

Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
Katedra Inżynierii Wody i Ścieków

prof. dr hab. inż.
Mariusz Dudziak

Gliwice, 16.04.2025 r.

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Kamila Artura Majewskiego
pt. „Opracowanie metody badawczej do oceny degradacji mikroplastiku z pasa nadbrzeżnego
Morza Bałtyckiego”
wykonanej pod kierunkiem
dr hab. inż. Sylwii Myszograj, prof. UZ (promotor) i dr inż. Eweliny Płuciennik-Koropczuk
(promotor pomocniczy)

Podstawa opracowania

Recenzja została opracowana na zlecenie Przewodniczącej rady dyscypliny naukowej Inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka Uniwersytetu Zielonogórskiego dr hab. inż. Sylwii Myszograj, prof. UZ z dnia 13 marca 2025 roku (nr. IIŚ-3.511.1.5.2025). Podstawą sporządzenia recenzji był egzemplarz rozprawy doktorskiej autorstwa mgr inż. Kamila Artura Majewskiego.

Celowość podjęcia tematu

Powszechne wykorzystanie produktów z tworzyw sztucznych sprawia, że są one jednymi z głównych źródeł zanieczyszczeń występujących w środowisku na skalę światową. Zanieczyszczenia te są również źródłem występowania w środowisku mikroplastiku. Zjawisko występowania mikroplastiku w środowisku jest w ostatnich latach przedmiotem licznych badań i opracowań literaturowych. Jednak monitoring i charakterystyka tego zanieczyszczenia, jak i konsekwencje jego występowania są niewystarczająco rozpoznane. W tym zakresie przede wszystkim brakuje procedury oznaczania mikroplastiku w środowisku człowieka, w tym oceny jego transportu i przemian.

Autor przedstawionej do oceny rozprawy doktorskiej podjął badania nad opracowaniem metody badawczej do oceny degradacji mikroplastiku z pasa nadbrzeżnego Morza Bałtyckiego. Celowość podjęcia pracy doktorskiej o tej tematyce jest uzasadniona.

Ogólna charakterystyka rozprawy

Przedstawiona do recenzji praca liczy 100 stron i zawiera 2 tabele, 42 rysunki oraz spis 255 cytowanych pozycji bibliograficznych. Dodatkowo w pracy znajdują się 2 załączniki zawierające odpowiednio karty oceny próbek środowiskowych (zał. 1) i arkusz klasyfikacji próbek (zał. 2).

Rozprawę podzielono na 9 podstawowych rozdziałów zawierających m.in. wstęp, podstawy teoretyczne, cel, tezy i zakres pracy, metodykę badań analitycznych, wyniki badań i ich omówienie oraz wnioski.

Podstawy teoretyczne dotyczą kilku tematów tj. kryteria charakteryzujące mikroplastik, charakterystykę wybranych tworzyw sztucznych z uwzględnieniem ich podatności na degradację oraz monitoringu mikroplastiku na plażach referencyjnych. Doktorant stwierdził, że mikroplastik jest charakteryzowany przez siedem podstawowych kryteriów tj.: skład chemiczny, wielkość (rozmiar) cząstek, stan skupienia, rozpuszczalność, kształt, kolor oraz pochodzenie. Z kolei podatność mikroplastiku na biodegradację zależy od rodzaju tworzyw sztucznych będących ich źródłem. Obecnie do monitoringu próbek mikroplastiku na plażach referencyjnych stosowane są różne metody a wybór metody pobierania próbek zależy w dużej mierze od celu badań. Określono trzy główne strategie pobierania próbek z osadów w strefach przybrzeżnych. Obejmują one selektywne pobieranie próbek, pobieranie próbek zbiorczych oraz pobieranie próbek o zmniejszonej objętości.

W kolejnym rozdziale przedstawione zostały cel, tezy i zakres pracy. Celem naukowym rozprawy doktorskiej było opracowanie metody badawczej do oceny stopnia i formy degradacji, a także podatności na rozkład mikroplastiku.

W pracy sformułowano następujące hipotezy badawcze:

- hipoteza 1;
Do oceny stopnia i podatności na degradację mikroplastiku konieczna jest zaawansowana mikroskopowa analiza powierzchni, umożliwiająca identyfikację i kwantyfikację uszkodzeń mechanicznych.
- hipoteza 2;
Możliwe jest opracowanie metody badawczej, która pozwala na określenie stopnia i formy degradacji mikroplastiku, integrując informacje o właściwościach tworzyw sztucznych, kształcie próbki, nasyceniu koloru, obecności biofilmu oraz wyniki analizy uszkodzeń mechanicznych.
- hipoteza 3;
Czynniki środowiskowe (promieniowanie UV, uszkodzenia mechaniczne, substancje chemiczne i mikroorganizmy) w różnym stopniu wpływają na degradację mikroplastiku.

Na podstawie postawionych hipotez badawczych sprecyzowano kolejne etapy prac:

1. Wybór metod i technik pomiarowych do oceny stanu degradacji próbek mikroplastiku, metod przygotowania próbek do badań i ustalenie kryteriów niezbędnych do oceny stanu degradacji na podstawie przeglądu literatury.
2. Opracowanie procedury badań pilotażowych, wybór plaż referencyjnych i pobór próbek.
3. Opracowanie metody badawczej w tym drzewa decyzyjnego, które określa za pomocą algorytmu wpływ atrybutów danych na predykcję wyników.
4. Wprowadzenie do modelu wyników mikroskopowej analizy powierzchni.
5. Charakterystyka badanej próbki mikroplastiku z uwzględnieniem właściwości tworzywa sztucznego, kształtu, koloru, obecności biofilmu i uszkodzeń mechanicznych.
6. Ustalenie wpływu czynników środowiskowych (promieniowanie UV, uszkodzenia mechaniczne, substancje chemiczne i mikroorganizmy) na proces degradacji mikroplastiku.
7. Weryfikacja opracowanej procedury metody badawczej.

Część badawcza zawiera opis metodyki poboru próbek środowiskowych. Próbki były pobierane w wybranych terminach na plażach w pasie nadbrzeżnym Morza Bałtyckiego w Polsce, które były zlokalizowane w następujących miejscowościach tj. Świnoujście, Kołobrzeg oraz Gąski. W badaniach terenowych wykorzystano zarówno metodę sitową z wykorzystaniem metalowych sit o wymiarach oczek 5 mm i 1 mm w ramach której wyznaczono pole o powierzchni 1 m² (boki kwadratu 100 cm x 100 cm), głębokość zbierania materiału 2,5 cm jak i metodę selektywną z wykorzystaniem wcześniej przygotowanego fotograficznego klucza identyfikacji odpadów opracowanego w ramach *Guideline for Monitoring Marine Litter on the Beaches in the OSPAR Maritime Area*. Z kolei metody badań analitycznych obejmowały zarówno analizy mikroskopowe, spektroskopowe (opcjonalnie ATR-FTIR, spektroskopia Ramana) jak i statystyczne.

Prezentację wyników badań rozpoczyna przedstawienie algorytmu drzewa decyzyjnego w badaniach degradacji powierzchni mikroplastiku jako elementu metody badawczej. Algorytm drzewa decyzyjnego został opracowany w celu prognozy wyników różnych form degradacji mikroplastików, w tym określenia stopnia degradacji próbki i jej podatności na degradację w czterostopniowej skali wyników tj. wysoka, średnia do wysokiej, średnia i niska.

Następnie w pracy przedstawiono opis narzędzia badawczego wraz z jego walidacją. Narzędzie badawcze przeznaczone do szczegółowej charakterystyki próbek skonstruowane jest jako zestaw powiązanych dziewięciu arkuszy kalkulacyjnych w programie Microsoft Excel.

W dalszej kolejności w pracy zamieszczono analizę statystyczną badanych próbek mikroplastiku pod względem dopasowania widma FTIR. Doktorant określił, że barierą poprawnej analizy widmowej w identyfikacji materiałowej próbek mikroplastiku jest brak dostępu do rozbudowanych baz danych uwzględniających zmiany na powierzchni cząstek, które mogą emitować inne widmo niż pochodzące z wzorcowego tworzywa sztucznego.

Przedostatni rozdział pracy to ocena degradacji badanych próbek mikroplastiku. Doktorant udokumentował, że najczęściej analizowanych w ramach pracy cząstek mikroplastiku stanowiły drobiny polipropylenu, polistyrenu i polietylenu. Dla większości zebranych cząstek kształt zdefiniowano jako fragment, pianka, folia, listek i granulka. W ocenie stopnia i formy degradacji mikroplastiku z plaż referencyjnych niemożliwe jest ustalenie czasu przebywania cząstek w wodzie i na powierzchni plaży, co jest jednym z głównych czynników decydujących o fotodegradacji.

Ostatni rozdział pracy zawiera wnioski z pracy, które sformułowano w formie weryfikacji postawionych hipotez badawczych.

Merytoryczna ocena rozprawy

Zdaniem recenzenta tematyka pracy jest oryginalna, aktualna i interesująca. Praca jest napisana poprawnie oraz została podzielona na logicznie ułożone rozdziały.

Za główne osiągnięcia Autora pracy uważam:

- Ocenę różnych metod analizy stopnia i podatności cząstek mikroplastiku na degradację.
- Analizę wybranych czynników środowiskowych (promieniowanie UV, uszkodzenia mechaniczne, substancje chemiczne i wpływ mikroorganizmów) na degradację mikroplastiku.
- Badania nad występowaniem mikroplastiku w wybranych punktach w pasie nadbrzeżnym Morza Bałtyckiego.
- Dokonanie krytycznej analizy barier występujących podczas analizy próbek pod kątem występowania mikroplastiku jak i charakterystyki powierzchni cząsteczek tworzyw sztucznych.

Uwagi dyskusyjne

W pracy dostrzeżono pojedyncze przypadki błędów redakcyjnych i stylistycznych. W dalszej części recenzji przedstawię kilka uwag jakie nasunęły mi się podczas lektury pracy, a które umożliwią dalszą dyskusję podczas publicznej obrony:

- Z czego wynikał wybór lokalizacji do poboru próbek do badań?
- Czy identyfikuje Pan jeszcze jakieś inne czynniki, które można by było wykorzystać do charakterystyki cząstek mikroplastiku (być może poza możliwościami laboratorium badawczego jakie było dostępne podczas realizacji pracy doktorskiej)?
- Jakie zagrożenie powoduje występowanie mikroplastiku na nadmorskich plażach?

Podsumowanie i wniosek końcowy

W podsumowaniu chciałbym podkreślić, że bardzo dobrze oceniam przedstawioną do recenzji pracę doktorską. Na tę ocenę zasługuje teoretyczny i doświadczalny wkład Doktoranta. Zamieszczone w recenzji uwagi mają charakter dyskusyjny. Uważam, że mgr inż. Kamil Artur Majewski rozważył oryginalny problem naukowy mający istotne znaczenie w dyscyplinie naukowej Inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, który został jasno sformułowany w przedłożonej rozprawie doktorskiej pt. „Opracowanie metody badawczej do oceny degradacji mikroplastiku z pasa nadbrzeżnego Morza Bałtyckiego”.

W swojej pracy Doktorant wykazał wiedzę zarówno w zakresie występowania wybranych zanieczyszczeń w środowisku człowieka jak i metod analitycznych i statystycznych oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Stwierdzam, że przedstawiona do recenzji praca mgr inż. Kamila Artura Majewskiego spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez obowiązujące ustawowe przepisy. Wnioskuje o przyjęcie pracy przez Radę dyscypliny naukowej Inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka Uniwersytetu Zielonogórskiego oraz dopuszczenie jej Autora do publicznej obrony.



