

Wrocław, 10.07.2017 r.

dr hab. inż. BEATA OLSZEWSKA

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji

Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska

beata.olszewska@upwr.edu.pl

R E C E N Z J A

rozprawy doktorskiej **mgr. inż. RAFAŁA WRÓŻYŃSKIEGO**

pt.: „**ANALIZA NIEPEWNOŚCI WYZNACZANIA STREF ZAGROŻENIA
POWODZIOWEGO**”

wykonanej w Instytucie Melioracji, Kształtowania Środowiska i Geodezji

Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu

pod kierunkiem dr. hab. inż. MARIUSZA SOJKI

oraz promotora pomocniczego dr. inż. TOMASZA DYSARZA

1. Podstawa formalno-prawna opracowania recenzji

Podstawę formalno-prawną opracowania recenzji rozprawy doktorskiej mgr. inż. Rafała Wróżyńskiego na temat: „Analiza niepewności wyznaczania stref zagrożenia powodziowego” stanowi uchwała nr 11/5/2017 z dnia 25 maja 2017 roku Rady Wydziału Inżynierii Środowiska i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Decyzja Rady, sygnowana pismem WISGP-4000-9/2017 z dnia 25 maja 2017 roku, została podpisana przez Dziekana Wydziału dr. hab. inż. Jerzego Bykowskiego, prof. nadzw.

2. Ocena merytoryczna rozprawy

2.1 Wprowadzenie

W gospodarce wodnej, Dyrektywa 2000/60/EC Parlamentu Europejskiego i Rady (z dnia 23.10.2000 r. w sprawie ustanowienia ram dla działalności wspólnoty w dziedzinie polityki wodnej) czyli tzw. Ramowa Dyrektywa Wodna oraz Dyrektywa 2007/60/EC Parlamentu Europejskiego i Rady (z dnia 23.10.2007 r. w sprawie oceny ryzyka powodzi i zarządzania nim) czyli tzw. Dyrektywa Powodziowa, mają strategiczne znaczenie. Ich

postanowienia zostały zawarte w kolejnych nowelizacjach i, nie tak dawno uchwalonej przez Sejm, nowej ustawie Prawo Wodne. Również w kluczowych dokumentach planistycznych, związanych z wodą tj. w programie wodno-środowiskowym kraju, planach gospodarowania wodami na obszarze dorzeczy, planach zarządzania ryzykiem powodziowym i planach przeciwdziałania skutkom suszy, mają swoje miejsce. Dyskusje i działania nad polską i europejską polityką redukcji zagrożenia powodziowego przyczyniły się do wzrostu świadomości społeczeństwa w naszym kraju. Do głównych pozytywnych zmian należy zaliczyć m. in. kompletną i konsekwentnie opracowywaną bazę danych o pokryciu i zabudowie terenów oraz bazę zawierającą Numeryczny Model Terenu, który umożliwia połączenie pomiarów przekrojów poprzecznych rzek z topografią terenów zalewowych. Wymiernym efektem są zmiany w prawie wodnym, zmiany w metodyce opisu składowych oceny ryzyka powodziowego oraz wspólne rozporządzenia w zakresie opracowywania map zagrożenia powodziowego oraz map ryzyka powodziowego.

Celem powstania map zagrożenia powodziowego i map ryzyka powodziowego, jako dokumentów planistycznych będących w praktyce nietechnicznym środkiem ochrony przeciwpowodziowej, jest właściwe zarządzanie ryzykiem jakie może stwarzać powódź dla życia i zdrowia ludzi, środowiska oraz gospodarki. Udostępnianie szeregu informacji o poziomie i stopniu ryzyka zagrożenia powodzią powinno przyczyniać się do podejmowania przez władze lokalne oraz mieszkańców świadomych decyzji np. odnośnie lokalizacji inwestycji. Informacje zawarte na mapach muszą być również przydatne w reagowaniu i zarządzaniu kryzysowym w przypadku wystąpienia powodzi.

2.2 Wybór tematu i poprawność jego sformułowania

Biorąc pod uwagę znaczenie przedstawionego wyżej problemu, wybór tematu recenzowanej pracy doktorskiej uważam za bardzo trafny i aktualny, świadczący o zainteresowaniach Autora szeroko pojętej inżynierii środowiska w zakresie gospodarki wodnej. Poruszone zagadnienie jest istotne nie tylko ze względów naukowych ale przede wszystkim ze względów praktycznych. Temat jest sformułowany jasno i precyzyjnie: „Analiza niepewności wyznaczania stref zagrożenia powodziowego”. Zagadnienie to, ze względu na wieloczynnikową analizę zgromadzonych danych, a także prowadzenie własnych pomiarów i obserwacji, połączonych z umiejętnością posługiwania się nowoczesnymi narzędziami w środowisku GIS, było trudne do wykonania, wymagało dużej wiedzy teoretycznej i praktycznej.

2.3 Określenie celów i ich realizacja

Recenzowana rozprawa doktorska ma charakter naukowy oraz aplikacyjny. Składa się z trzech logicznie ze sobą powiązanych części.

W części I (rozdział 1 i 2), stanowiącej około 34% całości opracowania, Autor przedstawił problematykę deterministycznego oraz probabilistycznego tworzenia map zagrożenia powodziowego. Poruszył tu historyczne i prawne aspekty powodzi oraz dokonał analizy danych wykorzystywanych w jego modelowaniu tj. danych hydrologicznych, geodezyjnych i charakterystyk hydraulicznych wielkich wód w dolinach rzek. Przeanalizował również zagadnienie wpływu niepewności wyżej wymienionych danych wejściowych na wyniki modelowania, omawiając szeroko 3 najczęściej stosowane metody tj. FOA, HYS i GLUE.

W części II (rozdziały 3, 4 i 5), stanowiącej około 13% pracy, Autor sformułował cele i hipotezy badawcze, podał zakres opracowania oraz bardzo precyzyjnie przedstawił metodykę przeprowadzonych analiz i badań. Celem pracy w warstwie naukowej była ocena wpływu niepewności przepływów, topografii terenu i współczynników szorstkości oraz interakcji ich niepewności na wynik modelowania stref zagrożenia powodziowego. Cel praktyczny stanowiło opracowanie modelu wspierającego proces tworzenia probabilistycznych stref zagrożenia powodziowego w środowisku GIS, uwzględniających niepewność danych wejściowych, jako wyników symulacji Monte Carlo.

Na potrzeby realizacji postawionego w dysertacji problemu Autor zastosował metody badawcze składające się z następujących etapów:

- Zebranie materiałów kartograficznych i utworzenie geobazy, wykonanie własnych pomiarów geodezyjnych, sporządzenie charakterystyki zlewni wybranego fragmentu doliny rzeki Ner;
- Modelowanie stref zasięgu zagrożenia powodziowego – model HEC-RAS 5.0.1, prezentacja za pomocą ArcGIS (obliczenie przepływów o założonym prawdopodobieństwie przewyższenia metodą alternatywnych zdarzeń MAZ ($Q_{1\%}=86,23 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), opracowanie geometrycznego modelu odcinka rzeki Ner, weryfikacja i analiza struktury pokrycia terenu);
- Kalibracja modelu, podczas którego przyjęto za referencyjną strefę zagrożenia powodziowego strefę uzyskaną w ramach projektu ISOK (dla $Q_{1\%}=94,4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$);
- Analiza wpływu niepewności danych wejściowych na wynik modelowania, wykonana w trzech wariantach obliczeniowych: wpływ niepewności pojedynczego parametru (metoda FOA), łączny wpływ niepewności dwóch parametrów (metoda HSY), łączny wpływ niepewności trzech parametrów (metoda GLUE); wszystkie metody wykorzystują symulacje Monte Carlo, uwzględniając parametry losowane według rozkładu ich błędów;
- Opracowanie probabilistycznej strefy zagrożenia powodziowego.

Część III rozprawy (rozdziały 6, 7, 8, 9) jest najobszerniejsza i zawiera analizę uzyskanych wyników badań a także wynikające z niej podsumowanie oraz wnioski. Do analiz

niepewności wyznaczania stref zagrożenia powodziowego Autor wybrał odcinek doliny rzeki Ner o długości 7,2 km, który jest zlokalizowany powyżej przekroju wodowskazowego Dąbie. Szczegółowo scharakteryzował ten obszar, biorąc pod uwagę m.in. rzeźbę terenu i strukturę użytkowania, przeanalizował warunki hydrologiczne oraz zagrożenie powodziowe. Przeprowadzone analizy wykazały, że niepewność danych wejściowych oraz ich wzajemne interakcje mają duży wpływ na wyniki modelowania, co może prowadzić do dużych błędów przy wyznaczaniu stref zagrożenia powodziowego. Opracowana probabilistyczna strefa zagrożenia powodziowego, w odróżnieniu od strefy wyznaczonej metodą deterministyczną, nie jest ograniczona wyraźną granicą a jej zasięg przedstawia prawdopodobieństwo wystąpienia zalewu podczas powodzi. Autor dysertacji wykazał, iż największy wpływ na modelowanie stref zagrożenia powodziowego w dolinie Neru ma niepewność współczynnika szorstkości a najmniejszy niepewność przepływów. Przeprowadzona dyskusja wyników jest sprawnym i kompetentnym podsumowaniem uzyskanych rezultatów badań. Nie brakuje w niej odniesień do cytowanej literatury czyli prób powiązania wyników Doktoranta z wynikami innych badaczy. Autor nie neguje sposobu wyznaczania stref zagrożenia powodziowego w sposób deterministyczny, widzi natomiast szanse w praktycznym wdrażaniu probabilistycznych stref zagrożenia powodziowego przy obecnym dostępie i wykorzystaniu danych LIDAR, możliwości wykorzystania dronów a przede wszystkim ciągłego postępu i przyspieszenia prac poprzez stosowanie narzędzi zawartych w oprogramowaniu GIS. Jest również świadomy ich wad i ograniczeń zwłaszcza trudności w ich interpretacji. Ostatnią część rozprawy stanowi 18 wniosków, odnoszących się do zakładanych celów, hipotez oraz uzyskanych wyników. Ich mnogość nieco utrudnia interpretację końcowego efektu pracy, niektóre wnioski można spróbować przeredagować i połączyć w jeden (np. 1, 2, i 3), a z niektórych można zrezygnować gdyż są powszechnie znanymi stwierdzeniami (np. wniosek 10).

2.4 Ocena poziomu naukowego rozprawy oraz uwagi dyskusyjne

Recenzowana rozprawa podejmuje aktualny, interesujący pod względem naukowym i praktycznym, problem tworzenia probabilistycznych stref zagrożenia powodziowego ze szczególnym uwzględnieniem niepewności danych wejściowych tj. przepływów, topografii terenu i współczynnika szorstkości przy wykorzystaniu narzędzi środowiska GIS. Tematyka podjętych badań i analiz obejmuje szereg złożonych, i przez to bardzo trudnych do opisu a później interpretacji, naturalnych procesów hydrologicznych i hydraulicznych, podlegających zmianom pod wpływem warunków meteorologicznych i czynników antropogenicznych. Potrzebę prowadzenia badań w tym kierunku potwierdza konieczność aktualizacji map planowanych na 2019 r. Ner stanowi przykład rzeki, na której, wg raportu WORP, występuje duże zagrożenie powodziowe, zwłaszcza w jej dolnym biegu

i w pierwszym cyklu planistycznym, dla całej doliny, zostały opracowane mapy zagrożenia i ryzyka powodziowego. Doktorant podjął badania w celu potwierdzenia tezy, iż na wyniki modelowania stref zagrożenia odmiennie przenoszone są niepewności przepływów, topografii terenu i współczynników szorstkości oraz ich wzajemne interakcje. Przeprowadzone przez Doktoranta obliczenia i symulacje wykazały, iż niepewność danych wejściowych była przenoszona na wyniki modelowania w różnym stopniu. Na analizowanym fragmencie doliny Neru największy wpływ miała niepewność współczynnika szorstkości a najmniejszy przepływu. Niepewność poszczególnych danych była różnie przenoszona na wyniki modelowania zależnie od warunków pozostałych dwóch parametrów. Początkowo w hipotezie badawczej Doktorant założył, iż w dolinie Neru największy wpływ na wyniki będzie miała niepewność przepływów, okazało się, że o zasięgu strefy zalewowej w największym stopniu decydowały zmienne w czasie wartości współczynników szorstkości. Osiągnięcie zamierzonego naukowego i jednocześnie użytecznego celu nie byłoby możliwe bez opracowania odpowiedniej metodyki badań, obejmującej szeroki zakres zagadnień związanych z procesem modelowania stref. Na podkreślenie zasługuje poniesiony przez Autora nakład pracy w pozyskaniu danych do modelowania, przetworzenie danych aby mogły być wykorzystane do analiz, wykonanie własnych bezpośrednich pomiarów terenowych a także przeprowadzenie setek wielowariantowych obliczeń symulacyjnych. Opracowanie i analiza danych o zróżnicowanym i skomplikowanym charakterze wymagały od Doktoranta nabycia odpowiedniej wiedzy a następnie jej umiejętnego i praktycznego wykorzystania, zastosowania nowoczesnego oprogramowania, odpowiednich metod statystycznych, właściwej interpretacji uzyskanych wyników. O bardzo dobrym merytorycznym przygotowaniu Doktoranta świadczy również utworzenie przez niego modelu do zautomatyzowania i przyspieszenia procesu tworzenia probabilistycznych stref zagrożenia powodziowego. *Model StrefaMC* to narzędzie wspierające proces tworzenia probabilistycznych stref zagrożenia powodziowego, wykorzystujący symulacje Monte Carlo i opracowany przy pomocy narzędzi *ModelBuilder* w środowisku ArcGIS. Mapy probabilistyczne powstają na podstawie wielokrotnych symulacji deterministycznych a czasochłonność i pracochłonność zdecydowanie ograniczają ich stosowanie w praktyce. Opracowane narzędzie pozwoliło Doktorantowi na blisko 30-krotne przyspieszenie procesu tworzenia stref zagrożenia powodziowego na analizowanym fragmencie doliny Neru.

Recenzowana rozprawa doktorska posiada dużą wartość naukową i użyteczną, została opracowana na podstawie wnikliwych analiz, przeprowadzonych w kompleksowy sposób według bardzo dobrze przygotowanej metodyki i przy wykorzystaniu nowoczesnych narzędzi. Analiza materiału zgromadzonego w rozprawie nasunęła mi następujące dyskusyjne pytania:

- Dlaczego wykonano 6750 symulacji Monte Carlo, stosując metodę FOA, 4500 stosując metodę HSY, 2500 stosując metodę GLUE (nie chodzi mi o różne ilości symulacji w poszczególnych metodach)?
- Dlaczego kalibrację modelu hydrodynamicznego wykonano na podstawie strefy zalewowej wyznaczonej w projekcie ISOK (a nie dla fali historycznej)? Jeśli to był celowy zabieg, mający wynik w 9 wniosku, to nie został właściwie wyjaśniony.
- Dla jakich instytucji (samorządy, firmy ubezpieczeniowe, banki, ludność) adresowane są wyniki Pana pracy? Mapy zagrożenia powodziowego oraz mapy ryzyka powodziowego w zamyśle miały być proste, łatwe w odbiorze, nie dające niejednoznacznych odpowiedzi.

2.5 Ocena doboru literatury

Zakres literatury, podanej przez Autora dysertacji jest szeroki, zawiera 141 pozycji i w pełni odpowiada tematyce podjętych zagadnień. W moim przekonaniu dobór i wykorzystanie źródeł jest prawidłowe. Liczba pozycji bibliograficznych, w tym 83% prac wydanych po 2000 roku oraz ponad sześćdziesięcioprocentowy udział aktualnych pozycji obcojęzycznych, świadczy o bardzo dobrej znajomości literatury krajowej i zagranicznej Autora w tej dziedzinie. Na uwagę zasługuje umiejętność krytycznego spojrzenia na omawiany problem oraz prowadzenia naukowej dyskusji z autorami cytowanych prac. Recenzowana rozprawa porządkuje i jednocześnie w znacznym stopniu poszerza aktualny stan wiedzy oraz wskazuje kierunki i tendencje działań związanych z uaktualnianiem stref zagrożenia powodziowego.

2.6 Ocena układu pracy i jej strony edytorskiej

Struktura oraz układ opracowania jest zbliżony do powszechnie przyjętego w rozprawach doktorskich i obejmuje: 1. Wstęp, 2. Przegląd literatury (dotyczący historycznych i prawnych aspektów powodzi, analizy danych wykorzystywanych do modelowania powodzi, deterministycznych oraz probabilistycznych map zagrożenia powodziowego, metod oceny niepewności wyznaczania stref zagrożenia powodziowego), 3. Cel, hipotezy badawcze i zakres pracy, 4. Materiały, 5. Metody, 6. Wyniki badań (obejmujące charakterystykę obiektu badań, przygotowanie danych wejściowych do modelu, niepewność modelowania stref zagrożenia powodziowego), 7. Model *StrefaMC*, 8. Dyskusja i podsumowanie, 9. Wnioski, 10. Spis literatury oraz spis rycin, tabel i 3 załączniki graficzne, przedstawiające minimalne i maksymalne strefy zagrożenia powodziowego wraz z głębokością zalewu na tle strefy odniesienia we wszystkich wariantach obliczeniowych metody FOA, HSY oraz probabilistyczne strefy zagrożenia powodziowego dla wszystkich

wariantów obliczeniowych metod FOA, HSY i GLUE. Opracowanie zawiera 168 stron maszynopisu, w tym 87 rycin i 23 zestawienia tabelaryczne.

Układ pracy jest logiczny i, jak na tego typu opracowanie, nie jest nadmiernie rozbudowany. Praca napisana jest bardzo poprawnym naukowym językiem. Tabele, zdecydowana większość rycin oraz załączniki wykonane są starannie i przejrzysto.

W moim przekonaniu opracowanie zyskałoby na wartości gdyby Autor:

- na początku pracy zamieścić wykaz używanych skrótów (w języku polskim i angielskim);
- w spisie literatury umieścić brakujące pozycje piśmiennictwa, na które powołuje się w treści rozprawy: Tokarczyk 2012, Grzonka 2012, Hejmanowska 2006, Baldassarre 2014;
- na końcu pracy zamieścić wykaz stron internetowych oraz wykaz wszystkich ustaw, rozporządzeń, dyrektyw, dokumentów, na które powołuje się w pracy;
- na rycinach podpisanych jako „Mapy...” (str. 13, 34, 51) umieścić skalę i legendę;
- nie dzielił rycin i tabel (str. 32 ryc. 12, str. 78 ryc. 38 –tu brak opisu osi poziomej, str. 86 ryc. 47, str. 109 ryc. 68, str. 113 ryc.71, str. 119 tab. 23, oraz ryc. 79, 80, 82 i 86;
- w tab. 8 użył nazw klas pokrycia terenu tożsamyh z tablicami Ven Te Chow'a, (wody płynące – raczej chodzi o substrat dna);
- powiększył ryc. 27 na str. 64 oraz ryc. 84 na str. 128 – w obecnej formie są mało czytelne, a diagram blokowy przebiegu geoprzetwarzania modelu *StrefaMC* stanowi cenny element pracy;
- ryc. 35-37 oraz 39 podpisał, iż to jest fragment doliny Neru (nie cała dolina);
- wyjaśnił czytelnikowi: na str. 62: „*Na podstawie rozkładu prawdopodobieństwa przepływów maksymalnych określono wartość przepływu maksymalnego o prawdopodobieństwie przewyższenia 1% oraz obliczono granice przedziału ufności na poziomie $P\alpha=84\%$* ”. Natomiast na str. 89: „*Przepływ o prawdopodobieństwie przewyższenia 1%...Granice przedziału ufności na poziomie $P\alpha=68\%$ wyniosły..*”
- dane w tab. 19 na str. 96 zestawiał w %;

Przed opublikowaniem pracę należy dopracować pod względem redakcyjnym. Zauważone w tekście tzw. „literówki” oraz błędy interpunkcyjne zaznaczyłam w maszynopisie i przekazałam Autorowi. Zamieszczone powyżej uwagi w żaden sposób nie pomniejszają wartości merytorycznej pracy a jedynie mają pomóc podczas przygotowywania jej do druku.

3. Wniosek końcowy

Recenzowana rozprawa doktorska pt.: „Analiza niepewności wyznaczania stref zagrożenia powodziowego” stanowi oryginalne rozwiązanie problemu badawczego.

Zaprezentowane wyniki badań i analiz poszerzają wiedzę z zakresu ochrony i kształtowania środowiska a przede wszystkim świadczą o szerokiej wiedzy teoretycznej i praktycznej Autora, jego umiejętności samodzielnego prowadzenia badań i stosowania nowoczesnych metod badawczych.

Uwzględniając duże znaczenie podjętych badań, ich nowatorski charakter, kompleksowość, wartości poznawcze i aplikacyjne pracy oraz dobrą znajomość Doktoranta z zakresu podjętej problematyki, umiejętności pozyskiwania oraz wykorzystania zdobytych informacji i prawidłowego wyciągania wniosków, stwierdzam, że **recenzowana praca w pełni spełnia wymogi** stawiane rozprawom doktorskim określonym w ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595, z 2003 r. z późn. zmian.) i **wnoszę o dopuszczenie** jej do publicznej obrony.

W nawiązaniu do przedstawionej recenzji rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Rafała Wróżyńskiego pt.: „Analiza niepewności wyznaczania stref zagrożenia powodziowego”, zwracam się do Wysokiej Rady Wydziału Inżynierii Środowiska i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu o jej **wyróżnienie**.



Wrocław, 10 lipca 2017 r.

dr hab. inż. Beata Olszewska