Wpłynęło
do Biura Wydziału Wlk.
dnia 31.03.2026
Lp. 697

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Alicji Kupczyk

pt. „Ocena wybranych procesów podczas przetwarzania morskich odpadów organicznych w złożach trzcinowych"

Promotor: dr hab. inż. Katarzyna Kołecka

1. Przedmiot recenzji i ogólna charakterystyka rozprawy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Alicji Kupczyk dotyczy oceny możliwości zastosowania złóż trzcinowych (ZT) do przetwarzania morskich odpadów organicznych (MOO). Podjęta problematyka jest aktualna i istotna z punktu widzenia inżynierii środowiska, zwłaszcza w odniesieniu do gmin nadmorskich, w których okresowo powstają znaczne ilości materiału usuwanego z plaż. Złoża trzcinowe są technologią rozpoznaną przede wszystkim w procesach odwadniania i mineralizacji osadów ściekowych; ich zastosowanie do MOO stanowi uzasadnione rozszerzenie dotychczasowego obszaru wykorzystania tej grupy rozwiązań.

Przedmiot badań stanowił materiał istotnie odmienny od osadów ściekowych: niejednorodny, zmienny w czasie, zawierający frakcję organiczną i mineralną oraz domieszki pochodzenia antropogenicznego. Wartość podjętego kierunku badawczego wynika zatem nie tylko z adaptacji znanego rozwiązania technologicznego do nowego rodzaju wsadu, lecz przede wszystkim z jego weryfikacji w warunkach rzeczywistej zmienności materiału wejściowego.

Znaczenie analizowanego zagadnienia wykracza poza samo usuwanie materiału z plaż. MOO pozostawione w strefie brzegowej podlega dalszym przemianom, którym może towarzyszyć wtórne uwalnianie związków biogennych oraz emisja CO_2, CH_4 i H_2S. Jego zagospodarowanie obejmuje ponadto uwarunkowania organizacyjne i ekonomiczne związane ze zbieraniem, transportem oraz dalszym wykorzystaniem lub unieszkodliwianiem. **Rozprawa łączy tym samym zagadnienia gospodarki odpadami i ochrony wód z analizą procesową oraz eksploatacyjną.**

Istotnym walorem rozprawy jest realizacja badań w skali pilotażowej. Doktorantka zaprojektowała i eksploatowała obiekt zasilany MOO oraz mieszaniną MOO z kompostem (MOO+K). Obiekt funkcjonował w latach 2019-2022, natomiast zasadniczą kampanię analityczną prowadzono w latach 2020-2022. Zmienna dostępność i właściwości MOO oraz nieregularny reżim zasilania ograniczały możliwość pełnej kontroli zmiennych eksperymentalnych, jednocześnie jednak pozwoliły rozpoznać uwarunkowania typowe dla eksploatacji instalacji pracującej z materiałem o dużej zmienności sezonowej i jakościowej.

Zakres badań obejmował zarówno podstawowe efekty technologiczne, jak i ocenę jakości materiału po przetwarzaniu, charakterystykę odcieków oraz identyfikację procesów biologicznych

zachodzących w złożu. Tak przyjęty program badawczy umożliwił ocenę ZT jako złożonego układu technologicznego, a nie wyłącznie urządzenia odwadniającego.

Rozprawa ma układ monograficzny i obejmuje osiem zasadniczych rozdziałów, poprzedzonych wstępem oraz uzupełnionych spisem literatury, rysunków, tabel i załącznikami. Część literaturowa, obejmująca rozdziały 1-3 (s. 7-38), liczy około 32 stron. Część poświęcona badaniom własnym - od sformułowania celu i tez, przez metodykę, wyniki i dyskusję, po podsumowanie i wnioski - obejmuje rozdziały 4-8 (s. 39-145), czyli około 107 stron. **Stosunek objętości części literaturowej do badawczej wynosi około 1:3,3 (23% do 77% zasadniczego tekstu). Proporcję tę należy uznać za właściwą dla rozprawy eksperymentalnej o profilu inżynierskim. Struktura pracy jest logiczna i prowadzi od zdefiniowania problemu oraz jego uwarunkowań, poprzez założenia i metody badań, do oceny funkcjonowania analizowanego rozwiązania.**

2. Znaczenie problemu badawczego i jego osadzenie w inżynierii środowiska

MOO jest materiałem o znacznej zmienności ilościowej i jakościowej, zależnej m.in. od sezonu, miejsca poboru, czasu zalegania na plaży oraz stopnia rozkładu. Z tego względu parametry eksploatacyjne wypracowane dla osadów ściekowych nie mogą być bezpośrednio przenoszone na ten rodzaj wsadu.

Zasadnicza wartość poznawcza rozprawy wynika z empirycznej weryfikacji funkcjonowania złoża trzcinowego zasilanego MOO oraz z określenia skuteczności i ograniczeń tej technologii w odniesieniu do nowego rodzaju materiału.

Istotnym elementem pracy jest również równoległa ocena właściwości materiału po przetwarzaniu oraz potencjalnych konsekwencji środowiskowych procesu, co rozszerza zakres analizy poza sam efekt odwadniania.

3. Cel, pytania naukowe, tezy i zakres badań

Głównym celem badań była ocena możliwości zastosowania złóż trzcinowych, wykorzystywanych dotychczas głównie do odwadniania i mineralizacji osadów ściekowych, do przetwarzania MOO. Cel rozwinięto poprzez ocenę podatności PMOO i PMOO+K na odwadnianie, przebiegu mineralizacji, zmian jakości materiału stałego oraz jakości powstających odcieków. Zakres badań jest spójny z przyjętym celem i umożliwia ocenę zarówno efektu technologicznego, jak i towarzyszących mu uwarunkowań środowiskowych.

Autorka sformułowała dziewięć problemów naukowych obejmujących m.in. zmiany zawartości suchej masy i materii organicznej, przemiany N_{Kj} i P_{og}, obecność metali ciężkich, WWA, ftalanów, pestycydów i PFAS, toksyczność, jakość odcieków, wpływ dodatku kompostu oraz skład mikrobiologiczny złoża. Pomimo szerokiego zakresu poszczególne zagadnienia pozostają logicznie

powiązane i służą ocenie funkcjonowania złoża, właściwości materiału po przetwarzaniu oraz ograniczeń jego potencjalnego wykorzystania.

W rozprawie sformułowano trzy tezy. Dwie pierwsze, dotyczące możliwości odwadniania i mineralizacji MOO oraz potencjalnych właściwości użytkowych materiału przy uwzględnieniu obecności mikrozanieczyszczeń, znajdują wyraźne oparcie w przedstawionych wynikach. **Bardziej ostrożnej interpretacji wymaga teza trzecia, zgodnie z którą przetwarzanie MOO i MOO+K w ZT nie powoduje zagrożenia dla środowiska. Na podstawie uzyskanych wyników zasadne jest stwierdzenie, że w warunkach badanego obiektu i w zakresie wykonanych oznaczeń nie wykazano jednoznacznego istotnego negatywnego oddziaływania. Nie uprawnia to jednak do generalnego wykluczenia ryzyka środowiskowego. Zakres obowiązywania tego wniosku powinien być zatem jednoznacznie ograniczony do warunków i zakresu badań przedstawionych w rozprawie.**

4. Ocena metodyki i organizacji badań

Obiekt pilotażowy obejmował dwa zbiorniki podzielone łącznie na osiem kwater. Zastosowano warstwowe wypełnienie z piasku, żwiru i tłucznia, a poszczególne kwatery zasilano MOO lub MOO+K. Taki układ umożliwiał równoległą obserwację obu wariantów materiałowych oraz zmian zachodzących w czasie. **Konstrukcję doświadczenia należy uznać za czytelną, a dobór podstawowych elementów złoża za technologicznie uzasadniony dla przyjętej skali badań.**

Terenowy charakter badań stanowi istotne uwarunkowanie metodyczne. Dostępność MOO zależała od sezonu i warunków na wybrzeżu, dlatego zasilanie obiektu nie mogło być prowadzone według stałego harmonogramu. W latach 2019-2022 wykonano łącznie 15 zasileń: jedno w 2019 r., sześć w 2020 r., pięć w 2021 r. i trzy w 2022 r. Utrudnia to klasyczne porównania pomiędzy seriami badawczymi, lecz jednocześnie odzwierciedla rzeczywistą zmienność warunków eksploatacyjnych.

Istotnym ograniczeniem doświadczenia były nieszczelności, które wystąpiły po okresie zimowym na połączeniach ścianek rozdzielających kwatery. Spowodowały one mieszanie odcieków i konieczność zastąpienia poboru próbek z poszczególnych kwater próbkami uśrednionymi dla zbiornika. Autorka opisała to zdarzenie w sposób transparentny. Z punktu widzenia oceny metodycznej należy jednak podkreślić, że mieszanie odcieków ogranicza możliwość jednoznacznego przypisania ich jakości do konkretnego wariantu zasilania.

Zakres zastosowanych metod analitycznych był szeroki i adekwatny do sformułowanych problemów badawczych. Program badań uzupełniono analizami mikrobiologicznymi i toksykologicznymi. Szczególną wartość poznawczą ma charakterystyka zbiorowisk bakteryjnych z wykorzystaniem sekwencjonowania genu 16S rRNA, która umożliwiła powiązanie

obserwowanych efektów procesowych z aktywnością biologiczną zachodzącą w złożu i pogłębiła interpretację mechanizmów funkcjonowania układu.

Jedna kwestia metodyczna wymaga jednoznacznego wyjaśnienia. W opisie obliczania zawartości suchej masy M_1 zdefiniowano jako masę próbki przed suszeniem, a M_2 jako masę po suszeniu, natomiast podano wzór $(M_1-M_2)/M_1 \cdot 100\%$. Przy takim oznaczeniu zmiennych wzór opisuje ubytek masy podczas suszenia, a więc w praktyce zawartość wody, nie zaś suchej masy. Charakter przedstawionych wyników wskazuje, że najprawdopodobniej jest to omyłka w zapisie wzoru, a nie błąd obliczeniowy. Kwestia ta powinna zostać jednoznacznie wyjaśniona podczas obrony.

Zakres analizy statystycznej był węższy niż zakres wykonanych oznaczeń i obejmował głównie statystykę opisową oraz regresję liniową. Przy dużej zmienności materiału i nieregularnym zasilaniu nie stanowi to wady dyskwalifikującej, wymaga jednak zachowania dyscypliny interpretacyjnej oraz wyraźnego rozróżniania obserwowanych tendencji, zależności statystycznych i relacji przyczynowo-skutkowych.

Dodatkowe ograniczenie interpretacyjne wynika ze współzmienności rodzaju wsadu, obciążenia, czasu od poprzedniego zasilenia i warunków meteorologicznych. W konsekwencji nie każdą różnicę pomiędzy PMOO i PMOO+K można jednoznacznie przypisać dodatkowi kompostu.

5. Ocena wyników i ich interpretacji

Najbardziej jednoznaczne są wyniki dotyczące odwadniania. W trzyletnim okresie badań średnia zawartość suchej masy w PMOO i PMOO+K, zależnie od kwatery, wynosiła około 45,5-66,8%. Wartości te są co najmniej porównywalne z efektami raportowanymi dla osadów ściekowych przetwarzanych w złożach trzcinowych, a w części przypadków są od nich wyższe. Z punktu widzenia inżynierii procesu wynik ten potwierdza techniczną wykonalność odwadniania MOO w analizowanym układzie.

Nie wykazano prostej zależności pomiędzy obciążeniem kwater a zawartością suchej masy w materiale przetwarzanym. Wynik ten potwierdza wieloczynnikowy charakter procesu odwadniania i wskazuje, że jego przebiegu nie można wiarygodnie opisywać za pomocą pojedynczego parametru eksploatacyjnego.

W odniesieniu do mineralizacji stwierdzono zmniejszenie udziału materii organicznej względem surowego MOO. W części wariantów PMOO jej zawartość spadała poniżej 41% s.m., co potwierdza, że złoże pełniło nie tylko funkcję odwadniającą, lecz również stabilizującą. Dodatek kompostu wpływał na przebieg procesu: PMOO+K zachowywał większą zawartość materii organicznej i mineralizował wolniej. Wynik ten wskazuje na istotny kompromis technologiczny,

wzbogacenie materiału w związki biogenne może poprawiać jego potencjalne właściwości użytkowe, jednocześnie nie sprzyjając szybszej stabilizacji materii organicznej.

Przemiany azotu i fosforu miały odmienny charakter. W przypadku azotu Autorka wskazuje na mineralizację oraz przemiany biologiczne prowadzące do częściowego usuwania, natomiast fosfor był w większym stopniu zatrzymywany w układzie, z możliwością okresowej mobilizacji zależnej od warunków redoks. Warianty z dodatkiem kompostu charakteryzowały się większą zawartością N_{Kj} i P_{og}. Interpretacja ta jest spójna z wynikami badań odcieków i analiz mikrobiologicznych, nie zastępuje jednak pełnego bilansu masowego. **Wyniki należy zatem traktować jako identyfikację dominujących kierunków przemian, a nie ilościowe zamknięcie bilansu azotu i fosforu w całym układzie.**

Ostrożności wymaga interpretacja wyników dotyczących mikrozanieczyszczeń. Zawartości oznaczanych metali ciężkich nie przekraczały wartości granicznych przyjętych jako punkt odniesienia z przepisów dotyczących komunalnych osadów ściekowych. Wobec braku dedykowanych kryteriów dla MOO takie odniesienie jest uzasadnione porównawczo, lecz nie stanowi formalnej podstawy do kwalifikowania materiału do określonego sposobu wykorzystania. WWA nie stanowiły istotnego problemu, a pestycydy były nieobecne lub wykrywane sporadycznie. Większe znaczenie mają ftalany i PFAS, ponieważ ich obecność ogranicza możliwość formułowania szerokich wniosków dotyczących bezpieczeństwa środowiskowego materiału.

Wyniki badań toksykologicznych materiału stałego są generalnie korzystne. Test Microtox wskazywał na niską toksyczność lub jej brak, a w części próbek obserwowano efekt stymulujący aktywność bakterii luminescencyjnych. **Zakres wnioskowania powinien jednak odpowiadać czułości i specyfice zastosowanego testu. Wyniki te opisują reakcję organizmu testowego w określonych warunkach ekspozycji, nie stanowią natomiast samodzielnej podstawy do całościowej oceny bezpieczeństwa środowiskowego materiału.**

Analizy mikrobiologiczne stanowią wartościowe uzupełnienie części technologicznej. W próbkach dominowały *Firmicutes, Proteobacteria i Actinobacteriota*. Przy większych obciążeniach oraz w wariantach z kompostem większy udział miały *Firmicutes*, w tym *Bacillus*, natomiast przy niższych obciążeniach wzrastał udział *Proteobacteria i Actinobacteriota*. Obecność *Nitrosospira* i *Nitrospira* pozostaje spójna z interpretacją przemian azotu. Wyniki potwierdzają, że złoże jest aktywnym środowiskiem biologicznym, w którym równolegle zachodzą rozkład materii organicznej i przemiany związków biogennych.

Odrębnej oceny wymagają odcieki. Charakteryzowały się odczynem lekko zasadowym, około pH 7-8,5, natomiast ChZT oraz stężenia poszczególnych form azotu i fosforu zmieniały się w szerokim zakresie i okresowo osiągały wysokie wartości. Istotne są również wyniki oznaczeń PFAS oraz badań toksykologicznych odcieków. **W rozdziale 8 Autorka wskazuje niewielką ilość**

odcieków jako przesłankę ograniczonego potencjału oddziaływania na środowisko. Rozprawa nie przedstawia jednak pełnego bilansu ilościowego objętości odcieków i odpowiadających im ładunków zanieczyszczeń, dlatego wniosek ten należy odnosić wyłącznie do warunków badanego obiektu pilotażowego.

Istotnym ograniczeniem interpretacyjnym jest brak pełnych bilansów ilościowych. W odniesieniu do odcieków analiza samych stężeń nie pozwala określić całkowitego wynoszenia ChZT, azotu, fosforu i PFAS. W fazie stałej brak pełnego bilansu masowego utrudnia natomiast rozdzielenie retencji w materiale i warstwie filtracyjnej, poboru przez trzcinę, wynoszenia z odciekami oraz -w przypadku azotu - strat gazowych.

6. Najważniejsze osiągnięcia rozprawy

Na podstawie przeprowadzonej analizy za najważniejsze osiągnięcia rozprawy uznaję:

1. **Wykazanie w skali pilotażowej możliwości skutecznego odwadniania MOO w złożu trzcinowym, przy efektach porównywalnych z wartościami raportowanymi dla osadów ściekowych.**
2. **Potwierdzenie, że w ZT zachodzi nie tylko usuwanie wody, lecz również mineralizacja i stabilizacja materii organicznej.**
3. **Określenie wpływu dodatku kompostu na właściwości materiału, w tym wzrost zawartości NKj i Pog przy jednoczesnym spowolnieniu odwadniania i mineralizacji.**
4. **Przeprowadzenie wielokryterialnej oceny jakości PMOO i PMOO+K, obejmującej związki biogenne, mikrozanieczyszczenia, bezpieczeństwo sanitarne i ekotoksykologiczne, co umożliwiło wskazanie zarówno potencjalnych właściwości użytkowych materiału, jak i czynników ograniczających jego wykorzystanie.**
5. **Powiązanie efektów procesowych ze strukturą zbiorowisk bakteryjnych, umożliwiające pełniejszą interpretację rozkładu materii organicznej oraz przemian azotu.**

7. Uwagi i pytania do Doktorantki

Rozprawę oceniam pozytywnie. Poniższe uwagi i pytania odnoszą się do przyjętej metodyki, sposobu interpretacji wyników oraz zakresu wniosków sformułowanych w pracy i mają służyć doprecyzowaniu kwestii istotnych dla oceny jej wartości naukowej.

1. **W metodyce podano wzór na zawartość suchej masy w postaci $(M_1-M_2)/M_1 \cdot 100\%$, przy czym M_1 oznacza masę próbki przed suszeniem, a M_2 - masę po suszeniu. Przy takim zdefiniowaniu zmiennych wzór określa względny ubytek masy podczas suszenia, a więc odpowiada zawartości wody, nie zaś zawartości suchej masy. Czy jest to wyłącznie omyłka redakcyjna w zapisie wzoru, czy też wzór ten był rzeczywiście stosowany w obliczeniach?**

A/mD

W jaki sposób zweryfikowano poprawność obliczeń tego podstawowego parametru procesowego?

2. **MOO charakteryzował się znaczną zmiennością, a zasilenia miały charakter nieregularny. Jak Doktorantka ocenia reprezentatywność trzyletniego doświadczenia dla analizowanego problemu oraz w jakim stopniu zmienność materiału wejściowego ogranicza możliwość uogólnienia uzyskanych wyników?**
3. **W badaniach nie wykazano prostej zależności pomiędzy obciążeniem kwater a efektem odwadniania, przy jednoczesnej zmienności rodzaju wsadu, częstotliwości zasilania i warunków meteorologicznych. Jak Doktorantka interpretuje znaczenie poszczególnych czynników i które zależności uważa za najlepiej udokumentowane na podstawie zgromadzonego materiału badawczego?**
4. **Po okresie zimowym wystąpiły nieszczelności i mieszanie odcieków. W jakim stopniu uśrednianie odcieków dla zbiorników A-D i E-H ograniczyło możliwość porównania wariantów MOO i MOO+K oraz interpretację wyników dotyczących jakości odcieków?**
5. **Dodatek kompostu zwiększał zawartość N_{Kj} i P_{og}, a jednocześnie był związany z wolniejszym odwadnianiem i mineralizacją. W jakim stopniu przyjęty układ doświadczenia pozwala przypisać obserwowane różnice właśnie dodatkowi kompostu?**
6. **W części literaturowej arsen (As) wskazano jako istotny toksyczny pierwiastek występujący w środowisku Bałtyku, natomiast nie uwzględniono go w panelu oznaczanych metali. Z czego wynikał taki dobór zakresu analitycznego i czy brak oznaczeń As wpływa na kompletność oceny badanego materiału?**
7. **Trzecia teza rozprawy zakłada, że przetwarzanie MOO oraz MOO+K w ZT nie powoduje zagrożenia dla środowiska. Czy Doktorantka podtrzymuje tak szerokie sformułowanie w świetle obecności ftalanów i PFAS, okresowo wysokich wartości ChZT i stężeń związków biogennych w odciekach oraz wyników testu z *Thamnocephalus platyurus*? Czy bardziej adekwatne nie byłoby ograniczenie tego wniosku do warunków badanego obiektu i zakresu wykonanych analiz?**
8. **W odciekach okresowo stwierdzano bardzo wysokie stężenia PFAS, podczas gdy w podsumowaniu niewielką ilość odcieków wskazano jako przesłankę ograniczonego oddziaływania. Na jakiej podstawie ilościowej sformułowano ten wniosek przy braku pełnego bilansu objętości odcieków i ładunków PFAS?**
9. **Wyniki wskazują na przemiany azotu i fosforu, jednak w rozprawie nie przedstawiono pełnego bilansu masowego tych składników. W jakim stopniu ogranicza to możliwość**

rozdzielenia retencji w materiale i warstwie filtracyjnej, poboru przez trzcinę, wynoszenia z odciekami oraz -w przypadku azotu - strat gazowych?

10. **Ze względu na zmienność materiału, nieregularny reżim zasilania i środowiskowy charakter doświadczenia możliwości wnioskowania statystycznego były ograniczone. Jak wpływa to na siłę najważniejszych wniosków rozprawy i w których obszarach należy szczególnie ostrożnie rozróżniać zależność statystyczną od relacji przyczynowo-skutkowej?**
11. **W rozdziale 8 wskazano potencjał nawozowy PMOO i PMOO+K. Czy na podstawie przedstawionych wyników zasadne jest posługiwanie się pojęciem „przydatności nawozowej", czy też bardziej precyzyjne byłoby pozostanie przy określeniu „potencjalne właściwości nawozowe", z uwagi na obecność mikrozanieczyszczeń, zmienność mikrobiologiczną i brak pełnej oceny agronomicznej?**
12. **Na jakim poziomie gotowości technologicznej (TRL) Doktorantka umiejscowiłaby rozwiązanie oceniane w rozprawie i które elementy przeprowadzonych badań stanowią podstawę takiej kwalifikacji?**
13. **Proszę wskazać wynik rozprawy, który Doktorantka uważa za najważniejszy wkład poznawczy pracy, oraz uzasadnić, dlaczego właśnie ten wynik najpełniej świadczy o oryginalności rozwiązania problemu naukowego.**

Powyższe pytania stanowią punkt wyjścia do merytorycznej dyskusji podczas publicznej obrony i odnoszą się bezpośrednio do przyjętej metodyki, uzyskanych wyników, sposobu ich interpretacji oraz zasadności wniosków sformułowanych w rozdziale 8.

8. Ocena sposobu opracowania rozprawy

Rozprawa zawiera obszerną dokumentację wyników i potwierdza, że Autorka swobodnie porusza się w obszarze zagadnień technologicznych, chemicznych, środowiskowych i mikrobiologicznych. Pozytywnie należy ocenić w szczególności odniesienie wyników do danych dotyczących osadów ściekowych przetwarzanych w ZT, stanowiących najbardziej uzasadniony punkt porównawczy dla oceny skuteczności i ograniczeń badanego rozwiązania.

Zastrzeżenia o charakterze redakcyjno-technicznym dotyczą materiału ilustracyjnego w rozdziałach 1-3. Część rysunków i fotografii ma niewystarczającą jakość techniczną, przez co po umieszczeniu na stronie niektóre elementy stają się mało czytelne. Materiał graficzny w rozprawie doktorskiej powinien być przygotowany w sposób bardziej jednolity i w rozdzielczości zapewniającej jednoznaczny odczyt prezentowanych informacji. Uwaga ta nie wpływa na ocenę merytoryczną pracy.

W pracy występują równiez drobne literówki, m.in. „analiza wnyków", „mikoroogranizmów", „identyfikacjia", „moka masa", „zasileni" czy „nie istenieje".

Niejednolity jest zapis skrótów, indeksów chemicznych i jednostek; przykładowo pojawia się „ChzT" zamiast ChZT, a w wykazie skrótów występują duplikaty i błędy zapisu. Nadmiernie rozbudowane są również w mojej ocenie niektóre odwołania wewnętrzne typu „Rozdział 6-6.2-6.2.2". Uchybienia te mają charakter redakcyjny i nie wpływają na wartość naukową rozprawy.

Dyskusja wyników została zasadniczo przeprowadzona prawidłowo. Autorka nie ogranicza się do prezentacji danych, lecz podejmuje próbę identyfikacji mechanizmów odpowiedzialnych za obserwowane zmiany i odnosi wyniki do literatury przedmiotu. Nie wszystkie zależności mogą zostać jednoznacznie rozstrzygnięte na podstawie zgromadzonego materiału, jednak przyjęty kierunek interpretacji pozostaje merytorycznie uzasadniony.

W części interpretacyjnej moim zdaniem wskazana jest większa ostrożność. Dotyczy to przede wszystkim traktowania wysokiego udziału azotanów jako bezpośredniej przesłanki dobrego natlenienia złoża oraz konieczności wyraźnego rozróżnienia pomiędzy potencjalnymi właściwościami nawozowymi, rzeczywistą przydatnością nawozową i ogólnym bezpieczeństwem środowiskowym materiału.

9. Ocena końcowa

Rozprawę doktorską mgr inż. Alicji Kupczyk oceniam wysoko pod względem wartości poznawczej i aplikacyjnej. Na szczególne podkreślenie zasługuje wieloletnie doświadczenie pilotowe prowadzone przy zmiennym, sezonowym dopływie MOO. **Realizacja badań wymagała zaprojektowania i utrzymania obiektu, organizacji zasileń oraz konsekwentnego prowadzenia szerokiego programu analitycznego, co potwierdza zdolność Doktorantki do samodzielnego prowadzenia złożonych badań inżynierskich.**

Na wysoką ocenę zasługuje również interdyscyplinarne połączenie analiz technologicznych, chemicznych, mikrobiologicznych i toksykologicznych, umożliwiające wieloaspektową ocenę funkcjonowania badanego układu.

Najważniejsze ograniczenia rozprawy wynikają z terenowego charakteru doświadczenia, znacznej zmienności MOO, nieszczelności powodujących mieszanie odcieków, ograniczonego zakresu wnioskowania statystycznego oraz braku pełnych bilansów masowych. Ograniczenia te nie podważają zasadniczych wyników dotyczących odwadniania i mineralizacji, lecz wymagają ostrożności przy formułowaniu szerszych uogólnień.

Wniosek końcowy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Alicji Kupczyk pt. „Ocena wybranych procesów podczas przetwarzania morskich odpadów organicznych w złożach trzcinowych" stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Doktorantka wykazała się ogólną wiedzą

teoretyczną w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka oraz umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Szczególnie wysoko należy ocenić wieloletni charakter doświadczenia pilotowego, szeroki program analityczny oraz krytyczne odniesienie do ograniczeń badanego rozwiązania.

Uzyskane wyniki mają wyraźną wartość poznawczą i aplikacyjną. Dwie pierwsze tezy rozprawy znajdują jednoznaczne oparcie w materiale badawczym, natomiast tezę dotyczącą braku zagrożenia dla środowiska należy interpretować wyłącznie w granicach badanego obiektu i zakresu wykonanych analiz.

Stwierdzam zatem, że rozprawa doktorska mgr inż. Alicji Kupczyk spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim określone w ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, i wnioskuję do właściwej Rady Dyscypliny Naukowej o dopuszczenie mgr inż. Alicji Kupczyk do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia doktora. Ze względu na wysoki poziom merytoryczny pracy, szeroki i konsekwentnie zrealizowany program badań, oryginalność podjętego problemu oraz znaczenie poznawcze i praktyczne uzyskanych wyników wnoszę również o wyróżnienie rozprawy doktorskiej mgr inż. Alicji Kupczyk.

21.08.2026 r
Izabela Kruszelnicka