



Dziedzina nauk inżynieryjno-technicznych
Dyscyplina: inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka

mgr inż. Wojciech Dronia

Mechaniczne usuwanie zanieczyszczeń z bioodpadów
Mechanical removal of contaminants from bio-waste

Opieka naukowa nad przygotowaniem rozprawy
doktorskiej:

Promotor: prof. dr hab. inż. Andrzej Jędrczak

Promotor pomocniczy: dr inż. Jacek Połomka

Rozprawę akceptuję:

Zielona Góra 2025

Streszczenie

Postęp cywilizacyjny niesie ze sobą między innymi wzrost ilości odpadów produkowanych w gospodarstwach domowych, których głównym składnikiem są bioodpady (ok. 31% m/m w Polsce). Bez wysokiego poziomu ich recyklingu, osiągnięcie ambitnych celów gospodarki odpadami komunalnymi w obiegu zamkniętym, nie będzie możliwe. Istnieje powszechna zgoda, że bioodpady są odpowiednim substratem do waloryzacji poprzez fermentację z produkcją biogazu, jak również mogą być wykorzystane do produkcji kompostu użyźniającego glebę.

Wytwarzanie z bioodpadów wysokiej jakości pofermentu lub kompostu wymaga surowca o najwyższej jakości. Mimo rosnącej świadomości społecznej bioodpady zbierane selektywnie nadal zawierają duże ilości zanieczyszczeń, takich jak tworzywa sztuczne, metale, szkło czy frakcje obojętne (np. kamienie). Zanieczyszczenia te negatywnie wpływają na działanie instalacji lub wręcz mogą uniemożliwiać przetwarzanie bioodpadów, dlatego powinny być skutecznie usunięte na etapie przygotowania wsadu, w procesie mechanicznej obróbki wstępnej.

Celem pracy doktorskiej wykonywanej w ramach V edycji programu Ministra Edukacji i Nauki pod nazwą „Doktorat wdrożeniowy” było opracowanie linii technologicznej do rozrywania i opróżniania worków z bioodpadami oraz ich oczyszczania przy użyciu maszyn i urządzeń wykorzystywanych powszechnie w gospodarce odpadami. Dla realizacji tego celu wykonano dodatkowo badania zmian składu morfologicznego bioodpadów (ze szczególnym uwzględnieniem zawartości zanieczyszczeń) zbieranych w czterech gminach miejskich oraz czterech wiejskich, dla różnych typów zabudowy (wielorodzinna i jednorodzinna), w cyklu miesięcznym, w okresie od listopada 2021 do października 2022 r.

Pozyskana wiedza była podstawą do opracowania koncepcji linii technologicznej mechanicznego oczyszczania bioodpadów oraz przeprowadzenia badań jej skuteczności wydzielania zanieczyszczeń, obecnych w strumieniu bioodpadów dostarczanych na instalację Łużyckiego Centrum Recyklingu w Marszowie.

Kluczowym procesem jednostkowym linii oczyszczania bioodpadów jest urządzenie do rozrywania i opróżniania worków z bioodpadami. Przeprowadzono testy 6 urządzeń przeznaczonych do rozrywania i opróżniania worków. Ocena podstawowych parametrów technicznych testowanych urządzeń, ich wydajności i strat bioodpadów zmierzonych w badaniach, stopienia rozdrobnienia i skuteczności rozrywania worków z tworzyw sztucznych oraz kosztu zakupu wytypowanych urządzeń zadecydowały o wyborze do dalszych badań rozdrabniacza dwuwałowego z separatorem magnetycznym zamontowanym na końcu urządzenia.

Zaprojektowano i wybudowano dwa warianty instalacji wstępnego mechanicznego oczyszczania bioodpadów przygotowujących je do procesów kompostowania bądź fermentacji: Wariant II: rozdrabniacz dwuwałowy z separatorem ferromagnetycznym (SFM) + kabina sortownicza + sito obrotowe o oczkach 80 mm; Wariant III: rozdrabniacz dwuwałowy z SFM + sito gwiaździste + kabina sortownicza + sito obrotowe o oczkach 80 mm (opcja). Analizie

i ocenie poddano również proces obecnie stosowany do podczyszczania bioodpadów przed ich kompostowaniem (ręczne opróżnianie worków i usuwanie zanieczyszczeń - wariant I).

Zaproponowane nowe rozwiązania linii podczyszczania bioodpadów zapewniały wysoką skuteczność usuwania zanieczyszczeń (wariant II - 72%, a wariant III 75% m/m), zwłaszcza fragmentów worków na bioodpady (ponad 85% m/m) i tekstyliów (około 75% m/m). Skuteczność usuwania zanieczyszczeń w obecnie stosowanym procesie to zaledwie 4,9%. Straty substancji organicznej (masa gałęzi i innej organiki o uziarnieniu >80 mm) wynosiły 9,7% (W-II) i 24,9% m/m (W-III). Wyniki badań wykazały, że komposty niezależnie od zastosowanej metody podczyszczania bioodpadów spełniały wymagania dla nawozów organicznych. Udział zanieczyszczeń odniesiony do suchej masy kompostu (frakcja <10 mm) wynosiły 0,39 (W-II) i 0,44% sm (W-III), w tym suma udziałów szkła, metali, tworzyw sztucznych (kolejno 0,32 i 0,33% sm) były niższe od wartości dopuszczalnych dla kompostów w rozporządzeniu UE w sprawie nawozów.

Przeprowadzone badania potwierdziły, że procesy mechaniczne: rozrywanie i opróżnianie worków, separacja magnetyczna oraz przesiewanie, wsparte sortowaniem ręcznym są skuteczne w usuwaniu zanieczyszczeń z bioodpadów w stopniu gwarantującym spełnienie przez produkty końcowe biologicznego przetwarzania norm (kompost, fermentat) obowiązujących dla nawozów organicznych. Wstępne mechaniczne oczyszczanie bioodpadów nie wpływa negatywnie na przebieg przetwarzania bioodpadów i jakość produkowanego kompostu, ale wpływa na wydajność procesu kompostowania.

Z dwóch analizowanych wariantów linii do mechanicznego oczyszczania bioodpadów, biorąc pod uwagę skuteczności i ekonomię, bardziej korzystnym rozwiązaniem jest wariant II. Uzyskane wyniki badań potwierdzają tezę, że możliwe jest wybudowanie linii technologicznej, wykorzystując maszyny i urządzenia powszechnie dostępne na rynku, przy stosunkowo niewielkich nakładach inwestycyjnych oraz kosztach eksploatacji, która pozwoli na skuteczne usuwanie zanieczyszczeń z bioodpadów.

Słowa kluczowe: bioodpady, analiza składu, zanieczyszczenia bioodpadów, mechaniczne przetwarzanie, separacja zanieczyszczeń.