

Dr hab. inż. Piotr Zima, prof. PG

Gdańsk, 15.02.2021r.

Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska

Politechnika Gdańska

Ul. G. Narutowicza 11/12

80-233 Gdańsk

PANI PROF. DR HAB INŻ A. ANIELAK  
BARDZO PROSZĘ  
DO PRZEJĘCIA  
P. A.  
DOKTORSTWA  
P. A. PRZEWODZIŁ  
DZIEKAN  
Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki  
Politechniki Krakowskiej

ADMINISTRACJA  
Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki

Wpłynęło dnia 25.02.2021

Nr 345 szt.

Recenzja

dr hab. inż. Stanisław M. Rybicki, prof. PK

Rozprawy doktorskiej mgr inż. Agaty Pawłowskiej-Salach pt. „Badania szczelinowej głowicy ujęcia wody uwzględniającej ochronę ichtiofauny” wykonanej na Wydziale Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Krakowskiej.

## 1. PRZEDMIOT I PODSTAWA FORMALNA OPRACOWANIA RECENZJI

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Agaty Pawłowskiej-Salach została opracowana zgodnie z Uchwałą Rady Naukowej Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Krakowskiej im. Tadeusza Kościuszki w Krakowie z dnia 16.12.2020r. Recenzowana rozprawa doktorska zawiera 136 stron wraz z załącznikami, w tym 121 rysunków i fotografii, 19 tabel (w tym 6 w załączniku) oraz opis wykorzystanej literatury, który obejmuje 64 pozycje, głównie z ostatnich kilkudziesięciu lat. Rozprawa została opracowana pod kierunkiem promotora dra hab. inż. Michała Zieliny, prof. PK i promotora pomocniczego dra inż. Karola Kaczmarek.

## 2. OPIS PRACY

Rozprawa doktorska poświęcona jest analizie szczelinowej głowicy ujęcia wody pod kątem uwzględnienia ochrony ichtiofauny. W krajach rozwiniętych charakteryzującym się wysokim zużyciem wody na cele przemysłowe, bytowo-gospodarcze i nawodnieniowe, pobór dużej ilości wody jest możliwy dzięki zastosowaniu ujęć powierzchniowych. Eksploatacja takich ujęć wiąże się z licznymi utrudnieniami, tj. zmienne warunki hydrologiczne i meteorologiczne, które powodują duże wahania przepływów, występowanie zjawisk lodowych, zanieczyszczeń, rumowiska, a także zapewnienie ochrony ichtiofauny. Powszechnie stosowanym typem ujęcia wody jest ujęcie zatopione. Tradycyjne rozwiązania konstrukcyjne opierają się na rozszerzonym wlocie zabezpieczonym kratą lub siatką.

Natomiast współczesne rozwiązania zakładają, że wlot wody odbywa się przez specjalnie zaprojektowane głowice wyposażone w kraty, siatki lub szczeliny o bardzo małych wymiarach otworów wlotowych. Napływ wody odbywa się z małymi prędkościami. Zabezpiecza to dostawanie się narybku i wszelkich zanieczyszczeń. Jednak stanowi to nie lada wyzwanie dla projektanta, który musi przy zapewnieniu wymaganej wydajności ujęcia i odpowiednio niskich prędkości wlotowych wody, zaprojektować ujęcie, które sprosta tym wymogom. W pracy szczegółowo przebadano rozwiązanie firmy Pol-Eko, w postaci modelu cylindrycznego ekranu z drutu klinowego zwanego głowicą szczelinową. I taki też jest cel pracy realizowany poprzez prowadzenie badań w laboratorium, w warunkach eksploatacyjnych, zbadanie zaprojektowanej ochronnej siatki szczelinowej wraz z deflektorami oraz weryfikację numeryczną otrzymanych wyników badań.

W pracy autorka formułuje szereg tez, tj. że badany model pozwala na zredukowanie uciążliwości eksploatacyjnych (czyli wciąganie narybku oraz wszelkiego rodzaju zanieczyszczeń i śryżu), posiada liczne zalety względem tradycyjnych rozwiązań, występuje redukcja prędkości wlotowych oraz czy występuje zredukowanie masy wciąganych cząstek. Natomiast badania na modelu numerycznym pozwalają na zbadanie pracy modelu głowicy w różnych warunkach prędkości wlotowych, co pozwala na zweryfikowanie otrzymanych w badaniach laboratoryjnych wartości prędkości w pobliżu głowicy szczelinowej. Postawione w pracy tezy stanowią dla doktorantki obszar badawczy pracy, a wypływające z pracy wnioski są ich udowodnieniem.

Praca ma typową budowę. W rozdziale przegląd literatury autorka porusza problem aktualnych rozwiązań ujmowania wód powierzchniowych, ochrony ichtiofauny przy zastosowaniu infrastruktury hydrotechnicznej i projektowanych nowoczesnych czepni stosowanych w zatopionych ujęciach wody. Autorka cytuje tu 39 pozycji z 64 zawartych w wykazie literatury.

Następnie doktorantka opisuje badania laboratoryjne. Przedstawia stanowisko laboratoryjne wraz z oprzyrządowaniem. Poznajemy szczegółową budowę modelu głowicy szczelinowej i aparatury wykorzystywanej na stanowisku pomiarowym. Pomiary rozkładu prędkości w pobliżu głowicy szczelinowej wykonywane były przy pomocy prędkościomierza dopplerowskiego MicroADV firmy SONTEK. W celu wyznaczenia wydajności wody płynącej przez głowicę szczelinową zamontowano przepływomierz Portaflow 330. Do wyznaczenia wartości ciśnienia na rurociągu odprowadzającym wodę z głowicy wykorzystany został elektroniczny manometr różnicowy CEM DT-8890. W kolejnym podrozdziale przedstawiane są badania rozkładu prędkości w różnych konfiguracjach głowicy

szczelinowej: przy braku deflektora, przy deflektorze o nierównomiernych otworach oraz przy deflektorze o równomiernych otworach. Badania były prowadzone w różnych warunkach przepływu w korycie głównym. W dalszej części następuje porównanie rozkładów prędkości wokół głowicy przy zastosowaniu deflektorów oraz jego braku, przy zmiennym przepływie w korycie hydraulicznym. Na końcu przedstawiono badania przy braku deflektora i rury szczelinowej. Wyniki zestawiono w postaci licznych wykresów i tabel. W rozdziale tym przedstawiono także miary statystyczne otrzymanych wyników. Następnie przedstawiono krótki rozdział o badaniach oporów hydraulicznych podczas przepływu. Na końcu przedstawiono metodykę badania przyciągania cząstek. W tym celu wykorzystano granulaty poliestrowy o średnicy od 2,5 do 6 mm. Badania przeprowadzono bez deflektora, z deflektorem o otworach nierównomiernej wielkości oraz dla przypadku braku deflektora oraz zewnętrznej rury szczelinowej z drutu klinowego.

W pracy przeprowadzono także badania numeryczne. W celu przeprowadzenia symulacji CFD (Computational Fluid Dynamics), stworzono model obszaru, który został podzielony na objętości kontrolne poprzez wygenerowanie siatki numerycznej w programie Mesh Ansys 19.1. Przy modelowaniu za pomocą CFD wykorzystano model RNG k- $\epsilon$  (dla przypadku braku przepływu w korycie hydraulicznym) oraz standardowy model k- $\epsilon$  (dla przepływu w korycie hydraulicznym). Jako metodę obliczeniową wybrano algorytm SIMPLEC. W pierwszej kolejności wykonano symulacje przepływu wody przez całe koryto hydrauliczne bez umieszczonej w nim głowicy przy założeniu stałego dopływu. Następnie przeprowadzono symulacje przy braku deflektora i głowicy szczelinowej. Kolejny przypadek obejmował wykorzystanie głowicy szczelinowej bez deflektora, przy deflektorze o nierównomiernych otworach i przy deflektorze o równomiernych otworach. Uzyskane wyniki zaprezentowano na rysunkach i wykresach.

W ostatnim rozdziale autorka przedstawiła podsumowanie pracy i szczegółowe wnioski, które z niej wypływają.

### **3. NAUKOWY POZIOM PRACY**

Praca zawiera 136 stron tekstu wraz z załącznikami, w tym 64 pozycje bibliograficzne, 121 rysunków oraz 19 tabel. Poziom edytorski pracy jest na przyzwoitym poziomie, właściwe odwołania do literatury. Autorka przyjęła konwencję wyjaśniania symboli w równaniach w miejscu ich pojawienia się. Recenzent nie znalazł niewyjaśnionych symboli lub powtarzających się oznaczeń. Praca napisana jest poprawną polszczyzną, autorka w sposób przejrzysty opisuje prowadzone badania.

Praca tworzy logiczną całość i zawiera wymagane w tego typu rozprawach doktorskich niezbędne elementy. W pracy można jednoznacznie wydzielić jej podstawowe części, takie jak określenie celu i zakresu pracy, postawione tezy, przegląd literatury, opis przeprowadzonych badań zarówno laboratoryjnych jak i numerycznych, prezentacja wyników, podsumowanie i wnioski.

Praca jest także skomponowana poprawnie merytorycznie. Autorka jasno nakreśliła cel i zakres pracy oraz przedstawiła przegląd literatury tematu cytując pozycje od roku 1974 do 2017. Literatura jest w języku polskim i angielskim, dobrana prawidłowo. Postawione w pracy tezy są szczegółowe, dotyczą przeprowadzonych w rozprawie badań i zostały w pracy udowodnione. Autorka przeprowadziła badania na dwa sposoby. Pierwszy z nich polegał na zaplanowaniu i wykonaniu pomiarów w laboratorium hydraulicznym. W drugim autorka podjęła się próby wykonania badań numerycznych z wykorzystaniem techniki CFD. Wykorzystała do tego celu gotowe narzędzie program ANSYS. A następnie uzyskała wyniki porównywalne z badaniami laboratoryjnymi. Świadczy to niewątpliwie o wysokich umiejętnościach doktorantki. Już same badania przeprowadzone w laboratorium wypełniają wymogi stawiane pracom doktorskim. Jest to bardzo silny atut tej pracy.

W pracy doktorantka dużo czasu poświęciła analizie uzyskanych wyników. W części dotyczącej pomiarów w laboratorium w sposób właściwy przedstawione są wyniki na wykresach poszczególnych eksperymentów, jak i ich zestawienie. Część wyników zestawiono a tabelach. Prezentując symulacje numeryczne autorka wykorzystwała możliwości graficzne stosowanego oprogramowania. Znane są ich ograniczenia, ale doktorantce udało się w sposób przejrzysty je zaprezentować.

Pomimo ogólnie bardzo dobrej oceny rozprawy, jest kilka kwestii wymagających wyjaśnienia. Recenzent chciałby, aby doktorantka odniosła się do nich. W pierwszej kolejności są to uwagi natury ogólnej:

- Wykonywanie pomiarów jest podstawowym elementem rozprawy. W pracy doktorantka określiła błąd standardowy pomiarów. Nie wskazała jednak, jak on się ma do czułości urządzenia pomiarowego.
- Pomiary w części laboratoryjnej prowadzone były najprawdopodobniej w warunkach ustalonych. Podając wartości średniej mierzonej prędkości w warunkach ruchu turbulentnego, doktorantka nie wyjaśniła czy sprawdzany był warunek stacjonarności przepływu.

- Zastosowany program obliczeniowy ma duże możliwości w przyjmowaniu modeli turbulencji i schematów liczących. Czy wykonano obliczenia kontrolne pozwalające ocenić inne modele i metody dostępne w programie ANSYS?
- Rozwiązywane równania to równania różniczkowe cząstkowe. Jaki stosowano warunek brzegowy na swobodnej powierzchni?

Natomiast poniżej zestawiono szczegółowe błędy i niedociągnięcia w pracy, które udało się wychwycić recenzentowi:

- str. 38 – Autorka podaje wartość graniczną wydajności ujęć zatopionych. Czy jest prawidłowa wartość  $200 \text{ m}^3/\text{s}$ ?
- str. 46 – Brak opisu osi poziomej wykresu na Rys. 44.
- str. 53 – Błędne odwołanie do Rys. X. Powinno być odwołanie do Rys. 56.
- str. 92 – „w korycie hydraulicznym wypełnionym płynem.” Uważam, że można to uściślić do „wody”.
- str. 95 – „zacztyany profil prędkości” – co to oznacza?

#### 4. PODSUMOWANIE

Rozprawa doktorska mgr inż. Agaty Pawłowskiej-Salach pt. „Badania szczelinowej głowicy ujęcia wody uwzględniającej ochronę ichtiofauny” zawiera oryginalne wyniki badań i analiz. Poprawnie zaplanowane i wykonane oraz zastosowane właściwe modele i narzędzia programowe umożliwiły rozwiązanie podstawowego problemu. Zarówno zaplanowanie i przeprowadzenie badań, przedstawienie uzyskanych wyników wymagało od Doktorantki opanowania wielu nowych umiejętności. Doktorantka wykazała się przy tym dociekliwością naukową i umiejętnością analizowania uzyskiwanych wyników. Recenzowana rozprawa zawiera szereg oryginalnych elementów w ocenie poziomu naukowego pracy i spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim określone w art. 13 ustawy z dnia 14.03.2003r. o stopniach naukowych i tytule naukowym, oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65 poz. 595 ze zm. Dz. U. z 2005 roku nr 164, poz. 1365, ze zm. Dz. U. z 2011 roku nr 84, poz. 455).

Wnioskuje o dopuszczenie rozprawy doktorskiej mgr inż. Agaty Pawłowskiej-Salach pt. „Badania szczelinowej głowicy ujęcia wody uwzględniającej ochronę ichtiofauny” do publicznej obrony. Wnoszę też o możliwość rozważenia przez Radę Dyscypliny wniosku o wyróżnienie.

*Risk time*