

Warszawa, 03.03.2026 r.

Dr hab. inż. **Agnieszka Bus**, prof. SGGW

Katedra Kształtowania Środowiska i Teledetekcji

Instytut Inżynierii Środowiska

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Wojciecha Walczaka

pt. „Opracowanie i wdrożenie modułowego systemu filtracji wody dla naturalnych stawów kąpielowych” wykonanej pod kierunkiem promotora dr hab. inż. Artura Serafina, prof. uczelni oraz promotora pomocniczego prof. dr hab. inż. Tadeusza Siwca. Opiekunem pomocniczym ze strony firmy Mirosław Zalewski MONT-SAN był inż. Mirosław Zalewski. Praca została wykonana na Wydziale Inżynierii Produkcji Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie oraz we współpracy z firmą Mirosław Zalewski MONT-SAN. Rozprawa doktorska została zrealizowana w ramach V edycji programu „Doktorat Wdrożeniowy, finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, umowa nr DWD/5/0334/2021 z dnia 29.10.2021 r.

**Szkoła Główna
Gospodarstwa
Wiejskiego w Warszawie**

ul. Nowoursynowska 166
bud. 10, pok. 12,
02-787 Warszawa
+48 22 593 10 07
promocja@sggw.edu.pl
www.sggw.edu.pl

1. Podstawa opracowania recenzji

Podstawę opracowania niniejszej recenzji stanowi pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie prof. dr hab. Krzysztofa Józwiakowskiego z dnia 7 stycznia 2026 r., informujące, że Rada Dyscypliny Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie powołała mnie na recenzenta rozprawy doktorskiej mgr inż. Wojciecha Walczaka.

2. Zasadność podjęcia tematu

W ostatnich latach obserwuje się dynamiczny rozwój koncepcji zrównoważonego gospodarowania zasobami wodnymi oraz wzrost

zainteresowania technologiami proekologicznymi, które pozwalają ograniczyć negatywny wpływ człowieka na środowisko wodne. Jednym z kierunków tego rozwoju jest upowszechnienie naturalnych stawów kąpielowych (ang. *natural swimming ponds*, *eco-pools*), stanowiących przyjazną środowisku alternatywę dla klasycznych basenów, w których woda jest uzdatniana chemicznie. W takich obiektach woda oczyszczana jest przez naturalne procesy biologiczne, fizyczne i chemiczne, związane z obecnością roślin hydrofitowych, biofilmu oraz przepływem przez odpowiednio dobrane złoża mineralne.

Pomimo rosnącej popularności tych obiektów w Polsce, wciąż brakuje jednoznacznych zasad projektowania oraz standaryzowanych metod doboru materiałów filtracyjnych i parametrów hydraulicznych, które gwarantowałyby trwałą jakość wody. Stosowane obecnie rozwiązania pochodzą z małoskalowych technologii oczyszczania ścieków lub niewielkich przydomowych oczek wodnych, nie zawsze zapewniając optymalne warunki pracy. Brakuje także systemowego podejścia łączącego filtrację fizyczną, chemiczną i biologiczną w układzie kompaktowym, możliwym do skalowania i wykorzystania w różnych typach naturalnych basenów.

Z tego względu pojawia się potrzeba opracowania, zbadania i wdrożenia nowoczesnych, modułowych filtrów mineralnych, które zapewnią uzdatnianie wody na drodze naturalnych procesów, bez konieczności stosowania środków chemicznych.

3. Struktura i zawartość pracy

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska pt. „Opracowanie i wdrożenie modułowego systemu filtracji wody dla naturalnych stawów kąpielowych” obejmuje cykl powiązanych tematycznie czterech publikacji i wniosku patentowego. Trzy spośród czterech publikacji są publikacjami angielskojęzycznymi o międzynarodowym zasięgu i posiadają współczynnik wpływu IF. Jeden artykuł został opublikowany w polskim czasopiśmie branżowym. Wszystkie artykuły zostały opublikowane w czasopismach znajdujących się na liście czasopism Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

A1. Walczak, W., Serafin, A., & Siwiec, T. (2023). Natural Swimming Ponds as an Application of Treatment Wetlands—A Review. *Water*, 15(10), 1878. DOI: 10.3390/w15101878, IF = 3.0, 100 pkt.

A2. Walczak, W., Serafin, A., & Siwiec, T. (2024). Analiza procesów filtracyjnych na złożach mineralnych stosowanych w filtrach naturalnych stawów kąpielowych. *Instal*, 06, 37-45. DOI: 10.36119/15.2024.6.6, 70 pkt.

A3. Walczak, W., Serafin, A., & Siwiec, T. (2025). Comparative analysis of phosphorus removal efficiency from water on selected filter beds for use in the natural swimming pond filtration systems. *Journal of Ecological Engineering*, 26(6), 298-314. DOI: 10.12911/22998993/201975. IF = 1.5, 70 pkt.

A4. Walczak, W., Serafin, A., Siwiec, T., Mielniczuk, J., & Szczurowska, A. (2025). Analysis of the Functional Efficiency of a Prototype Filtration System Dedicated for Natural Swimming Ponds. *Water*, 17(19), 2816. DOI: 10.3390/w17192816. IF = 3.0, 100 pkt.

A5. Walczak, W., & Serafin, A., Wniosek Patentowy: Modułowy układ filtracyjny do wody o niskim stopniu zanieczyszczenia, nr P.452443 (WIPO ST 10/CPL452443).

Powyższe cztery prace zostały opublikowane w latach 2023-2025 jako oryginalne prace naukowe, łączna liczba punktów z wszystkich publikacji wynosi 340, a sumaryczna wartość współczynnika wpływu IF za rok publikacji 7,5. Wszystkie przedłożone artykuły są współautorskie, a liczba autorów waha się od 3 (w publikacjach A1-A3) do 5 (w publikacji A4). Należy jednak podkreślić, że w przypadku każdego z artykułów mgr inż. Wojciech Walczak jest pierwszym autorem, a jego wkład w powstawanie prac jest wyraźnie dominujący i wynosi od 55 do 60%. Jak wynika z przedstawionej dokumentacji, w pracy nad artykułami Doktorant pełnił wiodącą rolę jako osoba odpowiedzialna za opracowanie koncepcji badań, koncepcji publikacji, interpretacji uzyskanych wyników, opracowania wniosków. Udział pozostałych Autorów polegał głównie na wsparciu Pana mgr inż. Wojciecha Walczaka w specjalistycznych pomiarach, redagowaniu publikacji i nadzorze merytorycznym, co jest uzasadnione z uwagi na interdyscyplinarność prowadzonych badań.

Praca zawiera także zgłoszenie patentowe modułowego układu filtracyjnego do wody o niskim stopniu zanieczyszczenia, które zostało opracowane podczas realizacji rozprawy doktorskiej. Mgr inż. Wojciech Walczak jest współautorem ww. zgłoszenia, a jego wkład w przygotowanie zgłoszenia wynosi 50% i został szczegółowo opisany w oświadczeniu Doktoranta, które znajduje się w przedłożonej dokumentacji.

Przygotowana rozprawa doktorska składa się z wymienionych wyżej czterech publikacji wraz z zgłoszeniem patentowym, do których dołączono oświadczenia współautorów oraz autoreferatu, który zawiera streszczenie w języku polskim i angielskim, wstęp, problem naukowy, hipotezy i cel badań, materiały, zakres i metody badań, wyniki badań, dyskusję, wnioski, literaturę, informacje dodatkowe oraz załączniki.

Rozprawę doktorską rozpoczyna wykaz materiałów naukowych składających się na rozprawę doktorską (rozdział 1), streszczenia w języku polskim (rozdział 2) i angielskim (rozdział 3). Wstęp (rozdział 4) stanowi wprowadzenie do podjętej w pracy tematyki badawczej. Następnie sformułowano problem naukowy oraz trzy hipotezy badawcze. Doktorant określił również cel naukowy, cel wdrożeniowy pracy oraz sześć celów szczegółowych (rozdział 5). Przedstawiony w pracy cel badawczy i wdrożeniowy oraz cele szczegółowe zostały jasno i precyzyjnie sformułowane. Kolejny rozdział (6) zawiera specyfikację fizyczno-chemiczną materiałów filtracyjnych użytych do badań, metodykę zrealizowanych trzech zadań eksperymentalnych (kolumnowego eksperymentu laboratoryjnego, eksperymentu terenowego przeprowadzonego dla trzech małych powierzchniowych obiektów imitujących ekobaseny oraz eksperymentu terenowego przeprowadzonego dla pełnowymiarowego naturalnego stawu kąpielowego typu II) i zadania projektowego (opracowania i realizacji projektu komory filtracyjnej). Rozdział 7 zawiera wyniki badań procesów filtracyjnych na złożach mineralnych oraz sprawności filtracji wybranych materiałów mineralnych zrealizowanych w ramach eksperymentu kolumnowego. Kolejne podrozdziały przedstawiają wyniki dotyczące efektywnej prędkości filtracji oraz sprawności prototypowego systemu filtracji dla pełnowymiarowego stawu eksperymentalnego typu II. Kolejny 8 rozdział zawiera dyskusję otrzymanych wyników. W rozdziale 9 przedstawiono wnioski wynikające z realizacji pracy. Zamieszczono także wykaz 57 źródeł literatury wykorzystanych na potrzeby przygotowania tekstu rozprawy (rozdział 10). W 11 rozdziale umieszczono dodatkowe informacje dotyczące kosztów, komercjalizacji i możliwości wdrożenia modułowego systemu filtracji dla naturalnych stawów kąpielowych. Rozdział 12 i 13 stanowią odpowiednio kopie artykułów wchodzące w skład rozprawy wraz z wnioskiem patentowym oraz oświadczenia o udziale merytorycznym współautorów. Ostatni rozdział (14) stanowią trzy załączniki przedstawiające projekt modułu komory filtracyjnej.

Uwzględniając powyższe, stwierdzam, że struktura przedłożonej do recenzji rozprawy spełnia formalne wymagania stawiane pracom doktorskim. Układ pracy jest prawidłowy, a kolejność rozdziałów jest logiczna i spójna z przyjętą koncepcją badawczą.

4. Ocena merytoryczna

Publikacje wchodzące w skład rozprawy doktorskiej są powiązane tematycznie oraz poprawnie zaplanowane i zrealizowane. **Pierwsza publikacja** jest artykułem przeglądowym, który stanowi wprowadzenie do tematyki badawczej. Autorzy omawiają, w jaki sposób naturalne stawy kąpielowe mogą stanowić ekologiczną alternatywę dla tradycyjnych basenów chemicznych, w których uzdatnianie wody opiera się na procesach biologicznych i fizykochemicznych, a nie na dezynfekcji środkami chemicznymi. Artykuł omawia zasady funkcjonowania stawów kąpielowych oraz przegląd pięciu typów stawów kąpielowych. W artykule poruszono także istotne kwestie dotyczące oczyszczania wody w stawach kąpielowych zarówno za pomocą naturalnych systemów mokradłowych (treatment wetlands), jak i przy wykorzystaniu rozwiązań technologicznych, filtrów i materiałów filtracyjnych. **W drugiej publikacji** przedstawiono wyniki badań kolumnowych nad procesami filtracji wody, w których wykorzystywane są złoża mineralne zbudowane z dwóch materiałów: gysu wapiennego i zmodyfikowanej opoki o nazwie handlowej Rockfos®. Celem badań było określenie zależności między stratami ciśnienia w złożu a prędkością przepływu wody przy filtracji grawitacyjnej, co umożliwia właściwe projektowanie filtrów biologicznych stosowanych w ekobasenach. W ramach artykułu określono właściwości fizyczne materiałów filtracyjnych – gęstość, porowatość (w stanie luźnym i zagęszczonym), średnice zastępcze ziaren i sferyczność, straty ciśnienia w funkcji prędkości filtracji oraz zależności hydrauliczne opisujące przepływ przez materiał porowaty z wykorzystaniem modeli matematycznych (m.in. wzoru Erguna, Darcy'ego i Forchheimera). Wyniki wskazały, że istnieje duża rozbieżność metod obliczania średnic i sferyczności ziaren, co utrudnia modelowanie strat ciśnienia. Najlepsze dopasowanie modeli uzyskano przy zastosowaniu średnicy objętościowej i sferyczności obliczonej ze średnich wymiarów ziaren (według wzoru Erguna). W wyniku przeprowadzonych badań ustalono również, że zjawisko tzw. efektu przyściennego (zwiększonej porowatości przy ściankach filtra) ma istotny wpływ na wyniki filtracji i musi być uwzględniane przy projektowaniu filtrów. **Trzecia publikacja** dotyczy badania skuteczności usuwania fosforu z wody przy użyciu różnych materiałów filtracyjnych, które mogą być zastosowane w systemach filtracji wody w naturalnych stawach kąpielowych. Celem pracy było porównanie zdolności sorpcyjnych trzech materiałów mineralnych: Rockfos® (zmodyfikowana skała wapniowo-krzemionkowa - opoka), Sulfur E (materiał o wysokiej zawartości tlenków żelaza) oraz gysu wapiennego (naturalny węglan wapnia) względem fosforu oraz na potencjalnym wypłukiwaniu różnych związków chemicznych z materiałów do wody. Badania przeprowadzono w warunkach laboratoryjnych, stosując kolumny filtracyjne, przez które przepuszczano wodne roztwory o dwóch stężeniach 2 mg P/dm³ i 5 mg P/dm³ i stałym stężeniu azotu azotanowego (1 mg N-NO₃ /dm³). W pracy przeanalizowano efektywność sorpcji fosforu w czasie pracy filtrów, pojemność sorpcyjną złoża pod względem ilości zatrzymanego fosforu, zmiany parametrów fizykochemicznych wody (pH, przewodność, twardość, zawartość żelaza, manganu, azotu azotanowego i zotu amonowego) oraz możliwość wymywania związków chemicznych z materiałów filtracyjnych. W wyniku przeprowadzonych badań, stwierdzono, że Rockfos® wykazał najwyższą i najbardziej stabilną skuteczność usuwania fosforu, która wahała się od 90% do 99%. Niższą redukcją fosforu wynoszącą od 20 do 89% charakteryzował się Sulfur E. Grys wapienny charakteryzował się najniższą sorpcją względem

fosforu, która wynosiła od 20 do 70%. Wszystkie z badanych materiałów charakteryzowały się wyższą redukcją fosforu przy wyższym stężeniu początkowym. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że najlepszym materiałem do zastosowania w naturalnych stawach kąpielowych jest Rockfos®, który skutecznie usuwa fosfor. **Czwarta publikacja** dotyczy dwuetapowych badań nad skutecznością hydrauliczną i efektywnością filtracji modułowych systemów filtracyjnych przeznaczonych do oczyszczania wody w naturalnych stawach kąpielowych. Oba etapy badań przeprowadzono na instalacjach terenowych. W pierwszym z nich określono optymalną prędkość przepływu dla prawidłowej pracy filtra ze złożem mineralnym (efektywność sorpcji fosforu i pojemność sorpcyjna złoża). W tym celu zbudowano trzy obiekty doświadczalne o różnych konfiguracjach przepływu (5 m/h, 10 m/h i 15 m/h), w których woda była następnie analizowana pod kątem zanieczyszczeń fizyko-chemicznych (temperatura, nasycenie tlenem, przewodność elektrolityczna, odczyn, twardość całkowita, azot azotanowy, azot azotynowy i fosfor ogólny). Badania prowadzono w dwóch punktach: w wodzie zbiorników na wlocie do pompy i w wodzie wypływającej z filtra mineralnego wypełnionego materiałem Rockfos®. W celu kontroli procesów biologicznych zachodzących w nowo tworzących się ekosystemach stawów doświadczalnych przeprowadzono także badania uzupełniające dotyczące składu mikroorganizmów i charakterystyki biocenotycznej. Na tej podstawie ustalono, że rekomendowana prędkość filtracji wynosi 5 m/h. W drugim etapie badań powtórzono zakres badań z pierwszego etapu, z tym że wykonano je dla jednego pełnoskalowego stawu kąpielowego o prędkości przepływu 5m/h. Badania parametrów fizykochemicznych wody przed i po filtracji w prototypowym modułowym systemie uzdatniania wody dla pełnowymiarowego naturalnego stawu kąpielowego typu II oraz ich analiza statystyczna pozwoliły potwierdzić jego wysoką skuteczność funkcjonalną w warunkach pełnego obciążenia kąpielowego. Wynikało to ze stopniowego wzrostu skuteczności filtracji fosforu ogólnego, która wzrosła do 54% wraz z czasem wpracowania się złoża oraz braku przekroczeń norm FLL dla pozostałych badanych parametrów.

Omówione powyżej publikacje, które stanowią zasadniczy element rozprawy doktorskiej, zostały poprzedzone przez doktoranta autoreferatem. Uważam, że autoreferat poprawnie odzwierciedla zawartość treści czterech artykułów i zgłoszenia patentowego, prowadząc czytelnika po kolejnych etapach wykonywanych badań. Należy jednak zaznaczyć, że nie jest on pozbawiony uchybień.

W autoreferacie brakuje krytycznego spojrzenia na analizowane zagadnienia na tle najnowszych wyników badań. Oparty jest on na mało aktualnych publikacjach i doniesieniach naukowych (tylko 10% pozycji literaturowych cytowanych w autoreferacie pochodzi z ostatnich 5 lat, a 28% stanowią publikacje opublikowane w ostatnich 10 latach). Stosowanie materiałów filtracyjnych (inaczej nazywanych sorbentami lub materiałami reaktywnymi) do usuwania zanieczyszczeń z wód powierzchniowych jest dość popularnym zagadnieniem i często opisywanym w literaturze przedmiotu. Brak najnowszych publikacji w autoreferacie jest tym bardziej dziwny, ponieważ w publikacjach wchodzących w skład rozprawy doktorskiej udział najnowszych doniesień jest znacząco większy. Łączna liczba zacytowanych pozycji literaturowych w czterech publikacjach wchodzących w skład monotematycznego cyklu publikacji wynosi 225, z czego w większości są one anglojęzyczne. Część poświęcona analizie wyników jest obszerna, jednak ma ona charakter bardziej opisowy niż syntetyczny. W szczególności brakuje bardziej szczegółowej dyskusji wyników z publikacji A4, kompilacji i omówienia ich na tle wyników otrzymanych z wcześniej zrealizowanych badań, opisanych w publikacjach A1-A3. W moim odczuciu wyniki z publikacji A4 stanowią najważniejszy etap pracy, ponieważ odnoszą się do testowania zaproponowanego rozwiązania w warunkach *in situ*. Ponadto, w dyskusji zabrakło mi krytycznego spojrzenia na to co zostało zrobione lub co można byłoby

wykonać lepiej itp. Nie wskazano też dalszych kierunków badań. Również wnioski sformułowane na podstawie zrealizowanych badań pozostawiają pewien niedosyt. Autor rozprawy przytacza w autoreferacie (str. 13), że brak jest polskich zaleceń dotyczących wykonania i eksploatacji naturalnych stawów kąpielowych i niestety sformułowane przez niego wnioski, tej luki nie uzupełniają, a tego można byłoby się spodziewać po realizacji doktoratu wdrożeniowego.

Jednakże przeprowadzone badania układają się w poprawny i logiczny ciąg przyczynowo skutkowy. Realizację badań rozpoczęto od przeglądu literaturowego dotyczącego analizowanego zagadnienia, przeprowadzono badania laboratoryjne (kolumnowe), dotyczące zależności między stratami ciśnienia w złożu a prędkością przepływu wody przy filtracji grawitacyjnej oraz skutecznością usuwania fosforu z wody przy użyciu trzech różnych materiałów filtracyjnych, które mogą być zastosowane w systemach filtracji wody w naturalnych stawach kąpielowych, a następnie na ich podstawie zrealizowano dwuetapowe doświadczenia terenowe. W pierwszym etapie badań terenowych skupiono się na określeniu optymalnej prędkości przepływu dla prawidłowej pracy filtra ze złożem mineralnym w trzech testowych stawach kąpielowych i na podstawie otrzymanych wyników zrealizowano doświadczenie dla pełnoskalowego, naturalnego stawu kąpielowego. Zasługuje to tym bardziej na uznanie ze względu na trudności eksploatacyjne doświadczeń terenowych, które z zasady są obarczone dużym prawdopodobieństwem niepowodzenia wynikającym z obecności czynników niepodlegających kontroli. W takim przypadku realizacja badań podczas dwóch sezonów badawczych jest pozytywnym elementem pracy.

Pomimo wskazanych niedociągnięć, pozytywnie oceniam poziom merytoryczny recenzowanej rozprawy oraz sposób udokumentowania uzyskanych wyników w postaci zamieszczonych w artykułach analiz statystycznych, tabel i rysunków. Uważam, że Doktorant właściwie dobrał metody badawcze, obliczeniowe oraz statystyczne, które pozwoliły na potwierdzenie postawionych w pracy tez oraz osiągnięcie założonego głównego celu pracy. Doktorant konsekwentnie realizował założony cel pracy, publikując wyniki badań w wysoko punktowanych i branżowych czasopismach, przypisanych do dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka. Na uwagę zasługuje fakt, że w przedstawionym do oceny cyklu publikacji można zauważyć rozwój naukowy Doktoranta, o czym świadczy zakres wykorzystanych danych, stosowanych rozwiązań, czy przeprowadzonych analiz statystycznych.

5. Wartość naukowa rozprawy

Niewątpliwie największym atutem zrealizowanego doktoratu wdrożeniowego jest opracowanie i przetestowanie w warunkach terenowych modułowego systemu filtracji wody. Celem wynalazku było zaproponowanie trwałego, stabilnego i wysokosprawnego rozwiązania modułowego do filtracji wody, z innowacyjnym systemem sekwencyjnego wyłączania wkładu mineralnego, bez konieczności wyłączania pompy obiegowej, które zapewni nieprzerwaną i stabilną pracę całego systemu oraz obniżenie kosztów jego eksploatacji. Przedstawione rozwiązanie zostało wdrożone i przetestowane w warunkach terenowych podczas pełnego sezonu eksploatacyjnego. Zaproponowany system oczyszczania wody zawiera odrębne moduły filtracji składające się z filtra wstępnego (maty filtracyjne), filtra ze złożem mineralnym (z osprzętem), filtra ze złożem pokrytym błoną biologiczną (rury siatkowe w oplocie z włókniny filtracyjnej, zapewniające rozwój biofilmu oraz fito- i zooplanktonu) oraz modułu pomp. Zaproponowane przez Doktoranta rozwiązanie pt. „Modułowy układ filtracyjny do wody o niskim stopniu zanieczyszczenia”

stanowi podstawę zgłoszenia patentowego o numerze P.452443 (WIPO ST 10/C PL452443) złożonego do Urzędu Patentowego RP w dniu 23.06.2025 r.

Poza tym, przedstawiona do oceny rozprawa doktorska ma wyraźnie interdyscyplinarny charakter, łącząc w sobie zagadnienia charakterystyczne dla inżynierii środowiska, hydrauliki, fizykochemicznych procesów sorpcyjnych, a także botaniki i mikrobiologii. Autor w sposób kompleksowy podjął próbę połączenia wiedzy z tych różnych dziedzin nauki w celu opracowania efektywnego i zrównoważonego systemu filtracji wody opartego na procesach naturalnych. Tak szerokie podejście badawcze pozwoliło nie tylko na analizę zjawisk fizycznych i chemicznych zachodzących w złożach mineralnych, lecz także na ocenę ich interakcji z procesami biologicznymi zachodzącymi w analizowanym środowisku wodnym.

Uzyskane wyniki mają wymiar nie tylko teoretyczny, lecz również wyraźnie praktyczny. Opracowana koncepcja oraz rezultaty eksperymentalne mogą zostać wykorzystane nie tylko w budowie i eksploatacji naturalnych stawów kąpielowych, lecz także w systemach recyrkulacji i oczyszczania wód opadowych, ozdobnych zbiornikach w przestrzeni miejskiej, oraz w różnego typu instalacjach ogrodowych i przydomowych.

6. Uwagi dyskusyjne, krytyczne i redakcyjne

Po zapoznaniu się z treścią recenzowanej rozprawy doktorskiej nasuwają się drobne uwagi i pytania przedstawione poniżej:

1. W publikacji A1 Doktorant omawia typy stawów kąpielowych. Typ II stawu kąpielowego został zdefiniowany jako hydrobotaniczny staw, bez komór filtracyjnych (*without filter beds*; str. 9, A1), czy też w autoreferacie jako „staw z hydrobotanicznym charakterem filtracji bez złóż filtracyjnych” (str. 12). Testowany prototypowy system filtracji wody w naturalnym stawie kąpielowym zarówno w publikacji A4 jak i autoreferacie został przyporządkowany do typu II. Czy według przytoczonych definicji, testowany naturalny staw kąpielowy na pewno należy do typu II?
2. W autoreferacie na stronie 8 Doktorant powołuje się na niemiecką normę branżową FLL w kontekście zalecanej prędkości filtracji 5 m/h. Czym kierowano się dobierając dwu i trzykrotnie większe prędkości filtracji (10 m/h i 15 m/h) w zbiornikach testowych? Nie zostało to wyjaśnione ani w autoreferacie ani w publikacji A4.
3. Na jakiej podstawie dobrano stężenia roztworów fosforu do badań kolumnowych (2 mg/dm³ i 5 mg/dm³)?
4. W tabeli 3 w autoreferacie (str. 47) zestawiono wyniki badań efektywności usuwania fosforu dla trzech analizowanych prędkości filtracji w stawach eksperymentalnych (P1-P3). Można się spodziewać, że wraz ze wzrostem prędkości przepływu będzie maleć skuteczność usuwania fosforu i jest to częściowo spójne z otrzymanymi wynikami. Najwyższa skuteczność usuwania fosforu (32,65%) jest dla filtru P1 o najniższej prędkości przepływu. Z kolei, najmniej fosforu (12,20%) usunął filtr P2 o prędkości przepływu 10 m/h, a nie jak można się tego spodziewać filtr P3. Czym jest to spowodowane?
5. W pracy oznaczano azot azotanowy (N-NO₃) i azot amonowy (N-NH₄). Zapis „jon N-NO₃” (m.in. str. 43) „jon N-NH₄” (m.in. str. 43) jest błędny. To samo dotyczy oznaczanej formy fosforu. „Jon fosforanowy”, nie jest synonimem fosforu ogólnego (str. 43), a taki parametr oznaczano w pracy. Tego typu uchybienia nie powinny mieć miejsca na etapie opracowania rozprawy doktorskiej.

6. Opis do rysunku 15 (autoreferat str. 48) nie odpowiada zamieszczonemu rysunkowi. Data poboru pierwszej próbki wg rysunku to 1.03.2024, a wg opisu 17.04.2023. Nie zgadzają się również wartości stężeń fosforu na rysunku 15 z tymi zawartymi w opisie.
7. W przypadku analizowanej rozprawy, do opisu procesów sorpcyjnych bardziej adekwatnym byłoby stosowanie wyrażenia „sorpcja” zamiast „adsorpcji” w treści autoreferatu, w tym w słowach kluczowych.
8. Materiał Rockfos® posiada znak towarowy, który powinien być stosowany przy każdorazowym użyciu jego nazwy. Niestety, nie zawsze się on pojawia w treści rozprawy (m.in. str. 17, 43).
9. Na rysunkach 15, 16 i 21 oznaczenie osi poziomej datami poboru próbek zamiast ich numerami znacząco ułatwiłoby interpretację otrzymanych wyników.

7. Podsumowanie i wnioski końcowe

Podjęta tematyka badawcza przez mgr inż. Wojciecha Walczaka ma nie tylko uzasadnienie naukowe, ale także aplikacyjne i społeczno-ekologiczne. Z jednej strony badania przyczyniają się do pogłębienia wiedzy o procesach filtracji w materiałach mineralnych oraz o funkcjonowaniu modułowego systemu filtracji wody, a z drugiej – odpowiadają na potrzeby współczesnej gospodarki w zakresie wdrażania niskoemisyjnych, energooszczędnych i przyjaznych środowisku technologii oczyszczania wody.

Przedstawiona praca jest obszernym opracowaniem i bez wątpliwości wymagała dużego nakładu pracy oraz poznania wielu metod badawczych przez mgr inż. Wojciecha Walczaka, a także przeprowadzenia analiz danych z punktu widzenia nie tylko wiedzy teoretycznej i eksperymentalnej, lecz również opracowania i wdrożenia modułowego systemu filtracji wody. Praca potwierdza ogólną wiedzę teoretyczną Kandydata w dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka. Stanowi również oryginalne rozwiązanie podjętego problemu naukowego.

Rozprawa doktorska mgr inż. Wojciecha Walczaka pt. „Opracowanie i wdrożenie modułowego systemu filtracji wody dla naturalnych stawów kąpielowych” wykonana pod kierunkiem promotora dr hab. inż. Artura Serafina, prof. uczelni oraz promotora pomocniczego prof. dr hab. inż. Tadeusza Siwca spełnia warunki i wymagania stawiane rozprawom doktorskim określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (tekst jednolity Dz. U. z 2024 r., poz. 1571, z późn. zm.).

Uwzględniając powyższe, wnioskuję o przyjęcie recenzowanej rozprawy przez Radę Naukową Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie i dopuszczenie jej do publicznej obrony.