

Poznań, dnia 21 listopada 2024 r.

Prof. dr hab. inż. Marek Marciniak

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Instytut Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego

## **Recenzja**

### **rozprawy doktorskiej magistra inżyniera Piotra Bartolda pt.: „Morfodynamika koryta Wisły w Warszawie i jej znaczenie dla warunków eksploatacji ujęć poddennych wody”**

#### **1. Wstęp**

Recenzję rozprawy doktorskiej mgr inż. Piotra Bartolda powierzyła mi Rada Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie na posiedzeniu w dniu 23.10.2024 r. Pismo w tej sprawie skierował do mnie w dniu 04.11.2024 r. Przewodniczący Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka, prof. dr hab. inż. Janusz Kubrak (znak pisma IIŚ 58/2024).

#### **2. Charakterystyka formalna pracy**

Praca doktorska mgr inż. Piotra Bartolda liczy 107 stron tekstu w tym 11 stron spisu literatury, który zawiera 140 pozycji (47 pozycji anglojęzycznych, jedną niemieckojęzyczną i jedną rosyjskojęzyczną). W tekście zamieszczono 47 rycin, 10 fotografii, 1 wykres oraz 6 tabel. Poza tekstem zamieszczono 5 stron spisów oraz 18 załączników. Praca została napisana w języku polskim i podzielona na 8 rozdziałów.

Promotorem dysertacji doktorskiej mgr inż. Piotra Bartolda jest prof. dr hab. Tomasz Falkowski, a promotorem pomocniczym dr inż. Piotr Siwicki z Katedry Inżynierii Wodnej i Geologii Stosowanej SGGW w Warszawie.

#### **3. Merytoryczna ocena pracy**

W swojej rozprawie doktorskiej mgr inż. Piotr Bartold bada kilkukilometrowy odcinek rzeki Wisły pomiędzy mostami Siekierkowskim i Łazienkowskim w Warszawie. Zakres badań obejmuje problematykę hydrologiczną, hydrogeologiczną i geomorfologiczną. Układ pracy jest

starannie przemyślany, a struktura rozdziałów i podrozdziałów odpowiada założonym celom badawczym.

We wstępie (**rozdział 1**) Doktorant jako cel swoich badań określa rozpoznanie wpływu budowy geologicznej koryta Wisły oraz zmienności natężenia przepływu wody w rzece na warunki eksploatacji wody przez infiltracyjne ujęcia poddenne.

**Rozdział 2** zawiera charakterystykę geograficzną warszawskiego odcinka rzeki Wisły z uwzględnieniem kilku aspektów regionalizacji tego obszaru. Autor omawia budowę geologiczną doliny Wisły ze szczególnym uwzględnieniem strefy korytowej, którą w podłożu budują trudno rozmywalne ropy i gliny lodowcowe oraz plioceńskie ropy jeziorne przykryte około metrową warstwą rezydualnego bruku. Na utworach trudno rozmywalnych zalegają aluwia, których litologia i miąższość zależą od natężenia przepływu wody w Wiśle. Morfodynamika tej warstwy aluwialnej decyduje o warunkach eksploatacji poddennych ujęć wody. W tym rozdziale Doktorant omawia także cieki i zbiorniki wodne oraz podaje charakterystykę warszawskiego odcinka Wisły. Przedstawione zostały uwarunkowania klimatyczne badanego obszaru. Chyba zbyt ogólnikowo potraktowana została problematyka jakości wód wiślanych, choć dla ujęć infiltracyjnych ma ona znaczenie kluczowe. Rozdział 2 zawiera sporo ilustracji kartograficznych, ale są to jednak opracowania innych autorów, które Doktorant cytuje. Dla lepszego zrozumienia warunków współdziałania wód powierzchniowych i podziemnych w dolinie Wisły pomocny byłby choćby jeden przekrój hydrogeologiczny prostopadły do nurty rzeki obejmujący prawo i lewobrzeżne strefy zasilania rzeki.

Problematyka infiltracyjnych ujęć wody została omówiona w **rozdziale 3**, który stanowi przegląd literatury dotyczącej różnych sposobów ujmowania wód powierzchniowych, którym w procesie infiltracji nadawane są cechy wód podziemnych. Omówione zostały ujęcia wód powierzchniowych oraz ujęcia infiltracyjne. Nowym zagadnieniem, które podejmuje Doktorant jest funkcjonowanie strefy hyporeicznej w rejonie infiltracyjnego ujęcia wody. Niewątpliwie w aluwiach infiltracyjnego ujęcia wody dochodzi do mieszania się wód powierzchniowych i podziemnych. Czy jednak można powiedzieć, że w tej strefie występują warunki do bytowania hyporeicznego biotopu, jak to określił Traian Orghidan w latach 60 XX wieku? Na ujęciach infiltracyjnych wykorzystuje się raczej oczyszczającą funkcję aluwiów, w których odfiltrowane zostają zanieczyszczenia chemiczne oraz organizmy żywe. Specyfika wymiany hyporeicznej w rejonach ujęć infiltracyjnych wymagać będzie jeszcze wielu badań i dyskusji. Trzeba też postawić pytanie o funkcjonowanie strefy hyporeicznej podczas spulchniania dna rzeki. Cenne jest to, że Autor zauważył i omówił nowy problem.

Charakterystykę warszawskich ujęć infiltracyjnych zamieścił Doktorant w **rozdziale 4**. Unikatowe w skali światowej „ujęcie warszawskie” zostało kompleksowo scharakteryzowane

z podziałem na Ujęcie Zasadnicze (zwane zamiennie „Grubą Kaśką”), ujęcia uzupełniające prawobrzeżne (UU-1 oraz UU-2), ujęcia przewodowo-pompowe lewobrzeżne (UP-1, UP-2, UP-3 oraz UP-4), a także obiekty pływające. Trochę brakuje syntetycznego schematu przepływu wody pomiędzy ujęciami infiltracyjnymi na Wiśle a stacjami uzdatniania wody SUW „Praga” i SUW „Filtry”, ale są to zapewne informacje wrażliwe, których się nie publikuje. Ta sama uwaga dotyczy schematu stref dystrybucji wody w Warszawie, które na rys.24 są przedstawione bardzo ogólnikowo.

Pierwsze cztery rozdziały stanowią wprowadzenie do problematyki. Najważniejszą część recenzowanej rozprawy doktorskiej stanowią rozdziały 5, 6, 7 oraz 8.

Metodykę i zakres badań przedstawiono w **rozdziale 5**. Na podkreślenie i uznanie zasługuje szeroki zakres prac terenowych. Doktorant przeprowadził własne pomiary batymetryczne dna rzeki metodą echosondowania. Wykonał kartowanie geologiczne trudno rozmywalnego podłoża oraz aluwiiów uzupełniając je własnymi wierceniami w dnie rzeki i poborem próbek osadów dennych do analiz granulometrycznych. Wykorzystał drony do skartowania badanego odcinka doliny Wisły. Przeprowadził także sondowania gradientometryczne w celu rozpoznania zasięgu oddziaływania poszczególnych zespołów drenów. Badania laboratoryjne obejmowały analizy granulometryczne próbek osadów pobranych z dna Wisły. Zastanawia zupełny brak analiz jakości wody wiślanej, która ma przecież istotne znaczenie na ujęciach infiltracyjnych. Natomiast imponujące są autorskie opracowania map hipsometrycznych oraz przekroje osadów dennych zarówno aluwialnych jak i trudno rozmywalnych. Tutaj Doktorant wykazał się dobrym opanowaniem technologii GIS. Ważnym elementem recenzowanej rozprawy doktorskiej było modelowanie matematyczne rozkładu prędkości wody w Wiśle. Jako dane wyjściowe do modeli 2D i 3D wykorzystane zostały: morfologia dna rzeki (na podstawie echosondaży i kartowania geologicznego), zasięg koryta (na podstawie obrazów zarejestrowanych z drona) oraz stany wody w Wiśle (na podstawie wodowskazu IMGW-PIB Warszawa-Bulwary). Można w przyszłości zaplanować walidację wyników modelowania poprzez pomiary w kilku przekrojach prędkości i natężenia przepływu wody w Wiśle metodą ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*). To jednak wiązałoby się z koniecznością zakupu bardzo drogiego sprzętu pomiarowego. Niedosyt pozostawia brak opisu matematycznego wykorzystanych modeli, a szczególnie przyjętych warunków granicznych: początkowego i brzegowych.

W **rozdziale 6** Doktorant przedstawia wyniki swoich badań. Wyniki echo sondowań pozwoliły na opracowanie map hipsometrycznych dna Wisły dla niskich (A i B), średnich (D) oraz wysokich (C) stanów wody. Na tej podstawie Doktorant identyfikuje przebieg głównego nurtu rzeki. Rozpoznanie budowy geologicznej dotyczy głównie położenia stropu utworów

trudno rozmywalnych. Kształt powierzchni stropu tych utworów Doktorant opisuje wydzielając trzy progi, dwa garby oraz dwie niecki. Taka charakterystyka powierzchni stropowej utworów trudno rozmywalnych jest przydatna dla określenia wpływu tej powierzchni na warunki erozji i sedymentacji utworów aluwialnych. Porównanie powierzchni dna rzeki oraz stropu utworów trudno rozmywalnych umożliwiło wygenerowanie map miąższości aluwiów dla czterech stanów wody w Wiśle (niskich A i B; średnich D oraz wysokich C). Dla efektywnego funkcjonowania infiltracyjnych ujęć poddennych właśnie miąższość aluwiów jest kluczowa. Porównanie miąższości aluwiów przy niskich (B) oraz wysokich (C) stanach wody pozwoliło na rozpoznanie efektywności sedymentacji materiału wleczonego przez rzekę podczas wysokich stanów wody. Doktorant wykazał, że przy wysokich stanach wody miąższość aluwiów zwiększa się prawie na całym badanym odcinku rzeki w przedziale od 0,5 do 1,0 m, a maksymalnie nawet do 2,5 m. Z kolei przy stanach niskich, które coraz częściej będą dominować miąższość aluwiów ulega redukcji. Wykonanie 87 sondowań gradientometrycznych pozwoliło na rozpoznanie stref drenażu wód podziemnych i infiltracji wód rzecznych w warunkach eksploatacji drenów poddennych. Doktorant po raz pierwszy zastosował gradientometr do rozpoznania warunków wymiany wód na infiltracyjnym ujęciu wody. Przedstawiona na rys. 44 mapa rozkładu gradientu hydraulicznego wymaga wprowadzenia drobnej korekty, ze względu na dwuznaczność formularza raportu pomiarów zamieszczonego w opisie gradientometru. Wątpliwość dotyczy drogi, na której mierzona jest różnica potencjałów hydraulicznych. Mimo tych wątpliwości Doktorant prawidłowo zinterpretował znak gradientów i dobrze oszacował wielkości gradientów hydraulicznych w utworach aluwialnych. W tym miejscu warto podkreślić, że Doktorant opracowane przez siebie mapy przedstawił dwukrotnie: w tekście rozdziału 6 w mniejszych skalach oraz w załącznikach 2 – 12 w większych skalach. Taki zabieg pozwala czytelnikowi zapoznać się ogólnie z wynikami podczas czytania tekstu, a następnie przeanalizować je dokładnie w załącznikach. Ważnym elementem pracy było wyznaczenie rozkładu prędkości przepływu wody w korycie Wisły dla czterech badanych stanów wody: niskich (A i B), średnich (D) oraz wysokich (C). Rozkłady prędkości przepływu Doktorant wyznaczył metodą modelowania matematycznego za pomocą oprogramowania HEC-RAS. Wyniki modelowania przedstawione zostały tylko w tekście (nie ma ich w większej skali w załącznikach). Analizę wyników mocno utrudniają przyjęte różne skale prędkości przepływu wody dla stanów A, B, C oraz D. Kolor czerwony na każdej mapie z rys.45 oznacza inną prędkość. Strzałki kierunku przepływu są słabo widoczne, dlatego szkoda, że te mapki nie zostały pokazane w większej skali i z unormowaną skalą barw w załącznikach. Modele prędkości przepływu wody w Wiśle mogły by posłużyć do prognozowania zmian rozkładu prędkości spowodowanej likwidacją

ostróg. Szkoda, że Doktorant nie wykonał takiej prognozy, a także prognoz innych wariantów przebudowy koryta. Ale może to warto sprawdzić po walidacji modeli prędkości przepływu na podstawie pomiarów prędkości w kilku przekrojach hydrometrycznych. Pewne wątpliwości budzi wykres 1 na stronie 84. Wykres sporządzony został w układzie współrzędnych stosowanych dla krzywych konsumcyjnych (krzywych przepływu). Można być się spodziewać, że zależności  $H = f(Q)$  będą miały charakter krzywych logarytmicznych, tymczasem Doktorant uzyskał na podstawie modelowania krzywe wykładnicze. To wymaga jakiegoś komentarza.

W **rozdziale 7** przeprowadzona została dyskusja uzyskanych wyników oraz analizowanych procesów. Jako najważniejsze czynniki warunkujące morfodynamikę utworów korytowych badanego odcinka Wisły Doktorant wymienia: miąższość aluwiów, ukształtowanie stropu trudno rozmywalnego podłoża oraz rozkład prędkości wody w korycie zależny od stanów wody. Wyniki przeprowadzonych badań terenowych dobrze objaśniają rolę poszczególnych czynników dla infiltracyjnych ujęć wody. Na morfodynamikę koryta Wisły w rejonie pomiędzy mostami Siekierkowskim i Łazienkowskim istotny wpływ mają także spulchniacze hydrauliczne oraz pogłębiarka. Praca tych obiektów pływających warunkuje efektywność poszczególnych drenów. Spulchnianie osadów dennych oraz korekta miąższości aluwiów jest od wielu lat praktykowaną na „ujęciu warszawskim” przez MPWiK. Wydaje się, że znaczenie procesów modyfikacji aluwiów zostało przedstawione zbyt ogólnikowo. Dyskusyjne jest też potraktowanie osadów dennych ujęcia infiltracyjnego jako strefy hyporeicznej. W osadach dennych dochodzi do mieszania się wód powierzchniowych i podziemnych, zachodzą także procesy hydrochemiczne poprawiające jakość wody. Zatem w aspekcie hydrodynamicznym oraz hydrochemicznym można by mówić o strefie hyporeicznej. Jednak wątpliwości muszą dotyczyć procesów hydrobiologicznych, bo w osadach dennych ujęcia infiltracyjnego mikroflora i mikrofauna nie znajdują korzystnych warunków do bytowania tylko giną.

Końcowe wnioski zamieścił Doktorant w **rozdziale 8**. Tutaj czynniki warunkujące morfodynamikę koryta Wisły Autor wymienia w nieco zmienionej kolejności: trudno rozmywalne podłoże, miąższość aluwiów oraz rozkład prędkości. Na warunki pracy ujęcia z drenami poziomymi istotny wpływ ma oczyszczanie wód powierzchniowych w procesie infiltracji. Efektywność ujęć infiltracyjnych ograniczają także procesy kolmatacyjne osadów dennych, które wymuszają okresową regenerację (dekolmatację) złoża. Te ważne zagadnienia zostały w dyskusji oraz wnioskach zaledwie zasygnalizowane.

Wykorzystując rozpoznane uwarunkowania morfodynamiki koryta Wisły Doktorant poszukuje miejsc, gdzie można by proponować lokalizację dodatkowych drenów. Te rozważania ogranicza jednak do obszaru pomiędzy mostami Siekierkowskim i Łazienkowskim.

Wypracowaną metodykę rozpoznawania morfodynamiki koryta rzecznej Doktorant mógłby wykorzystać do poszukiwania nowych lokalizacji ujęć infiltracyjnych z drenami poddennymi w dolinie Wisły powyżej mostu Siekierkowskiego.

#### **4. Zagadnienia dyskusyjne i uwagi krytyczne**

Do obowiązków recenzenta należy wskazanie usterek i błędów dostrzeżonych podczas oceny pracy.

Praca doktorska mgr inż. Piotra Bartolda musiała być pisana w pośpiechu, który pozostawił po sobie liczne usterki literowe, które zaznaczyłem w tekście i na marginesach. Najwięcej zastrzeżeń budzi jednak niestarannie przygotowana literatura i jej cytowania w tekście. Znalazłem 25 pozycji literatury cytowanych w tekście, których brakowało w spisie literatury. Natomiast w spisie literatury jest 10 pozycji, niezacytowanych w tekście. Ponadto jest wiele pomyłek w tekście przy cytowaniu roku publikacji, a w spisie literatury nie zawsze wymienieni są wszyscy autorzy. Takie niepotrzebne błędy robią bardzo niedobre wrażenie i obniżają wartość pracy.

Z zagadnień merytorycznych, które mogą budzić pewien niedosyt należy wymienić brak prognozy zmian rozkładu prędkości w Wiśle po zmianie lub likwidacji ostróg ograniczających czynny przekrój rzeki. Dysponując modelem HEC-RAS Doktorant mógł pokusić się o rozpoznanie skutków przebudowy lub likwidacji ostróg. Morfodynamika koryta Wisły może mieć wpływ na zmiany jakości wody rzecznej w procesie infiltracji. Także problematyka skuteczności zabiegów modyfikacji aluwiów poprzez refulery i pogłębiarki wymagać będzie dalszych badań. Recenzent nie oczekuje, że w ramach rozprawy doktorskiej możliwe będzie rozwiązanie wszystkich problemów dotyczących „ujęcia warszawskiego”. Jednak Doktorant w dyskusji i wnioskach problematykę dalszych badań mógłby zaproponować.

#### **5. Podsumowanie i wnioski**

W podsumowaniu oceny rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Piotra Bartolda, recenzent powinien odpowiedzieć na pytania ustawowe:

1. Czy rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora w określonej dyscyplinie lub dyscyplinach?

Tak, mgr inż. Piotr Bartold wykazał się specjalistyczną wiedzą z zakresu hydrogeologii, hydrologii, hydrometrii, geomorfologii i inżynierii środowiska dotyczącą infiltracyjnych ujęć wody.

2. Czy rozprawa doktorska wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez osobę ubiegającą się o nadanie stopnia doktora?

Tak, Doktorant przeprowadził samodzielnie skomplikowane badania terenowe z wykorzystaniem dronów, po raz pierwszy zastosował nowy przyrząd pomiarowy (gradientometr) w celu rozpoznania zasięgu oddziaływania drenów, a także pobierał próbki gruntów z dna dużej rzeki. Wykazał się umiejętnością wykorzystania technologii GIS oraz matematycznego modelowania rozkładu prędkości przepływu wody w rzece.

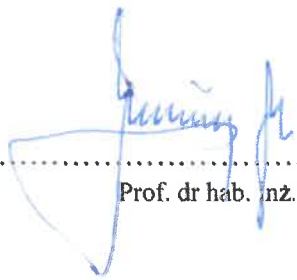
3. Czy rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej lub społecznej?

Tak, w rozprawie doktorskiej podjęty został ważny problem uwarunkowań morfodynamicznych funkcjonowania ujęcia wody z drenami ułożonymi pod dnem rzeki. Doktorant zaproponował własną metodykę badań, która umożliwiła realizację zaplanowanych celów. Wyniki badań mają istotne znaczenie praktyczne dla funkcjonowania ujęcia wody dla aglomeracji warszawskiej.

Za najważniejsze osiągnięcie recenzowanej rozprawy uważam rozpoznanie znaczenia miąższości aluwii, ukształtowania stropu utworów trudno rozmywalnych oraz rozkładu prędkości przepływu wody w Wiśle dla efektywnego funkcjonowania infiltracyjnego ujęcia wody za pomocą drenów poziomych ułożonych pod dnem rzeki.

**Mgr inż. Piotr Bartold przedstawił rozprawę doktorską, która stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Wykazał się wiedzą teoretyczną i praktyczną w zakresie geomorfologii, hydrogeologii, hydrologii i hydrometrii. Opanował technologię realizacji modeli matematycznych za pomocą wyspecjalizowanego oprogramowania.**

**Stwierdzam, że przedstawiona mi do recenzji praca spełnia wymagania stawiane rozprawie doktorskiej w rozumieniu Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz.U. 2021 poz. 478 z późn. zm.). Wnioskuje zatem o dopuszczenie inż. Piotra Bartolda do dalszych etapów przewodu doktorskiego.**

  
.....  
Prof. dr hab. inż. Marek Marciniak





Sz. P.

Prof. dr hab. Józef Kubrak

Szkolenie Główna Gospodarstwa Wiejskiego

Instytut Inżynierii Środowiska

ul. Nowosynowska 159

02-776 WARSZAWA

V

