

Dr hab. Urszula Somorowska, prof. UW  
Uniwersytet Warszawski  
Wydział Geografii i Studiów Regionalnych  
Zakład Hydrologii  
Krakowskie Przedmieście 30  
00-927 Warszawa

Warszawa, 2017-11-23

SEKRETARIAT NAUKOWY INSTYTUT GEOFIZYKI PAN	
WPLYNEŁO	
Data.....	29.11.2017
Nr dz. ....	zaf. ....
Ref. ....	.....

**Recenzja rozprawy doktorskiej Pani Mgr Emilii Karamuz  
„Wpływ zmian klimatu oraz użytkowania terenu na przepływy środkowej Wisły”  
przygotowanej w Instytucie Geofizyki Polskiej Akademii Nauk  
pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Renaty J. Romanowicz**

## **1. Wprowadzenie**

Niniejsza recenzja została napisana w odpowiedzi na pismo Prof. Mariusza Majdańskiego z dnia 3 października 2017 r. wystosowane w imieniu Rady Naukowej Instytutu Geofizyki PAN.

Przedmiotem rozprawy jest ocena długookresowych zmian przepływu rzeczno- determinowanego zmianami czynników środowiskowych. Badaniami objęto fragment doliny Wisły na odcinku od wodowskazu Zawichost po wodowskaz Warszawa Nadwilanówka, kontrolowany dodatkowo w przekrojach Annopol, Puławy, Dęblin i Guślin. Tematyka wpływu zmian klimatu i zmian w użytkowaniu terenu na charakterystyki przepływu rzeczno- jest niezwykle aktualna ze względu na potrzebę rozwoju nowatorskich podejść i metod badawczych. W szczególności dotyczy to możliwości detekcji i wyizolowania determinant odpowiedzialnych za zmiany przepustowości koryta rzeczno-, co wiąże się z koniecznością wieloaspektowej analizy danych hydrometeorologicznych. Ocena zmian reżimu rzeczno- jest szczególnie ważna w obliczu częstego występowania zjawisk ekstremalnych: susz i powodzi, zwiększającej się antropopresji, a także w związku z koniecznością programowania działań związanych ze zrównoważonym gospodarowaniem zasobami wodnymi. Niniejsza rozprawa wpisuje się w tę tematykę. Jest opracowaniem mającym wszelkie cechy rozprawy doktorskiej, reprezentującej wysoki poziom naukowy.

## **2. Ocena rozprawy doktorskiej**

Przedstawiona do oceny rozprawa liczy 221 stron tekstu, w tym 106 rysunków i 29 tabel. Praca składa się z dziewięciu rozdziałów, wykazu literatury (bibliografii) oraz spisu rysunków i spisu tabel. Wszystkie rozdziały, oprócz rozdziału dziewiątego (Podsumowanie i wnioski), mają strukturę złożoną i dzielą się na podrozdziały. Spis literatury obejmuje 104 pozycje. W olbrzymiej większości są to artykuły anglojęzyczne.

W rozdziale pierwszym (Wstęp) sformułowano cel pracy, przedstawiono metodykę badań oraz wykorzystane dane. Autorka za cel pracy przyjmuje detekcję zmian

uwarunkowań przepływu środkowej Wisły w odniesieniu do zmian środowiskowych w obrębie koryta rzecznego. Jednocześnie wskazuje na trzy podstawowe czynniki wpływające na zmienność przepływu rzecznego, w tym na czynniki klimatyczne, czynniki związane z użytkowaniem terenu doliny zalewowej oraz czynniki związane z budowlami hydrotechnicznymi posadowionymi w korycie rzeczonym. Badany odcinek rzeki od profilu Zawichost do profilu Warszawa Nadwilanówka traktuje jako analizowany system, do którego wejściem jest sygnał pochodzący z obszaru alimentacyjnego, a wyjściem przepływu w profilu zamykającym. Jednocześnie formułuje podstawowe założenie o równomiernie rozłożonych warunkach hydrometeorologicznych w analizowanym obszarze, co stwarza możliwość wyodrębnienia sygnałów świadczących o zmianach powstałych wskutek zmian warunków przepływu w korycie rzeczonym.

Sformułowanie problemu badawczego jest wieloaspektowe. Zaproponowane metody badawcze są adekwatne do postawionego celu i obejmują:

- specyficzną analizę wodowskazową (ang. Specific Gauge Analysis – SGA), w celu określenia potencjalnych zmian warunków przepływu poprzez wygenerowanie serii stanów wody przy zadanym stałym przepływie;
- Analizę Różnic Znormalizowanych wartości Kwantyli (ARZK) przepływów i stanów wody, w celu oceny względnych zmian warunków przepływu w odniesieniu do okresu referencyjnego;
- modelowanie matematyczne przepływu rzecznego z wykorzystaniem modelu bazującego na danych obserwacyjnych (ang. Data Based Mechanistic – DBM) w odniesieniu do poszczególnych pięciu odcinków od Zawichostu do Warszawy, zamykanych profilami pośrednimi, w celu analizy zmian przepustowości koryta.

W rozdziale 1.5 zasygnalizowano ponadto wykorzystanie narzędzi z zakresu wizualnej analizy danych (ang. Moving Average over Shifting Horizon – MASH), a także testu Manna-Kendalla oraz Dynamicznej Regresji Harmonicznej (ang. Dynamic Harmonic Regression – DHR).

Należy podkreślić, że zaproponowana metodyka badań daje możliwość kompleksowej oceny warunków przepływu wody w korycie rzeczonym i jest oryginalną propozycją Autorki. Metoda SGA jest po raz pierwszy zastosowana w odniesieniu do rzek polskich, natomiast metoda ARZK jest metodą autorską, po raz pierwszy zaproponowaną w opublikowanej pracy Autorki (Karamuz i in., 2015). Niezależnie, w rozdziale piątym szczegółowo omówiono narzędzie MASH, test statystyczny Manna-Kendalla oraz DHR, natomiast w rozdziale szóstym i siódmym uszczegółowiono koncepcję, metody i narzędzia, zastosowane do detekcji zmian uwarunkowań przepływu w korycie rzeczonym na analizowanym odcinku środkowej Wisły, stosując podejście statystyczne i dynamiczne.

Rozdziały 2-4 zawierają szeroko pojęte wprowadzenie do tematu podjętego w pracy. W rozdziale drugim scharakteryzowano obszar badań, przytaczając literaturę dotyczącą warunków geologicznych, geomorfologicznych oraz klimatycznych. W

rozdziale trzecim omówiono formy działalności wód płynących, czynniki kształtujące morfologię koryta rzecznego, natomiast w rozdziale czwartym zidentyfikowano zmiany użytkowania terenu w obrębie międzywala, a ponadto w ujęciu historycznym scharakteryzowano prace regulacyjne hydrotechniczne prowadzone na różnych odcinkach środkowej Wisły. Legenda do rysunków 4.1-4.5, oznaczona jako rysunek 4.6 (str. 40), zawiera tylko typy użytkowania w odniesieniu do użytkowania w konkretnych latach, natomiast nie podano oznaczeń do map dotyczących zmian pomiędzy latami 1990 a 2006. Można domyślać się, że w tym wypadku kolor czerwony oznacza zmianę, kolor żółty natomiast – brak zmian. W przypadku map warto jest podawać również podziałkę. Na stronie 36 akcentuje się ponownie (jak na str. 9) wpływ rodzaju kanału i zbiorowisk roślinnych terenów zalewowych na przepływy.

W rozdziale piątym dokonano charakterystyki zmienności warunków hydrometeorologicznych, analizując opad, temperaturę powietrza, grubość pokrywy śnieżnej, a także przepływy wody w ośmiu profilach wodowskazowych zgodnie z tabelą 1.3. Zastosowane narzędzie MASH umożliwiło uwidocznienie tendencji zmian w badanych ciągach, zarówno w przebiegu rocznym, jak i wieloletnim. Zastosowanie testu Manna-Kendalla oraz umożliwiło wykrycie trendów, a także ich wielkości, wyrażonych zmianą wartości parametru (opadu, temperatury, przepływu) na 20 lat, stosując metodę Sena. Wykazano istotny statystycznie wzrost temperatury powietrza o spójnym kierunku zmian, szczególnie widoczny w okresie letnim. Większą zmienność przestrzenną wykazano w przypadku opadów. Interesujące wyniki uzyskano w przypadku przepływów, wykazując wzrost wygładzonych dziennych wartości przepływu, a także przesunięcie występowania wartości maksymalnych w przebiegu rocznym z marca na pierwszą połowę kwietnia.

Szczególnie interesująca jest wieloczasowa analiza trendów rocznych maksymalnych średnich i minimalnych przepływów, polegająca na zbadaniu istotności zmian dla okresów czasowych o zmiennej długości, przy zadaniu minimalnej długości okresu, przyjętego jako 30 lat. Analizę taką przedstawiono graficznie dla obszaru górnej Wisły (Rysunki 5.22, 5.24 i 5.26), a także dla analizowanych profili w obrębie Wisły środkowej (Rysunki 5.37, 5.39, 5.41). Autorka wyjaśnia sposób i cel prowadzenia takiej analizy w pracy, nawet dwukrotnie (str. 69 i 84). Wyniki wskazują na występowanie okresów o ujemnym i dodatnim kierunku zmian wartości przepływu. Nie opisano osi poziomej i pionowej, ale zakładam, że tak jak na rysunku 5.29, oś pozioma to rok startowy, a oś pionowa to rok końcowy. Chciałabym prosić o interpretację przyjętej skali na osi pionowej na rysunkach 5.37, 5.39, 5.41 w trakcie obrony.

W rozdziale szóstym przedstawiono uszczegółowioną koncepcję prac w odniesieniu do detekcji zmian uwarunkowań przepływu w korycie rzeczonym. Przedyskutowano dotychczasowe podejścia badawcze, wskazując na możliwość zastosowania metody SGA do analizy zmian przepustowości (pojemności) koryta, w izolacji od zmian klimatu. Ponadto zasygnalizowano wykorzystanie w dalszym toku

badan kwantyli przepływu oraz poziomu wody, a także analizy zmienności dynamiki przepływu. Zaletą rozdziału jest wnikliwa, przekonująca analiza możliwych rozwiązań.

W rozdziale siódmym dokonano detekcji zmian uwarunkowań przepływu, stosując podejście statystyczne. Wyjaśniono sposób wyznaczania charakterystycznych poziomów wody w metodzie SGA, odpowiadającym ustalonym wartościom przepływu, co umożliwia odseparowanie zmienności klimatycznej i analizowanie wybiórczo zmienności reżimu rzecznoego w odniesieniu do zmian w korycie rzecznoym. Istotną nowością (innowacją) w detekcji zmian uwarunkowań przepływu jest zastosowanie autorskiej metody ARZK. Opracowana metoda polega na analizie różnic znormalizowanych wartości kwantyli przepływów i poziomów wody w odniesieniu do kolejnych profili wodowskazowych położonych wzdłuż analizowanego odcinka rzeki. Wnioskowanie przeprowadzono z założeniem, że seria danych charakterystycznych poziomów wody utworzona dla kwantyla rzędu 0.25 może odzwierciedlać zmiany w morfologii dna koryta, dla kwantyli przepływu rzędu 0.50, 0.75 – przekształcenia związane z zabudową hydrotechniczną w postaci ostróg bądź dynamiką form w postaci odsypów rzecznych, a dla kwantyli rzędu 0.85 – 0.99 może świadczyć o zmianach w obwałowaniach lub w użytkowaniu terenów zalewowych. To podejście jest poprawne, a jednocześnie wskazuje na poszukiwanie związków przyczynowo-skutkowych pomiędzy reżimem przepływu i jego uwarunkowaniami. Zastosowanie oryginalnej metody statystycznej pozwoliło ujawnić potencjalne przyczyny zmian w przepustowości koryta rzecznoego, wynikające z procesów fluwialnych lub hydrotechnicznych prac regulacyjnych. Autorka umiejętnie wykorzystuje metody obliczeniowe, znajdując jednocześnie uzasadnienie uzyskiwanych wyników w zachodzących procesach fizycznych.

W rozdziale ósmym zastosowano podejście dynamiczne w analizie zmian reżimu przepływu. Trudności w kalibracji parametrów szorstkości zastosowanego modelu hydrodynamicznego MIKE11 skłoniły Autorkę do zastosowania modelu stochastycznej funkcji przejścia (SFP). W wyniku analizy zmienności stałej czasowej charakteryzującej czas przebywania, zidentyfikowano roczne i sezonowe zmiany, odnosząc je do zmian środowiskowych. Na podstawie spadku bądź wzrostu stałej czasowej metody SFP, charakteryzującej odpowiedź systemu w postaci przepływu, właściwie wnioskowano odpowiednio o wzroście bądź spadku przepustowości koryta. Uzyskano interesujące wyniki odnośnie do naprzemiennego rozkładu kierunku zmian przepustowości koryta na analizowanym odcinku Wisły środkowej. Istotnym osiągnięciem Doktorantki jest dobór, a także kalibracja i walidacja modelu matematycznego klasy wejście-wyjście z wykorzystaniem danych obserwacyjnych.

W rozdziale dziewiątym dokonano podsumowania uzyskanych wyników, ze wskazaniem najważniejszych wniosków. Autorka wskazuje na zalety stosowania uproszczonego modelu przepływu wykorzystującego dane pomiarowe w celu efektywnego odtworzenia zmienności reżimu przepływu, w tym wypadku bardziej skutecznego w odtwarzaniu zachowania się systemu, niż model MIKE11.

### 3. Podsumowanie i wniosek końcowy

Rozprawa doktorska pani Emilli Karamuz potwierdza dużą wiedzę, sumując doświadczenia zawodowe, zdobyte w wyniku ukierunkowanych badań w zakresie hydrologii. Przedmiot i cel badań zostały w pracy jasno sformułowane. Praca wpisuje się w ważny poznawczo i praktycznie obszar badań zmian i zmienności przepływów środkowej Wisły w ujęciu sezonowym i w wieloleciu. Wnioski zostały dobrze udokumentowane, są logiczne i bardzo cenne poznawczo. W pracy podjęto szereg problemów metodycznych. Jednym z ważniejszych było wypracowanie i sprawdzenie możliwości detekcji i wyizolowania determinant odpowiedzialnych za zmiany przepustowości koryta rzecznej, co wiązało się z koniecznością wieloaspektowej analizy danych hydrometeorologicznych. Przedstawioną pracę doktorską Pani oceniam wysoko, jako wyróżniającą się pod względem opracowanych i zastosowanych metod badawczych. Zawiera ona bowiem, oryginalne, w tym autorskie rozwiązania, a wiedza teoretyczna, metodyczna i ogólna Kandydatki w zakresie hydrologii jest już w mojej ocenie wystarczająca do prowadzenia samodzielnej pracy naukowej.

Uważam, że przedłożona mi praca spełnia warunki sformułowane w ustawie z dnia 14 III 2003 r. o stopniach naukowych (Dziennik Ustaw nr 65, poz. 595, art. 13.1) z późniejszymi zmianami i wnoszę do Rady Naukowej Instytutu Geofizyki PAN o przyjęcie pracy, dopuszczenie mgr Emilii Karamuz do dalszych etapów przewodu doktorskiego, a także o wyróżnienie rozprawy doktorskiej.

*Urszula Jomowolska*