

Prof. dr hab. Jerzy J. Małecki
Katedra Geologii Inżynierskiej i Geomechaniki
Wydziału Geologii Uniwersytetu Warszawskiego

Warszawa, 15.11.2024r.

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Piotra Bartolda na temat: Morfodynamika koryta Wisły w Warszawie i jej znaczenie dla warunków eksploatacji ujęć poddennych wody

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Piotra Bartolda przygotowana została na zlecenie Rady Dyscypliny Inżynierii Środowiska, Górnictwa i Energetyki Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.

Badania dotyczące rozpoznania morfodynamiki w obrębie ujęć infiltracyjnych są tematem, który zajmuje ważny obszar badań, związany z oceną erozji, transportu osadów, akumulacji materiałów, a także oddziaływania przepływów wody, wpływem klimatu oraz działalności człowieka na ukształtowanie koryta rzeki.

Tematyka podjęta przez Doktoranta ma znaczenie naukowe, lecz przede wszystkim istotne znaczenie użytkowe, określając wpływ procesów korytowych na warunki pracy infiltracyjnych ujęć poddennych.

Recenzowana rozprawa ma charakter interdyscyplinarny, opiera się na analizie zagadnień zarówno geologicznych, jak i hydrologicznych, wykorzystując metodykę badawczą z zakresu hydrogeologii i inżynierii środowiska. Bazuje ona na badaniach stosowanych w wielu dziedzinach nauk przyrodniczych, jest pracą wielowątkową, co zmusiło Autora do syntetycznej i uproszczonej oceny wielu omawianych zagadnień. Dlatego przedstawione poniżej uwagi czy wątpliwości mogą wynikać z zastosowanych koniecznych uproszczeń lub odmiennego podejścia recenzenta do skali, sposobu i zakresu badań, nie negując głównych wniosków przedstawianych przez Autora w recenzowanej dysertacji.

Prowadzone badania obejmują szczególnie istotny współcześnie kierunek oceny przepływów hyporeicznych. Pomędzy korytem rzeczonym a drenowanymi wodami podziemnymi istnieje strefa wzajemnego współoddziaływania, w której dopływ wód podziemnych do koryt rzecznych ma dwukierunkowy charakter - infiltracja wody rzecznej w dno koryta i jej powrót w wyniku drenażu, jako mieszaniny z wodą podziemną.

Doktorant podjął się trudnego zadania oceny wymiany wody przez utwory denne, która jest regulowana przez gradienty energii potencjalnej i kinetycznej na granicy obu ośrodków, których wymiarem jest ciśnienie hydrauliczne, mające swoją składową hydrostatyczną i hydrodynamiczną.

W przypadku poddennych ujęć infiltracyjnych istotnym jest również fakt, iż strefa hyporeiczna jest w stanie neutralizować naturalne poziomy zakłóceń, przetwarzać substancje odżywcze oraz stabilizować metale.

Recenzent jest świadomy, iż ocena całokształtu procesów zachodzących w tej strefie, w tym wskazanie jak presje antropogeniczne zakłócają wymianę hydrologiczną oraz aktywność chemiczną i biologiczną jest zadaniem interdyscyplinarnym dedykowanym dużym zespołom badawczym. Tak przeprowadzone badania znacznie poszerzyłyby zakres prac, co mogłoby się wiązać z rozszerzeniem zadania, które zostało postawione w tytule pracy. Dlatego doktorant podjął słuszną decyzję ograniczenia interpretacji do ocen ilościowych.

Recenzowana rozprawa ma w wielu fragmentach charakter opracowania regionalnego. Doktorant, chcąc szerzej przedstawić poruszaną tematykę, wprowadził do tekstu wiele informacji podręcznikowych. Zdaniem recenzenta z wielu, bez szkody dla dysertacji, można byłoby zrezygnować, gdyż często są one bardzo luźno związane z tematem pracy, np.: opis fauny łęgów nadwiślańskich czy przegląd metod ujmowania wód rzecznych. Natomiast wskazanym byłoby rozszerzyć opis budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych, ze szczególnym uwzględnieniem kontaktów wód powierzchniowych i podziemnych.

Jak już wspomniałem opis budowy geologicznej przedstawiony został bardzo skrótowo. Zabrakło odniesień stratygraficznych. Na przykład wymieniając osady glacialne, wodnolodowcowe i zastoiskowe plejstocenu Autor nie odniósł się do ich pochodzenia, czy są to utwory zlodowacenia podlaskiego, Sanu, Odry, Wisły, interglacjałów kromerskiego, mazowieckiego i eemskiego? W ocenach hydrogeologicznych brakuje autorskiej mapy hydroizohips wykonanej w większej skali. Prezentowana mapa archiwalna w skali 1 000, na której tylko jedna hydroizohipsa o rzędnej 80 ma kontakt z wodami powierzchniowymi Wisły, wskazując na jej wyraźnie drenujący charakter. Mapa ta nie dokumentuje tych odcinków koryta, w których rzeka zmienia charakter w wyniku oddziaływań ujęć infiltracyjnych. Uwaga ta dotyczy również archiwalnego przekroju hydrogeologicznego (Zał. 1), który prezentuje interpretację obszaru wielokrotnie przekraczającego teren badań Doktoranta. Podkreślę, że Autor dysponował wynikami własnych i archiwalnych wierceń, które umożliwiłyby wykonanie hydrogeologicznych odwzorowań graficznych w większych skalach.

Zabrakło również, przy ocenie perspektywicznych miejsc pod budowę nowych ujęć dla Warszawy głosu polemicznego doktoranta, który zbyt łatwo przyjął wniosek o rozwoju ujęć warszawskich, praktycznie wyłącznie bazujących na wodach powierzchniowych Wisły i Zalewu Zegrzyńskiego. Jako hydrogeolog z pewnością wie, że warunki hydrogeologiczne zbiornika wód podziemnych w utworach czwartorzędowych „GZWP 222 — Dolina Środkowej Wisły” mogą sprostać wzrostowi zapotrzebowania na wodę aglomeracji warszawskiej.

Wielkość zasobów wód podziemnych ustalonych w ramach dokumentacji hydrogeologicznej GZWP nr 222 wynosi odpowiednio: zasoby odnawialne — 914 117 m³/d (w obrębie zbiornika i dopływ boczny z wysoczyzny); zasoby dyspozycyjne — 616 679 m³/d; zasoby eksploatacyjne - 893 409 m³/d. Uwzględniając nawet ograniczenia zasobów dyspozycyjnych do 18% obliczonych zasobów odnawialnych w rejonie Kampinoskiego Parku Narodowego, z uwagi na potrzebę zachowania warunków równowagi biologicznej w ekosystemach zależnych od wód podziemnych. Wartości te, porównując z obecnie ujmowaną ilością wód powierzchniowych dla zaopatrzenia aglomeracji warszawskiej (około 350 000 m³ wody na dobę) wskazują, że budowa ujęć bazujących na wodach podziemnych byłaby możliwa zarówno ze względów ilościowych, jak również jakościowych (znacznie niższe koszty uzdatniania wód podziemnych). W dobie zagrożeń konfliktem zbrojnym dywersyfikacja rodzaju ujmowanych wód, zdaniem recenzenta, byłaby bardzo wskazana.

Charakteryzując reżim hydrologiczny doktorant zbyt mało uwagi poświęcił wpływowi efektu miejskiej wyspy ciepła, powodującemu zróżnicowanie przestrzenne ilości opadów atmosferycznych, różnicując zasilanie wód podziemnych i spływ powierzchniowy. W obszarach miejskich w wyniku tworzenia się wysp ciepła tworzą się lokalne struktury opadów różnicujące obszarowo intensywność zasilania wód podziemnych. Wielkie miasta stanowią przeszkody oraz dodatkowe źródła jąder kondensacji dla przemieszczających się układów chmurowych. W aglomeracji warszawskiej (ok. 550 km²) istnieje bardzo wyraźny wpływ oddziaływania miasta na warunki klimatyczne. Maksimum opadów występuje na jego zawietrznej stronie w stosunku do przepływu mas powietrza. W Warszawie przy dominującej przewadze napływu mas powietrza z zachodu, potęgowanego również najintensywniejszą emisją pyłów w rejonie Kawęczyna i Targówka, różnica opadu w ciągu roku, pomiędzy południowo-zachodnią (najuboższą w opady), a wschodnią (najbogatszą w opady) częścią miasta wynosi średnio powyżej 100 mm/a. Jest to również istotne w ocenach zasobowych, gdyż z badań bilansowych ograniczonych tylko do centralnej części subniecki warszawskiej wynika, że przy wielkości zasobów odnawialnych rzędu 300 tys

m³/d zasilanie pionowe stanowi około 270 tys m³/d (około 90%), natomiast zasilanie poziome — zaledwie 30 tys m³/d (10%).

W skład recenzowanego opracowania wchodzi: 110 stron tekstu (zawierającego 47 rysunków 10 fotografii i 6 tabel), spis literatury obejmujący 140 pozycji oraz 18 załączników graficznych i tabelarycznych.

Rozdziały wprowadzające pracy zredagowane są niezbyt starannie, zauważalne są błędy w cytowaniu literatury, załączniki graficzne są mało czytelne często z niekompletnymi objaśnieniami. W przypadku przygotowania pracy do druku w części ogólnej (rozdziały 1-4) należy ujednolicić cytowania literatury, daty w spisie literatury nie zawsze są zgodne z tekstem. Przykłady : str.2 Popek i in. (2008) w spisie jest data 2009, str.3 Różycki (1971) w spisie 1972, Falkowski, Ostrowski (2012) w spisie 2009, str. 5 Sarnacka (1990) w spisie 1980. W tekście znajdują się również powołania, których brak w spisie literatury np.: str.5 Sawicki (1960). Na str.6 w podpisie rysunku nr.3 jest odniesienie do Falkowski (1982) natomiast w tekście rysunek ten jest afiliowany Różycki (1 971), Falkowski (1990) itp pod tym kątem należy sprawdzić całą pracę. Rysunki numer 7 i 8 brak objaśnień symboli, tabela nr. 4 opis po angielsku? Rysunki 13 i 21 są nieczytelne, prezentowane rysunki 22, 23, 24, 25 są umieszczone w pracy za wcześnie, gdyż opis do nich znajduje się dopiero na kolejnych stronach. Błąd w numeracji tabel na stronie 20 tabela nr. 3 w spisie tabel widnieje pod numerem 2, stąd konieczność przenumerowania wszystkich tabel w tekście, liczne literówki itp.. .Z dużym prawdopodobieństwem, a nawet pewnością można stwierdzić, że praca była finalizowana pod presją czasu.

Prezentowane opisy są praktycznie zbiorem cytatów innych autorów, są one często źle dobrane lub niezrozumiałe np.: cytat za (Heidrichem,1999) „Wody eksploatowane przez człowieka to przede wszystkim: wody powierzchniowe, infiltracyjne, źródlane oraz podziemne” nasuwa się pytanie jaka jest różnica między wodą ze źródła a wodą podziemną ? albo „Zazwyczaj wody bezpośrednio pochodzące z opadów deszczu lub śniegu pobiera się i magazynuje na wysoko położonych obszarach górskich, terenach krasowych oraz na wyspach bez dostępu do innego rodzaju wód słodkich”?

W rozdziale 2.7 dotyczącym jakości wód w Wiśle na odcinku warszawskim Autor wskazuje na ich stałą poprawę. Ocena ta byłaby bardziej wiarygodna, gdyby zwiualizować ten korzystny trend wykresem zmian ładunków zanieczyszczeń rzeki w skali dłuższego okresu czasu.

Rozdział 5 i kolejne stanowią meritum pracy. Wskazują, iż prezentowane wyniki badań oparte są na bardzo szerokim, prawidłowo i starannie zebranych materiałach archiwalnym oraz wynikach prac własnych Autora. Na podkreślenie zasługuje

wnikliwość Autora przy opracowaniu zebranych materiałów oraz bardzo duży wkład prac w badania terenowe i kameralne.

Dla rozwiązania zadania badawczego sformułowanego w tytule pracy, obok klasycznych metod badawczych Doktorant zastosował nowoczesne narzędzia interpretacyjne, w tym odwzorowania numeryczne. Ciekawy, ale trudny temat, rozległa tematyka badawcza, przeprowadzenie rozbudowanych badań terenowych, laboratoryjnych i kameralnych oraz piętno czasu sprawiły, że w opracowaniu pojawiły się pewne nieścisłości oraz informacje wymagające dodatkowych wyjaśnień.

Doktorant wykorzystując archiwalne wyniki badań prowadzonych na tym samym odcinku rzeki przez profesora Edmunda Falkowskiego, nie informuje czy zmiany technik pomiarowych, które dokonały się w ostatnim ćwierćwieczu nie zaburzają wspólnej oceny wyników badań archiwalnych i współczesnych.

W opisie wyboru metody interpolacji do wykonania map hipsometrycznych morfologii dna, istotnym byłoby wyjaśnienie jak liczone błęd pomiaru oraz czy wartości odstające od skrajnych były obciążone błędem grubym, jak definiowano błąd grubym?

Podstawowym pojęciem wykorzystywanym i interpretowanym w pracy jest model przestrzenny powierzchni stropowej utworów trudno rozmywalnych. Autor opisując wyniki własnych badań wyznaczenia stropu utworów trudno rozmywalnych w sposób zbyt lakoniczny odniósł się do wyników prac innych autorów badających strop tych utworów w innych korytach rzecznych.

Ocena wodoprzepuszczalności aluwii koryta rzecznoego uzyskana na podstawie wyników analizy granulometrycznej wzorem amerykańskim, zdaniem recenzenta, jest mało wiarygodna. Wzory empiryczne dają wyniki niedokładne i wykazujące duże zróżnicowanie, co podważa ich wiarygodność. Osobiście w dobrze pojętej praktyce inżynierskiej odradzałbym stosowanie tej metody, gdyż nie uwzględnia ona powierzchni właściwej oraz kształtu ziaren. Znacznie bardziej wiarygodne wyniki współczynnika filtracji można uzyskać stosując metody laboratoryjne pomiarów objętości przesączającej się wody przez próbkę (metoda Kinga lub UPK-99). A jeśli z różnych względów Autor zastosował schematy obliczeniowe, to polecałbym te bazujące na równaniach Kozeny-Carmana i Krügera, uwzględniające powierzchnię właściwą badanych próbek.

Wyznaczone wartości współczynnika filtracji aluwii korytowych Wisły nie różnicują wyraźnie badanych utworów aluwialnych. Zdaniem recenzenta stwierdzenie Autora, że są znacznie niższe w strefach stagnacji, jest w konflikcie z prezentowanymi zakresami wartości - do aluwia korytowe, do $4,6 \times 10^{-5}$ m/s strefy stagnacji.

Rozdział poświęcony budowie geologicznej obszaru badań jest praktycznie kontynuacją rozdziału dotyczącego morfologii koryta rzeki. Doktorant wyznacza rzędną

stropu utworów trudno rozmywalnych oraz miąższość aluwiów korytowych, co w zasadzie decyduje o hipsometrii dna. Wskazaniem byłoby, żeby opis rozpoznania litologicznego powierzchni dna przedstawić w formie graficznej na przekroju lub mapie rozkładu miąższości utworów aluwialnych, umożliwiłoby to efektywniejszą analizę porównawczą pomiędzy analizowanymi czynnikami decydującymi o morfologii koryta.

Wyniki badań z wykorzystaniem gradientomierza wykazały klasyczne zależności, potwierdzające jego skuteczność w ocenach gradientu hydraulicznego, wskazującego na charakter przepływu, dokumentując wyraźny wpływ ujęć infiltracyjnych na relacje wód powierzchniowych z podziemnymi.

W ocenie końcowej uzyskanych wyników zabrakło syntezy wpływu czynników decydujących o morfodynamice badanego koryta. Recenzent zdaje sobie sprawę z ilości oddziaływań, których wpływy często się znoszą, szczególnie w analizach porównawczych, brak jednak wyjaśnienia sprzecznych zależności pozostawia niedopowiedzenia, które mogą rzutować na wiarygodność uzyskanych wyników badań. Przykładem tego może być analiza porównawcza miąższości aluwiów przy różnych stanach i przepływach. Na str. 77 Autor stwierdza, że „największa objętość aluwiów została odnotowana przy najwyższym przepływie (2520 m³/s), zaś najmniejsza przy przepływie średnim (562 m³/s), w wyniku wezbrania na niemal całym omawianym odcinku koryta Wisły doszło do zwiększenia miąższości złoża” co pozornie koliduje z opisem ze strony 87 „krótkotrwała i najbardziej efektywna wymiana (w tym najintensywniejsze wypłukiwanie) złoża zachodzi podczas wezbrań”. Sprzeczność ta jest pozorna, gdyż najprawdopodobniej sedymentacja w stanach wysokich jest na tyle duża, że znacznie przekracza erozję dna.

Recenzowana dysertacja świadczy o dobrej znajomości literatury przedmiotu i prawidłowym wykorzystaniu jej w interpretacji zebranego materiału. Napisana jest jasno, poprawnym językiem. Jestem przekonany że uzyskane przez doktoranta wyniki badań, pozwolą zoptymalizować pracę miejskich ujęć infiltracyjnych.

Do najistotniejszych osiągnięć pracy zaliczam: udokumentowanie zmian miąższości współczesnych aluwiów korytowych wraz z natężeniem przepływu oraz w związku z rzeźbą trudno rozmywalnego podłoża; określenie na podstawie modelowania hydrodynamicznego rozkładu prędkości przepływu, korespondującego z morfologią i litologią podłoża aluwiów; udokumentowanie, że w warunkach stanów niskich obecność ostróg, projektowanych dla stanów średnich, powoduje tworzenie się rozległych stref stagnacji istotnie ograniczających przepływ wody, determinuje to wzmożoną sedymentację materiału drobnociarnistego, często ze znaczną ilością materii organicznej; wykazanie, że podłoża aluwiów powinny podlegać ochronie, gdyż pełnią funkcję lokalnej bazy erozyjnej; udokumentowanie, że praca ujęć infiltracyjnych

powoduje zmianę relacji między wodami powierzchniowymi i podziemnymi, zmieniając pierwotny charakter odcinka koryta z drenującego na infiltrujący; wskazanie że zmiana dynamiki wód podziemnych w strefie analizowanych ujęć jest potęgowana występowaniem w podłożu aluwii zbudowanych z utworów praktycznie nieprzepuszczalnych.

Szereg wymienionych powyżej osiągnięć stanowi potwierdzenie prawidłowości rządzących hydrodynamiką w obszarach ujęć infiltracyjnych, mimo to prezentowane wyniki badań dotyczące analizowanego odcinka rzeki, stanowią oryginalny wkład Doktoranta w rozwój wiedzy o morfodynamice koryta Wisły na odcinku pomiędzy mostem siekierskim i łazienkowskim i w tym względzie wyniki zamieszczone w pracy wnoszą nowe wartości poznawcze w zakresie ocen regionalnych.

Uwagi wymienione w recenzji nie obniżają w sposób istotny wartości pracy, w której Autor wykazał się dobrą znajomością przedmiotu badań, umiejętnością interpretacji zebranych materiałów, dostrzegania i rozwiązywania problemów badawczych. W pracy jasno sformułowana hipoteza badawcza została konsekwentnie udokumentowana i zrealizowana.

Reasumując stwierdzam, że podstawowy cel pracy został osiągnięty. Praca ta stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego oraz spełnia warunki 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. Dz.U. 2023 poz.212). Na tej podstawie wnoszę o dopuszczenie magistra Piotra Bartolda do publicznej obrony rozprawy na temat: „Morfodynamika koryta Wisły w Warszawie i jej znaczenie dla warunków eksploatacji ujęć poddennych wody”.

