

dr hab. inż. Dariusz Boruszko
Katedra Technologii i Systemów w Inżynierii Środowiska
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska
Politechnika Białostocka

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Anny Skubały
pt.: „Ocena stabilności kompostu w czasie rzeczywistym”
Promotor: prof. nadzw. dr hab. inż. Robert Sidelko

Podstawa formalna recenzji: pismo Pani Dziekan Wydziału Inżynierii Lądowej, Środowiska i Geodezji Politechniki Koszalińskiej - prof. nadzw. dr hab. inż. Wiesławy Głodkowskiej z dnia 28.09.2018 r.

Rozprawa, która jest przedmiotem recenzji została przygotowana na Wydziale Inżynierii Lądowej, Środowiska i Geodezji Politechniki Koszalińskiej, w dziedzinie: nauki techniczne, w dyscyplinie: inżynieria środowiska, energetyka i górnictwo. Przedmiotem recenzji jest szczegółowa ocena, czy rozprawa doktorska spełnia warunki określone w art. 13 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2003 r. Nr 65, poz. 595; z późn. zm). Wymogiem ww. artykułu jest, aby rozprawa doktorska spełniała następujące warunki: stanowiła oryginalne rozwiązanie problemu naukowego lub oryginalne dokonanie artystyczne oraz wykazywała ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w danej dyscyplinie naukowej lub artystycznej, a także pokazała umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej lub artystycznej. Recenzja została napisana pod kątem sprawdzenia powyższych wymogów Ustawy.

1. Celowość podjęcia tematu

Sposób zagospodarowania osadów ściekowych w Polsce w ostatnich latach uległ głębokim zmianom. Dzięki regulacjom prawnym zdecydowanie zmalała ilość osadów ściekowych magazynowana na składowiskach odpadów i na terenach oczyszczalni. W latach 2000-2010 oscylowała w okolicach 40-50% globalnej rocznej ilości produkowanych osadów. W roku 2013 wynosiła już tylko 18,7% rocznej ilości osadów. Osady wykorzystane w rolnictwie i rekultywacji stanowiły 25% rocznego strumienia wytworzonych osadów ściekowych. Aktualnie w Polsce potencjały energetyczne i nawozowe osadów są mocno niedocenione i niewykorzystane w stosunku do obecnych możliwości technologicznych oraz stanu wiedzy i nauki. Podstawowym problemem gospodarki osadowej jest bardzo negatywne postrzeganie osadów jako olbrzymiego zagrożenia dla naszego zdrowia i życia.

Podejście bazujące na wykorzystaniu metody produktowej uwzględniającej analizę ryzyka stosowania osadów obserwowane jest w wielu krajach o dużych potencjałach badawczo-rozwojowych, takich jak: USA, Wielka Brytania, Francja, Dania, Hiszpania i inne. Tam zazwyczaj potencjały nawozowe są bardziej wykorzystywane niż termiczne.

Planowane w krajach UE strategie zmierzają do utrzymania wysokiego poziomu wykorzystania potencjału nawozowego osadów w rolnictwie, przy jednoczesnym zwiększeniu znaczenia procesów stabilizacji i higienizacji.

Kompostowanie jest jedną z najstarszych metod przekształcania i unieszkodliwiania odpadów organicznych. Samo kompostowanie będące procesem biologicznym jest oparte na zachodzących jednocześnie procesach biochemicznych i mikrobiologicznych (mineralizacja i humifikacja), w wyniku których zachodzi transformacja materii organicznej i zmiany właściwości fizyczno-chemicznych kompostowanych materiałów.

Kompostowanie jako proces technologiczny wymaga określonych czynników warunkujących prawidłowy przebieg procesu. W celu zapewnienia odpowiedniej efektywności procesu i osiągnięcia dobrej jakości kompostu wszystkie czynniki powinny być pod stałą kontrolą.

Stąd też uważam, że podjęcie tematu badawczego nad innowacyjną metodą oceny stabilności kompostu przeprowadzaną w czasie rzeczywistym – *on-line* za aktualne i celowe. Zapotrzebowanie na tego typu badania jest duże. Ważny jest także aspekt praktyczny. Opracowany w dysertacji algorytm numeryczny z zaimplementowanym modelem prognozującym wartość parametru AT4 został wdrożony w 7 instalacjach na terenie kraju.

2. Informacje wstępne – struktura formalna dysertacji

Przedstawiona do recenzji rozprawa obejmuje 131 stron, łącznie z 45 tabelami i 69 rysunkami. Pracę podzielono na 7 rozdziałów z licznymi podrozdziałami oraz spis literatury, wszystko w prawie klasycznym układzie. Bibliografia obejmuje 141 pozycji literaturowych w języku polskim i angielskim. Zdecydowana większość (120) jest napisana w języku angielskim. Również większość cytowanych prac powstała po roku 2000, natomiast z ostatnich 5 lat pochodzi 36 pozycji (brak jest danych o datach wykorzystanych materiałów z sieci www). Zestawienie obejmuje zarówno uznane czasopisma naukowe (polskie i zagraniczne), jak i raporty naukowe bądź dokumenty oraz rozporządzenia polskie i Unii Europejskiej. Wykorzystana literatura jest zróżnicowana tematycznie i związana z treścią pracy. Zasadniczą część pracy stanowią: Słowo wstępne, 1) Część teoretyczna – studium, 2) cel i zakres pracy, 3) metody badań, 4) Wyniki badań, 5) Analiza wyników badań, 6) Podsumowanie oraz 7) Wnioski. Do pracy dołączony jest CD-ROM z elektroniczną wersją rozprawy.

3. Ocena merytoryczna rozprawy

Recenzowana rozprawa posiada znaczną wartość naukową, poznawczą oraz praktyczną. Dotyczy ważnego zagadnienia możliwości oceny stabilności biologicznej kompostowanego materiału w czasie trwania procesu.

Ogólnie w mojej opinii układ pracy jest prawidłowy – zachowuje właściwe proporcje pomiędzy poszczególnymi częściami zgodnie z ogólnie przyjętymi standardami.

Wstęp, a w zasadzie „Słowo wstępne” – co uważam za mniej trafne sformułowanie, jest nakreślonym ogólnie uzasadnieniem podjęcia tematu badań. Wprowadza w problematykę kompostowania osadów ściekowych i właściwej oceny ich stabilności.

W przeglądzie literatury, stanowiącej część teoretyczną – studium rozprawy Doktorantka w sposób syntetyczny omówiła proces kompostowania, jego definicję i poszczególne fazy. Następnie dokonała charakterystyki poszczególnych najważniejszych parametrów procesu tj. temperatury, wilgotności, zawartości tlenu, odczynu, porowatości, proporcji C/N oraz roli mikroorganizmów. Kolejny rozdział dotyczy zagadnień możliwości oceny stabilności kompostów. Doktorantka przedstawiła przegląd testów respiracyjnych prowadzonych w warunkach statycznych i dynamicznych stosowanych obecnie do oceny stopnia stabilności kompostu i słusznie wskazuje na istnienie wysokiej korelacji pomiędzy testami AT4 i DRI. Następnie omawia metody pozwalające oznaczyć wartość testu AT4. W podrozdziale 1.5. przedstawiono informacje dotyczące stosowanych obecnie równań kinetyki opisujących przebieg procesu kompostowania. Doktorantka słusznie zauważa, że matematyczny opis kompostowania jest niezbędny do optymalizacji przebiegu procesu w warunkach przemysłowych i że najczęściej do tego celu stosowane są równania kinetyki I-go rzędu. W rozdziale 1.6. znalazły się informacje dostępne w literaturze dotyczące różnych wielkości jaką przyjmuje stała szybkości reakcji k w równaniach kinetyki opisujących proces kompostowania w warunkach przemysłowych i laboratoryjnych w zależności od rodzaju kompostowanego materiału i zastosowanej technologii. Uważam, że przedmiot literatury przedmiotu jest staranny i w pełni charakteryzujący aktualny stan wiedzy przedmiotu rozprawy doktorskiej. Ostatni podrozdział 1.7. oprócz istotnego podsumowania części studialnej przedstawia również tezę pracy:

„Istnienie silnej korelacji pomiędzy stabilnością kompostu a ubytkiem substancji organicznej podczas kompostowania, umożliwia skonstruowanie modelu prognozującego wartość parametru AT4, w czasie rzeczywistym (online)”.

Przyjęto przy tym, określone w rozdziale 2, następujące cele:

- cel główny: Opracowanie równań opisujących szybkość ubytku substancji organicznej podczas kompostowania oraz wyznaczenie zależności pomiędzy wartościami tzw. skonsumowanej substancji organicznej i parametrem AT4.

- trzy cele cząstkowe:

1. *Obliczenie stałych szybkości procesu kompostowania w warunkach laboratoryjnych dwóch rodzajów wsadu tj. odwodnionych osadów ściekowych oraz frakcji organicznej wydzielonej z odpadów komunalnych,*
2. *Opracowanie równań kinetyki procesu kompostowania obu rodzajów wsadu, z uwzględnieniem współczynników modyfikujących wartości stałej szybkości procesu w warunkach rzeczywistych,*
3. *Wyznaczenie krzywych regresji opisujących związki pomiędzy AT4 i ubytkiem substancji organicznej.*

W rozdziale 3 przedstawiono metodykę prowadzonych badań. Badania przebiegu procesu kompostowania zostały przeprowadzone w czterech etapach i obejmowały badania prowadzone w warunkach laboratoryjnych oraz badania polowe. Badania laboratoryjne, obejmowały wykonanie trzech niezależnych prób kompostowych, w których wsadem były odwodnione mechanicznie osady ściekowe, pochodzące z oczyszczalni ścieków w miejscowości Jamno, z dodatkiem słomy i zrębków drewnianych w proporcji 1/1/1 oraz trzech niezależnych prób kompostowych, w których wsadem była frakcja organiczna wydzielona ze zmieszanych odpadów komunalnych przetwarzanych w Regionalnym Zakładzie Przetwarzania Odpadów w Sianowie – kompostowanie prowadzono w warunkach statycznych. Badania polowe prowadzone były natomiast na w/w obiektach rzeczywistych w warunkach dynamicznych. Doktorantka bardzo dokładnie opisuje założenie doświadczeń oraz ich przebieg, opis instalacji badawczych, metodykę badań analitycznych. W podrozdziale 3.5. opisano metodologię zastosowania wskaźników, które mogą być monitorowane w sposób ciągły podczas trwania procesu kompostowania, w modelu matematycznym mającym za zadanie oszacować wartość parametru AT4 w czasie rzeczywistym. Wyniki badań opracowała przy pomocy programów Excel wersja 2010 firmy Microsoft oraz STATISTICA wersja 12.5 firmy StatSoft.

W rozdziale 4 Doktorantka omówiła uzyskane wyniki badań. Wyniki badań zostały zestawione w postaci tabel i przedstawione graficznie na wykresach. Kolejno były to zmiany parametrów mających wpływ na stabilność kompostu tj. temperatury, zmiany stężenia tlenu, wilgotności, zawartości substancji organicznej, węgla organicznego, azotu ogólnego i parametru AT4 we wszystkich seriach eksperymentu w warunkach laboratoryjnych i polowych. Kolejność przedstawienia i omawiania wyników badań jest analogiczna do metodyki badań. W podrozdziale 4.1. opisano zmiany wartości parametrów w procesie kompostowania osadów ściekowych, natomiast w podrozdziale 4.2. opisano zmiany wartości parametrów w procesie kompostowania frakcji organicznej odpadów komunalnych.

W rozdziale 5 Doktorantka dokonała analizy uzyskanych wyników badań. Dla każdej próby kompostowej wykonano testy istotności T – Studenta wykorzystując moduł „Statystyki podstawowe i modele” w programie STATISTICA. Na podstawie wykonanej analizy statystycznej do tworzenia modelu matematycznego Doktorantka

odrzucała dane dotyczące bioreaktora II, gdzie prowadzony był proces kompostowania frakcji organicznej z odpadów komunalnych. Hipoteza została odrzucona na podstawie nie spełnienia warunku dla parametrów AT4, SOc II. Następnie obliczono współczynniki korelacji Pearsona r dla każdego z parametrów procesowych na podstawie macierzy korelacji w module Statystyki: „Zaawansowane modele liniowe i nieliniowe” i przedstawiono je w postaci tabel. Na rysunkach natomiast przedstawiono wykresy rozrzutu wraz z liniami regresji. W podrozdziale 5.3. przedstawiono wyniki obliczeń skonsumowanej ilości substancji organicznej podczas procesu kompostowania. Następnie w podrozdziale 5.4. wyznaczono stałe szybkości procesu kompostowania co stanowiło istotę celu cząstkowego nr 1. Wartości stałej szybkości procesu kompostowania wyznaczone zostały za pomocą estymacji nieliniowej metodą najmniejszych kwadratów. Istotę analizowanej dysertacji stanowią podrozdziały 5.5. i 5.6. gdzie dla stworzonych modeli matematycznych prognozowania AT4 dla kompostowania osadów ściekowych w pryzmach i kompostowania frakcji organicznej odpadów komunalnych w reaktorach przeprowadzono obliczenia – modelowanie matematyczne i zestawiono je z uzyskanymi wynikami badań. Pozwoliło to na przedstawienie wyników regresji liniowej wraz z wartością korelacji pomiędzy parametrami AT4 i SOc-c oraz wyznaczenie wartości błędów prognozy ubytku substancji organicznej. Doktorantka postarała się w sposób jasny i czytelny przedstawić dużą ilość obliczeń i wyników tak, aby przy całej różnorodności analiz i wielowątkowości pracy pokazać wyniki jako pewien monolit.

Wyniki przeprowadzonych badań były podstawą do przeprowadzenia dyskusji i podsumowania – rozdział 6. Dyskusja wyników stanowi istotną część rozpraw naukowych jak i ma ogromny wpływ, na jakość i wartość naukową i praktyczną rozprawy. Poprzez konfrontację własnych rezultatów z danymi cytowanymi z literatury Autorka mogła też krytycznie odnieść się do uzyskanych wyników, a także wskazać wynikające z tej oceny kierunki dalszej pracy badawczej. Porównanie wyników uzyskanych przez Autorkę, z rezultatami zbliżonych badań innych autorów, pomogło również w prawidłowym sformułowaniu wniosków.

Rozdział 7 to wynikające z treści całej rozprawy wnioski. Analiza wniosków potwierdza, iż Autorka osiągnęła postawiony sobie cel zasadniczy oraz trzy cele cząstkowe.

Opracowany model matematyczny prognozujący wartość AT4 służącą określeniu stopnia stabilności biologicznej wsadu w procesie kompostowania ma tę zaletę, że umożliwia uzyskanie informacji w czasie rzeczywistym (on line). W każdym momencie procesu przebiegającego w reaktorze można sprawdzić czy określone wytycznymi wartości AT4 są osiągnięte. Wartość parametru AT4 może być szacowana on line w oparciu o pomiary temperatury, wilgotności i stężenia tlenu w porach kompostu. Jest to szybki sposób wyznaczania wartości AT4 bez konieczności prowadzenia badań laboratoryjnych.

Uwagi szczegółowe do pracy:

- praca zawiera nieliczne błędy edytorskie, np.:

- słowa kluczowe powinny być przeniesione ze str. 7 na str. 6 oraz ze str. 9 na str. 8;

- podobnie ostatni wers ze str. 9 i pierwszy wers ze str. 10 stanowiący podziękowania - powinien raczej znajdować się na samym początku rozprawy, a nie w jej części merytorycznej;

- w rozdziale 3.1. na str. 36 w tekście znajduje się odniesienie do pkt.10.2. rozprawy (takiego punktu nie ma) – powinno być pkt. 3.2.

- drobne błędy literowe np. str. 24 jest – temperatura pomoaru, powinno być – temperatura pomiaru, str. 46 jest –Exel, powinno być – Excel, str. 110 jest – ograniczyło wpływu, powinno być – ograniczyło wpływ, jest – warunkach przemysłowej, powinno być – warunkach przemysłowych

- str. 40 – „zrzucony” wiersz

- drobne błędy stylistyczne np.: str. 50 „w odniesieniu uzyskanych wyników”, str. 51 „Wyniki badań wraz z omówieniem zostały przedstawione w tabelach 7÷15 oraz zilustrowanych graficznie na rysunkach 10÷35.”, str. 58 „Podczas kompostowania prób...”;

- na str. 9 w ostatnim akapicie wstępu napisano, że „opracowany i omówiony model matematyczny umożliwi podjęcie decyzji, co do zakończenia tzw. fazy intensywnego kompostowania przebiegającej w reaktorach zamkniętych”, proszę wyjaśnić ten zapis w kontekście prowadzonych badań kompostowania osadów ściekowych w warunkach przemysłowych w przyzmacach;

- str. 34 i str. 35 rysunek; proszę o wyjaśnienie dlaczego w badaniach polowych – II etap dla osadów ściekowych wykonano tylko jedną serię badań, natomiast dla organicznych odpadów komunalnych w badaniach polowych – IV etap przeprowadzono dwie serie badań;

- str. 37, proszę o wyjaśnienie z jakiego powodu zdecydowano o różnej częstotliwości poboru próbek do badań kompostowania w skali laboratoryjnej, tzn. etap I (osady ściekowe) – raz na dwa dni natomiast etap III (frakcja organiczna odpadów komunalnych) – raz na siedem dni;

- str. 38 i 39 – zapisy o czasie trwania kompostowania osadów ściekowych w przyzmacach są niejednoznaczne, tzn. raz używa się zapisu „około sześć tygodni”, a następnie „proces trwał 6 tygodni”;

- str. 39, 41– proszę o wyjaśnienie rozbieżności w zapisach masy próbki kompostu pobieranej do badań, na str. 39 jest napisane „o masie około 1,5 kg”, a następnie w metodyce badań na str. 41 „o masie 1,0 kg”;

- str. 39-41 – proszę o wyjaśnienie różnic w ilości wykonywanych oznaczeń w próbkach kompostów osadów ściekowych i odpadów komunalnych w badaniach przemysłowych;

- str. 40 – nie podano jakim procesom mechanicznego przetwarzania poddano frakcję organiczną odpadów komunalnych przed procesem kompostowania;

- str. 48 – na koniec przedostatniego zdania pierwszego akapitu jest w nawiasie (Jun Zhang) – czy jest to odniesienie do pozycji 62 Spisu literatury ?;

- str. 97 – na rys 56 przedstawiono krzywą estymacji nieliniowej dla Fr. O, etap III, pk4, czy została prawidłowo wykreślona?;
- str. 108-109 – moim zdaniem opisane w pierwszej części podsumowania aspekty formalno-prawne dotyczące zagospodarowania odpadów, są potraktowane zbyt obszernie, ale oczywiście uzasadniają konieczność prowadzonych badań oraz ich cel i zakres;
- str. 110 – proszę o ustosunkowanie się czy na stałą szybkości procesu – k w warunkach badań laboratoryjnych mogły mieć wpływ wahania temperatury w kompostowanym materiale wynikające z konieczności okresowego otwierania reaktora do poboru próbek do badań w kontekście jego niewielkiej pojemności;
- czym uwarunkowana była różna długość trwania procesu kompostowania tj. prowadzenia badań w warunkach laboratoryjnych i rzeczywistych (polowych);
- nie podano w jaki sposób wygenerowano krzywe prezentujące wyniki badań rysunki 10-35; czy za pomocą estymacji nieliniowej metodą najmniejszych kwadratów?

Przedstawione uwagi głównie natury formalnej i redakcyjnej nie wpływają na wysoką ocenę merytoryczną pracy. Wskazane niedociągnięcia wynikają w dużym stopniu z tego, że rozprawa obejmowała bardzo szeroki zakres badań. Ilość włożonej pracy w czasie wykonywania badań, prowadzenia eksperymentu, opracowywaniu wyników i pisaniu pracy robi pozytywne wrażenie.

4. Wniosek końcowy

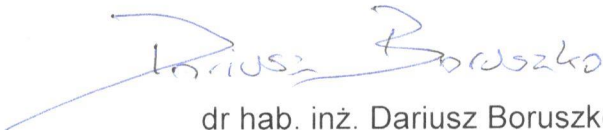
Przedstawiona powyżej charakterystyka i analiza rozprawy doktorskiej upoważnia mnie do bardzo wysokiej oceny, zarówno wybranej tematyki, jak i sposobu zrealizowania postawionego zadania. Koncepcja i zakres pracy w bardzo dobrym stopniu wpisują się w dyscyplinę naukową inżynieria środowiska. Moim zdaniem praca stanowi oryginalne rozwiązanie jasno sprecyzowanego problemu naukowego. Oceniana rozprawa świadczy o dużych umiejętnościach Doktorantki w organizowaniu badań, opanowaniu metod badawczych oraz możliwości samodzielnego rozwiązania postawionego celu badawczego i właściwego wnioskowania na podstawie dużej ilości wyników. Z analizy rozprawy widać wyraźnie, że w: prowadzenie doświadczenia, przeprowadzenie analiz badawczych, zebranie i opracowanie wyników, włożono bardzo dużo pracy. Stąd też wyrażam głębokie przekonanie, że przedstawiony Mi do recenzji materiał ma duży potencjał i stanowi wartościową rozprawę naukową.

Należy zauważyć, że praca bazuje na obszernym, starannie dobranym materiale źródłowym, co świadczy o dobrym rozeznaniu Doktorantki w przedmiocie badań.

Chciałbym podkreślić, że recenzowana rozprawa charakteryzuje się aktualnością tematu, oparta jest na nowoczesnej wiedzy, a jej wyniki mają duże znaczenie dla praktyki w dyscyplinie inżynieria środowiska.

Przedłożona do oceny rozprawa pt. Ocena stabilności kompostu w czasie rzeczywistym” w pełni odpowiada wymaganiom określonym w Ustawie z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule

w zakresie sztuki (wraz z późniejszymi zmianami) (Dz. U. Nr 65 poz. 595). W związku z powyższym w oparciu o Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 3 października 2014r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodach doktorskim i habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora stawiam wniosek skierowany do Rady Wydziału Inżynierii Lądowej, Środowiska i Geodezji Politechniki Koszalińskiej o dopuszczenie Pani mgr inż. Anny Skubały do publicznej obrony rozprawy doktorskiej.



dr hab. inż. Dariusz Boruszko