Imię i nazwisko autora rozprawy: Alicja Kupczyk

Tytuł rozprawy w języku polskim: Ocena wybranych procesów podczas przetwarzania morskich odpadów organicznych w złożach trzcinowych

Tytuł rozprawy w języku angielskim: Assessment of selected processes during the treatment of marine organic waste in reed bed system

Streszczenie rozprawy w języku polskim: Rozprawa doktorska dotyczy oceny możliwości zastosowania złóż trzcinowych do przetwarzania materiału morskich odpadów organicznych. Badania prowadzono w pilotażowym złożu trzcinowym w latach 2020-2022. Oceniono procesy odwadniania i mineralizacji, przemiany związków biogennych, zawartość mikrozanieczyszczeń, toksyczność oraz bezpieczeństwo sanitarne materiału przetwarzanego. Analiza podstawowych parametrów jakości odcieków, stężeń PFAS, liczebności wybranych bakterii wskaźnikowych i grzybów oraz wyników badań toksykologicznych umożliwiła ocenę potencjalnego oddziaływania obiektu na środowisko, w przypadku gdyby odcieki miały być odprowadzane do odbiornika np. Morza Bałtyckiego. Wykazano, że proces odwadniania zachodził skutecznie. Zaobserwowano również spadek zawartości materii organicznej, potwierdzający zachodzenie mineralizacji. Materiał przetwarzany z dodatkiem kompostu charakteryzował wyższą zawartością związków biogennych. Zawartości metali ciężkich nie wskazywała na istotne ograniczenia zastosowania materiału w środowisku. Jednak pozostałe, występujące w materiale mikrozanieczyszczenia wskazują na konieczność monitorowania ich zawartości. Wyniki badań potwierdziły możliwość wykorzystania złóż trzcinowych do przetwarzania morskich odpadów organicznych, jednak wymagają dalszych badań długoterminowych.

Streszczenie rozprawy w języku angielskim: The doctoral dissertation concerns the assessment of the possibility of using reed beds for the treatment of marine organic waste material. The research was conducted in a pilot-scale reed bed system between 2020 and 2022. The study evaluated dewatering and mineralization processes, transformations of biogenic compounds, the content of micropollutants, toxicity, and the sanitary safety of the treated material.The analysis of basic reject water quality parameters, PFAS concentrations, the abundance of selected indicator bacteria and fungi, as well as the results of toxicological tests, enabled the assessment of the potential environmental impact of the facility in the case of reject water discharge into a receiving water body, for example the Baltic Sea. The results demonstrated that the dewatering process proceeded effectively. A decrease in organic matter content was also observed, confirming the occurrence of mineralization processes. The material treated with the addition of compost was characterized by a higher content of biogenic compounds. Heavy metal concentrations did not indicate significant limitations for the environmental use of the material. However, the presence of other micropollutants suggests the need for further monitoring of their concentrations. The results confirmed the possibility of using reed beds for the treatment of marine organic waste; however, further long-term studies are required.

Wstęp

Morze Bałtyckie, jako akwen o ograniczonej wymianie wód z Morzem Północnym, charakteryzuje się wysoką podatnością na procesy eutrofizacji, których skutkiem jest nadmierne wzbogacenie środowiska w związki biogenne, głównie azot i fosfor. Zjawisko to prowadzi do intensyfikacji zakwitów fitoplanktonu oraz rozwoju makroglonów, które w konsekwencji są wyrzucane na brzeg i akumulowane w postaci morskich odpadów organicznych. Materiał ten, obejmujący głównie szczątki roślinności morskiej i alg, stanowi istotny element obiegu materii w ekosystemach przybrzeżnych,

jednak jego nadmierne nagromadzenie generuje szereg problemów środowiskowych, gospodarczych i społecznych. W szczególności, procesy rozkładu morskich odpadów organicznych prowadzą do uwalniania składników odżywczych, gazów cieplarnianych (CO_2 i CH_4) jak również H_2S, intensyfikując eutrofizację i wpływając negatywnie na jakość wód oraz klimat.

Zagadnienie morskich odpadów organicznych nie zostało dotychczas jednoznacznie uregulowane w systemie prawnym Unii Europejskiej, a ich definicja funkcjonuje jedynie w kontekście lokalnym, np. w dokumentach California Coastal Commission czy w opisach siedlisk Natura 2000. W regionie Morza Bałtyckiego problem ten nabiera szczególnego znaczenia ze względu na ograniczoną zdolność samooczyszczania akwenu oraz wysoką presję antropogeniczną. Badania wskazują na silną sezonowość i przestrzenną zmienność akumulacji morskich odpadów organicznych. Nadmierne nagromadzenie biomasy na plażach stanowi nie tylko zagrożenie ekologiczne, ale również obciążenie finansowe dla gmin nadbrzeżnych, które zgodnie z obowiązującymi dyrektywami UE zobowiązane są do usuwania i przetwarzania tego materiału.

W kontekście rosnących kosztów gospodarki odpadami oraz potrzeby ograniczenia negatywnych skutków eutrofizacji, istotne staje się poszukiwanie rozwiązań umożliwiających kontrolowane przetwarzanie morskich odpadów organicznych. Jednym z potencjalnych kierunków jest wykorzystanie złoży trzcinowych jako systemów do ich przetwarzania. Złoża trzcinowe bardzo dobrze wpisują się w przetwarzanie tego typu materiału, a dodatkowo stanowią rozwiązanie naturalne, przyjazne dla środowiska i wpisujące się w nadmorski krajobraz, gdzie występuje problem z morskimi odpadami organicznymi.

Dodatkowo złoża trzcinowe dają szansę na wytworzenie produktu w postaci materiału strukturotwórczego czy też nawozu, który mógłby być wykorzystywany np. przy odbudowie wydm, gdzie związki biogenne byłyby wykorzystywane przez roślinność nadmorską. Przetwarzanie morskich odpadów organicznych w złożach trzcinowych, z założeniem wykorzystania produktu, daje szansę na wpisane tej metody przetwarzania w założenia gospodarki o obiegu zamkniętym, gdzie morskie odpady organiczne, które stanowią problem zastają zamienione na zasób.

Badania przedstawione w niniejszej pracy doktorskiej wykonano w ramach projektu: „Baltic Beach Wrack- Conversion of nuisance to resource and asset" (CONTRA), który podejmował tematykę „beach wrack" i był realizowany w latach 2019-2021 w ramach programu „Interreg Baltic Sea Region Programme". Celem projektu było opracowanie zrównoważonych metod zarządzania i przetwarzania materiału „beach wrack". W ramach projektu prowadzono analizy środowiskowe, ekonomiczne i technologiczne oraz realizowano studia przypadków w sześciu krajach regionu Morza Bałtyckiego.

Zakres rozprawy doktorskiej obejmuje ocenę możliwości wykorzystania złóż trzcinowych do przetwarzania morskich odpadów organicznych. W ramach pracy zaprojektowano i wybudowano pilotażowe złoże trzcinowe, które zasilano materiałem morskich odpadów organicznych bądź jej mieszanką z kompostem. Następnie prowadzono badania dotyczące przebiegu procesów odwadniania i mineralizacji, w tym celu przeanalizowano zmienność suchej masy oraz materii organicznej. Badano również zmiany zawartości związków biogennych (azotu Kjeldahla oraz fosforu ogólnego) decydujących o potencjalnych właściwościach nawozowych produktu. W celu określenia bezpieczeństwa środowiskowego i sanitarnego uzyskanego materiału, dokonano oceny zawartości mikrozanieczyszczeń (metali ciężkich, WWA, ftalanów, pestycydów oraz PFAS), przeanalizowano również liczebność wybranych bakterii wskaźnikowych i grzybów oraz wyniki badań dotyczących toksyczności. Dodatkowo badano parametry odcieków powstających podczas przetwarzania materiału w złożu trzcinowym, oceniając ich potencjalny wpływ na środowisko wodne. Zakres pracy obejmował także identyfikację mikroorganizmów uczestniczących w procesach zachodzących w złożu.