

Prof. dr hab. Joanna Kulczycka
Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN
Zakład Gospodarki o Obiegu Zamkniętym
Kraków, ul. Wybickiego 7a
e-mail: kulczycka@meeri.pl

Kraków, 10.12.2025 r.

Recenzja

rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Pauliny Szulc-Kłosińskiej pt. *Analiza śladu środowiskowego miejskiej oczyszczalni ścieków w koncepcji zrównoważonego rozwoju* napisanej pod kierunkiem naukowym Pana dr hab. inż. Zbysława Dymaczewskiego, profesora Uczelni.

1. Formalne i prawne podstawy wykonania recenzji

Recenzję wykonano na zlecenie Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Poznańskiej (WISIE 63.2025.66) z dnia 21 października 2025 r.

2. Ocena doboru problematyki badawczej i tematu rozprawy

Przedstawiona do recenzji praca ma formę cyklu opublikowanych prac uzupełnionych częścią teoretyczną i podsumowaniem oraz dalszymi kierunkami badań. W pracy z wykorzystaniem najnowszych i rekomendowanych w politykach UE metod zarządzania środowiskowego i własnych badań empirycznych Doktorantki przeprowadziła analizę i ocenę wpływu na środowisko wybranego zakładu. Pozwoliło to na zidentyfikowanie luki badawczej i zaproponowanie udoskonalenie metody oceny i kalkulacji śladu środowiskowego w warunkach polskich. Dokonany wybór problematyki badawczej jest istotny zarówno z perspektywy naukowej, jak i praktycznej odpowiadając na wyzwania związane z realizacją wymagań z zakresu ochrony środowiska, w tym zobowiązań klimatycznych. Zaprezentowane zagadnienia stanowią spójną tematycznie całość. Praca wpisuje się w zakres dyscypliny *inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka*, identyfikując kluczowe problemy środowiskowe i proponując konkretne rozwiązania modelowe i praktyczne.

Konkluzja

Temat uważam za aktualny, trafny oraz ważny, nie tylko w aspekcie naukowym, ale przede wszystkim aplikacyjnym i zgodny z obszarem wybranej dyscypliny.

3. Ocena dorobku i udziału Doktorantki w badaniach

Rozprawa doktorska to cykl publikacji naukowych - zbiór 5 powiązanych tematycznie artykułów naukowych, w czasopiśmie mających 100-200 punktów MNiSW w tym 3 o współczynnikach wpływu (IF) o wartości według roku publikacji 3,2 (A1), 1,3 (A4) i 16,3 (A5). Zostały one wydane (w tym jeden artykuł przyjęty do druku) w latach 2021-2025. Wszystkie prace były publikowane w języku angielskim. Żadna publikacja nie była samodzielna - doktorantka była pierwszym autorem w 3 pracach, a w 1 autorem korespondencyjnym. Do rozprawy załączono deklarowany procentowy udział Doktorantki w poszczególnych publikacjach naukowych, który wynosił od 75% do 15%. Prezentowane artykuły mają w dużym stopniu charakter nowatorski i zawierają różne obliczenia technologiczne i środowiskowe, stąd zrozumiała jest większa liczba współautorów. Załączone oświadczenia i przedstawiony w nich udział Doktorantki i zakres realizowanych prac, jasno wskazuje o znaczącej Jej roli. Można zatem przyjąć, że udział Autorki w każdej z prac z cyklu stanowiącego rozprawę doktorską był bardzo istotny, i obejmował:

- A 1 – przygotowanie koncepcji, opracowanie publikacji i metodyki badań, analizę wyników,
- A 2 – przygotowanie koncepcji, opracowanie publikacji, metodyki badań, algorytmu i jego walidację,
- A 3 – przygotowanie koncepcji, opracowanie publikacji, metodyki badań, opracowanie algorytmu i jego walidację,
- A 4 – przygotowanie koncepcji, opracowanie publikacji, metodyki badań, przeprowadzenie pomiarów, analiz i obliczeń – autor korespondencyjny,
- A 5 – przygotowanie ważnego rozdziału dotyczącego metod oceny wpływu gazów cieplarnianych na środowisko.

Dodatkowo Doktorantka zaprezentowała 3 prace (2018-2025) w języku polskim, w tym 2 opublikowane w czasopiśmie Gaz Woda i Technika Sanitarna, oraz 1 artykuł w Forum Eksploratora. Wykazała też udział w wielu konferencjach naukowych i popularnonaukowych, oraz znaczącą współpracę z przemysłem, ekspertyzy, a także udział w realizowanych projektach międzynarodowych o zbliżonej tematyce badawczej i aplikacyjnej.

Ponadto Autorka przygotowała staranny opis prowadzonych prac, zawierających cele, tezy i etapy badań.

Przyjęty tytuł pracy nie w pełni odpowiada zawartej tematyce, gdyż jest zbyt ogólny. Zaproponowałabym raczej wpływ na zrównoważone raportowanie lub raportowanie efektów

środowiskowych, gdyż niewiele jest w pracy zagadnień z zakresu rozwiązań społecznych, zarządczych czy ekonomicznych, istotnych w całej koncepcji zrównoważonego rozwoju.

Podsumowując, można potwierdzić istotny wkład własny Autorki rozprawy w poszczególne publikacje.

4. Ocena pracy pod względem formalno-redakcyjnym

Z uwagi na charakter rozprawy, tj. cykl 5 artykułów, ocen formalno-redakcyjna dotyczy przygotowanego opisu. Autorka w logiczny i spójny sposób przedstawiła problem badawczy i wyniki stosując wszystkie wymagania związane z pisanem pracy doktorskiej. Praca od strony graficznej jest staranna, a na szczególną uwagę zasługują rysunek 7 i własne zdjęcia z prowadzonych badań oraz zaprezentowane graficznie wyniki. Doktorantka wykazała, iż potrafi prowadzić logiczne wywody naukowe, wnioski i formułować właściwe konkluzje. Umiejętnie powołała się na najnowszą literaturę międzynarodową, szkoda, iż temat wydaje się tak „niszowy” w literaturze w Polsce. W przypisie drobny błąd małą literą napisane jest nazwisko autorski - mgr inż. Paulina szulc-Kłosińska – rozprawa doktorska IIŚiIB PP 2025.

Konkluzja

Zaprezentowany opis problemu badawczego jest spójny z jasno określonym problemem badawczym, zawierający cele, tezy, etapy prowadzonych prac i wnioski.

5. Szczegółowa ocena merytoryczna zawartości rozprawy

Wyniki zawarte w cyklu publikacji naukowych, stanowiących rozprawę doktorską, zostały logicznie opisane i szczegółowo przeanalizowane. Zaproponowana koncepcja badań, zastosowana metodyka, dobór komplementarnych metod modelowania, eksperymentalnych i obliczeniowych oraz kompleksowa interpretacja wyników, zostały właściwie dobrane pod względem charakteru, tematyki i celu rozprawy. W sposób przejrzysty pokazano poszczególne etapy badań (13 etapów) i ich powiązanie z celami i publikacjami.

Celem pracy było opracowanie spójnej metodologii oceny i kalkulacji śladu środowiskowego oczyszczalni ścieków w warunkach polskich, ze szczególnym uwzględnieniem śladu węglowego jako głównej składowej śladu środowiskowego. Jednym z głównym osiągnięć jest opracowanie autorskiego algorytmu kalkulacji śladu węglowego miejskiej oczyszczalni ścieków, zgodnego z wytycznymi GHG Protocol i unijnymi standardami raportowania (ESRS) oraz walidacja na bazie przeprowadzonych badań empirycznych, głównie

w zakresie pomiaru emisji N₂O i CH₄ przeprowadzonych w Centralnej Oczyszczalni Ścieków w Poznaniu w skali technicznej. Ciekawe są uzyskane wyniki 96-godzinnej (czy taki okres był wystarczający i czy były wcześniej opisane podobne badania w literaturze) kampanii pomiarowej w postaci zależności stężenia (mg gazu w przeliczeniu na Nm³) GHG od czasu, które wskazują na wyraźną przeciwną korelację między wartościami CH₄ i N₂O: w okresach, gdy emisje metanu osiągały maksimum, poziomy podtlenku azotu spadały do wartości minimalnych i odwrotnie. Ponadto w najnowszym referacie (przyjętym do druku 2025) oceniano dokładność, spójność i przydatność narzędzi dla potrzeb raportowania równoważonego rozwoju na podstawie przeprowadzonej porównawczej analiza dwóch narzędzi do szacowania śladu węglowego (CF) oczyszczalni ścieków: CFCT (wersje 2014 i 2024) oraz ECAM (wersja 2024).

Autorska zatem nie tylko wykonywała realne obliczenia, ale też skupiała się na wykorzystaniu i doskonaleniu kilku narzędzi umożliwiających kwantyfikację wpływu na środowisko w całym cyklu życia i możliwości ich wykorzystania dla poprawy jakości raportowania i zgodności z regulacjami UE. Dotyczyło to w szczególności:

- śladu środowiskowego – proszę o dokładniejszą interpretację i definicję śladu środowiskowego – w pracy co prawda jest cały rozdział definicje (zdefiniowano ślad środowiskowy jako „zbiorcza miara całkowitego wpływu systemu lub procesu na środowisko w cyklu życia”),
- oceny cyklu życia (LCA) – Autorka stosuje też nazewnictwo analiza cyklu życia – czy to to samo?
- śladu węglowego traktowanego jako dominującą część całkowitego śladu środowiskowego i obejmującego zakresy 1-3 zgodnie z GHG.

Wykazała istotne ograniczenia do ich powszechnego stosowania w Polsce z powodu:

- braku dedykowanych krajowych baz danych oraz narzędzi do kalkulacji śladu środowiskowego, tak jakich jak Ecoinvent, które nie pozwalają na pełne odzwierciedlenie lokalnych danych – czy dobrym przykładem może być opracowana baza w Chinach Database–Sino-center (CNMLCA), czy można podać inne dobre praktyki?
- braku publikacji w Polsce i specjalistów z zakresu LCA dla oczyszczalni ścieków, oraz zapewne braku świadomości z korzyści jakie mogą być z wykorzystania metod do kalkulacji wpływów na środowisko w całym cyklu życia.

Są to znaczące ograniczenia, jednak rekomendowałabym dokonanie jeszcze przeglądu projektów, szczególnie tych finansowych z Programów Ramowych UE, gdyż było wiele programów skierowanych na minimalizację wpływu oczyszczalni ścieków na środowisko, w tym z wykorzystaniem LCA, zatem powinny być jakieś wymierne rezultaty (metodyka?) w projektach (np. narzędzie C-FOOT-CTRL). Być może był również udział partnerów z Polski – proszę zatem o uzupełnienie prezentacji o taką analizę porównawczą z badaniami Doktorantki. Takie podejście pozwoli na bardziej szczegółową dyskusję i porównanie uzyskanych przez Autorkę wyników, oraz doprecyzowanie tezy 3, tylko w jej drugiej części gdzie Doktorantka wspomina o „skuteczniejszej identyfikacji dźwigni redukcyjnych emisji GHG dla oczyszczalni ścieków” – ponieważ w całym referacie informacja o dźwigni redukcyjnej jest tylko w celu i tezie to proszę o doprecyzowanie, co znaczy *skuteczniejsza identyfikacja dźwigni redukcyjnych emisji GHG*.

W badaniach zidentyfikowano również istotne luki informacyjne i zaproponowano strategię poprawy kompletności danych dla obiektów wodno-kanalizacyjnych, nadając opracowanemu algorytmowi charakter praktyczny. Jego celem było nie tylko umożliwienie spójnych obliczeń środowiskowych, lecz także zapewnienie zgodności z nadchodzącymi obowiązkami raportowymi na poziomie krajowym i unijnym. Jest oryginalne i nowe ujęcie analizowanej problematyki. W kontekście obecnych działań zmierzających do uproszczenia i digitalizacji raportowania – czy widzi Pani istotne zmiany? Jeżeli tak, to jakie są najważniejsze?

Podsumowując można pozytywnie ocenić umiejętności w zakresie samodzielnego prowadzenia pracy naukowej, a zaprezentowane badania są oryginalne i stanowią spójny zbiór powiązany tematycznie.

Konkluzje

Założone w rozprawie doktorskiej cele badań zostały zrealizowane, a znaczenie uzyskanych osiągnięć potwierdza ich opublikowanie w punktowanych czasopismach i przygotowanym opisie. Podczas publicznej obrony proszę aby Autorka odniosła się do zadanych pytań oraz wskazała, jakie główne udoskonalenia rekomenduje w metodyce śladu węglowego, w tym czy można i jak uwzględniać np. emisje biogenne CO₂.

Za mocną stronę pracy można zatem przyjąć:

- aktualność i trafny dobór tematyki badawczej mało rozpoznawalnej w Polsce,
- poprawnie sformułowane tezy, cele, etapy badań oraz wnioski,

- prawidłowy dobór artykułów stanowiących oryginalne rozwiązanie problemu badawczego i stanowiących spójną tematyczną całość,
- połączenie części teoretycznej z badaniami aplikacyjnymi i pracami prowadzonymi w warunkach rzeczywistych,
- znaczący udział Doktorantki w realizacji i przygotowaniu międzynarodowych projektów badawczych,
- odniesienie się do aktualnych prac badawczych wraz z dyskusją wyników i regulacji.

Za słabszą stronę uznaję:

- brak jednoznacznych definicji używanych pojęć, w tym w celu i tezie pracy,
- niewielkie odniesienie do projektów UE i innych raportów technicznych czy środowiskowych – przy bardzo dobrym przeglądzie literatury naukowej,
- tytuł rozprawy zbyt ogólny.

6. Wnioski

Podsumowując, zaprezentowana powyżej ocena pozwala jednoznacznie stwierdzić, że Doktorantka swobodnie łączy wiedzę teoretyczną i praktyczną, wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Z lektury cyklu publikacji wynika, że Pani mgr inż. Paulina Szulc-Kłosińska jest w stanie zaprojektować proces badawczy, pozyskać i opracować materiał, dobrać odpowiednie metody i w prawidłowy sposób z nich korzystać. Rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu zdefiniowanego w celach pracy. Tematyka rozprawy wpisuje się w dyscyplinę inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

Stwierdzam, że przedstawiona przez Panią mgr inż. Paulinę Szulc-Kłosińską dysertacja spełnia wszystkie wymagania stawiane rozprawom doktorskim określonym w art. 187. ust 1 i 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2023 poz. 742 z późn. zm.).

Wnioskuje zatem do Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka, Politechniki Poznańskiej o dopuszczenie Pani mgr inż. Pauliny Szulc-Kłosińskiej do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

Kulczyk Joanna