

Wrocław, dnia 7.09.2023 r.

dr hab. inż. Tomasz Tymiński, prof. UPWr
Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji
Instytut Inżynierii Środowiska
Zakład Modelowania Hydrodynamicznego
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
ul. Grunwaldzka 55, 50-357 Wrocław

RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Bartosza Radeckiego-Pawlika pt. „Konstrukcja i statyka gurtów bystrz o zwiększonej szorstkości w aspekcie hydrodynamiki przepływu wody”

*w związku z postępowaniem o nadanie stopnia naukowego doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych,
w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport*

PODSTAWA FORMALNA WYKONANIA RECENZJI

Recenzję opracowano na zlecenie Dziekana Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej im. Tadeusza Kościuszki Pani prof. PK, dr hab. inż. Lucyny Domagały (pismo nr L0.510.7.1.2023 z dnia 30 czerwca 2023 r.) w związku z Uchwałą Rady Naukowej Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej z dnia 21 czerwca 2023 roku.

Ocenę wykonano zgodnie z zapisami Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o Stopniach Naukowych i Tytule Naukowym oraz Stopniach i Tytule w zakresie Sztuki (tekst jedn. Dz.U. z dn. 27 września 2017 r., poz. 1789) oraz Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 1 września 2011 roku w sprawie kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora (DZ.U. Nr 196 poz. 1165).

INFORMACJE OGÓLNE

Praca doktorska pt. „Konstrukcja i statyka gurtów bystrz o zwiększonej szorstkości w aspekcie hydrodynamiki przepływu wody” została wykonana w Katedrze Mechaniki Budowli i Materiałów, na Wydziale Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej im. Tadeusza Kościuszki. Promotorem rozprawy jest dr hab. inż. Filip Pachla, prof. PK (pracownik naukowy Katedry Mechaniki Budowli i Materiałów PK).

Przedstawiona do oceny praca doktorska mgr. inż. Bartosza Radeckiego-Pawlika jest typową, liczącą łącznie 107 stron maszynopisu (A4) rozprawą naukową. Została ona wzbogacona 5 tabelami i 71 rycinami, przy czym 14 z nich stanowi dokumentację

DZIEKAN
Wydziału Inżynierii Lądowej

Wpłynęło dnia 07 PAŹ 2023

L. dz. 10.510.7.1.2023

podpis *[podpis]*

fotograficzną, a pozostałe to różnego rodzaju wykresy (26), schematy i wizualizacje numeryczne (31).

Treść rozprawy podzielona została na 6 rozdziałów głównych wraz z podrozdziałami. Tworzą ją: 1) Wstęp i cel pracy wraz z hipotezami badawczymi, 2) Przegląd literatury, 3) Opis obszaru badań – zlewni Potoku Porębianka, 4) Materiały i metody badawcze, 5) Wyniki badań wraz z dyskusją oraz 6) Wnioski, oryginalne osiągnięcia w pracy oraz kierunki dalszych badań. Na końcu dysertacji zamieszczono wykaz materiałów źródłowych (bibliografia), spisy rycin i tabel, a także streszczenie pracy w języku angielskim.

Wykaz piśmiennictwa (10 stron) obejmuje 115 pozycji, przy czym przeważają prace obcojęzyczne (64), głównie angielskie i niemieckie, które stanowią ok. 60% wszystkich źródeł cytowanych w dysertacji. Z wykazu wynika również, iż mgr inż. Bartosz Radecki-Pawlik jest współautorem 6 recenzowanych prac. Zgromadzone materiały źródłowe i literatura zostały wybrane i wykorzystane poprawnie. Są one aktualne i wszystkie dotyczą tematyki poruszanej w rozprawie.

CHARAKTERYSTYKA I OCENA ROZPRAWY

Niewątpliwie pozytywnie ocenić należy wybór problematyki dysertacji. Zbudowane z naturalnych materiałów i dobrze wkomponowane w krajobraz bystrza o zwiększonej szorstkości (BoZS) stanowią obecnie bardzo popularne w nowoczesnej, proekologicznej inżynierii rzecznej budowle wodne. Oprócz funkcji związanych z regulacją cieku, konstrukcje te zwymiarowane hydraulicznie z uwzględnieniem wymogów ichtiologicznych, dobrze sprawdzają się w roli seminaturalnych przepławek dla ryb, zapewniając ciągłość ekologiczną i umożliwiając migrację ryb zarówno w dół jak i w górę cieku. Niestety, istniejący stan wiedzy w zakresie oddziaływania i wpływu bystrzy na warunki hydrodynamiczne i hydromorfologiczne w korycie cieku jest dość ubogi. Brakuje zwłaszcza badań na obiektach rzeczywistych w naturze. Nie są one łatwe, gdyż oprócz wiedzy z zakresu budownictwa wodnego wymagają również znajomości hydrologii, hydrodynamiki i hydromorfologii cieków. Stąd, szczególnie cenne jest, nie tylko naukowo (również w aspekcie praktycznym, inżynierskim) podjęcie się przez Doktoranta powyższego wyzwania i badań bystrza, w szczególności skoncentrowanych na wyboju tworzącym się poniżej konstrukcji oraz jego wpływie na stateczność i naprężenia w gurcie od strony dolnej wody.

W rozdziale 1 dysertacji (str. 1-4), po krótkim wstępie przybliżającym problem badawczy i genezę podjęcia tematu, Doktorant sprecyzował (str. 4) główne cele rozprawy jakimi były: (1) analiza numeryczna wpływu przepływów prawdopodobnych na głębokość wyboju od strony dolnej wody obiektu oraz (2) analiza utraty stateczności gurtu dolnego na skutek powstania wyboju od strony dolnej wody obiektu.

Doktorant postawił 2 hipotezy badawcze zakładając, iż:

1. „*istnieje zależność pomiędzy statecznością gurtu bystrza o zwiększonej szorstkości, a prawdopodobieństwem przepływu*”,
2. „*istnieje zależność pomiędzy zmieniającym się przepływem jednostkowym, a statecznością gurtu bystrza o zwiększonej szorstkości*”.

Zarówno cel pracy, jak i przyjęte hipotezy badawcze nie budzą zastrzeżeń merytorycznych.

Kolejny rozdział 2 (str. 5-35) to literaturowy przegląd aktualnego stanu wiedzy. Doktorant naświetla problematykę dysertacji, początkowo przedstawiając dość ogólnie zagadnienia regulacja rzek i potoków górskich, by następnie skoncentrować się na jednym z jej proekologicznych elementów - bystrzach o zwiększonej szorstkości (BoZS). Dużo uwagi poświęca tu takim problemom jak: pośrednia i bezpośrednia erozja okładziny, algorytm jej wymiarowania oraz globalne zniszczenie konstrukcji na skutek wymycia materiału rzeczno (rumowiska), przy czym ważnym w tym aspekcie zagadnieniom transportu rumowiska, erozji dennej i wymyciom poświęcony został osobny podrozdział 2.3 (str. 29-34).

Przegląd literatury (rozdział 2) nie posiada jako takiego podsumowania, bądź dyskusji jednak, oprócz przedstawienia stanu wiedzy, wynika z niego, że dla budowli wodnych typu BoZS, powstawanie wyboju miejscowego przy dwufazowym ruchu wody i rumowiska należy do mało zbadanych procesów i to zarówno z punktu widzenia statyki budowli, jak i od strony hydrodynamiki strumienia. Zdaniem recenzenta literaturowy przegląd aktualnego stanu wiedzy opracowany przez Doktoranta również należy ocenić pozytywnie.

W kolejnym 3 rozdziale dysertacji (str. 36-41) Autor w zwięzły sposób scharakteryzował obszar badań, jakim była zlewnia potoku Porębianka w Beskidach Zachodnich, skupiając się na budowlach regulacyjnych, danych morfologicznych i przede wszystkim hydrologicznych. Niestety, zlewnia Porębianki jest zlewnią niekontrolowaną, stąd konieczność pracy studyjnej Doktoranta i analizy dostępnych danych literaturowych.

Do realizacji głównych celów rozprawy i sprawdzenia postawionych hipotez naukowych, Autor przyjął odpowiednią metodykę badań, opisaną szczegółowo wraz z materiałem badawczym w rozdziale 4 (25 stron). Dotyczy ona takich zagadnień jak: charakterystyka techniczna badanego BoZS, w tym gurtów; określenie przepływów charakterystycznych w przekroju badawczym; pomiary geodezyjne bystrza i wyboju; pomiary prędkości przepływu; wyznaczenie krzywych przesiewu materiału dennego oraz podstawowych parametrów gruntowych aluwii potoku Porębianka i współczynnika filtracji. Szczególnie dużo miejsca poświęcił Doktorant 2 kluczowym dla dysertacji zadaniom badawczym: 1) modelowaniu numerycznemu przepływu wody w korycie cieku i w aluviach oraz 2) modelowaniu numerycznemu rozmycia poniżej BoZS, omawiając metodykę modelowania

numerycznego dla metod RANS (modele $k-\varepsilon$ i $k-\omega$), LENS i DNS oraz przyjęte dla badanego BoZS warunki początkowo-brzegowe.

Należy podkreślić, że wielowariantowe symulacje komputerowe, a następnie analizę wyników badań Doktorant przeprowadził z wykorzystaniem zawansowanych narzędzi badawczych tj. oprogramowania Flow 3D. Jest ono powszechnie uważane za jedno z najlepszych narzędzi do symulowania przepływów w korytach rzecznych. W swojej pracy Doktorant, mając na względzie m.in. możliwość rozwiązania zagadnień makroskopowych, słusznie przyjął zmodyfikowany model obliczeniowy $k-\varepsilon$, korzystając z metody obliczeniowej RANS. Również do modelowania głębokości wymycia zastosowano algorytm dostępny w ramach pakietu Flow 3D, który jako jeden z nielicznych *software* oferuje taką możliwość.

Reasumując, zastosowana w dysertacji metodyka nie budzi zastrzeżeń – jest poprawna, wybór metod i założeń dobrze uzasadniony, a metody i materiały szczegółowo opisane (str. 42-66).

Uzyskane przez Doktoranta wyniki badań przedstawione zostały w dość zwięzłej formie w rozdziale 5 pt. „Wyniki badań wraz z dyskusją” (str.67-90). Stanowią go głównie wykresy opracowanych wyników pomiarów i obliczeń oraz wizualizacje symulacji komputerowych podzielone na następujące grupy badanych zagadnień: 1) przepływy charakterystyczne, 2) geometria BoZS i wymycia, 3) filtracja, krzywe przesiewu i parametry gruntowe, 4) modelowanie numeryczne przepływu oraz wymycia poniżej BoZS, 5) modelowanie numeryczne utraty stateczności gurtów BoZS – podzielone dodatkowo na 3 podrozdziały dotyczące modelowania konstrukcji gurtów, modeli obliczeniowych MES oraz wyniki.

Towarzyszy im klasyczna interpretacja wyników i analiza w formie mniej lub bardziej obszernej dyskusji (nawiązującej do doniesień literaturowych), która w efekcie prowadzi do ukształtowania wniosków końcowych. Również tę część dysertacji (*patrz uwaga nr 1 poniżej*) należy ocenić pozytywnie.

Rozprawę kończy rozdział 6 pt. „Wnioski, oryginalne osiągnięcia w pracy oraz kierunki dalszych badań” (2 strony). Autor zamieścił w nim 2 wnioski, które mają pełne uzasadnienie w uzyskanych wynikach badań i odnoszą się do głównego celu pracy. Doktorant w szczególności: 1) określił krytyczną głębokość wyboju, przy której badany gurt utracił stateczność i w analizie wstecznej powiązał ją z przepływem prawdopodobnym - potwierdzając tym hipotezę badawczą nr 1; a także 2) określił krytyczną głębokość wyboju, przy której badany gurt utracił stateczność i w analizie wstecznej powiązał ją z przepływem jednostkowym - potwierdzając hipotezę badawczą nr 2.

Mając na uwadze ocenę merytoryczną dysertacji mgr. inż. Bartosza Radeckiego-Pawlika stwierdzam, że zawiera ona elementy nowatorskie, które stanowią oryginalny wkład własny Doktoranta w dyscyplinę naukową. W szczególności, można do nich zaliczyć autorską propozycję klasyfikacji mechanizmów zniszczenia BoZS, przedstawioną w postaci schematu

blokowego na Rys. 2.13 (str. 15), a także opracowanie modeli obliczeniowych i analizę numeryczną: 1) wpływu zmiany przepływu wody na maksymalną głębokość wymycia i utratę stateczności gurtu oraz 2) wpływu zmiany głębokości wymycia na utratę stateczności gurtu.

Warto zauważyć, że Doktorant jest świadomy faktu, iż przedstawione w dysertacji badania i uzyskane wyniki całkowicie nie wyczerpują podjętej problematyki badawczej, dotyczącej stateczności gurtów seminaturalnych bystrzy rzecznych. Jest to zrozumiałe, gdyż Jego badania można uznać za pionierskie i w czasach nowoczesnej proekologicznej inżynierii rzecznej, jak najbardziej warte kontynuacji. W końcowej części dysertacji Autor podaje propozycję kierunków dalszych badań gurtów tych budowli wodnych (BoZS) np. zbudowanych z innych materiałów lub o innym kształcie.

Uwagi merytoryczne i dyskusyjne

Podczas studiowania rozprawy recenzentowi nasunęły się następujące uwagi, w przypadku których Autor dysertacji proszony jest o ustosunkowanie się do nich podczas publicznej obrony:

1. W swoich badaniach bystrz o zwiększonej szorstkości (BoZS) Doktorant koncentruje uwagę na relacji między przepływem jednostkowym (q) a wielkością wyboju, który może wytworzyć się na dolnym stanowisku bystrza, w aspekcie utraty stateczności dolnego gurtu. Powstanie tego wyboju zależy nie tylko od konstrukcji bystrza i cech materiału dennego rzeki, lecz również parametrów hydrodynamicznych strumienia. Szczęgólnego znaczenia nabiera w tym przypadku analiza rozkładu przestrzennego liczby Froude'a. Nasuwa się pytanie, czy Doktorant przeprowadził odpowiednie pomiary terenowe w tym zakresie, czy może problem analizował jedynie na podstawie modelowania numerycznego (Rys. 5.14, str. 77 dysertacji)?
2. Niewątpliwie, wymycie materiału dennego i wybój powstały na dolnym stanowisku budowli wodnej (tu: seminaturalnego bystrza) nie jest zjawiskiem pożądanym. Jak Doktorant, w świetle swoich badań, widzi możliwość przeciwdziałania powstawaniu wyboju za gurtem i utraty jego stateczności?
3. Pomiary terenowe przeprowadzone zostały na wybranym obiekcie badawczym – BoZS na potoku Porębianka w Małopolsce. Ich wyniki posłużyły Doktorantowi m.in. do kalibracji modeli numerycznych, a następnie odpowiednich symulacji, analiz i w efekcie wniosków końcowych dysertacji. Nasuwa się pytanie, czy te wnioski badawcze sprawdzą się również w przypadku innych bystrzy, wykonanych z podobnych materiałów, lecz np. zlokalizowanych na innych ciekach, o innym spadku, a także charakterystyce hydrologicznej i morfologicznej koryta? Jaka jest opinia Doktoranta na

- ten temat? Czy wyniki Jego badań można traktować jako uniwersalne (dla podobnych bystry), czy może należałoby mówić tu o pewnych ograniczeniach stosowalności?
4. Jak Doktorant widzi możliwość implikacji efektów swoich badań do praktyki inżynierskiej np. w zakresie projektowania, bądź eksploatacji (również bezpieczeństwa) takich budowli wodnych (BoZS)?

Uwagi redakcyjne

Zamieszczona w dysertacji dokumentacja fotograficzna jest trafnie dobrana (i „nie przesadzona!”), gdyż jest ona bardzo pomocna w lepszym poznaniu obszaru badawczego, panujących lokalnych warunków terenowych oraz właściwym zrozumieniu opisów zawartych w tekście, zaś cała rozprawa nie budzi istotnych zastrzeżeń od strony formalnej, redakcyjnej i edytorskiej. Należy jednak zwrócić uwagę na następujące usterki:

- Rażą - niestety liczne - tzw. literówki, które m.in. dotyczą pisowni rzeczowników w języku niemieckim (Bibliografia: str. 94-98 i 101), gdzie wymagane jest stosowanie dużej litery – w celu odróżnienia rzeczownika od czasownika.
- Inne usterki tego rodzaju dotyczą stosowania (bądź niestosowania) w pracy liter niemieckiego alfabetu lub reguł ich zastępowania np. „uber” (str. 95) zamiast poprawnego „über” lub „ueber”. Również w przypadku przytaczanego równania „MPM” powinno być [Meyer-Peter, Müller, 1948] (str. 33, 97).
- W przypadku równania (2.20) na str. 26, wysokość stopnia na wypadzie określa raz duża a innym razem mała litera „s”.
- Używany w pracy termin „przepływ turbulencyjny” (str. 30) może nieco razić, nie tylko specjalistów hydromechaników. W literaturze krajowej dla tego rodzaju ruchu stosuje się określenia „przepływ turbulentny” lub „przepływ burzliwy”.
- Rycina 2.21 (str. 27) jest słabo czytelna.

Generalnie, stronę redakcyjną pracy uważam za poprawną. Wszystkie drobne uwagi natury redakcyjnej zaznaczone zostały w recenzowanym egzemplarzu pracy i powinny być one usunięte na etapie przygotowywania pracy do druku. Należy przy tym nadmienić, iż jej publikacja jest wg mnie bardzo wskazana – w formie monografii, bądź nawet kilku artykułów, do czego gorąco zachęcam. Wyniki badań Pana mgr. inż. Bartosza Radeckiego-Pawlika będą z pewnością przydatne bezpośrednio w praktyce, lecz stanowią one przede wszystkim cenne źródło specjalistycznych informacji i mogą być bazą wyjściową do dalszych prac badawczych.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI KOŃCOWE

Stwierdzam, iż założone przez Autora na wstępie pracy cele badawcze zostały osiągnięte, a przyjęte hipotezy badawcze (patrz str. 2 niniejszej recenzji) - udowodnione i odpowiednio skomentowane w konkluzjach dysertacji.

Rozprawa doktorska mgr. inż. Bartosza Radeckiego-Pawlika stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego i wykazuje, że jej Autor ma wystarczający zasób wiedzy teoretycznej i specjalistycznej w ramach uprawianej dyscypliny naukowej oraz umiejętność samodzielnego planowania i prowadzenia badań naukowych. Uważam też, że należy docenić pionierski charakter dysertacji, duży zakres wykonanych badań i związane z tym czasochłonność i nakład pracy Doktoranta.

Biorąc pod uwagę walory naukowe, poznawcze i aplikacyjne przedłożonej do recenzji rozprawy doktorskiej pt. „Konstrukcja i statyka gurtów bystrz o zwiększonej szorstkości w aspekcie hydrodynamiki przepływu wody”, którą oceniam pozytywnie, wnoszę do Wysokiej Rady Naukowej Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej im. Tadeusza Kościuszki w Krakowie o dopuszczenie mgr. inż. Bartosza Radeckiego-Pawlika do publicznej obrony i wnioskuję o dalsze przeprowadzenie czynności przewodu doktorskiego, bowiem spełnia ona wszystkie wymogi stawiane pracom doktorskim określone w Ustawie z dnia 14 marca 2003 roku o Stopniach Naukowych i Tytule Naukowym oraz Stopniach i Tytule w zakresie Sztuki (tekst jedn. Dz.U. z dn. 27 września 2017 r., poz. 1789).



dr hab. inż. Tomasz Tymiński, prof. UPWr