morskiej materii organicznej wchodzi różnego rodzaju makromelekuły, wirusy, cukry proste, aminokwasy, kwasy tłuszczowe, huminowe i fulwowe, substancje humusowe, pochodne kwasów nukleinowych oraz koloidy, dające się przefiltrować przez filtry o określonej średnicy porów rzędu 0.4 μm . Frakcja zawieszona (POC) to zasadniczo cząstki o średnicy większej od 0.4 μm , głównie zooplankton, fitoplankton i bakterie (materia ożywiona) oraz detrytus pelagiczny (materia martwa). Rozdział 2 kończy charakterystyka hydrograficzna Bałtyku wraz omówieniem specyfiki rozmieszczenia DOC i POC w jego wodach. Doktorantka charakteryzuje listę kandydatów na czynniki warunkujące rozmieszczenie i dynamikę zmian stężeń rozpuszczonej i zawieszanej frakcji węgla organicznego wynikających ze specyfiki hydrograficznej akwenu.

Uwagi:

Doktorantka wykazała się tu dobrą znajomością literatury w zakresie przedmiotu badań podjętych w rozprawie

Drobne usterki:

- cyt. poz. literatury: Seager 2004, Leipe 2008 (str. 11); Pempkowiak 1984 (str. 16); Uścińowicz 2001 (str. 17; Kouts i in. 1993 (str. 19)- brak w Wykazie literatury (rozdz. 8) - usterki te to prawdopodobnie

wynik niestarannego cytowania lub opisu pozycji w Wykazie.

Rozdział 3 prezentuje metodykę poboru materiału *in situ*, opis prac w laboratorium z próbkami wody, metody wyznacznia stężeń POC, DOC, chlorofilu całkowitego, aktywnego oraz pochodnych jego rozpadu - feopigmentów-a. Zwięźle podano informacje o aparaturze użytej do pomiarów abiotycznych właściwości wody morskiej (temperatury, zasolenia i pH) na wybranych głębokościach pomiarowych) a rozdział finalizuje prezentacją metod i procedur statystycznych zastosowanych w analizie zbioru danych z pomiarów *in situ* z wykorzystaniem pakietu Statistica 6. Wybrane procedury to analiza skupień i metoda głównych składowych (analiza czynnikowa) zastosowane w celu oszacowania, głównie jakościowego, związków pomiędzy 8 parametrami charakteryzującymi 5 biotycznych (POC, DOC, chlorofil całkowity, chlorofil aktywny, feopigmenty-a) oraz 3 abiotycznych (pH, temperatura i zasolenie) właściwości wody morskiej. Takie analizy zbiorów umożliwiają rozpoznanie związków i zależności pomiędzy charakterystykami środowiska morskiego, niedostępnymi (ukrytymi) w tradycyjnych analizach danych pomiarów uwzględniającymi głównie zmienność w czasie i przestrzeni.

W celu ilościowego oszacowania związku głównej składowej materii organicznej - frakcji rozpuszczonej DOC zastosowano metodę analizy segmentowej wybierając w charakterze zmiennych objaśniających: zasolenie wody, stężenia chlorofilu-a oraz frakcji zawieszony węgla organicznego POC. Wybrana metoda pozwala na modelowe opisanie, zazwyczaj nieliniowych, związków pomiędzy zmienną objaśnianą a zmiennymi objaśniającymi np. jako sumę zależności liniowych, o różnych wartościach współczynników, w dwu lub więcej przedziałach (segmentach, kawałkach) zmienności wielkości objaśnianej, wybór których określają wartości wielkości objaśnianej - tzw. punkty przełamania. W rozprawie Doktorantka przyjęła model dwusegmentowy zmienności DOC z jednym punktem przełamania.

Uwagi: Ten fragment rozprawy - przygotowany starannie i szczegółowo prezentuje procedury badań laboratoryjnych. Rzeczowe wprowadzenie w zastosowane techniki analizy zbiorów danych pomiarów.

Drobne usterki:

- cyt. poz. literatury: Lorenzen 1967 (str. 27) - brak w Wykazie (rozd. 8) - raczej usterka (błędne nazwisko autora w Wykazie (rozd. 8),

- cyt. poz. Pempkowiak i in. 2006 (str. 28) - w Wykazie są dwie pozycje z tego roku, podane bez rozróżnienia) - zatem nie jest wiadomo, która z nich jest tu cytowana,

- str. 30 w13-11d - (...) "oraz stosując dwa dodatkowe kryteria wyodrębnia się istotne statystycznie składowe główne." (...) - stwierdzenie to nie jest poprawne - zastosowane kryteria, choć powszechnie używane, nie dają, niestety, tak pożądanego oszacowania wyniku analiz.

W rozdziale 4 Doktorantka prezentuje wyniki badań eksperymentalnych oraz rezultaty uzyskane z zastosowaniem wybranych technik przetwarzania danych (w oparciu procedury dostępne w pakiecie Statistica 6.0).

Dane z pomiarów wybranych parametrów: wartości zasolenie, temperatura, pH oraz stężeń chlorofilu całkowitego (chlo-c), chlorofilu aktywnego (chlo-a), feopigmentów-a (feo), oraz POC i DOC, otrzymane z 259 próbek wody pobranych w latach 2009-2011 w rozmaitych miesiącach z profili pionowych w rejonie trzech głębi bałtyckich, zorganizowano w formie bazy danych BOC.

W podrozdziale 4.1 Doktorantka prezentuje ogólną charakterystykę zakresu wartości stężeń DOC i POC oraz chlorofilu obserwowanych w 3 rejonach Bałtyku. W tab. 2 przedstawiono zakres stężeń POC i DOC w profilu pionowym jak i w wybranych warstwach a w tab. 3 dla dwóch sezonów (wiosenno-letnim) oraz (jesiennie-zimowym). Rys. 6 prezentuje uśrednione, dla 3 głębi, wartości stężeń POC i DOC w warstwie powierzchniowej i całym profilu. Na rys. 7 pokazano liniowy związek regresyjny łączący obie formy chlorofilu: chlorofilu całkowitego i aktywnego, charakteryzujący

się wysokim współczynnikiem determinacji rzędu 98%. Otrzymany wynik pozwala Doktorantce, porów. str. 35 w1-4g, omawiać wyniki pomiarów jedynie dla chlorofilu aktywnego. Zakres zmierzonych wartości stężeń chlorofilu aktywnego w zależności od głębokości pokazano na rys. 8.

W kolejnych podrozdz. 4.2-4.4 Doktorantka omawia wyniki oddzielnie dla każdej głębi. Pokazano profile pionowe POC, DOC, chlorofilu-a oraz temperatury wody a także relacje pomiędzy wartościami zasolenia i stężeń obu frakcji węgla organicznego, POC i DOC. Sposób prezentacji jest analogiczny dla Gdańskiej i Gotlandzkiej a w przypadku danych na Głębi Bornholmskiej pokazano zbiorcze zestawienie profili stężeń POC, DOC i chlorofilu-a. Dodatkowo, dla Głębi Gdańskiej, pokazano zmiany dobowe stężeń obu frakcji węgla organicznego.

Podrozdział 4.5 - przedstawiono wyniki z zastosowaniem sygnalizowanych w podrozdz. 3.5 analiz statystycznych. Analizę skupień i głównych składowych zastosowano zarówno do pełnego zbioru jak i zbiorów danych pomiarów zebranych w poszczególnych głębiach. Podrozdział 4.5 finalizuje prezentacja wyników z zastosowania analizy segmentowej, w której otrzymano oszacowanie ilościowego związku stężeń frakcji rozpuszczonej węgla organicznego DOC z wybranym zespołem zmiennych objaśniających, którymi są: wartości zasolenia wody morskiej oraz wartości stężeń chlorofilu aktywnego, feopigmentów-a i frakcji zawieszanej węgla organicznego POC. Analiza pozwoliła oszacować wartość stężenia DOC równą $DOC_p = 4.5 \text{ mgC/dm}^3$ dla punktu przełamania przy czym podzbiór wartości zmiennych objaśniających odpowiadających wartościom stężeń DOC < od wartości 4.3 mgC/dm^3 zawierały głównie dane pomiarów z miesięcy - marzec, kwiecień i październik, zakwalifikowanych przez Doktorantkę jako okres niewegetacyjny. W drugim podzbiórze / segmentacie zmienności DOC tj. dla wartości > 4.3 mgC/dm^3 znalazły się dane pomiarów zmiennych objaśniających głównie z miesięcy - maj, lipiec i sierpień, zakwalifikowanych przez Doktorantkę jako okres wegetacyjny. Zależności w obu segmentach modelowano z wykorzystaniem modelu liniowej regresji wielorakiej (MNK). Oszacowano też wkład w [%] wybranych zmiennych objaśniających w obserwowane zmiany stężeń DOC dla obu wyróżnionych okresów w roku (tab. 13).

Uwagi: Ten fragment rozprawy - przygotowany starannie i w przemyślany sposób. Rzeczowa prezentacja materiału z pomiarów jak i szczegółowe omówienie etapów zastosowania wybranych technik statystycznych. Zwięzła narracja, logiczna i poprawna interpretacja wyników.

Doktorantka pokazała tu biegłość w posługiwaniu się procedurami z pakietu Statistica oraz umiejętnością i otwartością w interpretacji rezultatów pomiarów jak i wyników oszacowań statystycznych.

Nasuwa się pytanie dotyczące analizy skupień i metody głównych składowych.

Analizowano zbiór danych, w którym obecne są dwie, prawie tożsame wielkości chlorofil całkowity i chlorofil aktywny (rys. 7 - silna korelacja). Chlorofil aktywny jest tym parametrem, który Doktorantka wykorzystuje w interpretacji wyników jak i w dyskusji jako bio-wskaźnik aktywności fitoplanktonu (procesów fotosyntezy, produkcji pierwotnej) - głównych źródeł materii organicznej.

Na str. 60 w4-10g podano, że (...) analiza skupień „bezbłędnie” wykrywa takie podobieństwa. (...). Tabele 5, 7, 9 i 11 wyraźnie wskazują na prawie identyczny wkład obu form chlorofilu w zmienność składowych głównych. Zatem czy redukcja zbioru - usunięcie chlorofilu całkowitego - nie dałaby możliwość lepszej oceny, bliższej rzeczywistości (tj. w danym zbiorze danych), wkładu innych czynników wnoszących wkład w zmienność.

Drobne usterki:

- tab. 2 - nie podano zakresu głębokości - charakteryzujące wybrane warstwy oraz głębokość morza na stacjach badawczych (brak takiej informacji w rozprawie), co czyni, że podane tu terminy - warstwa halokliny czy warstwa głębinowa - nie są określone dostatecznie

- w prezentacji ogólnej materiału pomiarowego (podrozdz. 4.2-4.4) - komentarz objaśniający subtelności profili pionowych stężeń DOC i POC bazuje głównie na rozkładach pionowych zasolenia, których nie

zamieszczono w rozprawie, poza zbiorczą informacją na rys. 5. Niekiedy brakuje bardziej szczegółowej informacji dla zrozumienia czy poprawnego śledzenia interesujących wyjaśnień i narracji Doktorantki.

- str. 81 - rów. (8) i (9) - wartości liczbowe współczynników regresji przy C_{POC} różnią się o rząd wielkości od ich wartości zamieszczonych w tab. 12

- str. 82 - tab. 13 - nie są zrozumiałe oszacowane wartości w [%] dla zamieszczonych tu wielkości; podane w tabeli wartości liczbowe współczynników regresji przy C_{POC} : δ_1 , δ_2 różnią się o rząd wielkości od ich wartości zamieszczonych w tab. 12

- str. 83 w 4-1d - podano, że współczynnik korelacji równy jest 74 % - jest to nieściśła informacja - prawdopodobnie Doktorantka ma na myśli wartość współczynnika determinacji (podana w tab. 12 jego wartość wynosi ok. 72.6%).

Rozdział 5 - to obszerny fragment rozprawy zawierający opis metodyki badań modelowych, głównie podmodelu biogeochemicznego, kalibracji i parametryzacja wybranych wielkości, weryfikację wyników obliczeń modelowych oraz wyniki prognostycznych symulacji, bazujących na hipotetycznych scenariuszach zmian parametrów środowiskowych. Podrozdz 5.1 - to zwięzła informacja o badaniach modelowych procesów ekohydrodynamicznych w ostatnim 40-leciu w akwenach morskich, ze szczególnym uwzględnieniem prac dotyczących badań w Morzu Bałtyckim.

W podrozdz. 5.2 Doktorantka opisuje ogólną koncepcję stosowanego w pracy modelu, głównie jego biogeochemicznego podmodelu oraz wkładu jaki wniosła w opracowanie prezentowanej w rozprawie wersji, zmian niezbędnych do opisu procesów związanych z charakterystyką zmienności obu frakcji węgla organicznego, poprzez włączenie do układu nowych równań dla bakterii i związanych z tym nowym elementem łańcucha troficznego, równań dla procesów biogeochemicznych (amoniak) oraz dodano równań dla opisu frakcji rozpuszczonej DOC z podziałem na jej część labilną (zmienną) DOCL oraz stabilną DOCS (zmienność o skali czasowej rzędu roku). Szerzej przedstawiono postacie funkcji źródeł i upustów, zarówno w równaniach dla nowo wprowadzonych zmiennych jak i w wersji standardowej modelu wskazując, które parametry w równaniach wymagały modyfikacji. Model biogeochemiczny zawiera układ 9 równań cząstkowych drugiego rzędu opisujących zmienność fitoplanktonu, zooplanktonu, bakterii, detrytusu pelagicznego, labilnej i stabilnej składowych frakcji rozpuszczonej węgla organicznego, dla soli biogennych (amoniaku, fosforanów i azotanów) oraz jedno równanie zwyczajne dla detrytusu bentycznego. Omówiono też ogólnie strategię połączenia 1D podmodelu biogeochemicznego z modelem 3D modelem hydrodynamicznym oraz zarysowano strategię realizacji symulacji numerycznych dla dla 3 głębi bałtyckich.

W podrozdz. 5.3 - zatytułowanym *Metoda numeryczna* Doktorantka prezentuje algorytm numerycznego rozwiązania podstawowego równania modelu - równania dyfuzji. Nie pokazano algorytmu dla rozwiązania równania zwyczajnego opisującego detrytus bentyczny.

Kolejne podrozdziały 5.3.1-5.3.3 prezentują zwięzłe metodykę przygotowania warunków początkowych, koniecznych w obliczeniach symulacyjnych, sposób kalibracji parametrów modelu oraz omówiono tu wyniki testów zrealizowanych dla oceny poprawności działania zmodyfikowanej wersji modelu.

W podrozdz. 5.3.4 Doktorantka omawia sposób weryfikacji modelu, pokazując wybrane wyniki (rys. 50-52) otrzymane z jego pomocą. Weryfikację zrealizowano dla Głębi Gdańskiej (dla innych głębi - nie, brak było danych z pomiarów). Porównano profile pionowe temperatury wody oraz stężeń całkowitego azotu i fosforu nieorganicznego. Na kolejnych rysunkach 51 i 52 pokazano przebiegi roczne dla lat 1995-2000 wybranych wielkości na dwóch głębokościach, odpowiednio 0 m i 60 m. Szacowane wartości współczynników korelacji mieściły się w przedziale 0.69-0.86 (0 m) i 0.19-0.76 (60 m).

Uwagi: Ten fragment rozprawy: podrozdz.5.1-5.3 - zawiera usterki i nieścisłości, których wyjaśnienie jest niezbędne dla oceny dokonań Doktorantki w realizacji celu badań podjętych w rozprawie w zakresie badań modelowych.

- Doktorantka nie podała, żadnego źródła bibliograficznego, na którym się wzorowała modyfikując układ równań modelu biogeochemicznego, można zatem domniemywać, że jest to Jej oryginalny wkład w badania ekohydrodynamiczne. - Komentarz Doktorantki jest tu mile widziany

- fragment maszynopisu począwszy od w1d na str. 90 do końca str. 92, zawierający rów. (14), plus rys. 47 na str. 93 - jest niezrozumiały, wręcz mylący i wymaga komentarza wyjaśniającego Doktorantki. Dla każdej głębi realizowany jest punktowy, 1D modeli biogeochemiczny, który y bazuje na równaniu dyfuzji (10), opisującym zmienność w pionie (i w czasie) horyzontalnie jednorodnych wielkości (porów. komentarz Doktorantki na str. 90 w9-1d) i w równaniu występuje jedynie składowa pionowa wektora przepływu.

- równanie dyfuzji (51) użyte do prezentacji algorytmu numerycznego ma nieco inną postać niż równanie (10) na str. 10. Do realizacji algorytmu niezbędna jest znajomość warunków brzegowych na powierzchni morza oraz na głębokości imitującej "dno" w modelu. Takich szczegółów Doktorantka nie zamieściła w rozprawie. Komentarz Doktorantki wyjaśniający te usterki jest tu mile widziany.

- rys. 50-52, prezentowane w podrozdz. 5.3.4 są tożsame jak rysunki w opublikowanej w 2010r w Oceanologii (52 (4), 621-648) publikacji, której Doktorantka jest jednym ze współautorów. Lektura treści publikacji wskazuje, że przytoczone w niej rysunki stanowią ilustrację wyników weryfikacji, ale prawdopodobnie, z innej wersji modelu P/POC, tj. bez modyfikacji, jakie wprowadziła do modelu Doktorantka, i który używa w rozprawie?. Wyjaśniający wątpliwości recenzenta, komentarz Doktorantki, jest tu mile widziany.

Drobne usterki:

- str. 85 w16-18g - Doktorantka podaje, że wykorzystywany w rozprawie model bazuje na modelu 1D CEMBS z pracy (Dzierzbicka-Głowacka 2005), nie jest to informacja ścisła, gdyż w cyt. pracy brak jest równania dla detrytusu pelagicznego.

- str. 89 - rów. (11) oraz komentarz Doktorantki z nim związany - nie jest zrozumiały, a wręcz sprzeczny z komentarzem dot. koncepcji modelu (i ilości równań) modelu - str. 85 w24-28g. W rozprawie nie pokazano żadnych wyników dotyczących stężeń całkowitego węgla organicznego (TOC)

- brak jest poprawnie sformułowanego modelu: tj. równań, warunków brzegowych i początkowych. Brak informacji o sposobie wyznaczania współczynnika dyfuzji K_z

- tab. 15 - zawierająca zestawienie statych modelu P/PDOC - zawiera drobne usterki w mianach parametrów: np. prędkość opadania detrytusu w_d

- cytowanej na str. 109, istotnej dla tego fragmentu rozprawy poz. literatury - Witek (1995) - nie zamieszczono w Wykazie literatury.

- inne drobne usterki techniczne zamieściłem w **Wykazie błędów**.

W podrozdz. 5.4 przedstawiono przebiegi roczne profili pionowych temperatury i współczynnika dyfuzji (rys. 53) oraz stężeń biotycznych i wartości abiotycznych parametrów wyznaczonych z nowej, udoskonalonej wersji modelu P/DOC (rys. 54) - wyniki symulacji cyklu rocznego dla roku 2010. Na kolejnych rys. 55-56 pokazano przebieg roczny w 2010r stężeń frakcji zawieszanej POC i jego składowych (biomasy fitoplanktonu i zooplanktonu, stężeń detrytusu pelagicznego i bakterii) - rys. 55 oraz stężeń frakcji rozpuszczonej węgla organicznego DOC i jego składowych (DOCL i DOCS) w warstwie powierzchniowej - rys. 56. Na rys. 56 zamieszczono również przebieg stężeń frakcji zawieszanej POC. Rys. 57 prezentuje konfrontację wyników symulacji stężeń POC i DOC, również w warstwie powierzchniowej w roku 2010 z wynikami pomiarów Doktorantki z lat 2009-2011. Wyniki symulacji dla lat 2009 i 2011 były, jak twierdzi Doktorantka na str. 124 w3-5g, zbliżone do tych z roku 2010.

Na kolejnych rysunkach (rys. 58-59) Doktorantka konfrontuje wyniki symulacji z wynikami Swoich pomiarów stężeń POC i DOC - prezentując profile pionowe analizowanych wielkości na

Głębi Gdańskiej. Zestawienie wyników symulacji oraz danych pomiarów *in situ* (rys. 60) pokazuje niezłą zgodność z wartościami współczynnika determinancji odpowiednio ok. 84% dla POC i ok. 66 % w przypadku DOC co daje wartości współl. korelacji, odpowiednio, rzędu 0.91 i 0.81.

Uwagi: Ten fragment rozprawy - przygotowany rzeczowo, interesująca dyskusja wyników. Jednak dostrzeżono drobne usterki wymagające komentarza Doktorantki.

Drobne usterki:

- str. 118 w4-10g - fragment tekstu nie jest zrozumiały (...) " uśrednioną wartość temperatury i szybkość mieszania turbuletnego "

- wyniki na rys. 55, 56 i 57 pokazano dla warstwy powierzchniowej - w pracy nie podano jak ją zdefiniowano

- str. 124 w14-17g - fragment tekstu wyjaśniający obserwowane na rys. 57 różnice w wartościach stężeń DOC i POC, wyznaczonych z modelu oraz otrzymane z pomiarów - nie jest zrozumiały dla recenzenta: cyt. (...) " Należy pamiętać, że model P/POC pokazuje uśrednioną wartość stężeń obu zmiennych, zależną zarówno od parametryzacji modelu jak i od parametrów fizycznych oraz danych meteorologicznych, które są dostarczane do modelu." (...) - co oznaczają tu terminy: "uśrednione", "parametryzacja" ?, jakie to "parametry fizyczne" ?, jakie to " dane meteorologiczne"? - komentarz Doktorantki mile widziany

- str. 125 w7-8g - też jest obecny nie do końca zrozumiały fragment " rezultaty modelowe przedstawiają uśrednioną wartość stężeń obu komponentów na danej głębokości." - komentarz Doktorantki mile widziany

- str 128 w6-1g - komentarz do rys. 60 nie jest poprawny - wskazane wartości - nie dotyczą, zdaniem recenzenta, współczynników korelacji lecz determinacji

Podrozdz. 5.5 - prezentuje wyniki symulacji hipotetycznych zmian stężeń POC i DOC do roku 2050 - wynikających ze scenariuszy zmian środowiskowych (światła (energii słonecznej), soli biogennych, temperatury wody - stanowiących siły wymuszające dla podmodelu biogeochemicznego. Warunki hydrodynamiczne - przyjęto jako średnie za lata 1960-2000. Uwzględniono też trendy zmian w wieloletiu dla temperatury wody na powierzchni morza, wzrost intensywności promieniowania słonecznego i soli biogennych. Jako okres referencyjny do szacowania zmian w modelowanych wielkościach przyjęto cykl roczny ich wartości uśredniony za lata 1965-1998. Rezultaty symulacji przedstawiono dla 3 głębi bałtyckich, oddzielnie dla frakcji zawieszonych POC (rys.62-68, tab. 18) i frakcji rozpuszczonej DOC (rys. 69-75, tab. 17).

Na rys. 62-64 pokazano przebiegi stężeń POC i jego składowych dla 2010-2050 z krokiem 10 lat oraz dla porównania przebiegi dla lat 1965-1998 (okres referencyjny) a kolejne rysunki, rys. 65 i 66 prezentują miesięczne i sezonowe zmiany POC i jego składowych (zooplanktonu, fitoplanktonu, detrytusu pelagicznego i bakterii) dla okresu referencyjnego i 2050. Kolejne rys. 67-68 ilustrują wkład (udział) składowych POC w zmiany POC. Tabela 16 prezentuje udział w [%] zmian składowych frakcji zawieszonych w zmianach POC w 3 głębiach w 2050 w realacji do udziału z lat referencyjnych 1965-1998.

W analogiczny sposób przedstawiono rezultaty symulacji dla frakcji rozpuszczonej DOC. Rys. 69-71 - prezentują cykl roczny zmian stężeń DOC i jego składowych labilnej (DOCL i stabilnej DOCS) dla lat 2010 - 2050 z krokiem 10 lat oraz okresu referencyjnego (1965-1998) dla 3 rozważanych głębi. Na rys. 69-71 - zamieszczono też przebieg cyklu rocznego dla frakcji zawieszonych POC. Rys. 72 - średnie miesięczne - dla 1965-1998 i roku 2050 dla 3 głębi a Rys. 73 prezentuje - średnie zmiany sezonowe. Rys. 74 ilustruje udział w [%] składowych labilnej DOCL i stabilnej DOCS w całkowitym stężeniu frakcji rozpuszczonej DOC dla okresu referencyjnego oraz 2010-2050 z krokiem co 10 lat. Tabela 17 prezentuje udział w [%] zmian składowych frakcji rozpuszczonej w zmianach DOC w 3 głębiach w 2050 w realacji do udziału z lat referencyjnych 1965-1998.

Uwagi: Ten fragment rozprawy - przygotowany rzeczowo, szczegółowo prezentuje wyniki badań.

Drobne usterki:

- usterka - rys 61 - nie wskazano jego (autora), źródła,
- niejasności w określeniu parametrów użytych w symulacjach:
- PAR - taki parametr nie występuje w równaniach modelu
- Nutr - jakich soli biogenicznych dotyczy ten parametr
- jak określano miąższość warstwy eufotycznej (z danych dziennych) w przygotowaniu rys. 62-64, 65, 67-68 a jak warstwy powierzchniowej - rys 66.
- rys. 69-71 - nie podano dla jakiej warstwy wyznaczono przebiegi prezentowanych tu wielkości; czy jest to warstwa eufotyczna jak podano na rys. 72-74
- jak określano miąższość warstwy eufotycznej (z danych dziennych) w przygotowaniu rys. 72-74

Rozdział 6 - dyskusję otrzymanych wyników eksperymentalnych i modelowych. Zawiera obszernie streszczenie z przeprowadzonych badań eksperymentalnych i modelowych, prezentując najważniejsze, zdaniem Doktorantki, wyniki. Wyniki badań eksperymentalnych z wykorzystaniem wybranych technik przetwarzania danych przedstawiono w tab. 19-21. W tab. 22 pokazano wyniki otrzymane z badań eksperymentalnych i modelowych dla warstwy powierzchniowej Bałtyku Południowego w konfrontacji z wynikami innych badaczy.

Tabele 23 i 24 sumują wyniki symulacji prognostycznych zrealizowane dla 3 głębi - hipotetyczne zakresy zmian stężeń frakcji zawieszanej węgla organicznego POC i jego składowych na przestrzeni 40 lat w stosunku do stężeń z lat 1965-1998. Tab 24 prezentuje analogiczną informację odnośnie frakcji rozpuszczonej węgla organicznego DOC wraz jego składowymi - labilną DOCL i stabilną DOCS.

Uwagi: Ten fragment rozprawy - przygotowany starannie, szczegółowo podsumowuje wyniki badań.

Drobne usterki:

- str. 151 - tab. 18 - treść tabeli jest tożsama z treścią tab. 2 - str. 33,
- str. 153 - cyt. poz. literatury: Kuliński i Pempkowiak 2010 - brak w Wykazie (usterka - rok publikacji).
- str. 158 w1g - drobna usterka w tytule podrozdziału - jest "wyniki pomiarów modelowych" a winno być raczej obliczeń czy symulacji ?
- str. 160 w6-4d - (...) "Stopień korelacji pomiędzy eksperymentalnie zmierzonymi wynikami a wyznaczonymi za pomocą model P/POC wyniósł odpowiednio 84% oraz 66 % dla POC i DOC (rysunek 60)" (...) - prawdopodobnie Doktorantka ma tu na myśli wartości współ. determinacji, podane na rys. 60
- str. 160 w4-1d - zdanie zawiera niejasne sformułowanie - (...), "wymodelowane" dane przedstawiają zawsze uśrednioną wartość stężeń POC oraz DOC " (...) - komentarz Doktorantki mile widziany

Rozdział 7 zawiera zwięzłe podsumowanie przeprowadzonych badań i wnioski z nich wynikające.

Uwagi: Ten fragment rozprawy - przygotowany starannie i rzeczowo, zwięzłe podsumowuje dokonania Doktorantki wynikające z badań eksperymentalnych oraz modelowych.

Drobne usterki:

- str. 161 - cyt. poz. literatury: Chen i Borges 2009 - brak w Wykazie .
- str. 161 - cyt. poz. literatury: Thomas i in. 2009 - brak w Wykazie (usterka - rok publikacji - winno być 2005).

Rozprawę zamyka rozdział 8, zatytułowany *Literatura*.

Wykaz literatury jest obszerny, zawiera 140 pozycji bibliograficznych i obejmuje wiele aktualnych pozycji, w znakomitej większości w jęz. angielskim. Cytowane pozycje literatury są zróżnicowane tematycznie i związane z treścią rozprawy.

Uwagi: Ten fragment pracy zawiera liczne usterki techniczne i nieścisłości:

Drobne usterki:

- wykaz nie jest przygotowany jednolicie, według jednego sposobu opisu pozycji bibliograficznych,

- szereg pozycji bibliograficznych nie zawiera pełnych informacji lub są one podane błędnie; usterki dotyczą np.: tytułu, niekiedy nazwisk jej autorów.

- szereg pozycji bibliograficznych cyt. w rozprawie nie zostało zamieszczonych w Wykazie literatury, np.: Witek (1995), Billen i in. (1991), Pempkowiak (1985), Lampert i Sommer (2001).

4. Ocena rozprawy

Maszynopis zawiera liczne drobne usterki, które, niestety, obniżają nieco ocenę rozprawy jako dzieła naukowego. Wykaz ważniejszych usterek dostrzeżonych w maszynopisie rozprawy zamieściłem w Uwagach do każdego rozdziału oraz w załączniku, zatytułowanym Wykaz błędów, który zawiera nieco bardziej szczegółowy wykaz usterek technicznych i stanowi integralną część opinii.

Mniemam, że dostrzeżone mankamenty rozprawy wynikają głównie z formy i stylu prezentacji, a pewne wątpliwości recenzenta co do strony merytorycznej rozprawy zostaną wyjaśnione podczas jej obrony publicznej.

Oceniając ogólnie recenzowaną pracę doktorską mgr Anny Maciejewskiej uważam, że zawiera ona **elementy nowości i oryginalności**, warunków niezbędnych w dysertacjach doktorskich, a w szczególności:

- Doktorantka uzupełniła bazę dotychczasowych danych dotyczących stężeń frakcji zawieszanej POC i rozpuszczonej DOC węgla organicznego, poszerzyła wiedzę o zakresie ich stężeń i rozmieszczeniu w toni wodnej w trzech charakterystycznych rejonach (głębiach) Bałtyku Południowego.
- Doktorantka, w swoich badaniach, wskazała na możliwość istnienia ilościowego związku, pomiędzy stężenia frakcji rozpuszczonej DOC i właściwościami wody morskiej (zasolenie), stężeniami chlorofilu aktywnego, feopigmentów oraz frakcji zawieszanej węgla organicznego POC. Zastosowanie analizy segmentowej pokazało dobre dopasowanie, z wartościami współczynnika determinacji rzędu 72 %, modelu dwusegmentowego z jednym punktem przełamania. Otrzymane liniowe zależności regresyjne opisywały zmienność stężeń DOC w podzbiorów danych, wydzielonych dla okresu wegetacyjnego (miesiące: maj, lipiec, sierpień) oraz niewegetacyjnego (miesiące: marzec, kwiecień, październik). Uzupełniła zatem wiedzę o możliwości istnienia takich związków ilościowych w wodach Bałtyku dla danych z różnych miesięcy, których istnienie sygnalizowano już wcześniej dla danych pomiarów z maja (Kuliński i Pempkowiak 2008).
- Doktorantka wniosła określony wkład w modernizację struktury modelu biogeochemicznego poprzez włączenie nowego elementu łańcucha pokarmowego - bakterii z niezbędnym modelowym opisem procesów biogeochemicznych z nimi związanymi oraz równań opisujących rozpuszczoną frakcję węgla organicznego DOC. Konfrontacja rezultatów obliczeń modelowych z wynikami pomiarów Doktorantki pokazała dobrą zgodność modelu z danymi obserwacji, ze współczynnikami determinacji rzędu 84 % w przypadku stężeń POC i 66 % w przypadku stężeń DOC. Wyniki weryfikacji wskazują, że proponowany wariant modelu można wykorzystać jako, przynajmniej uzupełniające, dodatkowe, narzędzie badawcze w badaniach oceanologicznych. Doktorantka starała się to pokazać, realizując symulacje - prognozujące hipotetyczne zmiany w wartościach modelowanych biogeochemicznych parametrów.

Zgodnie z wiedzą recenzenta, jest to pierwsza próba zaimplementowania modelu o takiej koncepcji i strukturze przez zespół polskich badaczy, do którego należy Doktorantka, jako narzędzia w badaniach środowiskowych Bałtyku.

- Badania eksperymentalne, analiza i interpretacja ich wyników wymagają określonej wiedzy i umiejętności z zakresu oceanologii (chemii morza) jak i biegłego posługiwania technikami przetwarzania danych. W badaniach modelowych z wykorzystaniem modeli ekohydrodynamicznych niezbędna jest wiedza z zakresu ekohydrodynamiki oraz realizacji obliczeń symulacyjnych. Taką wiedzę i umiejętności, Doktorantka, starała się zaprezentować i wykazała w dysertacji, co najmniej w stopniu zadowalającym.

Reasumując, uważam, że rozprawa doktorska mgr Anny Maciejewskiej pt.

„Czynniki warunkujące stężenie rozpuszczonego i zawieszonego węgla organicznego (DOC i POC) w Bałtyku Południowym - badania eksperymentalne i modelowe”

spełnia warunki niezbędne w dysertacjach doktorskich i określanych w art. 13 Ustawy o stopniach i tytule naukowym z dnia 14 marca 2003 r. (Dz. U. Nr. 65, poz. 595)

i niniejszym wnioskuję o dopuszczenie Doktorantki do dalszych etapów przewodu doktorskiego i publicznej obrony.

dr hab. Andrzej Jankowski

Instytut Oceanologii PAN w Sopocie

Sopot, dnia 30.01.2013r.