

dr hab. inż. Michał Szydłowski, prof. nadzw. PG  
Katedra Hydrotechniki  
Wydział Inżynierii Łądowej i Środowiska  
Politechnika Gdańska  
ul. Narutowicza 11/12  
80-233 Gdańsk

## RECENZJA

pracy doktorskiej mgr inż. Marty Kiraga  
**pt. Modelowanie lokalnych rozmyć dna w korycie aluwialnym**

### 1. Ogólna charakterystyka rozprawy

Przedstawiona mi do oceny rozprawa doktorska jest z zakresu hydrauliki koryt rzecznych. Praca poświęcona jest zagadnieniu formowania się lokalnych rozmyć dna poniżej budowli hydrotechnicznych, będących skutkiem wytrącenia koryta rzecznego z równowagi dynamicznej między natężeniem przepływu wody oraz intensywnością transportu rumowiska. Pomimo intensywnych badań, jak do tej pory nie udało się opracować uniwersalnych zasad obliczania rozmiarów rozmyć. Stało się to dla Doktorantki motywacją do podjęcia prac nad możliwością wykorzystania zależności funkcyjnej, opartej na koncepcji Lane'a, do opisu geometrii rozmyć dna w warunkach ciągłości transportu rumowiska wleczonego oraz w innych wariantach zabudowy hydrotechnicznej koryta. Swoje badania Doktorantka prowadziła wykonując zarówno analizy teoretyczne, jak również realizując eksperymenty laboratoryjne na zaprojektowanych przez siebie modelach budowli hydrotechnicznych. Stąd rozprawę doktorską można określić jako pracę teoretyczno-empiryczną, co nadaje jej duże walory naukowe.

Autorka na początku swojej pracy doktorskiej sformułowała w sposób jawny hipotezę badawczą, że model empiryczny, oparty na koncepcji Lane'a, opisującej warunki równowagi hydrodynamicznej koryt aluwialnych, można wykorzystać w analizie lokalnych rozmyć dna. Jako bezpośredni cel swojej pracy Doktorantka postawiła sobie sprawdzenie tej hipotezy, przez opracowanie własnego modelu empirycznego wzorowanego na koncepcji Lane'a.

Realizując postawiony w pracy cel Doktorantka wykonała szereg zadań, które opisała na łącznie 125 stronach maszynopisu, dzieląc rozprawę na 6 rozdziałów głównych i uzupełniając ją spisami symboli, tabel, rysunków, wykresów, fotografii oraz bibliografią. Bibliografia zawiera 150 pozycji, obejmujących polską i zagraniczną literaturę naukową, która posłużyła do zobrazowania stanu wiedzy o podjętym przez Autorkę problemie. Wybrane przez Autorkę piśmiennictwo zostało dobrane właściwie. Praca napisana jest dobrym językiem polskim, zarówno jeżeli chodzi o styl i jasność wypowiedzi, jak również użytą terminologię naukową i techniczną.

### 2. Zawartość rozprawy

Pracę rozpoczyna (**rozdział 1**) część o charakterze wprowadzenia, w którym Doktorantka dokonała przedstawienia podjętego w badaniach tematu, zapoznając jednocześnie czytelnika z podstawowymi ideami, które leżą u podstaw większości empirycznych formuł służących do oszacowywania wielkości i intensywności procesu rozmywania dna rzecznego. Wskazała na związki przyczynowo-skutkowe, które wykorzystywane są do prognozowania reakcji

morfologicznej rzeki na zmiany warunków hydrologicznych i warunków transportu w wyniku czynników naturalnych i antropogenicznych. Doktorantka dokonała również w tym rozdziale podziału formuł empirycznych na podstawowe grupy i wykazała podstawowe braki w poszczególnych podejściach. Przedstawiła również podstawy modelu Lane'a, który potem stał się podstawą próby opracowania własnej formuły obliczeniowej. Rozdział kończy stwierdzenie o potencjale przyjętej koncepcji, motywującym podjęcie przez Doktorantkę tematu pracy. *Recenzent zgadza się, że temat badawczy podjęty przez Doktorantkę nie znalazł do tej pory rozwiązania i stanowi otwarte wyzwanie badawcze, a co za tym idzie, że jest aktualny.*

W **rozdziale 2** (Cel i zakres pracy) Doktorantka sformułowała wspomnianą wcześniej hipotezę badawczą o możliwości wykorzystania w analizie lokalnych rozmyć dna modelu empirycznego, opartego na koncepcji Lane'a. Jako główny cel pracy Autorka przedstawiła sprawdzenie przyjętej hipotezy przez opracowanie modelu empirycznego wzorowanego na koncepcji Lane'a. Dodatkowym celem pracy miało być sprawdzenie możliwości wykorzystania innych modeli empirycznych, opisujących parametry geometryczne lokalnego rozmycia dna. Cel pracy realizowano w oparciu o badania laboratoryjne, wykonane w korycie hydraulicznym z dnem piaszczystym, w warunkach przepływu ustalonego i w różnych wariantach zabudowy hydrotechnicznej. *Recenzent stwierdza, że hipoteza badawcza przyjęta jako punkt wyjścia podjętych przez Doktorantkę badań, jak i sformułowany cel pracy są prawidłowe i jasno zdefiniowane.*

W **rozdziale 3** (Przegląd literatury) Autorka wykonała analizę procesu korytotwórczego oraz źródeł i mechanizmów powstawania zjawiska lokalnych rozmyć dna w warunkach przegrodzenia rzeki budowlą piętrzącą. W tym celu odniosła się do kwestii równowagi dynamicznej między ruchem wody i ruchem rumowiska. W rozdziale tym opisała prawa, rządzące procesem transportu rumowiska wleczonego, warunki początku ruchu i miary natężenia transportu rumowiska. Scharakteryzowała również formuły, służące do szacowania rozmiarów lokalnych rozmyć, pozwalające określać podstawowe parametry geometryczne wyboju, na podstawie właściwości geometrycznych stanowiska, hydraulicznych i granulometrycznych. W rozdziale tym Doktorantka uzasadniła potrzebę i aktualność podjętych przez siebie badań. *W odczuciu recenzenta, wykonany przez Doktorantkę przegląd literatury i ocena bieżącego stanu wiedzy w dziedzinie podjętych badań są bogate i przedstawiają aktualną wiedzę w tym zakresie. W studiach literaturowych przedstawione zostały zarówno historyczne i klasyczne osiągnięcia badaczy ruchu rumowiska, jak również wyniki najnowszych badań prowadzonych w laboratoriach polskich i zagranicznych.*

**Rozdział 4** (Metodyka badań) został podzielony przez Doktorantkę na trzy części, dotyczące opisu stanowiska badawczego, założeń metodycznych oraz założeń do części obliczeniowej. Eksperymenty fizyczne były wykonywane w Laboratorium Hydraulicznym im. Armanda Żbikowskiego na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. Prace badawcze prowadzono na modelu fizycznym koryta z dnem częściowo lub całkowicie rozmywalnym, wypełnionym grubym piaskiem kwarcowym. Badania laboratoryjne prowadzono w warunkach przepływu ustalonego w zakresie  $Q_w = 0,015 - 0,045 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  i napełnienia  $h_0 = 0,05 - 0,20 \text{ m}$ , mierzonego poniżej budowli piętrzącej. Badania rozmyć dna aluwialnego prowadzono na modelach fizycznych w czterech wariantach zabudowy koryta, w warunkach braku ciągłości transportu rumowiska z górnego stanowiska w kierunku dolnego (Wariant I zabudowy koryta) oraz z jej zachowaniem (Warianty II, III i IV). Na podstawie założeń metodycznych części analitycznej niniejszej pracy zaproponowano szereg funkcji, opisujących zjawisko formowania się lokalnych rozmyć w warunkach równowagi dynamicznej. *Według opinii recenzenta metody badawcze zaproponowane przez Doktorantkę są prawidłowe. Zastosowana i opisana technika pomiarowa jest właściwa. Duże wrażenie robi liczba (łącznie 52 serie pomiarowe) przeprowadzonych pomiarów, co daje pogląd na ilość pracy włożonej w wykonanie rozprawy*

*doktorskiej. Nie bez znaczenia jest tutaj również czas trwania poszczególnych serii pomiarowych wahający się od 4 do ponad 10 godzin przepływu.*

Wyniki oraz dyskusję swoich badań, Doktorantka przedstawiła w **rozdziale 5** rozprawy (Wyniki badań i dyskusja). Autorka zestawia w tym rozdziale wyniki pomiarów laboratoryjnych, z wynikami obliczeń według zaproponowanej przez siebie modyfikacji formuły Lane'a. Wyniki obliczeń średnich głębokości lokalnego rozmycia, otrzymanych z wykorzystaniem jednej z zaproponowanych funkcji Doktorantka porównała także z efektami przeprowadzenia symulacji ewolucji dna w przyjętych warunkach hydrodynamicznych, posługując się powszechnie używanymi i zweryfikowanymi formułami empirycznymi, do których należą: Formuła Ackersa i White'a, Laursena, Meyer-Petera i Müllera, Wonga i Parkera oraz Engelunda i Hansena. Wymienione formuły stanowią bazę obliczeń natężenia transportu rumowiska wleczonego w programie HEC-RAS. Bazując na module programu, pozwalającym na symulacje zmian ukształtowania dna oraz na możliwości kalibracji zaimplementowanych funkcji transportu, możliwe było wykorzystanie zarówno oryginalnych ich postaci oraz funkcji o parametrach optymalnych. Optymalizację postaci funkcji transportu rumowiska wleczonego wykonano z zastosowaniem procedury próbkowania Monte Carlo. *Według opinii recenzenta uzyskane wyniki pomiarów i obliczeń są wiarygodne, a przeprowadzona przez Doktorantkę statystyczna ocena jakości wyników badań potwierdza ich przydatność w analizie cech geometrycznych rozmyć dna poniżej budowli hydrotechnicznych.*

Rozprawę doktorską kończy część, w której Autorka zawarła wnioski wyciągnięte ze swoich badań. Na podstawie wykonanych badań sformułowała wnioski, które można podzielić na ogólne i szczegółowe. Wnioski szczegółowe eksponują dokładne wartości współczynników opracowanych formuł empirycznych, ich błędów i niepewności, natomiast wnioski ogólne podsumowują całą pracę. Najistotniejszą częścią tych wniosków jest fragment dotyczący sprawdzenia przyjętej na początku pracy hipotezy oraz kwestia osiągnięcia postawionego w rozprawie celu. Konkluzja Doktorantki jest taka że, przedstawione w rozprawie wyniki badań potwierdzają postawioną na wstępie hipotezę badawczą, że zaproponowany model empiryczny oparty na koncepcji Lane'a może być wykorzystany w analizie lokalnych rozmyć dna, aczkolwiek nie w każdym analizowanym przypadku, tym niemniej należy uznać, że główny cel pracy zostały osiągnięty. *Recenzent zgadza się taką oceną wyników pracy przeprowadzonej przez Doktorantkę w ramach rozprawy.*

### **3. Ocena pracy i uwagi krytyczne**

Moja ocena przedstawionej mi do oceny rozprawy doktorskiej jest bardzo dobra. Moim zdaniem praca ma duże walory naukowe i charakteryzuje się wysokim poziomem naukowym oraz ma cechy użyteczne, zarówno w zakresie budownictwa i inżynierii lądowej, jak i w inżynierii środowiska. Nie odkryłem w pracy błędów merytorycznych. Nieliczne, wyszczególnione poniżej uwagi dotyczące niewielkich moim zadaniem braków w pracy doktorskiej, nie wpływają na pozytywną opinię o całości pracy i mają znaczenie drugorzędne, gdyż w głównej mierze są formalnego charakteru i wynikają z naturalnej dociekliwości recenzenta. Pozostałe, drobne uwagi natury edycyjnej, zaznaczyłem w tekście rozprawy. Ich ewentualna poprawa byłaby potrzebna w przypadku przygotowania tekstu, bądź jego fragmentów do publikacji.

1. Moja podstawowa uwaga wiąże się z metodyką modelowania fizycznego i prowadzenia pomiarów laboratoryjnych. Otóż mimo wykonania łącznie 52 serii pomiarowych nie sposób na ich podstawie ocenić powtarzalności wyników eksperymentów. Wynika to z faktu, że

każdy z pomiarów wykonywany był dla innego zestawu parametrów i stąd nie przeprowadzano nigdy tego samego eksperymentu nawet dwukrotnie. Bardzo proszę Doktorantkę o odniesienie się do mojej uwagi w trakcie obrony pracy.

2. Druga moja uwaga ma charakter dyskusyjny i związana jest z rodzajem budowli hydrotechnicznych, którymi w swoich badaniach zajęła się Doktorantka. Były to przede wszystkim budowle piętrzące o różnej charakterystyce, wpływające na zmianę hydrauliki strumienia i co za tym idzie na zmianę potencjału strumienia w zakresie transportu rumowiska i erozji dna. W pracy nie podjęto jednak badań nad takimi elementami zabudowy hydrotechnicznej koryt rzecznych jak podpory mostowe (filary). Prosiłbym o wyjaśnienie pominięcia tego rodzaju zabudowy koryt w badaniach oraz o komentarz, czy empiryczna formuła opracowana przez Doktorantkę do szacowania parametrów rozmyć dna nadawałby się do oceny wielkości lokalnych rozmyć dna w sąsiedztwie filarów mostowych?

Analizując wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez Ustawę z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2003 nr 65 poz. 595 wraz ze zmianami), aby stwierdzić, czy są one spełnione należy odpowiedzieć na trzy podstawowe pytania:

1. *Czy w rozprawie jasno sformułowane jest zagadnienie naukowe, które Kandydat postanowił rozwiązać oraz jaka jest zasadnicza teza pracy?*

W przedstawionej mi do oceny pracy doktorskiej widoczne jest jednoznaczne sformułowanie tezy rozprawy. Ponadto, przez klarownie przedstawiony cel pracy zagadnienie naukowe można uznać za jasno sformułowane.

2. *Czy rozprawa wykazuje dostateczny stopień teoretycznej wiedzy ogólnej Doktoranta?*

Recenzent uznaje, że ogólny stopień wiedzy teoretycznej Kandydatki jest w pracy ukazany w wystarczającym stopniu.

3. *Czy można uznać, że Autor rozwiązał postawione zagadnienie naukowe i czy zrobił to samodzielnie, odpowiednio do stanu wiedzy naukowej i technicznej, z zastosowaniem właściwej metody?*

Samodzielność zaproponowanego przez Doktorantkę rozwiązania problemu naukowego nie budzi wątpliwości Recenzenta. Do swoich badań wykorzystwała ona właściwe metody naukowe (analizę teoretyczną zagadnienia i modelowanie fizyczne), a proces badawczy przeprowadziła poprawnie. Zdaniem Recenzenta drobne ułomności pracy nie zmniejszają wartości merytorycznej rozprawy, którą można uznać za rozwiązanie postawionego zagadnienia naukowego.

Wk

#### 4. Wniosek końcowy

Recenzowana praca jest ciekawą i wartościową pozycją w zakresie hydrauliki koryt rzecznych. Stanowi bowiem postęp zarówno w samej metodyce badań procesu transportu rumowiska w rzekach, jak też odznacza się walorami praktycznymi, sprowadzającymi się do ulepszenia metod oceny wymiarów lokalnych rozmyć dna rzek w sąsiedztwie zabudowy hydrotechnicznej. Autorka rozprawy wykazała się bardzo dobrą znajomością badanych zagadnień i literatury przedmiotu, a sama rozprawa stanowi znaczący wkład do problematyki hydrauliki rzek i badania procesu transportu rumowiska w rzekach.

W świetle powyższych uwag stwierdzam, że przedstawiona mi do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Marty Kiraga jest pracą oryginalną, zawierającą nowe rozwiązania, wartościową w sensie poznawczym i spełnia tym samym wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez Ustawę z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2003 nr 65 poz. 595 wraz ze zmianami). Wnioskuje więc o dopuszczenie Autorki rozprawy do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



Gdańsk, listopad 2018 r.