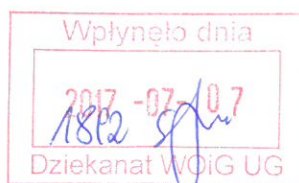


dr hab. Roman Cieśliński
profesor nadzwyczajny
Uniwersytet Gdański
Wydział Oceanografii i Geografii
Instytut Geografii
Katedra Hydrologii



Gdańsk, 04.07.2017

RECENZJA

Rozprawy doktorskiej magister Katarzyny Marosz
pt. *Wzrost poziomu morza i wezbrania sztormowe źródłem potencjalnych zagrożeń dla
Gdańska*

Uwagi ogólne

Woda zdeterminowała miejsce powstania Gdańska, które znajduje się w odcinku ujściowym Wisły oraz nad brzegiem Zatoki Gdańskiej. Miasto położone jest dodatkowo na obszarach depresyjnych i w bliskim sąsiedztwie strefy krawędziowej Wysoczyzny Gdańskiej. Położenie to nie sprzyja bezpieczeństwu miasta ze strony wód płynących i morskich. Podczas ponad tysiącletniej historii miasta, odnotowano wiele wydarzeń ukazujących zmagania lokalnej ludności z „żywiołem” wody. Ludność Gdańska nie miała jednak szans w starciu ze zjawiskiem powodzi o intensywnym przebiegu. Powodzie takie ze względu na swoją częstotliwość występowania nazwane były 100 lub 200-letnimi. Szansa ich wystąpienia jest minimalna i zależna od wielu uwarunkowań m.in. długiego okresu zlodzenia na rzece, występowania niekorzystnych wiatrów podczas wezbrania, ekstremalnych zjawisk meteorologicznych itp. Wystąpienie takich zdarzeń niesie za sobą wiele nieuniknionych strat gospodarczych, społecznych, a nawet utratę życia przez ludzi. Mimo wielu praw, ustaleń i działań przeciwpowodziowych już od czasów średniowiecznych powodzie były i nadal są zjawiskiem nieobliczalnym. Traktowane są za jeden z głównych kataklizmów, które zaobserwować można nie tyle na omawianym obszarze, co na terenie całego świata. Dlatego też tak istotne jest szczegółowe ich poznanie. Próbę zapobiegania zjawisku powodzi na początku XXI wieku rozpoczęli władarze miasta Gdańsk. Zapoczątkowana była ona po powodzi w 2001 roku i jest kontynuowana do dnia dzisiejszego, z tym że po kolejnej powodzi jaka nawiedziła miasto w 2016 roku prace te zostały zintensyfikowane. Miasto dokonało oceny działań planowanych przez gminę w zakresie zagospodarowania wód opadowych oraz przygotowało propozycję kierunków działań inwestycyjnych zmierzających i koniecznych do poprawy sytuacji w mieście w zakresie osłony przeciwpowodziowej. Niestety ograniczono się jedynie do powodzi błyskawicznych, nazywanych z ang. *flash flood* lub *urban flood*, związanych z deszczami nawalnymi, a zapomniano, że w przeszłości historycznej najbardziej tragicznymi w skutkach były powodzie sztormowe, o czym mogą świadczyć zapisy historyczne i budowle hydrotechniczne zabezpieczające przed tego rodzaju powodzią np. wrota przeciwsztormowe Kamienna Grodza na Motławie, Wrota Żuławskie na Oplywie Motławy, czy wrota na Rozwójce. To, że w chwili obecnej nie obserwuje się ich z taką intensywnością jak w przeszłości nie oznacza, że ich w ogóle nie ma i można pominąć w rozważaniach. Recenzowana praca bardzo dobrze uzupełnia to niedociągnięcie miasta. Szczegółowe omawianie zmian poziomu morza i występowania wezbrań sztormowych jako potencjalnych zagrożeń dla miasta Gdańsk jest niezwykle istotne w aspekcie zmian klimatycznych, a co za tym idzie zmian poziomu wszechoceanu. W efekcie temat pracy jest ważki i na czasie. O tym jak istotny może on być niech świadczy fakt, że wzrost poziomu

morza o 1 centymetr powoduje utratę pasa strefy brzegowej o szerokości 1 m. Jednocześnie według współczesnych prognoz do końca XXI wieku poziom Bałtyku może wzrosnąć nawet o 80 cm, co dla Gdańska miałyby katastrofalne skutki. W przypadku podniesienia się poziomu morza o 1 metr nastąpiłby bowiem dziesięciokrotny wzrost ryzyka powodziowego na nisko położonych terenach deltowych i nadmorskich równin aluwialnych, a także potrojenie prędkości erozji plaż piaszczystych, wydmy nadbrzeżnych i terenów mierzei.

Istnieje wiele scenariuszy zmian poziomu Morza Bałtyckiego, lecz w zasadzie nie ma do tej pory pracy, która w sposób tak szeroki omawiałaby zmienność poziomu morza i wezbrań sztormowych wykorzystując do tego celu modele matematyczne. Również wzrost ilości zjawisk ekstremalnych obserwowanych szczególnie dobrze od II połowy ubiegłego wieku na Bałtyku wskazuje na charakter aplikacyjny i użytkarny recenzowanej pracy.

Charakterystyka rozprawy

Poddana recenzji praca należy do prac obszernych z zakresu geografii i oceanologii. Składa się z dwóch tomów. Pierwszy, który liczy 227 stron wraz z załącznikami to właściwa część pracy, drugi stanowi katalog wezbrań sztormowych w latach 1988-2007 dla Gdańska Portu Północnego. W katalogu znaleźć można podstawowe informacje na temat 85 wezbrań sztormowych w analizowanym okresie. Na informacje te składał się okres wystąpienia wezbrania, czas jego trwania, czas wznoszenia, czas trwania poziomu morza ≥ 550 cm i ≥ 570 cm, tempo przyrostu, maksymalny poziom morza, maksymalna prędkość wiatru, kierunek spływu mas powietrza nad południowym Bałtykiem, a także wykresy hydrogramu, prędkości wiatru, kierunku wiatru oraz mapy synoptyczne. W efekcie dostajemy bardzo dobry, rzekłbym „kapitałny” materiał uzupełniający właściwą pracę, który w zasadzie mógłby „żyć własnym życiem”.

Całość recenzowanej rozprawy obejmuje 181 stron tekstu (w tym 100 rycin, 27 tabel oraz na końcu pracy 3 strony z akronimami i symbolami), a ponadto 19 stron spisu literatury, 3 strony spisu źródeł internetowych oraz 6 stron spisu rysunków i 2 strony spisu tabel, a także 16 stron załączników, które stanowią cenne uzupełnienie treści poszczególnych rozdziałów, choć załącznik 3 dotyczący opisu i przeliczenia skali Beauforta można byłoby pominąć. Spis literatury obejmuje 271 pozycji, wśród których przeważają opracowania polskojęzyczne (147 pozycji). Ponadto Doktorantka wykorzystowała 120 prac ogłoszonych w języku angielskim oraz 4 w języku niemieckim. Również wykorzystowała 29 pozycji internetowych, choć w wielu przypadkach pozycje imienne (autorskie) mogłyby być przeniesione do właściwego spisu literatury.

Biorąc pod uwagę wielowątkowość recenzowanej rozprawy, jej układ jest logiczny. Jedyne pewne zastrzeżenie można mieć do jej struktury. Wydaje się, że lepszym rozwiązaniem byłoby połączenie rozdziałów od 1 do 4 w całość. W ramach rozdziału zatytułowanego „Wstęp” pojawiłyby się podrozdziały „Cele pracy i hipotezy badawcze”, „Zarys problematyki w świetle dotychczasowych badań” oraz „Dane źródłowe”. Jest to tym bardziej zasadne, że np. rozdział 2 liczy zaledwie jedną stronę. Również rozbudowywanie układu pracy o podrozdziały podrozdziałów (np. w podrozdziale 6.8, 7.3, 7.4, 7.5, czy 9.3) wydaje mi się zbędne. Jest to o tyle istotne, gdyż np. w rozdziale 6, Autorka tylko dla podrozdziału 6.8 tworzy dodatkowe podrozdziały, zaś dla innych nie, czy w rozdziale 9, czyni to samo tylko dla podrozdziału 9.3. Wskazuje to na nierównomierne rozłożenie akcentów w pracy. Lepszym rozwiązaniem byłoby wprowadzenie „wytluszczeń” istotnych zagadnień w danym podrozdziale.

Praca liczy 11 rozdziałów. W rozdziale **pierwszym** – wstępnym o objętości 7 stron, Doktorantka omawia m.in. historię pomiarów poziomów Morza Bałtyckiego, przyczyny zmian poziomu morza i ich potencjalne efekty na świecie, w tym migrację ludności, rejestrację poziomów morza w aspekcie projektowania osłony przeciwpowodziowej, a także definiuje pojęcie wezbrania sztormowego przy wykorzystaniu dziesięciu definicji różnych

autorów i pojęcie sztormu przy wykorzystaniu trzech definicji oraz pojęcie powodzi na podstawie Prawa wodnego. W tym miejscu należy zastanowić się czy taka liczba definicji była potrzebna, tym bardziej, że Autorka nie odnosi się w przypadku pojęcia wezbrania sztormowego i sztormu, którą uznaje za właściwą w swojej pracy. W rozdziale tym proponowałbym dodatkowo w przypadku omawiania zmian poziomu morza nie stosować pojęcia „poziom odniesienia” (strona 6), ale nazywać je zmianą „bazy drenażowej”. Dodatkowo na stronie 6 pojawia się stwierdzenie, że zmienność poziomu morza wpływa na zmianę batymetrii akwenów, a to z kolei wpływa na zmianę charakterystyki hydrologicznej rzek uchodzących do morza. Nasuwa się tu pytanie o jakie charakterystyki Autorce chodziło?

Rozdział **drugi** zatytułowany „Cele pracy i hipotezy badawcze” przedstawia trzy hipotezy badawcze, a także cele główne i cele częściowe. Pierwsza hipoteza badawcza pracy zakłada, że najistotniejszym z czynników kształtujących wezbrania sztormowe jest ciśnienie atmosferyczne wraz z jego bezpośrednim efektem – polem wiatru. Druga hipoteza zakłada, że intensyfikacja procesu globalnego ocieplenia prowadzi do wzrostu ryzyka zalania niektórych regionów miasta wskutek wezbrań sztormowych. Trzecia hipoteza zakłada, że wzrost poziomu morza oraz występujące wezbrania sztormowe stanowią potencjalne zagrożenie dla Gdańska w dłuższym horyzoncie czasowym. Na bazie tak postawionych przez Autorkę hipotez ustalono cele główne. Pierwszy ma za zadanie ustalenie za pomocą modeli statystyczno-empirycznych związków ilościowych między poziomem wezbrania sztormowego, a głównymi czynnikami je kształtującymi w rejonie Zatoki Gdańskiej, w oparciu o dane ze stacji Gdańsk Port Północny. Drugi z kolei ma za zadanie estymację prawdopodobieństwa wystąpienia wezbrań sztormowych w Gdańsku o określonej wysokości, a następnie przy wykorzystaniu narzędzi GIS wyznaczenie ich zasięgu. W tym miejscu Autorka wskazuje, że wezbraniem sztormowym jest sytuacja, podczas której poziom morza osiągnie lub przekroczy 570 cm. Wydaje się, że można byłoby ją uzupełnić o stwierdzenie, że jest to tymczasowe podniesienie poziomu morza w określonym miejscu, spowodowane ekstremalnymi warunkami meteorologicznymi (niskie ciśnienie atmosferyczne i/lub silne wiatry). Zatem wezbranie sztormowe powinno być definiowane jako nadwyżka w stosunku do poziomu oczekiwanego, wynikającego jedynie ze zmienności pływowej w danym czasie i miejscu. Trzeci cel główny ma za zadanie wyznaczenie oraz wizualizację obszarów Gdańska potencjalnie zagrożonych od strony morza, biorąc pod uwagę wzrost średniego poziomu morza przy wykorzystaniu scenariuszy IPCC oraz wystąpienia wezbrania sztormowego. Postawione cele główne nie budzą żadnych wątpliwości. W ramach ich realizacji ustalone zostały także cele szczegółowe na które składała się:

- kwerenda danych meteorologicznych i hydrologicznych dla stacji Gdańsk Port Północny,
- analiza statystyczna zmienności względnych poziomów Morza Bałtyckiego w rejonie Gdańska,
- szczegółowa analiza wybranych ekstremalnych wezbrań sztormowych poprzez porównanie warunków meteorologicznych i hydrologicznych przed, w trakcie i po wezbraniu sztormowym,
- opracowanie katalogu wezbrań sztormowych dla wielolecia 1988-2007.

Z przedstawionych czterech celów częściowych dwa pierwsze uznałbym raczej jako formę metod kameralnych tj. kwerendę i analizę statystyczną.

Rozdział **trzeci** pt. „Zarys problematyki w świetle dotychczasowych badań” o objętości 12 stron, miał za zadanie omówić najważniejsze pozycje literatury dotyczące tematyki zmienności poziomu morza i wezbrań sztormowych. Jest on dobrze napisany. Autorka powołuje się na wiele pozycji literatury polsko- jak i anglojęzycznej. Wskazuje przy tym na wielowątkowość problematyki. Szkoda jedynie, że Autorka nie powołała się jeszcze na kilka istotnych pozycji, choćby dwóch monografii tj. „Zatoka Pucka” pod redakcją K. Korzeniewskiego i „Zatoka Gdańska” pod redakcją A. Majewskiego, a także dwóch książek

habilitacyjnych – Haliny Kowalewskiej-Kalkowskiej nt. „Roli wezbrań sztormowych w kształtowaniu ustroju wodnego układu dolnej Odry i Zalewu Szczecińskiego” oraz Tomasza Wolskiego nt. „Czasowej i przestrzennej charakterystyki ekstremalnych poziomów wód Morza Bałtyckiego”, a także artykułu A. Jankowskiego z 2000 roku nt. roli wiatru na warunki hydrologiczne wód strefy brzegowej południowego Bałtyku. Szczególnie dwie książki habilitacyjne byłyby źródłem cennych informacji, które uzupełniłyby treści recenzowanej pracy.

W rozdziale **czwartym** pt. „Dane źródłowe” o objętości 6 stron opisywane są materiały wykorzystane do realizacji pracy. Pojawia się tu m.in. opis reanalizy NCEP/NCAR, zakres czasowy analiz i uzyskanych materiałów źródłowych, krok czasowy jaki był wykorzystany przy określonych analizach, a także wymienione są instytucje z których uzyskano dane. Rozdział ten nie budzi zastrzeżeń. Wykorzystanie w pracy reanalizy było dobrym posunięciem Doktorantki, gdyż pozwoliło Jej to na ujednoczenie pomiarów za pomocą technik asymilacji danych i przeprowadzenie dokładnej analizy jakościowej. Do drobnych mankamentów w tym rozdziale zaliczyć można jedynie brak opisu głównych obiektów geograficznych oraz brak skali na rycinie 4.1. i 4.2. Dodatkowo na jednej z rycin część punktów gridowych jest słabo widoczna.

Rozdział **piąty** zatytułowany „Metody badań” o objętości 15 stron opisuje główne techniki badawcze. Analiza statystyczna wyników, jak pisze Autorka, obejmowała sezonową zmienność średnich oraz maksymalnych poziomów morza w poszczególnych latach i miesiącach. Regresja liniowa posłużyła Jej do zbadania współczynników kierunkowych równania trendu, zaś istotność statystyczną testowała w oparciu o test F-Snedecora. Do graficznej analizy zakresu wahań poziomu morza Autorka posłużyła się pierwszym i trzecim kwartylem, medianą oraz wartościami ekstremalnymi. Wskazała również, że wyznaczono granicę pomiędzy niskimi, średnimi i wysokimi poziomami morza. Granice poszczególnych stref wyznaczono w oparciu o wartości średnich z rocznych stanów minimalnych, stanów średnich i stanów maksymalnych. Trend zmian maksymalnych wartości poziomu morza wykonano przy pomocy estymacji liniowej funkcji regresji. W pracy określono także okres powtarzalności zjawiska. Przypadki wezbrań sztormowych zostały zidentyfikowane i wyselekcjonowane w oparciu o hydrogram. Wyznaczenie początku wezbrania określono jako najwyższy poziom morza, po którym następuje obniżenie, a w dalszej kolejności następuje sukcesywny jego wzrost do osiągnięcia wartości kulminacyjnej wezbrania sztormowego. Koniec wezbrania określany był jako moment osiągnięcia kolejnego obniżenia wartości poziomu morza przed ponownym jego systematycznym wzrostem. Jeżeli przed charakterystycznym obniżeniem się poziomu morza było kilka jednakowych wartości maksymalnych to za początek wezbrania przyjmowano ostatnią wartość przed obniżaniem się poziomu morza. W analogiczny sposób postępowano w przypadku wyznaczenia zakończenia wezbrania przy wystąpieniu kilku jednakowych wartości poziomu morza z rzędu. Takie wyznaczanie nie budzi wątpliwości, tym bardziej, że jest stosowane m.in. przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Wezbranie z tzw. dwoma pikami, które wyraźnie rozdzielone było obniżeniem traktowano jako jedno wezbranie sztormowe. W tym miejscu należy mieć wątpliwość czy tak można zrobić z dwóch powodów. Pierwszy dotyczy różnej długości czasu trwania obniżenia, a drugi zakresu tego obniżenia. Autorka w celu uzyskania wartości składowych wektora wiatru dla stacji Gdańsk Port Północny z czterech punktów siatki gridowej reanalizy NCEP/NCAR zastosowała metodę interpolacji dwuliniowej. Z kolei do analizy prędkości wiatru wykorzystwała średnie i ekstremalne wartości, odchylenie standardowe i percentyl 10% i 90%. Do badań zagadnień ekstremalnych poziomów morza i wezbrań sztormowych stosowała prostą i wielokrotną regresję liniową oraz model funkcji regresji. Przy doborze zmiennych wyjaśniających użyła składowe wektora wiatru (równoleżnikową i południkową), prędkość wiatru, ciśnienie atmosferyczne z pojedynczych

punktów. Wprowadzone do modelu zmienne przesunięto w czasie od -1 do -6 godzin. Podczas prac nad skonstruowaniem modelu rozważano cztery warianty zmiennej zależnej: poziom morza podczas całego okresu badawczego, poziom morza po selekcji przypadków, który ogranicza zbiór poziomu morza tylko podczas wezbrań sztormowych, poziom morza rejestrowany tylko podczas wezbrań sztormowych pomniejszony o średnią wartość poziomu morza dla każdego rozpatrywanego wezbrania, poziom morza rejestrowany podczas wezbrań sztormowych pomniejszony o wartość poziomu morza z przegięcia przebiegu hydrogramu od którego rozpoczyna się jego wzrost do momentu osiągnięcia kulminacji. Po stworzeniu modelu dokonano określenia jego poprawności. W efekcie w pracy przedstawiono kilkanaście modeli, choć przeanalizowano kilkadziesiąt. Selekcję modelu, który najlepiej aproksymuje badane zjawisko dokonano w pracy za pomocą kryterium Akaike. Jest to dobre posunięcie, tym bardziej, że model o większej liczbie predyktorów daje dokładniejsze przewidywania. Warto zastanowić się jednak, czy nie doszło do przeuczenia modelu (nadmiernego dopasowania). Rozstrzygnięciem, czy model nie jest przeuczony, byłoby zastosowanie walidacji krzyżowej. W pracy wykorzystano także model DEM i narzędzia GIS do określenia przestrzennego zasięgu wystąpienia zalania Gdańska przy wzroście średniego poziomu morza wynikającego ze zmian globalnych oraz przy maksymalnym poziomie morza o prawdopodobieństwie przekroczenia $p=1\%$ i $p=2\%$. W tym miejscu mam jedyną wątpliwość podanych wartości wysokości sztormu 100-letniego (647 cm) i 50 –letniego (639 cm). Dotyczy ona sposobu obliczenia tych wartości. Warto także dodać, że raczej nie stosujemy stwierdzenia wysokość sztormu. Sztorm jest zjawiskiem, podczas którego pojawiają się fale o określonej wysokości. Rozdział ten wydaje się być jednym z kluczowych dla pracy, gdyż w sposób szczegółowy omawia główne metody pracy, w tym opisujące przygotowanie modeli. Jest napisany bardzo dobrze pokazując, że Doktoranta dobrze operuje pojęciami i metodami statystycznymi i modelowymi. Same zastosowane metody nie budzą zastrzeżeń.

Rozdział **szósty** zatytułowany „Czynniki kształtujące zmienność poziomu morza” liczący 21 stron opisuje w sposób szczegółowy główne czynniki wpływające na genezę wahań poziomu morza oraz występujące zjawisko wezbrania sztormowego. Na podstawie literatury przedmiotu wskazuje na początku rozdziału, że najważniejszymi uwarunkowaniami wahań poziomu morza są:

- stan napełnienia wodą południowej części Bałtyku, które stanowi początkowy poziom dla sytuacji ekstremalnych
- aktywność wiatru w regionie tj. kierunek, prędkość i czas trwania
- deformacja powierzchni morza spowodowana głębokim, mezoskalowym poruszającym się ośrodkiem niskiego ciśnienia nad południową i centralną częścią Morza Bałtyckiego.

Wydaje się, że takie spojrzenie jest zbyt wybiórcze. Istnieje bowiem, wiele innych ważnych uwarunkowań wpływających na zmiany poziomu morza m.in. dopływ potamiczny ze zlewiska, zmiany gęstości wody, zjawisko sejszy, czy pływy, choć w przypadku Bałtyku te ostatnie są nieistotne. Nie należy zapominać także o zmianach geologicznych, choć te należy rozpatrywać w dłuższej jednostce czasu, a także działalność człowieka, której efektem są globalne zmiany klimatyczne oraz zabudowa hydrotechniczna strefy brzegowej. Następnie opisuje takie uwarunkowania jak: globalna zmiana klimatu, ciśnienie atmosferyczne, wiatr, falowanie, gęstość wody, ruchy izostatyczne, napełnienie Bałtyku, pływy, sejsze oraz elementy obiegu wody w przyrodzie określone jako inne. Rozdział pomimo charakteru teoretycznego jest bardzo ważny w pracy i dobrze opracowany. Do drobnych uwag zaliczyć można jedynie stwierdzenie, że jedną z przyczyn wzrostu globalnej temperatury jest koncentracja gazów cieplarnianych, głównie CO_2 (s. 48). Wydaje się, że nie jest to do końca prawdą. Ostatnie badania wskazują, że o wiele groźniejszym gazem w tym aspekcie jest metan (CH_4). Na stronie 49 pojawia się stwierdzenie, że „Nie wszyscy naukowcy przychylają się do tezy, że wzrostowi temperatury powietrza towarzyszy wzrost częstości występowania

sztormów”. Następnie Autorka na podstawie pracy Formeli i Marsza (2011) potwierdza to stwierdzenie. Należy w tym miejscu jednak zadać pytanie, a kto się przychyliła do tego stwierdzenia? Szkoda także, że nie opisano kilku pojęć choćby takich jak: „cielenie się lodowców wyprowadzających”, „transfer lodu do morza”, „ruch postępowy”, „ruch falowy”. Praca stałaby się wtedy bardziej przejrzysta. Na stronie 52 pojawia się błąd. W tym miejscu wskazano, że średni globalny poziom oceanów wzrósł o 0,19 m, by następnie zapisać, że zakres zmienności waha się od 1,7 do 2,1 m. Przy takim zakresie nie da się osiągnąć takiej średniej. W rozdziale tym bardzo często przy rozpatrywaniu różnych uwarunkowań wpływających na zmiany poziomu morza i występowanie wezbrań sztormowych pojawia się słowo „czynnik”. Według mojej oceny jest to błędne. Jak mawiał mój Mistrz, czynnik jest tylko jeden – klimat, pozostałe są uwarunkowaniami. Szkoda, że w tej części pracy nie pojawiła się mapa podziału Bałtyku. W przypadku podrozdziału dotyczącego napełnienia Bałtyku zabrakło mi ustalenia tempa napełnienia oraz określenia wskaźnika wymiany wody. Podrozdział 6.9. wydaje się mieć dość niefortunny tytuł „Inne”. Warto byłoby go zmienić np. na uwarunkowania obiegu wody. Szkoda, że nie pokuszono się także na ustalenie wielkości opadu i parowania dla badanego wielolecia, a także wielkości dopływu i odpływu powierzchniowego i podziemnego do Bałtyku.

Rozdział **siódmy** zatytułowany „Charakterystyka obszaru badań” na 43 stronach opisuje położenie obszaru badań, jego topografię, współczesne stosunki wodne, zmienność poziomu morza wzdłuż polskiego wybrzeża, charakterystykę wybranych elementów klimatu i zlodzenia oraz ochronę przeciwpowodziową Gdańska. Już na samym początku zauważyć można, że kolejność poszczególnych podrozdziałów jest niewłaściwa. Wydaje się, że w pierwszej kolejności po położeniu fizyczno-geograficznym powinny być przedstawione warunki klimatyczne, a potem hydrologiczne. W rozdziale 7.1. nie najlepszym rozwiązaniem jest powoływanie się na pozycję Kondrackiego z 1994 roku, gdy dostępne są nowsze wersje, choćby z 2002 roku. W tej części pracy brakuje dodatkowo mapy podziału Zatoki Gdańskiej oraz mapy modelu DEM, który pokazałby zróżnicowanie topograficzne Gdańska. W podrozdziale 7.2. omawiającym współczesne stosunki wodne znaleźć można kilka drobnych błędów m.in. to, że liczba zbiorników na terenie Gdańska jest większa niż podana 28. Z tej liczby Autorka wskazuje, że 18 to zbiorniki sztucznie piętrzone, co też nie do końca jest prawdą na co dowodem jest liczba zbiorników retencyjnych w zlewni Potoku Oliwskiego (13) i Potoku Strzyża (7). Daje to liczbę 20, a więc już w tej chwili przekraczającą podaną przez Autorkę, a przecież to tylko dwie zlewnie w Gdańsku. Być może taka liczba po części wynika z faktu, że Doktorantka posługiwała się danymi na stan końca 2009 roku. Nasuwa się jednak pytanie dlaczego nie użyła nowszych danych, tym bardziej, że aspekt ochrony przeciwpowodziowej w Gdańsku zmienia się dynamicznie. Inna nazwa Strzyży to nie Bystrzyca jak pisze Autorka tylko Bystrzec, zaś jezioro Zaspą nie może być liczone do jezior Gdańska, gdyż już nie istnieje. Dziwi fakt wymienienia go przy współczesnych stosunkach wodnych, gdyż dwie strony wcześniej sama Autorka o tym pisze. Szkoda także, że przy wymianianiu największego i najgłębszego jeziora nie są podane odpowiednie wartości. Wykorzystana w pracy mapa sieci hydrograficznej jest niekompletna. Zabrakło na niej m.in. Potoku Oruńskiego, czy Potoku Siedleckiego, a więc istotnych cieków decydujących o stosunkach wodnych Gdańska. Można byłoby również uzupełnić treści o tzw. schemat gdańskiego węzła wodnego. Szkoda także, że w treściach nie ma informacji na temat urządzeń hydrotechnicznych oraz mapy ze sztucznymi zbiornikami i układami polderowymi. Przy opisie ustroju hydrologicznego Martwej Wisły wskazuje się, że jest on pod silnym wpływem Morza Bałtyckiego. Dlaczego w tym miejscu nie poparto tego jakimś dowodem, choćby wykresem rytmu zmienności wód morskich i wód Martwej Wisły. W przypadku podanych wartości przepływów ograniczono się jedynie do Potoku Oliwskiego, wskazując, że średni przepływ wynosi $0,3 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Zabrakło mi w tym miejscu informacji, że jest to wartość

średnia, która w okresie deszczy nawalnych wzrasta jednak do wartości $27-28 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Autorka nie pokusiła się także o podanie wartości przepływów dla innych cieków, choć są one dostępne np. w komentarzach do map hydrograficznych Polski w skali 1:50000. W podrozdziale dotyczącym charakterystyki zmienności poziomu morza wzdłuż polskiego wybrzeża rażą niejednorodności czasowe wykorzystywanych danych. Analizowane są takie zakresy czasowe jak: 1886-1971, 1946-1976, 1951-1990, 1951-1996, 1951-2004, 1951-2008. Po części jest to wytłumaczalne wykorzystaniem danych z różnych pozycji literatury, jednakże chcąc zachować spójność interpretacyjną można było się pokusić o własne wyliczenia na podstawie dostępnych danych IMGW i danych archiwalnych. W tej chwili pojawia się pewnego rodzaju chaos przy czytaniu tego fragmentu pracy. Podrozdział 7.4.2. wydaje się mieć zły tytuł – „Warunki anemologiczne”. Przecież anemologia to nauka o wiatrach, zatem czy nie lepiej nazwać go „Warunki wiatrowe”? W przypadku analizy zjawisk lodowych podobnie jak w przypadku zmian poziomu morza pojawia się niejednorodność czasowa wykorzystanych danych. Znaleźć można tu zakresy czasowe dla lat 1951-2008, 1971-1990, 1972-1990. W rozdziale tym pojawia się także niejednorodność jednostek. Przykładem może być zapis na stronie 97, gdzie przy omawianiu podniesienia się poziomu morza raz mamy centymetry, a raz metry. Przy analizie przyczyn powodzi w Gdańsku Autorka na mapie 7.5.1.1. wskazuje miejsca gdzie występują poszczególne typy powodzi. Nie do końca mogę się z tym zgodzić, gdyż wystąpienie powodzi w określonym miejscu może mieć wielorakie przyczyny. Przykładem może być wschodni odcinek Martwej Wisły, gdzie wskazuje się że dominują tutaj powodzie wewnątrzpolderowe. Według mojej oceny głównymi typami powodzi tu występujących są powodzie sztormowe i zimowe. W tym miejscu mam też zastrzeżenie co do nazwy powodzie wewnątrzpolderowe. W szeregu podziałach trudno znaleźć taki typ powodzi. W przykładowej klasyfikacji Lambora z lat 60. mamy wymienione jedynie powodzie opadowe, roztopowe, sztormowe i zimowe. Autorka dodatkowo błędnie założyła na mapie, że powodzie sztormowe dotkną jedynie bezpośrednio strefy brzegowej. Zapomniała, że pośrednio w wyniku cofki efekty powodziowe wezbrań sztormowych mogą być widoczne na ciekach wiele kilometrów w głąb lądu. Na stronie 101 zamieszczona jest mapa Wstępnej Oceny Ryzyka Powodziowego. Niestety trudno doszukać się, co oznacza punktacja określona poszczególnymi kolorami na mapie. Brak wyjaśnień bezpośrednio pod mapą lub w tekście ogranicza jej odbiór. Nie rozumiem także po co poświęcono tyle uwagi strategii rozwoju terenów nadwodnych w Gdańsku wykonanej przez holenderskich ekspertów. Jest ona według mojej oceny mało wiarygodna. Wydaje się także, że opis tego podrozdziału jest zbyt ogólny. Brakuje w tym miejscu choćby określenia zróżnicowania przestrzennego wielkości opadów na terenie Gdańska, przepuszczalności gruntów, czy kierunków spływu. W przypadku podrozdziału dotyczącego ochrony przeciwpowodziowej wydaje się że liczba wymienionych obiektów infrastruktury przeciwpowodziowej jest zaniżona. Dotyczy to liczby przepompowni melioracyjnych, które zarządzane są choćby przez Gdańskie Wody, czy Wojewódzki Zarząd Melioracji i Urządzeń Wodnych. Autorka oparła się jedynie na danych z Encyklopedii Gdańskiej nie przeprowadzając w tych instytucjach kwerendy. Szkoda także że mapę dotyczącą ochrony przeciwpowodziowej oparła na już nieaktualnych danych sprzed 2007 roku. Od tego czasu bardzo mocno rozbudowano w Gdańsku system ochrony przeciwpowodziowej. Nie mogę zgodzić się także, że Kanał Raduni stanowi zbiornik retencyjny. Jest to raczej recypient wód spływających z wysoczyzny. W przypadku Żuław Gdańskich (s. 106) nie stosujemy zwrotu zagrożenie sztormowe, ale zagrożenie przeciwpowodziowe od strony morza. Bardzo ciekawy materiał pojawia się z kolei na trzech mapach stanowiących rycinę 7.5.2.3. (s. 108-109), gdzie przedstawiono zagrożenie Gdańska w przypadku wezbrania sztormowego o prawdopodobieństwie wystąpienia 10%, 1% i 0,2%. Szkoda jedynie, że nie pojawiło się ich więcej dla różnych prawdopodobieństw.

Rozdział **ósm**y zatytułowany „Wybrane katastrofalne powodzie sztormowe na południowym Bałtyku” liczący 19 stron stanowi świetne źródło informacji historycznej na temat 6 największych powodzi sztormowych. Dużym osiągnięciem Autorki jest odnalezienie materiałów źródłowych dotyczących tych powodzi. Dotyczy to nie tylko opisu historycznego, lecz także danych dotyczących pola ciśnienia, map pogody, prędkości wiatru, czy zmian poziomu morza. Nie zapomniano także o stratach ludzkich i gospodarczych. Dobrym uzupełnieniem są także zdjęcia zniszczeń w tamtym okresie.

Rozdział **dziewiąty** i **dziesiąty** wydają się najistotniejszymi w pracy. Rozdział 9 zatytułowany „Poziom morza oraz jego zależność od warunków anemobarycznych” liczący 30 stron w sposób bardzo szczegółowy omawia zmienność poziomu morza w Gdańsku w latach 1988-2007. Wskazuje, że roczne maksymalne poziomy morza są głównym indykatorem zagrożenia powodziowego, z czym należy się zgodzić. Na wstępie podrozdziału 9.1. Autorka oblicza dla lat 1886-2007 trend maksymalnych rocznych poziomów morza, który wynosi dla Gdańska Nowego Portu 21 cm na 100 lat. Następnie dla tego samego okresu oblicza współczynniki trendu dla dwudziestoletnich okresów zaczynając od roku 1886. W tym miejscu Autorka nie wskazała dlaczego dzieliła okres pomiarowy na takie okresy. Następnie dokonuje szczegółowej charakterystyki zmian poziomu morza dla okresu 1988-2007. W tym miejscu nasuwają się dwa kolejne pytania. Dlaczego zakończono badania na 2007 roku?, przecież praca została złożona w 2017 roku. Drugie pytanie dotyczy wyboru okresu analiz szczegółowych tj. lat 1988-2007. Czy nie można było zachować jednorodność czasową badań i dokonać analizy dla całego okresu tj. lat 1886-2007? W podrozdziale tym zabrakło mi również sporządzenia hydrogramu częstości występowania określonych stanów wody na morzu. Drobnym błędem jest różnica w zakresie czasowym badań szczegółowych. W tytule podrozdziału 9.1. mamy lata 1988-2007, zaś w opisie rycin przedstawiających zjawisko lata 1987-2007 np. ryc. 9.1.3., 9.1.4. Na koniec podrozdziału omawiane jest dopasowanie rozkładu Weibulla do rocznych maksymalnych poziomów morza w Gdańsku, które autorka ocenia jako satysfakcjonujące, z czym należy się zgodzić. W podrozdziale 9.2. omawiane są wezbrania sztormowe. Dla poszczególnych lat okresu 1988-2007 podane są liczby wezbrań sztormowych, jednocześnie wskazując na dodatnią tendencję wzrostu tej liczby. W całym okresie pomiarowym odnotowano aż 156 dni sztormowych (przy $H \geq 570$ cm), co w przeliczeniu na rok daje 7,9 dnia. Z kolei przy $H \geq 600$ cm, liczba ta wyniosła 25 dni. Szkoda, że w tym miejscu Autorka nie powołała się na liczne prace Wiśniewskiego, czy Girjatowicza, którzy również takie zmienności śledzili w innych częściach Morza Bałtyckiego. W rozdziale tym określono również czas trwania i tempo przyrostu poziomu morza. Przeciętna długość trwania wezbrania sztormowego wyniosła 75 godzin, zaś średni czas przyrostu poziomu morza $3 \text{ cm} \cdot \text{h}^{-1}$. Oczywiście Autorka poza średnimi wartościami przedstawia także zakresy zmian ekstremalnych. Podrozdział 9.3. omawia modele regresji wielokrotnej. Wydzielone są dwa typy modeli. Grupa pierwsza obejmowała 6 modeli w których zmienną zależną jest poziom morza zarejestrowany w latach 1988-2007. Druga grupa obejmowała 10 modeli z pozostałymi wariantami zmiennej zależnej m.in. poziomem morza rejestrowanym tylko podczas wezbrań sztormowych, pomniejszonych o średnią wartość poziomu morza rozpatrywanego dla każdego wezbrania, czy poziom morza rejestrowany podczas wezbrań sztormowych pomniejszony o napełnienie. Modele grupy pierwszej w większości przypadków miały przesunięcie czasowe dla wiatru o -4 godziny. Model 3 jako jedyny zawiera poziom morza z przesunięciem czasowym wynoszącym -4 godziny. Był on najlepszym z modeli ze zmienną $H_{(-4)}$. Współczynnik korelacji wyniósł bowiem 0,97. Dla modelu tego ustalono, że wzrost ciśnienia o 1hPa z przesunięciem -4 godziny pociąga za sobą niewielki wzrost poziomu morza o 20 cm, wzrost prędkości wiatru opóźnionego o 4 godziny o $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ powoduje wzrost poziomu morza o 22 cm, zaś sam poziom morza z przesunięciem czasowym -4 godziny wpływa na wzrost wartości o 95 cm. Model ten wyjaśnia 93%

zmienności poziomu morza. W przypadku pozostałych modeli wyjaśniały one zmienność poziomu morza w zakresie 22-31%. Autorka stwierdziła dodatkowo, że żaden z analizowanych modeli grupy pierwszej nie jest współliniowy, co potwierdza jedno z założeń regresji wielokrotnej. Drobnym mankamentem tej części pracy jest brak opisu wykorzystanych skrótów choćby w tabelach 9.3.1.1. i 9.3.1.2. Z kolei modele grupy drugiej to modele z dwiema lub trzema zmiennymi niezależnymi. W zasadzie wszystkie modele miały przesunięcie predkości wiatru wynoszące -4 godziny. Na podstawie szeregu obliczeń statystycznych m.in. macierzy współczynników korelacji, współczynnika tolerancji, testów na poziom istotności, czy współczynnik determinacji ustalono, że najlepiej wyjaśniającym zmienność poziomu morza podczas wezbrań sztormowych jest model III. Wartość ta wynosi 77%, gdy dla pozostałych modeli wynosi ona od 39 do 53%. Model III grupy drugiej jest odpowiednikiem modelu 3 grupy pierwszej. W modelu tym wzrost ciśnienia o 1 hPa z przesunięciem czasowym o -4 godziny spowoduje wzrost poziomu morza podczas wezbrań sztormowych o 79 cm, zaś sam poziom morza z przesunięciem czasowym -4 godziny wpłynie na wzrost poziomu morza o 71 cm. Z kolei wzrost prędkości wiatru z ujemnym krokiem czasowym (-4 godziny) o $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ spowoduje wzrost poziomu morza o 58 cm. Według mojej oceny rozdział ten został bardzo dobrze napisany, potwierdzając dobre przygotowanie Autorki w sferze przeliczeń statystycznych i wykorzystania modeli statystycznych.

Rozdział 10 zatytułowany „Modelowanie zasięgu ekstremalnych wezbrań sztormowych w warunkach globalnego ocieplenia w skali XXI wieku” liczący 13 stron stanowi bardzo dobry materiał działający na „naszą wyobraźnię”. Autorka przedstawia bowiem zasięgi wezbrań sztormowych przy wykorzystaniu założeń wzrostu poziomu morza według scenariuszy IPCC – RP 4.5 i RCP 8.5. Na uzyskane wartości poziomu morza wynikające z określonych scenariuszy dodaje wartości wezbrania sztormowego o prawdopodobieństwie przekroczenia 2% i 1%. W tym miejscu należałoby się zastanowić czy nie warto było zastosować innych prawdopodobieństw np. 0,1%, 0,2%, czy 0,5%. Również należałoby się zastanowić, czy pomimo pewnych mankamentów nie warto było wykorzystać innych scenariuszy IPCC, choć autorka tłumaczy dlaczego ich nie wybrała. Na początku rozdziału przedstawiono mapę zasięgu wód sztormowych dla wezbrania historycznego z 1843 roku. Wydaje mi się to jednak zbyt dużym uproszczeniem. Nie bierze się bowiem pod uwagę faktu, że wzrost poziomu morza nie oddziałuje tylko bezpośrednio na linię i strefę brzegową. Efekty mogą być obserwowane na ciekach, gdzie z pewnością pojawia się zjawisko cofki, a przez to podniesienie się również poziomu wody w rzekach i możliwe zalanie okolicznych terenów. Dotyczy to również dwóch kolejnych map nr 10.2. i 10.3., gdzie zasięg wód sztormowych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia ogranicza się do zmian wysokości zwierciadła wód morskich na tle modelu DEM. Bardzo ciekawy materiał przedstawiony jest na kolejnych mapach, gdzie określone są zasięgi wód sztormowych przy różnych wariantach zmian klimatycznych według raportów IPCC. Szkoda jedynie, że nie ma obrazu dla całego Gdańska, tylko dla jego wycinków. Obraz całego miasta spowodowałby dostrzeżenie, które jego części są najbardziej zagrożone na zjawisko wezbrań sztormowych. Pewnym mankamentem tej części pracy jest brak jakiegokolwiek informacji, co by się stało, gdyby na powódź sztormową nałożyły się jeszcze inne typy powodzi, co w przeszłości historycznej było już obserwowane. Jaki byłby wtedy zasięg zalania miasta? W tym miejscu chyba sam jestem w stanie odpowiedzieć na to pytanie. Wymagałoby to wykorzystania przez Autorkę modeli synergicznych, a przez to rozbudowania pracy o kolejne treści, co wiązałoby się ze wzrostem jej objętości.

Rozdział **jedenasty** rozprawy pt. "Dyskusja i wnioski" o objętości 5 stron stanowi podsumowanie wcześniej zaprezentowanych wyników badań. Jest on napisany w sposób przejrzysty i nie budzi wątpliwości. Autorka próbuje w nim udowodnić słuszność postawionych na wstępie pracy hipotez badawczych, co jej się udaje. Wydaje mi się, że

rozdział ten powinien być rozbity na dwa. Osobnym powinna być dyskusja, choć w tej formie jaka jest w pracy powinna być rozbudowana. We wnioskach zabrakło mi określenia efektu wzniesień sztormowych i wzrostu poziomu morza na życie człowieka, w aspekcie konsekwencji społecznych i gospodarczych. Również zbyt lakonicznie opisane są efekty przyrodnicze. Zabrakło mi także lepszego opisu dotyczącego funkcjonowania systemu hydrotechnicznego miasta np. kanalizacji burzowej w czasie zmian poziomu morza, czy powodzi sztormowych. W tej części pracy zdarzają się wątki, które nie były podejmowane w pracy np. zmiany parametrów fizyczno-chemicznych wody. Jeśli o tym nie piszemy w pracy, to nie podajemy takich informacji we wnioskach.

Recenzowana rozprawa doktorska została dobrze przygotowana od strony edytorskiej. Rysunki oraz tabele są przejrzyste i stanowią bardzo dobre uzupełnienie tekstu. Język pracy jest dobry. Jedynie spis cytowanej literatury oraz innych źródeł jest przygotowany źle. W przypadku 56 pozycji literatury zacytowanej w tekście nie znalazłem jej w spisie literatury. Z kolei 37 pozycji zamieszczonych w spisie nie jest cytowanych w tekście. Wynikać może to po części z faktu, że zapis cytowań w tekście jest zmienny. W przypadku jednego lub dwóch autorów nie budzi to większych kontrowersji, jednak w sytuacji gdy praca liczy trzech lub więcej autorów pojawia się szereg różnych zapisów np. Mitchum i in. 2010; Bogdanov, Medvedev, Solodov, inni 2000; Wolski, Wiśniewski i Giza 2013; Wiśniewski, Wolski, Kowalewska-Kalkowska i Cyberski 2009. Pojawiają się także sytuacje, że praca jest jednego autora, lecz w zapisie jest „i inni” lub jest kilku autorów, a wymieniony jest tylko pierwszy. Często jest także dwóch autorów, a zapis to nazwisko pierwszego autora i inni. Również przyczyną tego stanu rzeczy mogą być różnice lat poszczególnych pozycji w spisie i w tekście. Pozycjami których nie odnalazłem w spisie były prace takich autorów jak: BACC, 2008, 2015; Bolt i in. 2005; Cebulak 2005; Cebulak i in. 2010; Cieślak 2011; Cieślak, Leśny 1999; Cyberski, 2015; Dziadziuszko 1993; Dziadziuszko i Wiśniewski 1983; Dziadziuszko i in. 1987, 1990, 1996; Domaradzki 2007; Fonselius, Valldersa 2003; Górecki 2010; Gütter i in. 2015; IMGW – PIB 2011; Jankowski i in. 1993; Jednorął i Dziadziuszko 1988, 1996; Kowalik i in. 1973; Kowalska i in. 2012, 2013; Kowalczyk 2006; Krzysztofik i in. 2014; Kukier i in. 2009; Kwiecień 1990; Łomniewski i in. 1975; Malicki 1988; Malicki i in. 1994; Marsz i in. 2010; Miętus i in. 1996, 1997; Mućk i in. 2011; Modranka i in. 2015; Ojaveer i in. 2010; Per-Andres i in. 2009; Piontkowicz i in. 2008; Rotnicki i in. 2009; Stepko i in. 2000; Strawiński 2015, 2015a; Strategia... 2015; Staudt i in. 2006; Sztobryn i in. 2003, 2005, 2007, 2010; Taylor 2001; Titus i in. 2001; Urbański 2013; von Storch i in. 2008; Vademecum 2006; Wiśniewski i Wolski 2000; Wiśniewski, Wolski, Kowalewska-Kalkowska i inni 2009. Z kolei pozycje będące w spisie literatury ale nie zacytowane to: Andrulewicz i in. 1998; Baltic Master... 1997; Beard 1962; Dillingh 1999; Elken i Matthäus 2008; Frankowski i in. 2009; Girjatowicz 2005; Hünicke i in. 2015; Jankowska i Łęczyński 1993; Jażdżewska i Urbański 2012; Klamann i Sikora 2002; Kuchta 1961; Lethonen i Luoma 2006; Lin i in. 2010; Majewski, Dziadziuszko, Wiśniewska 1983b; Malinowska 2012; Malicki i Miętus 1994; Marosz 2014; Miętus 2009; Naumann i in. 2015; Orviku i in. 2009; Ozga Zielińska i Ozga Zieliński 2005; Program Żuławski... 2014; Pruszek i in. 2005; Sasim 2007; Stanisław 2006; Staudt i in. 2004; Sztobryn i Krzysztofik 2003; Sztobryn i Letkiewicz 2005; Sztobryn i Stepko 2007; Sztobryn i in. 2012; Urbański i Węśławski 2008; von Storch i Omstedt 2008; Winter storm... 2002; Wiśniewski 1978; Wiśniewski i Wolski 2008; Wróblewski i Dziadziuszko 1990. Dodatkowo w spisie literatury zauważyłem brak roku wydania dla pozycji autorstwa Dziadziuszko i Wróblewski, dwukrotny zapis tej samej pozycji – Dziadziuszko 1994 oraz Stepko i Sztobryn 2000, niepotrzebne dodanie litery „a” do pozycji IMGW – PIB z 2012 roku (jest tylko jedna pozycja) i litery „b” do pozycji Majewski i in. z 1983 roku (tu również jest tylko jedna pozycja tego autora z zespołem z tego roku), niepotrzebny zapis pełnego imienia jednego z autorów w pozycji Mitchum i in. 2010, a także

brak rozróżnienia dwóch różnych tytułów pozycji tych samych autorów tj. Wiśniewskiego i Wolskiego z 2011 roku. Czasami kolejność poszczególnych pozycji literatury jest niewłaściwa.

Forma i sposób przedstawienia materiału

W pracy bardzo dobrze przedstawiono dane źródłowe i wyniki wyjściowe. Materiał jest dobrze udokumentowany, tabele w zasadzie zawierają dostateczną ilość informacji. Na uwagę zasługuje bogata szata graficzna. Praca jest napisana poprawnym i przystępnym językiem, choć zdarzają się literówki np. s. 6 zamiast słowa „nisko” było „niosko”, s. 6 zamiast słowa „kolejne” było „koleje”, s. 7 zamiast słowa „portach” było „potach”, s. 15 zamiast słowa „miał” było „maił”, s. 16 zamiast nazwiska Rotnicki był Rokicki, s. 19 zamiast słowa „zastąpić” było „zstąpić”, s. 124 zamiast słowa „runęła” było słowo „ruela”, s. 143 zamiast słowa „krotnie” było „krotnie”. Również pojawiają się pojedyncze zdania lub zwroty napisane niegramatycznie np. „...za pomocą analizy statystycznej analizowali...” (s. 19), „...widowiskowe fale były charakterystyczne dla półrocza letniego...” (s. 59), „... wysokość fali znacznej na Głębi Gdańskiej...” (s. 60), „Podczas sytuacji, gdy morze jest spiętrzone utrudniony jest odpływ wód rzecznych, ponieważ nadbiegające morskie fale wkraczają w głąb lądu w ujścia rzek, przez co wzrasta ryzyko wystąpienia warunki odpływu wód lądowych.” (s. 60), „Sztorm był dynamiczny i porywczy...” (s. 121), „Po przejściu chłodnego frontu wiatr zmienił kierunek na W i WSW, wówczas porywy wiatru przybrał w porywach siłę huraganu...” (s. 122), „Z analizy częstości występowania tego zjawiska wynika, że jego na lata przypadło odpowiednio 9,4% i 10,6% wszystkich wezbrań...” (s. 138), „Z uzyskanych wyników wynika...” (s. 158). Czasami zdarzają się zdania zbyt rozbudowane, co utrudnia zrozumienie treści. Przykładem może być zdanie ze strony 60 – „Podczas sytuacji, gdy morze jest spiętrzone utrudniony jest odpływ wód rzecznych, ponieważ nadbiegające morskie fale wkraczają w głąb lądu w ujścia rzek, przez co wzrasta ryzyko wystąpienia powodzi, a ponadto są w stanie w istotny sposób zmienić profile poprzeczne ujścia, a tym samym warunki odpływu wód lądowych” . czy zdanie ze strony 72, gdzie czytamy „Jest to uwarunkowane dopływem wód rzecznych do Bałtyku oraz z ogólnym nachyleniem zwierciadła wody ku Morzu Północnemu, a także ze względu na dominację wiatrów z sektora W, które powodują podpiętrzanie wody przy równoczesnym zwiększeniu częstości występowania sztormów i towarzyszących wysokich stanów wody.” , lub ze strony 79, gdzie czytamy „Południowe wybrzeża Morza Bałtyckiego zgodnie z klasyfikacją klimatów Köppena-Geigera, zaliczamy do strefy klimatów umiarkowanych ciepłych z odmianą oceaniczną (Cfb) ze średnią temperaturą w cieplejszych miesiącach powyżej 10°C i temperaturą pomiędzy -3°C, a 18°C w najzimniejszym miesiącu, z opadami we wszystkich porach roku oraz ze średnią temperaturą w lecie niższą niż 22°C, ale występują co najmniej 4 miesiące powyżej 10°C.”.

Przytoczone w recenzji uwagi krytyczne, jako dotyczące pewnych zagadnień szczegółowych i w pewnym stopniu dyskusyjne nie umniejszają wartości pracy.

Drobne uwagi techniczne

Do drobnych uwag technicznych zaliczyć należy:

1. Rycina 1.2. na stronie 11 przedstawiająca znak wielkiej wody na Kamiennej Śluzie wydaje się być zbędna, gdyż nic nie wnosi do pracy (stanowi tylko ozdobnik). Również ryc. 4.3. wydaje się niepotrzebna, tym bardziej, że jest słabo czytelna.
2. Brak w tekście roku publikacji przy nazwiskach takich autorów jak: Paszkiewicz, Malicki i Miętus, Dziadziuszko oraz Lisowski.
3. Nie zawsze stosowane są jednostki układu SI np. s. 106
4. Nie istnieje już nazwa instytucji Gdańskie Melioracje (s. 107). Obecna nazwa to Gdańskie Wody.

5. W przypadku administracji lokalnej nie powinno się stosować nazwy rząd Miasta Gdańska (s. 107)
6. Nazwa miejscowości Międzyzdroje (s. 115) pisana jest razem
7. Na rycinie 5.5. powinien być zapis osi OX i OY w języku polskim a nie angielskim.
8. Na rycinach 5.1., 5.2. i 5.3. jest różna skala pionowa wykresów, co pogarsza ich odbiór.
9. Brak linii trendu na rycinie 6.1.1.
10. W tabeli 7.3.1.1. wytłumaczony pod nią jest wykorzystany skrót V. Niestety nie ma go w główce tabeli, są za to skróty V_d i V_r .
11. Rycina 8.3.1. pojawiła się zanim w tekście było do niej odwołanie

Główne osiągnięcia pracy

Do najważniejszych osiągnięć omawianej pracy zaliczyłbym:

- Autorka potwierdziła wzrost wartości zarówno minimalnych, jak i maksymalnych średnich wartości poziomu morza w Gdańsku i jednocześnie wskazała, że proces ten będzie postępował.
- Określiła, że ekstremalne wezbrania sztormowe występowały w Gdańsku w latach 1988-2007 średnio co 1 rok i 3 miesiące, co w porównaniu z innymi autorami stanowi niemal dwukrotnie częstszy okres ich występowania.
- Potwierdziła, że najistotniejszym z czynników kształtujących wezbrania sztormowe jest ciśnienie atmosferyczne wraz z jego bezpośrednim efektem – polem wiatru.
- Zanalizowała szereg modeli statystycznych ustalając który najlepiej odzwierciedla rzeczywistość.
- Model nr 3 grupy pierwszej z aplikacyjnego (ostrzegawczego) punktu widzenia może stanowić wiarygodne i stosunkowo łatwe do zastosowania narzędzie, które może zostać wykorzystane przez zespoły reagowania kryzysowego.
- Potwierdzono, że intensyfikacja procesu globalnego ocieplenia prowadzi do wzrostu ryzyka zalania nisko położonych dzielnic Gdańska wskutek wezbrań sztormowych.
- Ustalono, że występujące wezbrania sztormowe stanowią potencjalne zagrożenie dla Gdańska w dłuższym horyzoncie czasowym.
- Ustalono, że nastąpił wyraźny wzrost częstości występowania wezbrań sztormowych. W okresie 1988-2007 były to 4,25 przypadków wezbrań.
- Przeprowadzone badania wykazały, że rozkład Weibull'a (3 parametryczny) w najlepszym stopniu odpowiada rozkładowi empirycznemu rocznych maksymalnych poziomów morza.
- Na podstawie różnych scenariuszy Autorka przewiduje się, że w latach 2081-2100 podczas wezbrań sztormowych o $p=2\%$ zalany może zostać obszar od około 8 km^2 do 10 km^2 , a dla $p=1\%$ wyniesie około $11-12 \text{ km}^2$.

Uwagi końcowe

Recenzowana praca jest niezwykle interesująca i wartościowa. Przedstawione uwagi dyskusyjne i krytyczne jak już wcześniej wspomniano nie pomniejszają pozytywnej oceny zaprezentowanej pracy. Rozprawa mgr Katarzyny Marosz oparta jest bowiem na bardzo solidnie zebranych i opracowanych materiale dokumentacyjnym. Ma ona znaczną wartość poznawczą. Autorka umiejętnie zastosowała wybrane metody badawcze oraz wyciągnęła z nich uzasadnione wnioski.

Praca doktorska wskazuje, że mgr Katarzyna Marosz doskonale opanowała warsztat pracy naukowej – świetnie porusza się w zagadnieniach zmian poziomu morza i wezbrań sztormowych, jak i elementach modelowych oraz o dużej umiejętności w posługiwaniu się specjalistyczną literaturą.

Podsumowując doktorantka podjęła się zadania bardzo trudnego, ale istotnego i aktualnego dla badań środowiska morskiego i strefy brzegowej, które dotyczyły m.in. efektów hydrologicznych strefy brzegowej wynikającej ze zmian klimatycznych i występujących

zjawisk ekstremalnych (sztorm). W efekcie magister Katarzyna Marosz wykazała się bardzo dobrą znajomością badanego zagadnienia.

Uważam zatem, że przedstawiona dysertacja spełnia wszystkie warunki stawiane rozprawom doktorskim określone w art. 13 ust. 1 ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. nr 65, poz. 595 z późn. zm.). A zatem wnioskuję do Wysokiej Rady Wydziału Oceanografii i Geografii Uniwersytetu Gdańskiego o dopuszczenie mgr Katarzyny Marosz do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Gdańsk, dnia 4 lipca 2017 r.

Roman Ciesielski