

prof. dr hab. Kazimierz Szymański

Koszalin, 11.08.2023

Politechnika Koszalińska

ul Śniadeckich 2

75 - 453 Koszalin

### **Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Karoliny Sobieraj**

#### **pt. Biological production of the carbon monoxide from biowaste**

Oceniana rozprawa została zrealizowana w Katedrze Biogospodarki Stosowanej Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, zgodnie z wymaganiami stawianymi rozprawom doktorskim, określonym w *art. 187. ust. 1 i 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U.2023 poz.742)*. Rozprawa została zredagowana w języku angielskim na 42 stronach. Omówienie rozprawy w publikacjach dotyczy 145 stron. Nerozłącznym elementem pracy jest załączenie 6. publikacji naukowych, które świadczą o przeprowadzonych badaniach w skali laboratoryjnej i technicznej Doktorantki oraz przeprowadzonym modelowaniu matematycznym wyników badań. Pozwoliło to na przygotowanie koncepcji teoretycznej rozprawy, dotyczącej ukierunkowania procesu kompostowania bioodpadów i jego wpływu na generację CO wraz z zaleceniami uwzględniającymi zapewnienie bezpieczeństwa potencjalnym pracownikom kontaktujących się z toksycznym tlenkiem węgla. W załączonych 6. publikacjach Doktorantka jest pierwszym współautorem w tym dwie są aktualnie procedowane w czasopismach *Environmental Microbiology Reports* oraz *Materials*. Doktorantka cytuje w rozprawie 51 pozycji naukowych w języku angielskim, co świadczy o ograniczonej ilości opracowań z tego zakresu. Jednocześnie podejmuje opracowanie unikalnej a jednocześnie bardzo ważnej problematyki wpływu generowanego CO z bioodpadów na środowisko przyrodnicze a tym samym na zdrowie człowieka.

Układ rozprawy doktorskiej, poczynając od streszczenia i spisu treści oraz załączników (oryginalnych artykułów) umożliwia prześledzenie wszystkich elementów charakterystycznych dla tego rodzaju rozpraw. Wydzielone rozdziały w postaci elementów ogólnych, zwracają uwagę na istotne problemy badawcze oraz ich oryginalność i możliwości aplikacji. Tym samym pozwala to na ocenę biotycznej produkcji CO w procesie kompostowania odpadów i sprecyzowanie celu badań i hipotez badawczych. Recenzent niektóre z tych elementów wymienia w tym: optymalne warunki kompostowania z uwzględnieniem poziomu napowietrzania, izolację i identyfikację mikroorganizmów, emisje CO z pryzm kompostowych, wpływ CO na zdrowie pracowników. Doktorantka wydzieliła dwa obszary badawcze w tym: charakterystyki biologicznej produkcji CO podczas kompostowania oraz wpływu instalacji kompostowania na zdrowie pracowników tam zatrudnionych. Wynikają z tego cały szereg hipotez badawczych bardzo uszczegółowionych. W tym miejscu nawiązuje do 6. publikacji własnych omawianych w tabeli 1. Każda z tych publikacji zawiera liczbę stron, liczbę źródeł, impact faktor IF, punktację MNiSW/MEN. Łączny dorobek Doktorantki przekłada się na IF - 26.229, w tym opublikowanych - 18.475. Punktacja MNiSW -720 w tym opublikowanych - 480. Wykorzystuje 517 źródeł literaturowych. Dorobek ten spełnia wszystkie kryteria wymagane przez stosowne akty prawne. Charakteryzują one poszczególne obszary badawcze, grupę pierwszą a następnie drugą. Doktorantka zamieszcza na rysunku 2 strukturę rozprawy, który w sposób jasny charakteryzuje jej realizację. Ważnym elementem są zamieszczone skondensowane charakterystyki poszczególnych publikacji, które w pełni odpowiadają dyscyplinie *inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka*.

W manuskrypcie M 1, zaprezentowała możliwości modelowania matematycznego opisujące akumulację CO w przestrzeni nadpowierzchniowej bioreaktora podczas kompostowania odpadów organicznych, w zależności od kinetyki wytwarzania CO wewnątrz pryzmy. Zwraca tu szczególną uwagę na prawdopodobieństwo zatrucia pracowników toksycznym CO. Wykorzystany do obliczeń arkusz kalkulacyjny umożliwia modelowanie wszystkich potencjalnych scenariuszy stężenia CO i może być modyfikowany, zgodnie z życzeniem eksploatatora. Jako szczególne osiągnięcie wynikające z badań opracowany został model matematyczny, który pozwala na dobór powietrza w ilościach minimalnych, jednocześnie wystarczający do utrzymania wartości progowej CO mokrej masy odpadów, jak też wysokości pryzmy. Kolejną zaletą modelu są możliwości przystosowania go do warunków



ograniczających nadmiar CO w halach produkcyjnych poprzez właściwą wentylację tych pomieszczeń. Doktorantka zamieszcza w rozprawie dodatkowo szereg praktycznych uwag i zaleceń, które zdecydowanie winny być uwzględniane przy modernizacji istniejących obiektów, jak również przy budowie kolejnych. Rozwinięciem tego problemu stanowią kolejne artykuły. Manuskrypt M2 to materiał przeglądowy o przemianach CO i może być wykorzystany w sektorze biorafinerii z udziałem mikroorganizmów. Bogata analiza materiałów źródłowych (268 pozycji) pozwoliła na opis cykli CO w atmosferze, glebie i wodzie oraz znaczenie CO dla organizmów w tym, roślin, zwierząt i ludzi oraz możliwości wykorzystania CO do celów przemysłowych. Cytuje przykładowo: bioreakcja przemiany wody z gazem, reakcja Fischera-Tropscha, fermentacja gazowa, bioelektrochemiczna konwersja gazu syntezowego, elektrofermentacja. Artykuł M3 poświęcony jest kolejnym zagadnieniom, który analizuje problemy produkcji CO podczas procesów tlenowych i odpowiada na pytanie czy kompostowanie może stać się wiodącą metodą biorodukcji CO jako gazu użytecznego i też czy doświadczenie wynikające z badań wytwarzania CO w środowisku beztlenowym można zastosować przy kompostowaniu odpadów. W kolejnym artykule Doktorantka prezentuje badania potencjału produkcji CO podczas kompostowania bioodpadów w warunkach laboratoryjnych w zależności od zmiennych warunków napowietrzania i temperatury, od warunków psychrofilnych do termofilnych oraz zmiennych warunków napowietrzania, poniżej optymalnego w tym powyżej stechiometrycznego zapotrzebowania na tlen. Uzyskała wówczas bardzo interesujące wyniki, umożliwiające porównanie wyników badań własnych z literaturowymi. Praca oznaczona symbolem M 5 ilustruje wyniki badań produkcji CO w wyniku biologicznego przetwarzania odpadów jako procesu kompostowania a też na możliwościach wyizolowania i identyfikacji mikroorganizmów odpowiedzialnych za produkcję CO w kompoście zebrany z przyzmy bioodpadów zawierającej 118 i 785 ppm CO. Metodyka prowadzenia tych badań nie budzi żadnych zastrzeżeń i jest zgodna z zalecanymi standardami. Również Doktorantka otrzymała bardzo interesujące rezultaty w kwestii szczepów bakterii zasiedlających kompost wytwarzających CO w stężeniach powyżej 1000 ppm (*Bacillus paralicheniformis*), powyżej 800 ppm (*Bacillus licheniformis*) i bliskich 600 ppm (*Geobacillus thermodenitrificans*), nie rozpoznanych w literaturze. Prowadzone badania, ze wszech miar, mogą być wykorzystane i aplikowane na obiektach (instalacjach) stosujących kompostowanie bioodpadów. Jako najważniejsze osiągnięcie naukowe omówione w artykule M6 Doktorantka uważa określenie całkowitych wskaźników emisji CO netto dla kompostowni

hermetyzowanych, jak również otwartych scenariuszy przed i po zamknięciu przerzucaniu/mieszaniu materiału i bezpieczeństwa ze względu na emisje CO. Badania te można zaliczyć do pionierskich.

Prace prezentowane przez Doktorantkę, z wyjątkiem M2 i M3, wynikają z badań własnych, polegających na eksperymentach prowadzonych w skali laboratoryjnej i technicznej. Wyniki tych badań uzyskano w wyniku modelowania matematycznego, analiz wykonanych skali laboratoryjnej oraz w skali technicznej. Skojarzenie tych badań zdecydowanie podwyższa poziom naukowy recenzowanej pracy a też pozytywną ocenę, którą uzyskała Doktorantka ze strony opiniodawców poszczególnych, własnych artykułów naukowych, gdzie jest pierwszym współautorem. Badania te były prowadzone na materiale pobranym z trzech kompostowni. Materiał kierowany do kompostowania uzupełniany był materiałem strukturotwórczym w postaci gałęzi lub innych elementów drewnianych. Tak przygotowany wsad kompostowy uzupełniany był dodatkowo osadami ściekowymi oraz podsitową frakcją stałych odpadów komunalnych. Tym samym należy stwierdzić, że materiał kierowany do kompostowania spełnia wszystkie warunki heterogeniczności wsadu kompostowego. Nie ma wątpliwości, że pozwala to na rzeczywiste odwzorowanie warunków naturalnych i może służyć do oceny parametrów kinetyki syntezy CO w procesie kompostowania bioodpadów. Rodzaje analizowanego materiału oraz stosowane metody badawcze substratów i produktów zestawiała w tabeli 2. Recenzent bardzo wysoko ocenia wszystkie procedury badawcze, które wykorzystwała w pracach eksperymentalnych, jak też sposób przygotowania próbek reagentów do badań. Korzystała w pełni z zaleceń rodzimych a szczególnie światowych, tym samym poszczególne publikacje Doktorantki zyskują ważny element umiędzynarodowienia, przydatny dla osób w ich rozwoju naukowym. Opracowany rozdział 8. rozprawy doktorskiej stanowi kompilację poszczególnych etapów rozprawy, wynikający z badań i opublikowany w artykułach M1 - M6. Wyniki prowadzonych badań stanowią *novum* w zakresie mało rozpoznanych procesów emisji CO z pryzm kompostowych, zarówno w warunkach przykrycia instalacji, jak też w warunkach rzeczywistych. Szereg elementów naukowych i praktycznych zawartych w opracowaniu Doktorantki może być natychmiast wdrożonych na budowanych lub istniejących już obiektach. Ważnym elementem rozprawy są badania obecności mikroorganizmów w otrzymywanym kompoście, które rzutują na efekty procesu kompostowania. Doktorantka opracowała również tzw.



wskaźnik emisji CO z pryzm kompostowych. Innowacyjny charakter tego opracowania polega nie tylko na pomiarach CO w materiale kompostowanym lecz na określeniu emisji tego gazu do atmosfery pod kątem przrzućania i położenia pryzmy oraz rozprzestrzania się tego gazu w atmosferze. Opracowała przy tym kilka scenariuszy rozprzestrzania się CO w atmosferze. Udowodniła istnienie tzw. ciągu kominowego (efektu kominowego) w pryzmie, nie tylko termicznego a teŹ związanego z emisją CO, zależną od termofilnych mikroorganizmów. Obserwowała teŹ zmiany miejsc (punktów) emisji. Wpływ na te zmiany dopatruje się obecnością mikroorganizmów wytwarzających enzymy dehydrogenazy tlenu węgla (CODH). Badania Doktorantki wykazały, Źe kompostowanie bioodpadów, prowadzone szczególnie w pomieszczeniach zamkniętych i pryzmach, moŹe stanowić zagrożenie zdrowia i Źycia obsługi. Doktorantka przytacza prawdopodobieństwo takiego zagrożenia. Według recenzenta moŹe to być nieco przesadzone, ale ostroŹności "nigdy za wiele". Tym niemniej stosowane modele przewidują takie przypadki. Recenzent sugeruje, Źe stosowane modelowanie matematyczne moŹna rozszerzyć aplikując tzw. "statystyczną analizę krokową" w której wszystkie parametry procesowe mogą być uwzględniane i moŹna wybrać model najlepiej opisujący dane zjawisko. To tylko sugestie "na przyszłość". Doktorantka przedkłada szereg obliczeń i przykładów takich sytuacji, które sądzę omówi precyzyjnie na obronie rozprawy. Rozdział 9 - wnioski i weryfikacja hipotez to syntetyczne omówienie rozprawy doktorskiej Pani mgr inŹ. Karoliny Sobieraj. Recenzent wysoko ocenia wiedzę teoretyczną Doktorantki, oryginalność rozwiązań problemów badawczych, umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej w reprezentowanej dyscyplinie. Nieliczne uwagi dyskusyjne znajdują się w części tekstowej wykonanej recenzji. Recenzent zdecydowanie wnioskuję o wyróżnienie rozprawy doktorskiej co stanowić będzie podsumowanie recenzji. Stwierdzam, Źe tematyka pracy, którą oceniam pozytywnie, spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim i mieści się w dyscyplinie *inŹynieria środowiska, górnictwo i energetyka*, określone w art. 187. ust. 1 i 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U.2023 poz.742).

Karolina Grynajter

prof. dr hab. Kazimierz Szymański

Koszalin, 08.06.2023

Politechnika Koszalińska

ul Śniadeckich 2

75 - 453 Koszalin

### **Wniosek o wyróżnienie - uzasadnienie**

Oceniana rozprawa doktorska zrealizowana w Katedrze Biogospodarki Stosowanej Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, spełnia wszystkie wymagania stawiane rozprawom doktorskim, określone w *art. 187. ust. 1 i 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U.2023 poz.742)*. Opracowanie rozprawy doktorskiej oraz 6. artykułów naukowych, w sposób nie budzący kontrowersji, uzupełniają literaturę światową w zakresie mechanizmów generowania oraz wpływu toksycznego CO na otoczenie przyrodnicze i ludzi. Na szczególne wyróżnienie recenzowanej rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Karoliny Sobieraj jest podjęcie badań emisji tlenku węgla w trakcie procesu kompostowania bioodpadów, problematyki dotychczas słabo rozpoznanej i w niewielkim stopniu publikowanej. Prowadzone badania na tak skomplikowanym heterogenicznym materiale, jakim są bioodpady, wymagało dużego wysiłku w zakresie podstawowych, jak też rozszerzonych badań laboratoryjnych i technicznych. Jak wynika z treści rozprawy doktorskiej nie wszystkie założone hipotezy badawcze okazały się trafne. Nie zawsze modelowanie matematyczne pozwala na precyzyjną ocenę zjawisk naturalnych zachodzących w środowisku przyrodniczym. Tym niemniej Doktorantka znajduje optymalne parametry procesowe (temperatura, stopień napowietrzania, aktywność mikroorganizmów, przeliczenie materiału w pryzmie kompostowej, wskaźniki emisji CO w pryzmach kompostowych), które decydują o procesie kompostowania bioodpadów a tym samym precyzyjnie określiła poziomy stężenia CO, bezpieczne dla pracowników kompostowni, szczególnie w hali zamkniętej i na otwartym terenie bez szkody dla organizmu ludzkiego. Wobec powyższego wnioskuję o **wyróżnienie** rozprawy doktorskiej mgr inż. Karoliny Sobieraj.

*Kazimierz Szymański*