

Recenzja rozprawy doktorskiej
mgr inż. Angeliki Więckol-Ryk
pt. „Ocena możliwości wykorzystania stabilizowanych odpadów biodegradowalnych na
terenach przemysłowych”,
której promotorem jest prof. dr hab. inż. Barbara Białicka,
a promotorem pomocniczym dr inż. Maciej Thomas

1. Podstawa opracowania recenzji

Podstawą formalną niniejszej recenzji jest uchwała Rady Naukowej Głównego Instytutu Górnictwa w Katowicach oraz pismo Dyrektora Głównego Instytutu Górnictwa, Pana prof. dr hab. inż. Stanisława Pruska z dnia 11.07.2022 (NOP/202/2022/R).

Recenzowana rozprawa Pani mgr inż. Angeliki Więckol-Ryk dotyczy możliwości stabilizacji chemicznej skażonych mikrobiologicznie odpadów pochodzących z ferm drobiowych, w celu opracowania alternatywnych i skutecznych metod ich stabilizacji, co pozwolić miało na uzyskanie produktów bezpiecznych dla środowiska i możliwych do zagospodarowania w obszarze gruntów zdegradowanych działalnością przemysłową. Poszukiwane rozwiązania technologiczne zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju powinny spełniać wymagania, technologiczne, środowiskowe i administracyjno-prawne. Doktorantka realizując te założenia postawiła sobie szczególnie ambitne zadanie. Stworzyła w wyniku procesu recyklingu organicznego produkt posiadający odpowiednią mobilność pierwiastków niezbędną dla prawidłowego rozwoju roślin, stosując w zaproponowanych przez siebie procesach technologicznych związki przyjazne dla środowiska (ang.: green oxidizing compounds), które są źródłem aktywnego tlenu i charakteryzują się skuteczną redukcją skażenia biologicznego, gwarantują brak toksycznych produktów rozkładu przy jednoczesnej poprawie biodostępności substancji mineralnych i materii organicznej dla roślin. Rozwiązanie takie zgodne z założeniami zrównoważonego rozwoju i hierarchią postępowania z odpadami, stanowi koncepcję

recyklingu, pozwala na redukcję strumienia trudnych technologicznie odpadów, wzbogacając jednocześnie glebę produktem wpływającym na poprawę jej właściwości i realizując założenia circular economy.

2. Ocena wyboru tematu pracy i podjętej tematyki badawczej

Odpady organiczne to jeden ze strumieni odpadów występujących zarówno w odpadach komunalnych, jak i przemysłowych. Ich strumień, zarówno ilościowy, jak i jakościowy, w sposób szczególny nabiera znaczenia w krajach wysokorozwiniętych, gdzie szacuje się, na poziomie gospodarstwa domowego marnotrawstwo żywności na poziomie nawet ponad 120 – 170 kilogramów rocznie. Parlament UE apeluje o ograniczenie marnowania żywności o 30% do 2025 roku oraz o 50% do 2030 roku. Dodatkowo oczywiście uwzględnić należy strumienie technologiczne, a wśród nich m. in. produkty ferm kurzych, które w procesach szybkiego rozkładu powodują bardzo trudne warunki zoohigieniczne dla ptaków, pracowników, okolicznych mieszkańców i środowiska naturalnego, wymagają więc szybkich i skutecznych działań redukujących. Z zaś drugiej strony stanowią bardzo cenny produkt nadający się do wykorzystania jako nawóz lub energia. Wykorzystanie tego rodzaju odpadów to ambitne zadanie, interdyscyplinarne, z uwagi na jakość powstających odpadów – substratów, z wysoką zawartością azotu amonowego, niskim stosunkiem węgla do azotu, możliwością występowania mikroorganizmów patogennych, zanieczyszczeń, antybiotyków czy pestycydów. Zgodnie z danymi EUROSTAT Polska jest liderem w produkcji drobiu w Europie z tendencją rosnącą. Wg EUROSTAT (2018), w Polsce produkowano blisko 17 % drobiu w skali UE. Wg literatury szacuje się, że całkowita ilość wytworzonego pomiotu kurzego w Polsce jest szacowana na ok. 4,49 mln Mg rocznie.

Unijne prawo nawozowe (2019/1009) wprowadzające zapisy circular economy wskazuje wyraźnie konieczność propagowania stosowania na szerszą skalę składników pokarmowych pochodzących z recyklingu, co ma wdrażać gospodarkę bardziej zasobooszczędną, w której stosowanie składników pokarmowych z odpadów biodegradowalnych, może zmniejszyć uzależnienie Unii od składników pokarmowych pozyskiwanych z państw trzecich oraz zredukuje również konieczność składowania (narzuconą do 2035 r. do 10 % całkowitej ilości wytwarzanych odpadów). Działania te powinny być odpowiedzią na cele narzucone w pakiecie wdrażanych obecnie przepisów dotyczących realizacji gospodarki o obiegu zamkniętym, gdzie budowane systemy gospodarcze, powinny objąć wszystkie procesy i infrastrukturę

wykorzystujące i współdziałające z zasobami naturalnymi, niezbędnymi dla działalności człowieka oraz wykorzystujące produktywność zasobów. Koncepcja gospodarki obiegowej (circular economy) przewiduje stworzenie takiego systemu produkcji i konsumpcji, który generuje możliwie najmniejsze straty środowiskowe i gospodarcze, a priorytetem staje się zielona gospodarka. Taki właśnie system proponuje w swej pracy Doktorantka.

Odpady organiczne należą do strumieni stosunkowo łatwo rozkładalnych w procesach naturalnie występujących w przyrodzie, jednak produkty tego rozkładu nie zawsze można wykorzystać w procesach recyklingu ze względu na ograniczenia natury prawnej, administracyjnej, technologicznej, środowiskowej lub ekonomicznej. Możliwości wykorzystania produktów procesu przetwarzania frakcji organicznej w odpadach (zwłaszcza pochodzenia zwierzęcego) są złożone i wiążą się z kontrolą zawartości zanieczyszczeń, przerwaniem łańcucha przenoszenia chorób lub zanieczyszczeń biologicznych, usunięciem zanieczyszczeń mechanicznych oraz najtrudniejszym procesem - recyklingu substancji odżywczych i materii organicznej przez optymalne przygotowanie oraz użytkowanie materii organicznej. Doktorantka wskazuje również możliwość wykorzystania wytworzonego materiału organicznego w procesie recyklingu na terenach zdegradowanych, co wskazuje na aspekt zamykania obiegu materiałowego, tak istotnego z punktu widzenia GOZ, wskazuje więc nie tylko możliwość tworzenia nowego materiału organicznego, ale również wskazuje kierunek jego aplikacji. To szczególny wymiar niniejszej pracy pokazujący nowy kształt gospodarki, a nie tylko zagospodarowania odpadów.

Dodatkowym aspektem, administracyjnym, który w niedługim czasie, będzie podnosił rangę procesów recyklingu organicznego, jest zmiana sposobu obliczania poziomów odzysku i recyklingu wdrożoną ramową dyrektywą odpadową UE 2018, która wprowadza konieczność redukcji nie tylko frakcji surowców wtórnych, ale również odpadów organicznych. Ilości odpadów biodegradowalnych, będą mogły być zaliczane do odpadów poddanych recyklingowi, pod warunkiem, że ich przetwarzanie pozwoli na wykorzystanie produktu. W związku z tym Komisja Europejska opracowuje europejskie normy jakości bioodpadów wprowadzanych do procesów recyklingu organicznego.

Obszerne zagadnienia podjęte w pracy stały się podstawą do zaproponowania autorskiej metody recyklingu odpadów biodegradowalnych z wykorzystaniem ich stabilizacji chemicznej przy pomocy aktywnych związków nadtlenowych oraz ich aplikacja do rekultywacji

i wzbogacenia gleb na obszarach terenów zanieczyszczonych i zdegradowanych w wyniku działalności przemysłowej.

Uwzględniając powyższe, należy stwierdzić, że podjęta przez Autorkę tematyka oraz program badawczy jest w pełni uzasadniony, nowatorski i ciekawy oraz może stanowić przyczynek do dalszych badań stymulujących rozwój recyklingu odpadów biodegradowalnych.

3. Charakterystyka i ocena poprawności struktury rozprawy oraz strony edytorskiej

Rozprawa doktorska mgr Angeliki Więckol-Ryk liczy 162 strony, zawiera 10 rozdziałów, w prawidłowym i logicznym układzie. Prawidłowo sformułowane zostały cel i tezy pracy, a zachowana struktura pracy naukowej i logika kolejnych rozdziałów pozwalają śledzić realizację celu i ścieżki badawczej.

Praca rozpoczyna się wstępem, który zawiera sformułowanie problemu badawczego, cele i tezy pracy, przedmiot badań oraz metodologię prowadzenia badań. Kolejne rozdziały od 2 do 4 to szeroka analiza literaturowa poprzedzająca pracę badawczą, celnie uzasadniająca podjęte cele pracy. Rozdział 2 charakteryzuje źródła, właściwości oraz metody przetwarzania odpadów biodegradowalnych. Rozdział 3 dotyczy charakterystyki rekultywacji terenów przemysłowych, zdegradowanych, z uwzględnieniem biodostępności składników odżywczych w glebach. Rozdział 4 omawia charakterystykę i możliwości stosowania nieorganicznych związków nadtlenowych w inżynierii środowiska, wykorzystywanych w badaniach Doktorantki. Rozdział 5, bardzo cenny i starannie opracowany, celnie podsumowuje szeroką analizę literaturową, wskazując na wartość podjętego przedmiotu podjętej rozprawy doktorskiej oraz wskazuje kierunki opracowania metodyki badawczej. Rozdział 6 to metodyka badań laboratoryjnych, w tym: badania parametrów fizykochemicznych oraz substancji do stabilizacji chemicznej bioodpadów, badania mikrobiologiczne oraz optymalizacja procesu stabilizacji chemicznej odpadów biodegradowalnych, badania parametrów fizykochemicznych popiołów ze spalania odpadów biodegradowalnych, badania biodostępności składników mineralnych i zanieczyszczeń oraz badania fitotoksyczności mieszanek glebowych wraz ze stabilizowanymi odpadami biodegradowalnymi. Rozdział 7 to wyniki badań laboratoryjnych wraz z ich omówieniem oraz model matematyczny optymalizacji parametrów procesu stabilizacji chemicznej z użyciem: nadwęglanu sodu, nadtlenku wapnia oraz wodorotlenku wapnia. Przeprowadzone badania modelowe przy wykorzystaniu planu centralnego kompozycyjnego (rozd. 7.4), pozwoliły na

utworzenie modelu matematycznego w zakresie oceny liczby bakterii E. coli w odpadach biodegradowalnych w funkcji stężenia substancji stabilizującej, temperatury prowadzenia procesu oraz długości prowadzenia procesu stabilizacji. Dodatkowo przeprowadzona analiza fizykochemiczna dwóch rodzajów gleb, pochodzących z terenów zdegradowanych działalnością przemysłową (Huty Cynku na terenie Miasteczka Śląskiego oraz dawnej Huty Metali Nieżelaznych w Katowicach-Szopienice) wykazała możliwość zastosowania produktów procesu stabilizacji jako podłoży testowych o niskiej zawartości składników odżywczych oraz wysokiej koncentracji niektórych metali ciężkich.

Dodatkowo w rozdziale 7.5 omówiono wpływ dodatku stabilizowanych odpadów biodegradowalnych na biodostępność składników odżywczych oraz w rozdziale 7.6 dokonano oceny wzrostu roślin testowych na wzbogaconych glebach. Rozdział 8, również bardzo cenny, prezentuje dyskusję wyników. Rozdział 9 to algorytm metodologii oceny przydatności stabilizowanych odpadów biodegradowalnych do aplikacji ich na terenach przemysłowych. Chciałabym zaznaczyć, że to kolejna opracowana metodologia, która wskazuje na potencjał i możliwość prowadzenia kolejnych prac badawczych. Rozdział 10 – podsumowanie i wnioski z całości oraz kierunki i możliwości prowadzenia dalszych badań. Wnioski w rozbiciu na ogólne, szczegółowe i aplikacyjne są bardzo dobrze opracowane i wskazują na ogromną dojrzałość naukową Doktorantki. Pracę zamyka bibliografia licząca 258 pozycji. Praca opatrzona jest streszczeniem w językach polskim i angielskim, zawiera 50 tabel oraz 61 rysunków.

Na pochwałę zasługuje strona edytorska i redakcyjna ocenianej rozprawy. Praca opracowana jest bardzo starannie, zadbano o poprawność językową, praca nie zawiera błędów gramatycznych, stylistycznych ani literowych.

4. Ocena merytoryczna wartości naukowej rozprawy

Temat dysertacji jest precyzyjny i zwarty, oddaje w pełni treść rozprawy oraz ma potencjał rozwojowy. Wybór tematu i jego aktualność są uzasadnione szerokim przeglądem literatury. Interdyscyplinarny przegląd literatury oraz zdecydowana większość pozycji o zasięgu światowym świadczą o wysokim potencjale podjętych zagadnień, a przeprowadzona umiejętnie analiza literaturowa wraz z jej podsumowaniem świadczy o bardzo dobrym warsztacie naukowym Doktorantki. Pracę rozpoczynają prawidłowo postawione cele i tezy pracy, poprzedzone sformułowaniem problemu badawczego, a następnie omówiony jest przedmiot i metodologia badań. Cele prawidłowo odzwierciedlają problematykę podjętego

zagadnienia badawczego. Chciałabym podkreślić, trochę nietypowe, ale bardzo ciekawe i uzasadnione przez Doktorantkę rozpoczęcie pracy badawczej, gdyż zazwyczaj spotykałam się z analizą piśmiennictwa w początkowych etapach pracy. Bardzo podobało mi się schematyczne i syntetyczne ujęcie metodologii badawczej (rys. 1), pozwalające nie tylko na śledzenie ścieżki badawczej, ale na usystematyzowanie badań prezentowanych w pracy badawczej. Generalnie w kilku miejscach pracy prezentowane są wyniki pracy na schematach i wykresach, opracowanych przez Panią, czasem w oparciu o dane literaturowe, a czasem w oparciu o badania własne (np. rys. 6, 61). Bardzo wysoko oceniam to i traktuję jako umiejętność zwartych i syntetycznych ujęć problemów badawczych. Struktura dysertacji jest poprawna i logiczna, zawiera obszerny materiał badawczy. Szczegółowo opisana procedura badawcza świadczy o umiejętności prowadzenia badań, od zaplanowania eksperymentu, poprzez pobór prób, badania analityczne, aż do opracowania i interpretacji wniosków oraz dodatkowo aplikację oraz omówienie wyników użytkarnych, poprzez badania i aplikację opracowanego materiału – produktu z odpadów. Praca stanowi twórcze rozwinięcie zagadnień technologicznych, a osiągnięte rezultaty można traktować jako istotne i liczące się w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

Praca miała charakter badawczy, a postawiony problem badawczy został rozwiązany poprawnie i samodzielnie.

5. Pytania i uwagi

Z uwagi na podjętą tematykę, trafnie sformułowany problem badawczy oraz prawidłowo opracowaną metodykę, kompleksowo opracowane badania i rzetelne przedstawienie wyników bardzo wysoko oceniam przedstawioną dysertację. W trakcie czytania i opracowywania recenzji nasunęło mi się kilka pytań o charakterze dyskusyjnym:

1. Czy przewiduje Pani możliwość oceny efektów środowiskowych po kilku latach od aplikacji zaproponowanych przez Panią materiałów organicznych? Mogą one zależeć od wielu czynników i powodować powstawanie różnych metabolitów, w zależności od czynników atmosferycznych, warunków deponowania materiału organicznego w środowisku itp.
2. W badaniach wykorzystwała Pani nadtlenek wapnia i nadwęglan sodu. Czy byłoby możliwe i uzasadnione zastosowanie innego nadtlenku, a mianowicie nadtlenku magnezu, również w kontekście zwiększenia stężenia magnezu w glebie. Czy

skuteczność biobójcza nadtlenu magnezu w warunkach prowadzenia eksperymentów byłaby porównywalna ze skutecznością biobójczą nadtlenu wapnia?

3. Czy opracowana przez Panią metoda stabilizacji chemicznej odpadów byłaby równie skuteczna w przypadku zastosowania odpadów pochodzących z ferm ekologicznych, które mogą zawierać szersze spektrum mikroorganizmów, w tym również bakterie Salmonella, które były nieobecne w zbadanych przez Panią próbkach odpadów?
4. Czy przewiduje Pani lub miała Pani możliwość zastosowania zaproponowanych produktów w większej skali, technicznej lub półtechnicznej? Czy przewiduje Pani taką możliwość? Czy możliwe wg Pani byłoby prowadzenie stabilizacji chemicznej na poziomie ferm, przez co następowałaby redukcja szkodliwości odpadu, który stawałby się produktem do wykorzystania?
5. Czy próbowała Pani szacować koszty proponowanych przez siebie rozwiązań i porównać je np. do obecnie stosowanych? Koszty zazwyczaj warunkują stosowanie technologii nawet w warunkach zrównoważonego rozwoju.
6. W rozdziale 6.4. pisze Pani, że próbki odpadów biodegradowalnych spalano w temperaturach 500, 700 i 900°C; z czego wynikał taki dobór temperatur spalania?
7. Jak ocenia Pani możliwość stabilizacji innych odpadów organicznych, w zaproponowanej przez Panią technologii, np. odpadów pochodzenie kuchennego z selektywnej zbiórki lub innych odpadów pochodzenia zwierzęcego?
8. Stosuje Pani słowo „unieszkodliwianie”, opisując stosowane przez Panią procesy stabilizacji chemicznej. Zgodnie z hierarchią postępowania z odpadami unieszkodliwianie to w zasadzie tylko składowanie odpadów ostatecznych, już przetworzonych. Chyba lepiej byłoby używać słów odzysk lub recykling odpadów.

Przedstawione przeze mnie pytania i wątpliwości absolutnie nie umniejszają wartości merytorycznej rozprawy doktorskiej.

Podsumowanie

Konkludując ostatecznie, stwierdzam, że recenzowana przeze mnie rozprawa doktorska Pani mgr inż. Angeliki Więckol-Ryk pt. „Ocena możliwości wykorzystania stabilizowanych odpadów biodegradowalnych na terenach przemysłowych”, której promotorem jest Pani prof. dr hab. inż. Barbara Białecka, a promotorem pomocniczym Pan dr inż. Maciej Thomas stanowi oryginalne rozwiązanie problemu badawczego oraz spełnia ze sporym naddatkiem ustawowe i zwyczajowe wymogi stawiane rozprawom doktorskim. Postawione cele i tezy pracy zostały w pełni osiągnięte, przedstawiona dysertacja prezentuje wysoką wartość naukową i użyteczną, jest przygotowana rzetelnie i starannie. Wnoszę, wobec powyższego o dopuszczenie Pani mgr inż. Angeliki Więckol-Ryk do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora.

Jednocześnie podkreślając wartość naukową, zaprezentowane rozwiązanie technologiczne oraz oryginalność pracy proponuję Radzie Naukowej Głównego Instytutu Górniczego w Katowicach wyróżnienie przedstawionej mi do oceny rozprawy doktorskiej autorstwa Pani mgr inż. Angeliki Więckol-Ryk pt. „Ocena możliwości wykorzystania stabilizowanych odpadów biodegradowalnych na terenach przemysłowych”.

Agnieszka Gencowicz

Kraków, 20 lipca 2022