

Opracowanie metody badawczej do oceny degradacji mikroplastiku z pasa nadbrzeżnego Morza Bałtyckiego

Kamil Artur Majewski

STRESZCZENIE

Obecność mikroplastiku w środowisku jest w ostatnich latach przedmiotem licznych badań i opracowań, jednakże jego monitoring i charakterystyka, jak i konsekwencje występowania są niewystarczająco poznane. Badania naukowe na poziomie globalnym skupiają się głównie na źródłach mikroplastiku oraz jego obecności w poszczególnych produktach. Z analizy danych literaturowych wynika, że problematyczny jest przede wszystkim brak standardów analitycznych związanych z przyjęciem metody oznaczania oraz ustaleniem wielkości i formy cząsteczek mikroplastiku. Nie powstały dotychczas międzynarodowe, ujednolicone procedury, które regulowałyby wszystkie aspekty monitoringu (tj. pobieranie próbek, ich przygotowanie, identyfikacja, charakterystyka, ocena degradacji itp.), co powoduje, że porównanie danych jest utrudnione. W związku z tym podjęto badania, które miały na celu rozszerzenie wiedzy dotyczącej degradacji mikroplastików w środowisku, w szczególności z morskiego pasa nadbrzeżnego.

Celem naukowym rozprawy doktorskiej było opracowanie metody badawczej (narzędzia badawczego) do oceny stopnia i formy degradacji, a także podatności na rozkład mikroplastiku. Dokonano analizy uwzględniającej wpływ podstawowych czynników środowiskowych takich jak promieniowanie UV, temperatura, czynniki biologiczne i chemiczne oraz działanie sił mechanicznych na degradację mikroplastików. W celu dokładnego określenia rodzajów uszkodzeń mechanicznych powierzchni próbek mikroplastiku zastosowano techniki mikroskopowe. Aby wprowadzone dane miały charakter obliczeniowy, posłużono się metodą planimetrii przy wykorzystaniu kalibrowanych kamer mikroskopowych oraz dedykowanego oprogramowania, pozwalającego zmierzyć obszar każdego charakterystycznego elementu odpowiadającego uszkodzeniom mechanicznym na powierzchni badanej próbki.

W pracy postawiono hipotezę dotyczącą konieczności stosowania zaawansowanej mikroskopowej analizy powierzchni w ocenie stopnia i podatności na degradację mikroplastiku umożliwiającą identyfikację i kwantyfikację uszkodzeń mechanicznych. W badaniach wykazano, że uszkodzenia mechaniczne powierzchni mikroplastików przyspieszają ich dalszą fragmentację i inicjują kolejne procesy rozkładu poprzez zwiększenie powierzchni narażonej na działanie innych czynników jak np. promieniowanie UV i działanie mikroorganizmów. Ustalono, że czynnikiem o średniej sile oddziaływania dla największej liczby badanych próbek była degradacja sił mechanicznych. Stwierdzono znaczne zróżnicowanie stopnia mechanicznej degradacji w zależności od jej typu. Dominowały siły mechaniczne związane z pękaniem i zagłębieniami. Najmniej powierzchni mikroplastików uległo degradacji pod wpływem erozji makroskopowej. Przyjęta po raz pierwszy w procedurach badawczych klasyfikacja typów

degradacji mechanicznej w połączeniu z zaawansowanymi metodami mikroskopowymi daje możliwość szybkiej i wiarygodnej analizy stopnia i podatności na degradację mikroplastiku.

Kolejnym problemem naukowym było potwierdzenie, czy możliwe jest opracowanie metody badawczej, która pozwala na określenie stopnia i formy degradacji mikroplastiku, integrując informacje o właściwościach tworzywa sztucznego, kształcie próbki, nasyceniu koloru, obecności biofilmu oraz wyniki analizy uszkodzeń mechanicznych. Analiza danych zebranych w trakcie badań terenowych i laboratoryjnych umożliwiła opracowanie algorytmów decyzyjnych, które uwzględniając wzajemne oddziaływanie tych czynników, pozwalają na określenie degradacji mikroplastiku w różnych warunkach środowiskowych. Na tej podstawie opracowano metodę badawczą, w której powiązano informacje o właściwościach tworzyw sztucznych, dane pomiarowe (kształt, nasycenie kolorów, obecność biofilmu), z analizą uszkodzeń mechanicznych. Interpretacja wyników badań oraz walidacja narzędzia badawczego w oparciu o dane dla próbek środowiskowych potwierdzają, że możliwe jest na ich podstawie określenie stopnia i formy degradacji mikroplastiku, a także jego podatności na rozkład. Wyznaczona skumulowana wartość stopnia degradacji oraz podatność na degradację badanych próbek mikroplastiku była zgodna z właściwościami tworzyw sztucznych podawanymi w kartach charakterystyk materiałów. Wyniki badań były spójne z danymi literaturowymi, wskazując że ze względu na kształt podatne na rozkład są listki, pianki i folie, a najbardziej odporną formą jest granulka. Potwierdzono również charakterystyczną dla tworzyw syntetycznych stabilność termiczną oraz umiarkowany wpływ czynników biologicznych na degradację mikroplastiku z morskich ekosystemów przybrzeżnych.

Ostatnia hipoteza zakładała, że czynniki środowiskowe (promieniowanie UV, uszkodzenia mechaniczne, substancje chemiczne i mikroorganizmy) w różnym stopniu wpływają na degradację mikroplastiku. Analiza wyników badań wykazała, że większość próbek mikroplastików charakteryzuje średnia lub wysoka podatność na degradację. Degradacja tworzyw sztucznych o wysokiej odporności na rozkład zachodzi głównie pod wpływem działania czynników chemicznych oraz fotodegradacji, natomiast próbki o wysokiej podatności na degradację ulegają niszczeniu przede wszystkim z powodu działania sił mechanicznych oraz pod wpływem utleniania tlenem z powietrza atmosferycznego. W narzędziu badawczym przyjęto szczegółowy podział czynników degradacyjnych (uderzenie, ścieranie, temperatura, kwasy, zasady, oleje, rozpuszczalniki organiczne, UV, inne czynniki atmosferyczne, czynniki biologiczne), jednak interpretacja analizy wpływu sił oddziaływania tych czynników na degradację cząstek mikroplastiku wykazała, że niemożliwe jest przypisanie stopnia i formy degradacji dla pojedynczego czynnika.

Identyfikacja czynników i znajomość procesów degradacji pozwala określić szybkość i sposób rozpadania się cząstek, co może mieć wpływ na opracowanie skutecznych metod ich usuwania, a także strategii i technologii mających na celu ograniczenie przedostawania się mikrocząstek do środowiska oraz zmniejszenie produkcji i użycia tworzyw sztucznych.