

dr hab. inż. Anna Głowacka, prof. ZUT
Dyscyplina: inżynieria lądowa, geodezja i transport 50%
inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka 50%
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska
ZUT w Szczecinie
Al. Piastów 50a
70-311 Szczecin
anna.glowacka@zut.edu.pl

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Aleksandry Makały
pt. „Intensyfikacja procesu sztucznej infiltracji poprzez identyfikację czynników i
parametrów hydrogeologicznych oraz makro i mikrozanieczyszczeń”**

1. Przedstawienie podstawowych danych o kandydatce

Mgr inż. Aleksandra Makała jest absolwentką Politechniki Poznańskiej. Kandydatka nie ubiegała się uprzednio o nadanie stopnia doktora.

2. Podstawy formalne sporządzenia recenzji

Recenzja przygotowana została w związku z pismem Dziekana Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Poznańskiej prof. dr. hab. inż. Zbigniewa Nadolnego z dnia 14.05.2026r. (WISIE.63.2026.34). Podstawą opracowania recenzji był wydrukowany egzemplarz rozprawy doktorskiej.

Przedmiotem recenzji jest opinia dotycząca spełnienia przedłożonego maszynopisu pracy - mgr inż. Aleksandry Makały, nt. „Intensyfikacja procesu sztucznej infiltracji w aspekcie usuwania makro i mikrozanieczyszczeń z wód powierzchniowych”, wymagań określonych w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t.j. Dz. U. z 2020 roku poz. 85, z późn. zm.). Zgodnie z przepisami ustawy, recenzja obejmuje ocenę ogólnej wiedzy teoretycznej Kandydatki w dyscyplinie naukowej inżynieria środowiska, górnictwa i energetyka, ocenę jej zdolności do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej oraz ocenę oryginalności rozwiązania problemu naukowego.

3. Przedmiot recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr inż. Aleksandry Makały pt. „Intensyfikacja procesu sztucznej infiltracji poprzez identyfikację czynników i parametrów hydrogeologicznych oraz makro i mikrozanieczyszczeń”, wykonana na Wydziale Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Poznańskiej pod kierunkiem dr. hab. inż. Joanny Jeż-Walkowiak, prof. PP oraz promotora pomocniczego dr inż. Małgorzaty Komorowskiej-Kaufmann. Rozprawa została przygotowana w formie cyklu dziewięciu powiązanych tematycznie publikacji naukowych poprzedzonych autoreferatem przedstawiającym uzasadnienie podjętej problematyki, cele i tezy badawcze, zastosowaną metodykę, omówienie uzyskanych wyników oraz ich znaczenie naukowe i aplikacyjne.

Tematyka rozprawy dotyczy procesu sztucznej infiltracji jako metody wspomagającej uzdatnianie wód powierzchniowych oraz identyfikacji czynników hydrogeologicznych, fizykochemicznych i biologicznych wpływających na skuteczność usuwania makro- i mikrozanieczyszczeń. Podjęte badania wpisują się w aktualne kierunki rozwoju inżynierii środowiska związane z ochroną zasobów wodnych, zapewnieniem bezpieczeństwa zaopatrzenia w wodę oraz doskonaleniem naturalnych metod uzdatniania wody. Przedstawiona problematyka ma istotne znaczenie zarówno poznawcze, jak i praktyczne, a uzyskane wyniki mogą znaleźć zastosowanie w projektowaniu i eksploatacji systemów infiltracyjnych wykorzystywanych w procesach uzdatniania wody.

4. Charakterystyka i ocena rozprawy doktorskiej

4.1. Zawartość i układ rozprawy

Recenzowana rozprawa została przygotowana w formie cyklu dziewięciu tematycznie powiązanych publikacji naukowych, poprzedzonych autoreferatem stanowiącym syntetyczne opracowanie całego programu badawczego. Taki sposób przygotowania rozprawy jest zgodny z obowiązującymi przepisami (zgodnie z art. 187 ust. 3 ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce) i umożliwia przedstawienie wyników badań opublikowanych w recenzowanych czasopismach naukowych. Autoreferat zawiera streszczenie w języku polskim i angielskim, wykaz publikacji stanowiących podstawę rozprawy, opis pozostałego dorobku naukowego, uzasadnienie podjęcia tematyki, cele i tezy badawcze, zakres oraz metodykę badań, omówienie uzyskanych wyników, wnioski oraz literaturę. Integralną część rozprawy stanowią również publikacje oraz oświadczenia współautorów określające indywidualny wkład Doktorantki.

Na cykl publikacji składają się następujące prace naukowe:

Publikacje stanowiące cykl rozprawy doktorskiej:

[A1] Dymaczewski Z., Jeż-Walkowiak J., Michniewicz M., Makała A., Sozański M. *Redefining the purpose, goals and methods of disinfection in contemporary water supply systems*. *Archives of Environmental Protection*, 2020, vol. 46 no. 1, s. 85–92. Impact Factor: 1,4, 100 pkt MNiSW.

[A2] Cierniak D., Dymaczewski Z., Jeż-Walkowiak J., Makała A., Wyrwas B. *Impact of artificial infiltration on removal of surfactants in surface water treatment process*. *Desalination and Water Treatment*, 2020. Impact Factor: 1.254, 100 pkt MNiSW.

[A3] Makała A. *Stabilność chemiczna wody na etapach jej uzdatniania ze szczególnym uwzględnieniem infiltracji. Część 1.* – 2020, nr 5(73), s. 12-14, 5 pkt MNiSW.

[A4] Makała A., Dymaczewski Z., Jeż-Walkowiak J., Strykowska A., Zembruska J. *Impact of artificial infiltration on the removal of non-steroidal anti-inflammatory drugs during treatment of surface water*. *Energies*, 2021, vol. 14, no. 24, s. 8406-1-8406-12. Impact Factor: 3.252, 140 pkt MNiSW.

[A5] Jeż-Walkowiak J., Makała A., Mądrecka-Witkowska B., Michałkiewicz M., Kolwicz N., *Effect of initial treatment of Surface water a tan artificial infiltration intake*. *Desalination and Water Treatment*, 2021, vol. 226, s. 62–76. Impact Factor: 1.273; 100 pkt MNiSW.

[A6] Makała A., Polkowska K., Szeffińska K., Jeż-Walkowiak J. *Stabilność chemiczna wody po procesie infiltracji. Część 2*, *Technologia wody*, 2021, nr 1(75), s. 20-23; 5 pkt MNiSW.

[A7] Antos J., Zembruska J., Jeż-Walkowiak J., Makała A., Ginter-Kramarczyk D., Kruszelnicka J., Uwimpaye F. *Monitoring of Contamination of the Warta River in Poznan by Non-Steroidal Anti-Inflammatory Drugs and Antibiotics*. *Water*, 2023, vol. 15, iss. 15, s. 2716-1-2716-16; Impact Factor: 3,4, 100 pkt MNiSW.

[A8] Makała A., Uwimpaye F., Dymaczewski Z., Jeż-Walkowiak J., Strykowska, Cierniak D., Machnicka V., Wyrwas B. *Influence of artificial infiltration on the removal of surfactants from surface water*. *Desalination and Water Treatment*.2023; vol. 3155, s. 190-204, DOI: Impact Factor: 1,1, 100 pkt MNiSW.

[A9] Uwimpaye F., Makała A., Kolwicz N., Dymaczewski Z., Jeż-Walkowiak J., *Warunki hydrologiczne ujęcia infiltracyjnego i ich wpływ na efekty usuwania związków organicznych w procesie infiltracji*; *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 2024, s. 2-8, 20 pkt MNiSW.

Cykl obejmuje 9 publikacji, z których: 6 ukazało się w czasopismach z listy Journal Citation Reports (JCR), 3 stanowią publikacje krajowe o charakterze technicznym.

Tematyka wszystkich prac koncentruje się na procesie sztucznej infiltracji wód powierzchniowych, obejmując: usuwanie zanieczyszczeń mikrobiologicznych, eliminację surfaktantów, usuwanie farmaceutyków, ocenę jakości wody, monitoring procesów infiltracyjnych, analizę parametrów hydrogeologicznych i eksploatacyjnych ujęcia infiltracyjnego.

Przedstawione publikacje tworzą spójny i logicznie zaplanowany cykl badawczy. Poszczególne artykuły nie stanowią odrębnych opracowań, lecz kolejno rozwijają problematykę sztucznej infiltracji – od charakterystyki procesu i jego znaczenia w technologii uzdatniania wody, poprzez ocenę zmian parametrów fizykochemicznych i mikrobiologicznych, aż do badań nad

usuwaniem wybranych grup mikrozanieczyszczeń, takich jak farmaceutyki, antybiotyki i surfaktanty. Ostatnia publikacja syntetyzuje wyniki badań, koncentrując się na wpływie uwarunkowań hydrogeologicznych na przebieg procesu infiltracji.

Na szczególne podkreślenie zasługuje fakt, że większość artykułów została opublikowana w renomowanych, recenzowanych czasopismach międzynarodowych, w tym *Water* oraz *Desalination and Water Treatment*, *Energies* indeksowanych w światowych bazach bibliograficznych. Świadczy to o pozytywnej weryfikacji wyników badań przez niezależnych recenzentów oraz o ich znaczeniu dla międzynarodowego środowiska naukowego. Uzupełnieniem cyklu są publikacje w specjalistycznych czasopismach krajowych (*Technologia Wody i Gaz*, *Woda i Technika Sanitarna*), które mają istotne znaczenie dla transferu wyników badań do praktyki inżynierskiej i przedsięwzięciw wodociągowych.

Układ rozprawy oceniam bardzo wysoko. Autoreferat został opracowany w sposób przejrzysty, zachowując logiczną sekwencję prezentowanych treści. Poszczególne rozdziały wzajemnie się uzupełniają, a przedstawiony cykl publikacji tworzy jednolite opracowanie naukowe prowadzące do rozwiązania jasno zdefiniowanego problemu badawczego. Taka konstrukcja rozprawy pozwala na kompleksową ocenę osiągnięć naukowych Doktorantki i świadczy o konsekwentnej realizacji wieloletniego programu badawczego.

Przyjęty układ dysertacji jest poprawny i spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim.

4.2. Dyscyplina naukowa

Recenzowana rozprawa doktorska w pełni odpowiada dyscyplinie inżynieria środowiska górnictwo i energetyka.

4.3. Ocena zastosowanego piśmiennictwa w rozprawie doktorskiej

Autorka oparła swoje badania na bogatym i właściwie dobranym materiale źródłowym obejmującym zarówno klasyczne publikacje dotyczące procesów sztucznej infiltracji i technologii uzdatniania wody, jak również najnowsze doniesienia naukowe odnoszące się do usuwania makro- i mikrozanieczyszczeń ze środowiska wodnego. Wykorzystane piśmiennictwo wskazuje na bardzo dobrą znajomość światowego stanu wiedzy oraz aktualnych kierunków badań prowadzonych w obszarze inżynierii środowiska.

W bibliografii artykułów naukowych stanowiących cykl wzajemnie powiązanych znalazły się publikacje uznanych autorów reprezentujących światowe ośrodki naukowe zajmujące się hydrogeologią, procesami infiltracji, technologią uzdatniania wody, mikrobiologią środowiskową oraz analizą mikrozanieczyszczeń. Autorka korzystała przede wszystkim z artykułów opublikowanych w renomowanych, recenzowanych czasopismach międzynarodowych, takich jak *Water Research*, *Water*, *Science of the Total Environment*, *Chemosphere*, *Journal of Hazardous Materials*, *Environmental Science and Pollution Research* czy *Desalination and Water Treatment*. Świadczy to o właściwym wykorzystaniu aktualnych źródeł wiedzy naukowej oraz o umiejętności krytycznej analizy literatury przedmiotu.

Na pozytywną ocenę zasługuje również wykorzystanie obowiązujących aktów prawnych, norm oraz dokumentów branżowych regulujących jakość wody przeznaczonej do spożycia i funkcjonowanie systemów infiltracyjnych. Dzięki temu uzyskane wyniki badań zostały właściwie osadzone nie tylko w kontekście naukowym, ale również praktycznym i legislacyjnym.

Podsumowując, zastosowane piśmiennictwo jest obszerne, aktualne i dobrze dobrane do tematyki rozprawy. Stanowi solidną podstawę teoretyczną dla prowadzonych badań oraz świadczy o bardzo dobrym przygotowaniu merytorycznym Doktorantki i jej umiejętności krytycznej analizy literatury naukowej.

4.4. Podjęta tematyka badawcza

Tematyka podjęta w rozprawie doktorskiej wpisuje się w aktualne i istotne kierunki badań prowadzonych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, dotyczące zapewnienia bezpieczeństwa zasobów wodnych oraz doskonalenia metod uzdatniania wód powierzchniowych przeznaczonych do zaopatrzenia ludności w wodę do spożycia. Przedmiotem

badan jest proces sztucznej infiltracji, analizowany jako naturalna bariera ograniczająca transport makro- i mikrozanieczyszczeń oraz jako element wspomagający procesy uzdatniania wody. Problematyka ta ma szczególne znaczenie w kontekście obserwowanego pogarszania jakości wód powierzchniowych, wzrastającej presji antropogenicznej oraz konieczności wdrażania rozwiązań zgodnych z zasadami zrównoważonego gospodarowania zasobami wodnymi.

Za trafny uznaje wybór problemu badawczego, który odpowiada współczesnym wyzwaniom wynikającym z obecności w środowisku wodnym substancji zaliczanych do tzw. zanieczyszczeń nowej generacji, w szczególności farmaceutyków, antybiotyków oraz związków powierzchniowo czynnych. Pomimo licznych badań dotyczących procesów sztucznej infiltracji, nadal niewystarczająco rozpoznane pozostają zależności pomiędzy warunkami hydrogeologicznymi, parametrami eksploatacyjnymi ujęć infiltracyjnych oraz skutecznością eliminacji mikrozanieczyszczeń. Doktorantka właściwie zidentyfikowała tę lukę badawczą i podjęła próbę jej wypełnienia poprzez kompleksową analizę procesów zachodzących podczas infiltracyjnego przepływu wody.

Na szczególne podkreślenie zasługuje interdyscyplinarny charakter prowadzonych badań. Rozwiązywany problem wymagał połączenia zagadnień z zakresu hydrogeologii, hydrochemii, technologii uzdatniania wody, mikrobiologii środowiska oraz analityki instrumentalnej. Tak szerokie ujęcie problematyki umożliwiło kompleksową ocenę mechanizmów odpowiedzialnych za usuwanie zanieczyszczeń oraz określenie wpływu czynników hydrogeologicznych na efektywność procesu sztucznej infiltracji.

Wyróżniającym walorem rozprawy jest także jej ścisły związek z praktyką inżynierską. Przedstawione wyniki badań mogą znaleźć bezpośrednie zastosowanie w projektowaniu, modernizacji oraz eksploatacji infiltracyjnych systemów ujmowania wód powierzchniowych. Uzyskane rezultaty stanowią cenne źródło informacji dla przedsiębiorstw wodociągowych oraz jednostek odpowiedzialnych za gospodarowanie zasobami wodnymi, umożliwiając optymalizację warunków prowadzenia procesu infiltracji oraz zwiększenie bezpieczeństwa zdrowotnego dostarczanej wody.

Podsumowując, uważam, że wybór tematyki rozprawy mgr inż. Aleksandry Makały jest w pełni uzasadniony zarówno z naukowego, jak i praktycznego punktu widzenia. Podjęty problem badawczy ma charakter oryginalny, wpisuje się w aktualne światowe kierunki badań nad naturalnymi metodami uzdatniania wody oraz odpowiada na potrzeby wynikające z wdrażania nowoczesnych i zrównoważonych technologii ochrony zasobów wodnych.

4.5. Cel, teza, i zakres rozprawy doktorskiej

Cel rozprawy doktorskiej został sformułowany w sposób precyzyjny i jednoznaczny oraz pozostaje w pełni zgodny z podjętym problemem badawczym. Doktorantka postawiła sobie za cel cyt. „określenie parametrów i czynników decydujących o wysokiej efektywności procesu sztucznej infiltracji i tym samym określenie możliwości intensyfikacji zjawisk sprzyjających usuwaniu makro i mikrozanieczyszczeń z ujmowanej wody powierzchniowej.” Cel ten ma zarówno charakter poznawczy, zmierzający do wyjaśnienia mechanizmów zachodzących podczas infiltracji, jak i aplikacyjny, ukierunkowany na optymalizację eksploatacji systemów infiltracyjnych.

Doktorantka przyjęła trzy komplementarne tezy odnoszące się do skuteczności sztucznej infiltracji jako procesu wspomagającego uzdatnianie wód powierzchniowych, znaczenia procesów fizycznych, chemicznych i biologicznych zachodzących w ośrodku gruntowym oraz wpływu warunków hydrogeologicznych i parametrów eksploatacyjnych na efektywność eliminacji zanieczyszczeń. Tak sformułowane tezy mają charakter naukowy, są logicznie powiązane z celem rozprawy i wyznaczają spójny kierunek prowadzonych badań. Należy podkreślić, że zostały one poddane weryfikacji na podstawie wyników uzyskanych w trakcie badań terenowych w latach 2018 - 2021 i laboratoryjnych, co świadczy o konsekwentnej realizacji przyjętego programu badawczego.

Zakres badań jest szeroki i odpowiada stopniowi złożoności analizowanego problemu. Obejmuje on identyfikację warunków hydrogeologicznych determinujących przebieg procesu infiltracji, ocenę zmian jakości wody podczas przepływu przez ośrodek gruntowy oraz analizę skuteczności usuwania zarówno wskaźników fizykochemicznych, jak i wybranych grup mikrozanieczyszczeń, w tym farmaceutyków, antybiotyków oraz związków powierzchniowo czynnych. Istotnym elementem rozprawy jest również ocena wpływu parametrów eksploatacyjnych na przebieg procesu infiltracji oraz określenie zależności pomiędzy czasem retencji, warunkami hydrogeologicznymi i efektywnością oczyszczania wody. Tak zdefiniowany zakres badań umożliwił kompleksową ocenę funkcjonowania systemu infiltracyjnego zarówno z punktu widzenia procesów zachodzących w środowisku gruntowo-wodnym, jak i jego znaczenia dla technologii uzdatniania wody.

W mojej ocenie cel rozprawy, przyjęte tezy oraz zakres prowadzonych badań spełniają warunek oryginalności.

4.6. Kompletność i spójność pracy

Przedłożoną rozprawę doktorską oceniam jako opracowanie kompletne, spójne pod względem merytorycznym oraz właściwie skonstruowane.

Na szczególną uwagę zasługuje fakt, że rozprawa została przygotowana w formie cyklu publikacji naukowych, które pomimo odrębności redakcyjnej tworzą jednolity i konsekwentnie realizowany program badawczy. Poszczególne publikacje nie stanowią zbioru niezależnych opracowań, lecz wzajemnie się uzupełniają, przedstawiając kolejne etapy badań dotyczących procesu sztucznej infiltracji. Obejmują one zarówno charakterystykę warunków hydrogeologicznych, ocenę zmian jakości wód podczas infiltracji, jak i analizę skuteczności usuwania wybranych grup mikrozanieczyszczeń oraz identyfikację czynników determinujących efektywność procesu. Taki układ świadczy o konsekwentnej realizacji jasno zdefiniowanego programu badawczego.

Pozytywnie oceniam również autoreferat, który stanowi integralny element rozprawy. Dokument ten nie ogranicza się jedynie do streszczenia publikacji, lecz syntetyzuje ich wyniki, wskazuje zależności pomiędzy poszczególnymi etapami badań oraz przedstawia autorską interpretację uzyskanych rezultatów. Dzięki temu cykl publikacji tworzy spójne opracowanie naukowe prowadzące do rozwiązania postawionego problemu badawczego.

Podsumowując, rozprawa doktorska stanowi kompletną i spójną całość, w której wszystkie elementy zostały właściwie dobrane i wzajemnie powiązane. Praca spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim zarówno pod względem merytorycznym, jak i formalnym, a jej struktura sprzyja jednoznacznej ocenie realizacji celu i weryfikacji postawionych tez badawczych.

4.7. Przyjęte założenia

Przyjęte przez Doktorantkę założenia badawcze oceniam jako właściwie sformułowane, spójne oraz adekwatne do postawionego celu rozprawy. Stanowią one logiczną konsekwencję przeprowadzonej analizy literatury przedmiotu oraz wynikają z aktualnego stanu wiedzy dotyczącego procesów sztucznej infiltracji wykorzystywanej w technologii uzdatniania wód powierzchniowych. Założenia badawcze uwzględniają zarówno złożoność procesów zachodzących w ośrodku gruntowo-wodnym, jak i wieloczynnikowy charakter zjawisk odpowiedzialnych za eliminację makro- i mikrozanieczyszczeń.

Doktorantka przyjęła, że skuteczność procesu sztucznej infiltracji zależy nie tylko od właściwości hydrogeologicznych ośrodka infiltracyjnego, ale również od parametrów eksploatacyjnych systemu oraz właściwości fizykochemicznych i biologicznych filtrującej wody.

Na pozytywną ocenę zasługuje również przyjęcie założenia, że sztuczna infiltracja może stanowić skuteczną barierę ograniczającą transport nie tylko klasycznych wskaźników jakości wody, lecz również zanieczyszczeń śladowych, takich jak farmaceutyki, antybiotyki oraz związki powierzchniowo czynne. W ostatnich latach problem obecności tych substancji w środowisku wodnym zyskał szczególne znaczenie, jednak nadal niewiele jest badań prowadzonych w warunkach rzeczywistych, uwzględniających jednocześnie wpływ parametrów hydrogeologicznych na efektywność ich usuwania.

W mojej ocenie przyjęte założenia są merytorycznie uzasadnione, nowoczesne i adekwatne do zakresu realizowanych badań. Stanowią solidną podstawę do rozwiązania postawionego problemu naukowego.

Doktorantka wykazała się umiejętnością samodzielnego prowadzenia prac badawczych i rozwiązywania problemów naukowych.

4.8. Zastosowane i opracowane narzędzia

W przedłożonej rozprawie doktorskiej Doktorantka wykazała się umiejętnością doboru oraz zastosowania szerokiego spektrum metod badawczych, obejmujących zarówno badania terenowe, laboratoryjne, jak i analizy statystyczne oraz interpretację procesów zachodzących podczas sztucznej infiltracji wód powierzchniowych. Zastosowany warsztat badawczy oceniam jako nowoczesny, kompleksowy i adekwatny do realizacji założonych celów naukowych.

Na szczególne podkreślenie zasługuje opracowanie autorskiej metodyki monitoringu jakości wód infiltracyjnych, uwzględniającej jednoczesną ocenę parametrów hydrogeologicznych, fizykochemicznych, mikrobiologicznych oraz obecności mikrozanieczyszczeń organicznych. Tak szerokie podejście pozwoliło na kompleksową ocenę efektywności procesu sztucznej infiltracji oraz identyfikację mechanizmów odpowiedzialnych za usuwanie poszczególnych grup zanieczyszczeń.

Badania terenowe prowadzone były na ujęciu infiltracyjnym Dębina w Poznaniu, gdzie wykonano wieloletni monitoring jakości wód powierzchniowych, infiltracyjnych oraz podziemnych. Obejmował on pomiary zwierciadła wody, temperatury, czasu retencji, parametrów hydrogeologicznych oraz pobór próbek w kolejnych punktach drogi infiltracji. Dzięki temu możliwe było określenie zmian jakości wody zachodzących na poszczególnych etapach procesu infiltracji oraz wyznaczenie zależności pomiędzy warunkami eksploatacyjnymi a skutecznością usuwania zanieczyszczeń.

Istotnym elementem warsztatu badawczego Doktorantki było wykorzystanie nowoczesnych metod analitycznych do oznaczania wskaźników jakości wody. Zakres analiz obejmował między innymi oznaczenia mętności, barwy, odczynu, przewodności elektrolitycznej, tlenu rozpuszczonego, związków azotu i fosforu, ogólnego węgla organicznego (TOC), rozpuszczonego węgla organicznego (DOC), ChZT, absorbancji UV, chlorofilu a, bakterii grupy coli, bakterii *Escherichia coli*, bakterii psychrofilnych i mezofilnych oraz licznych wskaźników hydrobiologicznych. W badaniach zastosowano metody zgodne z obowiązującymi normami krajowymi i międzynarodowymi, co zapewnia wysoką wiarygodność uzyskanych wyników.

Szczególnie wysoko oceniam wykorzystanie zaawansowanych technik chromatografii cieczowej sprzężonej ze spektrometrią mas (LC-MS/MS) do oznaczania farmaceutyków oraz surfaktantów występujących w śladowych stężeniach. Zastosowanie wysokorozdzielczych metod instrumentalnych umożliwiło określenie skuteczności usuwania niesteroidowych leków przeciwzapalnych, antybiotyków oraz związków powierzchniowo czynnych podczas procesu infiltracji, co stanowi jeden z najistotniejszych elementów wartości naukowej rozprawy.

Na uwagę zasługuje również wykorzystanie wskaźnika WE-OWO (współczynnika efektywności usuwania związków organicznych) oraz testu EMS (Endogenous Microbial Storage) do określenia dominujących mechanizmów odpowiedzialnych za usuwanie materii organicznej. Pozwoliło to na rozróżnienie udziału procesów biodegradacji i adsorpcji w kolejnych odcinkach drogi infiltracji oraz stanowi cenne narzędzie interpretacji procesów zachodzących w środowisku gruntowo-wodnym. Opracowanie i praktyczne zastosowanie tych wskaźników uznaję za istotny wkład metodyczny Doktorantki w rozwój badań nad sztuczną infiltracją.

Na szczególne wyróżnienie zasługuje fakt, że część badań laboratoryjnych dotyczących charakterystyki rozpuszczonej materii organicznej została wykonana we współpracy z ośrodkiem kanadyjskim. Analizy obejmujące frakcjonowanie naturalnej materii organicznej metodą LC-OCD (Liquid Chromatography – Organic Carbon Detection) zostały przeprowadzone na University of Waterloo (Kanada). Zastosowanie tej specjalistycznej aparatury umożliwiło ilościową ocenę poszczególnych frakcji rozpuszczonej materii organicznej, takich jak biopolimery, drobnocząsteczkowe substancje neutralne, drobnocząsteczkowe kwasy humusowe,

związki humusowe. Wyniki tych analiz pozwoliły na pogłębioną interpretację mechanizmów biodegradacji i adsorpcji zachodzących podczas infiltracji oraz znacząco zwiększyły wartość naukową uzyskanych rezultatów. Włączenie do programu badań analiz wykonanych w renomowanym zagranicznym laboratorium świadczy o wysokim poziomie merytorycznym prowadzonych prac oraz umiejętności nawiązywania efektywnej współpracy międzynarodowej. Reasumując, stwierdziłam, że zastosowane i opracowane przez Doktorantkę narzędzia badawcze tworzą spójny i nowoczesny warsztat naukowy. Umiejętne połączenie badań terenowych z zaawansowanymi analizami laboratoryjnymi, modelowaniem procesów oraz wykorzystaniem specjalistycznych technik analitycznych, w tym badań realizowanych we współpracy z University of Waterloo w Kanadzie, pozwoliło na uzyskanie wyników o wysokiej wartości poznawczej i aplikacyjnej. Świadczy to o bardzo dobrym przygotowaniu metodologicznym Doktorantki oraz jej zdolności do samodzielnego prowadzenia badań naukowych na wysokim poziomie.

4.9. Realizacja prac laboratoryjnych

Doktorantka przeprowadziła szeroko zakrojone badania analityczne, które stanowiły integralny element programu badawczego i umożliwiły kompleksową ocenę skuteczności procesu sztucznej infiltracji w usuwaniu makro- i mikrozanieczyszczeń z wód powierzchniowych. Zakres wykonanych analiz był adekwatny do postawionego celu badawczego i obejmował oznaczenia parametrów fizykochemicznych, mikrobiologicznych oraz wybranych grup zanieczyszczeń śladowych, w tym farmaceutyków, antybiotyków i związków powierzchniowo czynnych.

Na szczególne podkreślenie zasługuje wykorzystanie nowoczesnych metod analitycznych oraz prowadzenie oznaczeń zgodnie z obowiązującymi procedurami laboratoryjnymi. Dobór metod badawczych zapewnił odpowiednią czułość i wiarygodność uzyskanych wyników, co ma istotne znaczenie w przypadku oznaczania mikrozanieczyszczeń występujących w bardzo niskich stężeniach. Zakres analiz laboratoryjnych został właściwie dostosowany do specyfiki badanego procesu, umożliwiając ocenę zmian jakości wody zachodzących na kolejnych etapach infiltracji.

Podsumowując, realizację prac laboratoryjnych oceniam jako poprawną metodycznie, dobrze zaplanowaną i konsekwentnie przeprowadzoną. Zakres i sposób realizacji badań potwierdzają dobre przygotowanie Doktorantki do samodzielnego prowadzenia badań eksperymentalnych oraz świadczą o jej umiejętnościach w zakresie projektowania eksperymentów, prowadzenia pomiarów i krytycznej analizy uzyskanych wyników.

4.10. Wnioskowanie

Wszystkie zawarte w pracy wnioski znajdują swoje uzasadnienie we wcześniejszych częściach pracy. Założone cele w dysertacji zostały osiągnięte. Przyjęte tezy zostały udowodnione.

5. Uwagi/sugestie i pytania do Doktorantki

Przedłożona rozprawa doktorska stanowi wartościowe opracowanie naukowe i nie budzi zasadniczych zastrzeżeń merytorycznych. Poniżej przedstawiam uwagi oraz pytania, które mają charakter dyskusyjny.

1. W przeprowadzonych badaniach wykazano wysoką skuteczność procesu sztucznej infiltracji w usuwaniu wybranych grup mikrozanieczyszczeń. Który z procesów zachodzących w ośrodku gruntowo-wodnym – sorpcja, biodegradacja czy przemiany chemiczne – uznaje Pani za dominujący w eliminacji farmaceutyków i antybiotyków?
2. Na podstawie uzyskanych wyników zidentyfikowano czynniki hydrogeologiczne wpływające na efektywność infiltracji. Które z nich mają, zdaniem Pani, kluczowe znaczenie przy projektowaniu nowych ujęć infiltracyjnych i czy możliwe jest określenie ich wartości optymalnych?
3. Badania prowadzono na funkcjonującym ujęciu infiltracyjnym zlokalizowanym w dolinie Warty. W jakim stopniu uzyskane wyniki mogą zostać przeniesione na obiekty funkcjonujące w odmiennych warunkach geologicznych i hydrogeologicznych?
4. W rozprawie oceniono skuteczność usuwania wybranych grup mikrozanieczyszczeń. Czy planuje Pani rozszerzenie badań o substancje określane obecnie jako zanieczyszczenia nowej generacji, takie jak związki PFAS, produkty przemian farmaceutyków czy mikroplastiki? Jakie trudności badawcze wiązałyby się z realizacją takich analiz?

Przedstawione uwagi i pytania nie obniżają wysokiej oceny rozprawy. Stanowią one propozycję pogłębienia dyskusji naukowej nad problematyką podjętą w pracy i podkreślają jej znaczenie dla dalszego rozwoju badań nad wykorzystaniem sztucznej infiltracji w systemach zaopatrzenia ludności w wodę

W autoreferacie występują jeszcze błędy stylistyczne i interpunkcyjne, które nie są wymienione w recenzji, lecz nie wpływają one na wartość merytoryczną dysertacji.

6. Ocena ogólnej wiedzy teoretycznej

Ogólną wiedzę teoretyczną Autorki rozprawy doktorskiej należy ocenić jako bardzo dobrą i odpowiadającą wymaganiom stawianym kandydatom do stopnia doktora w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

Podsumowując, ogólna wiedza teoretyczna zaprezentowana w rozprawie doktorskiej jest rozległa, aktualna i dobrze ugruntowana, a jej poziom jednoznacznie potwierdza przygotowanie Doktorantki do samodzielnego prowadzenia badań naukowych oraz do uzyskania stopnia doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych.

7. Ocena umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej

Analiza przedłożonej rozprawy doktorskiej pozwala stwierdzić, że Doktorantka wykazała się wysokim poziomem kompetencji w zakresie samodzielnego prowadzenia działalności naukowej. Oceniana praca świadczy o umiejętności identyfikacji istotnego problemu badawczego, właściwego sformułowania celu i tez badawczych oraz zaplanowania i konsekwentnej realizacji programu badawczego odpowiadającego współczesnym standardom badań naukowych.

Na szczególną uwagę zasługuje umiejętność zaprojektowania kompleksowych badań obejmujących zarówno monitoring terenowy, jak i analizy laboratoryjne oraz interpretację uzyskanych wyników. Doktorantka wykazała się zdolnością do właściwego doboru metod badawczych i narzędzi analitycznych, a także krytycznej oceny uzyskanych rezultatów w odniesieniu do aktualnego stanu wiedzy. Prowadzone badania miały charakter interdyscyplinarny i wymagały połączenia wiedzy z zakresu hydrogeologii, technologii uzdatniania wody, chemii środowiska oraz mikrobiologii, co dodatkowo potwierdza wysokie kompetencje badawcze Autorki.

Istotnym potwierdzeniem samodzielności naukowej Doktorantki jest również przygotowanie rozprawy w formie cyklu publikacji naukowych opublikowanych w renomowanych, recenzowanych czasopismach międzynarodowych i krajowych. Publikacje te dokumentują nie tylko aktywność naukową Doktorantki, ale przede wszystkim jej znaczący wkład w rozwój wiedzy dotyczącej procesu sztucznej infiltracji oraz możliwości usuwania makro- i mikrozanieczyszczeń z wód powierzchniowych. Przedstawione wyniki badań mają charakter oryginalny, a ich publikacja w uznanych czasopismach świadczy o pozytywnej ocenie środowiska naukowego.

8. Podsumowanie i wniosek końcowy

Przedłożona do oceny rozprawa doktorska mgr inż. Aleksandry Makały pt. „Intensyfikacja procesu sztucznej infiltracji poprzez identyfikację czynników i parametrów hydrogeologicznych oraz makro i mikrozanieczyszczeń” stanowi wartościowe i oryginalne osiągnięcie naukowe w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Podjęta problematyka badawcza jest aktualna, ważna z punktu widzenia rozwoju nauki oraz odpowiada na współczesne wyzwania związane z ochroną zasobów wodnych, bezpieczeństwem jakości wody przeznaczonej do spożycia oraz doskonaleniem naturalnych metod jej uzdatniania.

Na szczególne podkreślenie zasługuje kompleksowe podejście do analizowanego problemu. Doktorantka przeprowadziła wieloletnie badania terenowe i laboratoryjne, wykorzystując nowoczesne metody analityczne do oceny procesów zachodzących podczas sztucznej infiltracji. Uzyskane wyniki pozwoliły na identyfikację czynników hydrogeologicznych wpływających na efektywność procesu oraz ocenę skuteczności usuwania zarówno klasycznych wskaźników jakości wody, jak i mikrozanieczyszczeń, w tym farmaceutyków, antybiotyków i związków powierzchniowo czynnych. Osiągnięte rezultaty mają istotną wartość poznawczą oraz znaczący potencjał aplikacyjny, szczególnie w zakresie projektowania i eksploatacji infiltracyjnych systemów ujmowania wód powierzchniowych.

Praca została przygotowana w formie spójnego cyklu 9 publikacji naukowych opublikowanych w renomowanych czasopismach międzynarodowych i krajowych. Świadczy to o wysokim poziomie prowadzonych badań oraz pozytywnej ocenie ich jakości przez niezależnych recenzentów. Doktorantka wykazała się umiejętnością samodzielnego planowania i realizacji badań naukowych, właściwego doboru metod badawczych, krytycznej analizy uzyskanych wyników oraz ich interpretacji w odniesieniu do aktualnego stanu wiedzy. Przedstawiona rozprawa potwierdza jej dojrzałość naukową oraz przygotowanie do prowadzenia samodzielnej działalności badawczej.

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Aleksandry Makały pt. „Intensyfikacja procesu sztucznej infiltracji poprzez identyfikację czynników i parametrów hydrogeologicznych oraz makro i mikrozanieczyszczeń” spełnia wszystkie warunki oraz wymagania stawiane rozprawom doktorskim, określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2023 r. poz. 742 z późn. zm.), stanowiąc oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.

W związku z tym, stawiam wniosek o dopuszczenie rozprawy doktorskiej mgr inż. Aleksandry Makały do publicznej obrony w dyscyplinie naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Jednocześnie stawiam wniosek o wyróżnienie rozprawy doktorskiej.

Agnieszka Ciomelke