

mgr inż. Weronika Wójcik

Racjonalizacja procesu wermikompostowania w kierunku otrzymania nawozu organicznego

Streszczenie pracy doktorskiej:

Praca doktorska dotyczy procesów przetwarzania i unieszkodliwiania komunalnych odpadów biodegradowalnych oraz osadów ściekowych. W pracy dokonano opracowania racjonalnego składu substratów kompostowanych odpadów biodegradowalnych w celu przetworzenia ich i otrzymania materiału do wykorzystania jako nawóz organiczny, realizując cele gospodarki cyrkulacyjnej.

Głównym celem badawczym było opracowanie optymalnego składu substratów do procesu wermikompostowania w celu ich przetworzenia metodami biologicznymi i otrzymania materiału o jak najkorzystniejszych właściwościach nawozowych. W prowadzonych badaniach dążono do maksymalizacji wykorzystania komunalnych osadów ściekowych w procesie technologicznym wermikompostowania w celu redukcji strumienia osadów ściekowych w oczyszczalniach ścieków komunalnych lub w jednostkach osadniczych. To umożliwiło opracowanie bilansu redukcji strumienia odpadów organicznych w wybranej jednostce osadniczej oraz poprawy stanu środowiska w wyniku wprowadzonej technologii. Innowacyjnym elementem pracy badawczej była weryfikacja możliwości wykorzystania zeolitów w procesie wermikompostowania w celu optymalizacji warunków prowadzenia technologii oraz poprawy jakości otrzymanego kompostu.

Praca składa się z dwóch głównych części: teoretycznej i doświadczalnej oraz bibliografii zawierającej pozycje literaturowe oraz normy i akty prawne, stanowiące podstawę do analizy wdrożeniowej zagadnienia.

W części teoretycznej scharakteryzowano model postępowania z odpadami biodegradowalnymi w obiegu zamkniętym, oraz odpady biodegradowalne, wraz z możliwymi metodami ich przetwarzania. Przedstawiono również proces wermikompostowania, jego parametry, gatunki dżdżownic (*Dendrobeana veneta* oraz *Eisenia foetida*) oraz odpady biodegradowalne, wykorzystywane w charakteryzowanym procesie technologicznym (tj. odpady ulegające biodegradacji (odpady z ogrodów i parków (w tym cmentarzy) - 20 02 01, odpady kuchenne ulegające biodegradacji (odpady komunalne segregowane i gromadzone selektywnie (z wyłączeniem 15 01) – 20 01 08 oraz ustabilizowane komunalne osady ściekowe (odpady z oczyszczalni ścieków nieujęte w innych grupach) – 19 08 05). Dokonano również bilansu masowego odpadów biodegradowalnych w jednostce osadniczej. Analizy dokonano dla gminy wiejskiej, posiadającej ok. 14 tys. mieszkańców. W punkcie tym, przedstawiono możliwość wykorzystania zeolitów, w procesie technologicznym. Istotnym elementem pracy jest odniesienie charakteryzowanego procesu technologicznego

vermikompostowania odpadów biodegradowalnych do obowiązujących przepisów prawnych, jak również analiza możliwości technicznych procesu. Kluczowymi rozporządzeniami były obowiązujące *Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 czerwca 2008 r. w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu* (Dz. U. 2008 nr 119 poz. 765), *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 lutego 2015 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych* (Dz. U. 2015, Nr 0, poz. 257), *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2014 r. w sprawie katalogu odpadów* (Dz. U. 2014 poz. 1923) oraz *Ustawa z dnia 10.07.2007 r. o nawozach i nawożeniu* (Dz. U. 2007 nr 147 poz. 1 003) i *Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach* (t.j. Dz. U. 2016 poz. 1987).

Pierwszy element części doświadczalnej charakteryzowanej pracy stanowią tezy oraz cele badawcze, sformułowane przed rozpoczęciem prac badawczych. W części doświadczalnej przedstawiono również metodykę, charakterystykę, przedmiot, zakres i schemat badań. Scharakteryzowano stanowisko i materiał do badań, a także badania laboratoryjne, uwzględniając pobór i przygotowanie próbek do badań, metody pomiarów laboratoryjnych, wykonywanych w Katedrze Technologii Środowiskowych WIŚ oraz metody badań próbek w zakresie zawartości metali ciężkich i stanu higieniczno – sanitarnego, które były wykonywane poza Katedrą. Część doświadczalna zawiera wyniki badań, harmonogram oraz wnioski z przeprowadzonych badań, które były prowadzone od 2014 w 3 wynikających po sobie cyklach technologicznych:

- badania nad możliwością unieszkodliwiania osadów ściekowych w procesie wermikompostowania,
- badania umożliwiające ocenę możliwości wykorzystania zeolitów w procesie wermikompostowania osadów ściekowych
- badania unieszkodliwiania osadów ściekowych przy użyciu wermikompostowania z wykorzystaniem zeolitów.

Pierwsze badania, przeprowadzone w 2014 roku, przeprowadzono równolegle w dwóch przyzmacach. Do procesu wermikompostowania wykorzystano odpady biodegradowalne oraz komunalne osady ściekowe, pochodzące z oczyszczalni ścieków w Pustkowie (woj. podkarpackie). W ramach prowadzonych badań kontrolowano temperaturę, wilgotność, pH, zawartość suchej masy organicznej oraz zawartość azotu i fosforu. Analiza wymienionych parametrów wykazała, iż otrzymany wermikompost spełniał wymagania zawarte w ustawie o nawozach i nawożeniu oraz przeprowadzony został w warunkach określanych w literaturze jako optymalne (zarówno pod względem aktywności wermikultury jak i przemian biochemicznych). Otrzymane wyniki skłoniły do podjęcia dalszych działań, w kierunku weryfikacji procesu wermikompostowania osadów ściekowych. W związku z tym, że kompost z osadów ściekowych może zawierać znaczne ilości metali ciężkich podjęto próbę użycia materiału/substancji, która mogłaby wchłonać metale ciężkie zawarte w osadach

ściekowych. Do tego celu użyto zeolit naturalny, a właściwy proces technologiczny poprzedzono rozpoznawczym badaniem parametrów (wilgotności, pH, suchej masy organicznej, zawartości fosforu, zawartości azotu oraz zawartości potasu) mieszanek osadów ściekowych i różnych proporcji zeolitów. Przygotowane mieszanki zeolitu i osadu ściekowego zawierały odpowiednio 10%, 20% i 30% masowych zeolitu. Analiza otrzymanych wyników, oraz ich ocena w świetle obowiązujących przepisów i danych literaturowych, pozwoliła wskazać, iż najoptymalniejszą mieszanką jest ta, zawierająca w swoim składzie 10% masowych zeolitu. Tylko w tym przypadku, wszystkie analizowane parametry zawierały się w zakresach określanych przez rozporządzenie. Jak wskazują otrzymane wyniki, zeolit w największym stopniu wpływa na zawartość fosforu oraz potasu. Zeolit wpływa również na zawartość wilgoci w trakcie procesu wermikompostowania, ale w przypadku uwodnionych (w granicach 80-95%) komunalnych osadów ściekowych zdolność zeolitów do pochłaniania cząsteczek wody nie stanowi problemu i zagrożenia dla prowadzonego procesu technologicznego. Ostateczny proces technologiczny przeprowadzony został latem 2015 roku. Obejmował on stabilizację osadu ściekowego (tj. jego przygotowanie do procesu wermikompostowania, odwodnienie i poprawienie właściwości biologicznych poprzez utrzymywanie podwyższonej temperatury), właściwy proces wermikompostowania, z mieszanką zawierającą 10% zeolitów, jak również obserwację dojrzewającego wermikompostu. W ramach prowadzonego procesu technologicznego analizowane były następujące parametry: sucha masa organiczna, wilgotność, pH, zawartość azotu, fosforu oraz potasu, a także zewnętrzne laboratoria dokonały sprawdzenia parametrów sanitarno-higienicznych oraz zawartości metali ciężkich, zarówno w komunalnym osadzie ściekowym, w gotowym wermikomposcie, jak również w dżdżownicach. Przeprowadzone badania wskazały, iż istnieje możliwość opracowania racjonalnego składu substratów kompostowanych odpadów w celu przetworzenia maksymalnej możliwej masy odpadów biodegradowalnych i otrzymania materiału możliwego do wykorzystania jako nawóz organiczny. W trakcie weryfikacji procesu wermikompostowania, zaobserwowano, iż jednym z pozytywnych skutków przeprowadzonego procesu była redukcja strumienia odpadów biodegradowalnych. Doświadczenia pokazują również, iż możliwe jest wykorzystanie technologii wermikompostowania jako recyklingu organicznego w niewielkich jednostkach osadniczych, pozwalającego na redukcję strumienia odpadów.

Cele badawcze, które zostały zawarte na etapie przygotowania do badań zostały w pełni zrealizowane.

W wyniku badań wypracowano racjonalny skład substratów do procesu wermikompostowania, które dodatkowo umożliwiły otrzymanie nawozu organicznego. W procesie tym wykorzystano ponadto osady ściekowe, co stanowi redukcję osadów ściekowych powstających na oczyszczalni ścieków. Przeprowadzone badania wykazują

również słuszność wykorzystania zeolitów w celu optymalizacji warunków prowadzenia technologii oraz poprawy jakości otrzymanego produktu. Opracowano również bilans możliwości wykorzystania osadów ściekowych w procesie technologicznym.

Pomimo tego, że udało się dowieść postawionym tezom i zrealizować cele badawcze, problem wermikompostowania osadów ściekowych z użyciem zeolitów nie został jeszcze wyczerpany. Otrzymane wyniki badań dają możliwości podejmowania dalszych działań. Badania te mogą dotyczyć modyfikacji zeolitów, celem poprawienia ich właściwości jakościowych. Można też przeprowadzić próby nad poprawą zawartości pierwiastków biogennych (N, P, K) w gotowym kompoście. Nie należy również zapominać o konieczności przeprowadzenia badań pod kątem niszczenia *Salmonelli* w otrzymywanym nawozie organicznym. Sugeruje się również przeprowadzenie badań pod kątem modyfikacji wstępnego procesu stabilizacji, celem jego intensyfikacji i skrócenia, co może bezpośrednio przekładać się na czas trwania całego procesu wermikompostowania.

Słowa kluczowe: gospodarka w obiegu zamkniętym, technologia wermikompostowania, odpady biodegradowalne, komunalne osady ściekowe, recykling organiczny, zeolity w procesie wermikompostowania, nawóz organiczny, wytwarzanie nawozu z odpadów biodegradowalnych