

Dr hab. inż. Alina Kowalczyk-Juško, prof. uczelni  
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie  
Wydział Inżynierii Produkcji  
Katedra Inżynierii Środowiska i Geodezji  
ul. Leszczyńskiego 7  
20-069 Lublin

Lublin, 03.06.2024 r.

**Recenzja rozprawy doktorskiej  
mgr. Stanisława Derehajło**

**pt.: „Efekty energetyczne i ekologiczne rolniczych instalacji biogazowych i ich wpływ  
na środowisko”,**

**wykonanej w Instytucie Technologiczno-Przyrodniczym –  
Państwowym Instytucie Badawczym w Falentach**

**pod kierunkiem promotora – prof. dr. hab. inż. Wacława Romaniuka**

**oraz dr. hab. inż. Grzegorza Wałowskiego, prof. ITP-PIB – promotora pomocniczego**

**Informacje wstępne**

Recenzja została wykonana na podstawie Uchwały Rady Naukowej Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego - PIB z dnia 14 marca 2024 r. w sprawie wyznaczenia recenzentów w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora w dziedzinie nauk inżyniersko-technicznych, dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, prowadzonym w trybie eksternistycznym, wszczętym na wniosek mgr. Stanisława Derehajły (pismo z dnia 08.04.2024 r. DON-RN.12/2024).

**Informacja o temacie rozprawy**

Tytuł rozprawy doktorskiej, stanowiącej podstawę ubiegania się mgr. Stanisława Derehajły o nadanie stopnia doktora brzmi „Efekty energetyczne i ekologiczne rolniczych instalacji biogazowych i ich wpływ na środowisko”. Sformułowany temat wskazuje na podjęcie badań w aktualnej i ważnej tematyce pozyskiwania energii z jednego z jej odnawialnych źródeł, jakim jest biomasa, której energię chemiczną można przetworzyć na energię użytkową wykorzystując proces fermentacji metanowej.

Problematyka zaspokojenia potrzeb energetycznych współczesnego świata jest przedmiotem licznych badań naukowych, debat politycznych i prób wprowadzania rozwiązań systemowych. Niestabilna sytuacja geopolityczna ostatnich lat powoduje, że niezbędne jest dążenie do intensyfikacji działań w kierunku niezależności energetycznej poszczególnych krajów i regionów, co umożliwiają odnawialne, rozproszone źródła energii. Największy potencjał OZE w Polsce postrzegany jest w biomasie, gdyż nasz kraj nie dysponuje

znaczącymi zasobami energii wodnej, wiatrowej czy słonecznej. Równocześnie zasoby biomasy, pochodzącej z rolnictwa, przetwórstwa rolno-spożywczego, a także gospodarki komunalnej, stanowią odnawialny, szeroko dostępny rezerwuár surowców. Biomasa najczęściej jest spalana (np. w kotłach przydomowych) lub współspalana z węglem w energetyce zawodowej. Procesy termochemiczne prowadzą do nieodwracalnej degradacji materii, co kłóci się z ideą gospodarki obiegu zamkniętego. Ten nowy kierunek gospodarki odpadami i surowcami zakłada zamykanie łańcuchów obiegu surowców i włączanie odpadów do kolejnych procesów technologicznych. W ideę tę doskonale wpisuje się wytwarzanie energii w oparciu o proces fermentacji metanowej, który pozwala na pozyskanie części energii zawartej w biomacie i jej konwersję na energię użytkową (elektryczną, ciepłą, jako paliwo), bez utraty surowców wyjściowych, jakimi są różne rodzaje biomasy. Przefermentowana biomasa wraca do obiegu w postaci pofermentu, stosowanego najczęściej do nawożenia pól.

Proces fermentacji przeprowadza się w biogazowniach o różnej skali, z wykorzystaniem różnych rozwiązań technicznych. W Polsce obserwuje się dążenie do budowy coraz większych biogazowni. Tymczasem istnieją niezagospodarowane zasoby biomasy, przydatnej dla biogazowni, występujące w wielu gospodarstwach rolnych o średniej skali produkcji. Dla takich źródeł zasobów proponowane są mikrobiogazownie rolnicze o zainstalowanej mocy elektrycznej do 50 kW. Nie cieszą się one w Polsce dużym zainteresowaniem głównie ze względów ekonomicznych. Podjęcie badań na efektywności funkcjonowania mikrobiogazowni, które były obiektem badawczym mgr. Stanisława Derehajło, jest szczególnie cenne, gdyż pozwala ocenić zasadność ich budowy i eksploatacji.

Tytuł rozprawy doktorskiej obejmuje też kwestie środowiskowe funkcjonowania biogazowni. Ta część dysertacji, sygnalizowana w tytule, została jednak w samej pracy zawężona, stąd też wydaje się zbędne jej uwypuklenie w tytule.

### **Ocena układu rozprawy doktorskiej**

Rozprawa doktorska, przedłożona do recenzji, ma charakter monografii, obejmuje 109 stron maszynopisu. Praca ma układ typowy dla prac badawczych, składa się z 10 numerowanych rozdziałów i nienumerowanej części zatytułowanej „Literatura”. Praca nie zawiera wstępu, a rozpoczyna ją rozdział 1. *Analiza stanu zagadnienia w świetle literatury*, podzielony na trzy podrozdziały. Jest to część teoretyczna rozprawy, oparta na literaturze przedmiotu. W podrozdziale 1.3. *Podsumowanie analizy oraz sformułowanie problemu*, Autor stawia trzy pytania, określające problem badawczy, którego rozwiązanie mają przynieść przeprowadzone badania. Problemy badawcze sugerują, że Doktorant będzie oceniał efektywność ekonomiczną produkcji energii w oparciu o proces fermentacji metanowej w gospodarstwie rolnym oraz efekty środowiskowe jej działalności. Dalsze części dysertacji skupiają się raczej na efektywności energetycznej małych instalacji biogazowych, co powinno

być bardziej podkreślone jako problem, szczególnie że temat ten jest rzadko podejmowany w badaniach, szczególnie w warunkach polskich.

Drugi rozdział rozprawy doktorskiej zawiera *Cel i zakres pracy* oraz wskazuje zadania, jakie zostały zrealizowane aby zamierzony cel osiągnąć.

Rozdział 3. *Metodyka badań* wskazuje obiekty badań (dwie mikrobiogazownie rolnicze) i nakreśla ogólnie przeprowadzone w nich prace badawcze, obrazując je na schemacie. Metody poszczególnych badań, wraz z wzorami wykorzystanymi do wybranych analiz, zostały uszczegółowione w podrozdziałach omawiających ich przebieg i wyniki.

Rozdział 4. *Realizacja badań* opisuje badane biogazownie rolnicze i ich funkcjonowanie, a także przyrządy pomiarowe, wykorzystane w doświadczeniu. Rozdział ten stanowi rozwinięcie części metodycznej dysertacji, zatem Doktorant mógłby zawrzeć te informacje w rozdziale 3.

Rozdziały 5-8 zawierają wyniki badań przeprowadzonych w biogazowniach, z podziałem na części dotyczące poszczególnych zagadnień: sprawności instalacji biogazowni, jakości energii elektrycznej w nich wytwarzanej, wpływu biogazowni na emisję CO<sub>2</sub>, składu chemicznego substratów i pofermentu.

Rozdziały 9. *Podsumowanie pracy* i 10. *Wnioski końcowe* zawierają najważniejsze wyniki i spostrzeżenia wynikające z przeprowadzonych badań oraz ich uogólnienie w postaci wniosków.

Dysertacja nie zawiera części dyskusji ani jako osobnego rozdziału, ani też odniesień do literatury w badawczej jej części. Porównanie uzyskanych wyników badań własnych z publikowanymi przez innych autorów, znacząco wzbogaciłoby ocenianą rozprawę doktorską.

### **Ocena zastosowanego piśmiennictwa**

Spis literatury zawiera 149 pozycji literatury, z czego 24 pozycje stanowi przywołanie portali internetowych. Dobór bibliografii mógłby być bardziej trafny, gdyby Doktorant sięgnął po pozycje nowsze, szczególnie prezentujące aktualny stan światowej wiedzy z zakresu wytwarzania biogazu. Branża biogazowa rozwija się dynamicznie zarówno w Polsce, jak też na całym świecie. Technologie promowane jeszcze kilkanaście, a nawet kilka lat temu, okazują się mało efektywne, a postęp technologiczny weryfikuje dawne założenia i projekcje. Doktorant wykorzystał w części przeglądowej literaturę z początku XXI wieku, w tym liczne pozycje o charakterze popularno-naukowym, mniej zaś cytuje pozycje prezentujące wyniki prac badawczych. Może to wynikać z faktu, że mgr Stanisław Derehajło nie jest pracownikiem naukowym, nie porusza się więc w środowisku badaczy, a raczej bazuje na informacjach branżowych. Tym także można tłumaczyć niedociągnięcia dotyczące samego sposobu cytowania wykorzystanej literatury. Zapis pozycji bibliograficznych jest niespójny; kolejność danych bibliograficznych powinna być ujednolicona, szczególnie gdyby uzyskany materiał

badawczy miał być wykorzystany do przygotowania publikacji naukowej. Bibliografia byłaby bardziej czytelna, gdyby Autor wydzielił netografię z ogólnego spisu literatury, a także gdyby wskazał aktualnie obowiązujące przepisy regulujące problematykę wytwarzania biogazu rolniczego. Ponadto w spisie literatury znajdują się pozycje, które nie zostały przywołane w tekście rozprawy (poz. 16, 17, 84, 115, 149). Można też znaleźć pozycje powtórzone (poz. 131 i 132) oraz zapisane w sposób utrudniający ich odnalezienie w zasobach bibliograficznych (poz. 96, 103, 112, 147).

### **Ocena celu pracy**

Jako cel badań, mgr Derehajło wskazuje określenie efektu energetycznego biogazowni rolniczych wybudowanych w wybranych gospodarstwach rolnych na terenie woj. podlaskiego. Cel jest sformułowany poprawnie, a kolejne części pracy służą jego realizacji. Określono też zadania, zrealizowane podczas badań oraz ich zakres. Pewne wątpliwości budzi zadanie 4. *Wykonanie analiz emisyjności CO<sub>2</sub> w badanych biogazowniach*, gdyż zadanie to zostało zrealizowane pośrednio i stanowi zaledwie tło dla kolejnych analiz związanych z aspektami energetycznymi badanych biogazowni.

### **Ocena zastosowanych metod badawczych**

Oceniana dysertacja została przygotowana w oparciu o wyniki badań przeprowadzonych w dwóch mikrobiogazowniach rolniczych, funkcjonujących przy gospodarstwach rolnych i zagospodarowujących odchody zwierząt w postaci gnojowicy. Kandydat poprawnie i zrozumiale opisał badane instalacje, zasady ich funkcjonowania, a także przyrządy pomiarowe, wykorzystane w części oceniającej jakość wytwarzanej energii elektrycznej. Wskazał też wzory wykorzystane do analizy statystycznej (średnia arytmetyczna, mediana, odchylenie standardowe, rozstęp, współczynnik zmienności). W omówieniu wyników badań pojawiają się też inne wskaźniki analizy statystycznej (skośność, kurtoza – tabele 6.9 i 6.19), o których Autor nie wspomniał w części metodycznej. W rozdziale 7 (str. 85) podany jest wzór (brak jego numeru), według którego obliczano emisję CO<sub>2</sub> ze spalania biogazu, jednak przyjęty wskaźnik emisji 54,6 kg/GJ nie znajduje odzwierciedlenia w krajowych regulacjach (wg KOBIZE wynosi on 57,65 kg/GJ), a zastosowana wartość nie została poprawnie zacytowana (na str. 85 znajduje się odwołanie w postaci [?47]). Mimo podania metody obliczania emisyjności instalacji biogazowej, obliczenia takowe nie zostały zawarte w ocenianej pracy. Ponadto ani w metodyce badań, ani też w rozdziale 8, nie podano metod, według jakich zostały przeprowadzone badania składu chemicznego substratu (gnojowicy) i pofermentu, które to wyniki znalazły się w rozdz. 8 (tab. 8.1). Wyjaśnienia wymaga też część metodyczna badań sprawności instalacji biogazowni rolniczej, których wyniki omówiono w rozdz. 5: **dłaczego badania zostały przeprowadzone wyłącznie w obiekcie nr 1? Proszę**

**też o wyjaśnienie, w jaki sposób zostały określone parametry oceny funkcjonowania biogazowni: dostępność techniczna i zrealizowana wydajność (rozd. 5).** Generalnie zastosowane zostały odpowiednie metody badawcze, jednak nie zawsze były one właściwie opisane w rozprawie, a część z nich wymaga wyjaśnienia podczas obrony rozprawy doktorskiej.

### **Ocena merytoryczna wyników badań**

Podstawę rozprawy doktorskiej stanowią wyniki badań przeprowadzonych w dwóch instalacjach wytwarzających biogaz rolniczy, które w świetle aktualnych przepisów należy określić jako mikroinstalacje. Jedynym substratem wykorzystywanym w obydwu biogazowniach była gnojowica bydła mlecznego o relatywnie niskiej zawartości suchej masy (8,4-8,6%), podczas gdy optymalna zawartość s.m. we wsadzie wynosi ok. 12%. Nawet tak prosty i jednorodny monosubstrat był słabo rozłożony, o czym świadczy zawartość suchej masy w pofermencie na poziomie 7,2-7,3%. Ponadto Autor stwierdził, że w okresie badań występowały problemy z zaspokojeniem zapotrzebowania instalacji na substrat ze względu na wypas bydła, a co za tym idzie – niedobór gnojowicy. Mogło to leżeć u podstawy problemów funkcjonowania badanych instalacji biogazowych. Niestabilność procesu fermentacji mogła być też wynikiem zbyt niskiej temperatury utrzymywanej w komorze fermentacyjnej w biogazowni nr 1 (rys. 5.3). Brak jest wyników badań dotyczących sprawności i innych parametrów pracy biogazowni nr 2, zatem trudno jest w pełni odnieść się do poprawności funkcjonowania tego obiektu. Z pewnością funkcjonowanie obydwu obiektów nie było prawidłowe, można więc zastanowić się, **czy jednomiesięczny okres badań był wystarczający dla obiektywnej oceny badanych wskaźników?**

Badania funkcjonowania biogazowni nr 1, opisane w rozdz. 5 wskazują, że poziom biogazu zgromadzonego w przestrzeni gazowej fermentora wahał się od poniżej 200 do niemal 400 cm wysokości – **czy Autor określał to wysokością podniesienia membrany w zbiorniku? Typową jednostką w tym przypadku jest objętość, nie zaś wysokość, gdyż mamy do czynienia z gazem. Proszę o wyjaśnienie sposobu pomiaru tej wartości.** Trudno w tym przypadku określić, czy rejestrowana w ten sposób ilość biogazu zależy od samej jego produkcji, czy też zużycia w kogeneratorach. Analizując kolejne wyniki można stwierdzić, że jednostki przez pewien czas (trzy dni) nie spalały biogazu, a jego ilość w komorze wzrosła tylko nieznacznie w tym czasie. Ponadto nie podano zawartości biometanu w biogazie – **czy parametr ten nie był badany?** Zastanawiający jest brak siarkowodoru w biogazie, gdyż związek ten jest typowym jego składnikiem. Jednokrotny odczyt na poziomie 70 ppm jest wyjątkowo niski – **czy zawartość H<sub>2</sub>S była mierzona zgodnie ze standardami?**

Z przeprowadzonych badań wynika, że zapotrzebowanie własne biogazowni na energię elektryczną do zasilania mieszadła, pomp i innych urządzeń, stanowiło znaczący

udział w ogólnym bilansie energetycznym instalacji. Świadczą o tym zmiany wartości mocy, silnie zależne od pracy mieszadła. Biogazownie postrzegane są jako stabilne źródła energii, pracujące przez większą część roku z określoną mocą, nawet jeśli nie pełną znamionową. W przypadku badanych obiektów warunek ten daleki był od spełnienia. Obiekt nr 2 wykorzystywał pracę tylko jednego silnika gazowego, zatem jego funkcjonowanie można określić jako wadliwe. Prowadzenie badań w obiekcie funkcjonującym nieprawidłowo można by było uznać za błąd metodyczny, jednakże z drugiej strony przeprowadzone badania pozwoliły Kandydatowi na zaproponowanie kilku sposobów rozwiązania problemu tej instalacji. Jako najbardziej realny wskazana została zmiana przekroju żyły kabli w liniach zasilających. Doktorant informuje, że rozwiązanie to zostało zastosowane w biogazowni nr 2, aczkolwiek nie przeprowadzono badań, które pozwoliłyby ocenić, czy zmiana ta przyniosła oczekiwane rezultaty.

Najbardziej obszerną część ocenianej dysertacji zajmują wyniki badań jakości energii elektrycznej, przeprowadzone w obydwu badanych biogazowniach z wykorzystaniem różnych parametrów i wskaźników oraz poddane analizie statystycznej. Żadna z badanych instalacji nie osiągała mocy znamionowej, co było szczególnie widoczne w biogazowni nr 2, która – mimo posiadania dwu kogeneratorów o mocy 20 kW każdy – wykorzystywała tylko jeden z nich, a podczas pracy mieszadła pobierała energię z sieci elektroenergetycznej. Na podstawie przeprowadzonych badań Doktorant stwierdził, że jeden kogenerator o mocy 20 kW jest niezbędny do zaspokojenia potrzeb własnych biogazowni. Praca instalacji była też zależna od wartości napięcia w sieci elektroenergetycznej, gdyż większe problemy z ich poprawnym funkcjonowaniem były odnotowywane w okresie szczytowego zapotrzebowania na prąd w godzinach popołudniowych, zaś w godzinach nocnych wahania były mniejsze. Autor sugeruje, że stabilizacja sieci jest możliwa poprzez przyłączenie do niej stabilnego źródła energii, jakim jest biogazownia, jednak uzyskane wyniki dla mikroinstalacji przeczą temu założeniu. Efekt taki można byłoby osiągnąć przyłączając biogazownię o większej mocy, pracującą poprawnie i stabilnie w odniesieniu do doby i roku. Przeprowadzone badania pokazują, że mikrobiogazownie nie spełniają funkcji stabilizatora sieci, jak ma to miejsce w przypadku biogazowni o mocach rzędu 0,5 MW i większych.

Praca badanych biogazowni nie spełniała niektórych wymagań określonych przez normy i przepisy prawa w zakresie parametrów jakości energii elektrycznej. Pobór własny energii, szczególnie przez mieszadła, powodował wahania napięcia w punkcie przyłączenia biogazowni, a wzrost i spadek napięcia powtarzał się wielokrotnie w ciągu doby. Jest to zjawisko niekorzystne z punktu widzenia jakości generowanej energii elektrycznej, ocenianej m.in. na podstawie wartości współczynnika migotania światła. Niestabilna praca instalacji powoduje zmiany natężenia oświetlenia zamontowanego w gospodarstwie, może też prowadzić do nieprawidłowej pracy lub nawet uszkodzenia urządzeń wrażliwych na wartość

napięcia, szczególnie elektronicznych. **W kontekście wyników badań własnych nad jakością energii w instalacjach biogazowych proszę odnieść się do stwierdzenia, jakie znalazło się w rozdziale *Wnioski końcowe: przeprowadzone badania i analizy wykazały pozytywny wpływ biogazowni na jakość energii zasilającej gospodarstwa rolne.***

Jednym z problemów badawczych, jakie postawił sobie Autor, było pytanie „czy wykorzystanie biogazu do produkcji energii elektrycznej wpłynie na poprawienie efektywności ekonomicznej gospodarstwa?”. Odniesienia do wskaźników ekonomicznych można znaleźć w rozdziałach 6 i 7 dysertacji. W części opisującej wyniki badań jakości energii elektrycznej pojawia się stwierdzenie, że nieprawidłowa praca kogeneratorów powoduje ograniczenie przepustowości linii zasilającej, co może prowadzić do naliczania opłat za przesył mocy biernej, przy czym energia bierna jest znacznie droższa od energii czynnej. W związku ze stwierdzeniem licznych nieprawidłowości pracy obydwu instalacji, odpowiedź na pytanie sformułowane jako pierwszy problem badawczy, wydaje się być negatywna. Z kolei w rozdziale 7 Doktorant zawarł informacje o ilości energii, wygenerowanej w ciągu roku przez obydwie jednostki. Wartości te wynoszą: dla biogazowni nr 1 – 196 MWh, dla biogazowni nr 2 – 101 MWh (tab. 7.1). Biorąc pod uwagę fakt, że w biogazowni nr 2 eksploatowany był tylko jeden z dwóch zespołów kogeneracyjnych, czas pracy CHP wynosił odpowiednio 4900 h w biogazowni nr 1 i 5050 h biogazowni nr 2. Przeciętny czas pracy biogazowni rolniczych przyjmowany jest na poziomie 8000 h, zatem zaprezentowane dane potwierdzają nieprawidłowe funkcjonowanie instalacji. W pracy brakuje obliczeń efektywności ekonomicznej funkcjonowania biogazowni, a wskaźniki finansowe pojawiają się w aspekcie ograniczenia kosztów związanych ze stratami mocy i przesyłem energii (str. 89-91). Mimo to Autor w rozdziale 10. *Wnioski końcowe* stwierdza, że *wykorzystanie biogazu do produkcji energii elektrycznej wpływa na poprawienie efektywności ekonomicznej gospodarstwa. Wytworzona w biogazowni energia elektryczna pozwala nie tylko pokryć zapotrzebowanie danego gospodarstwa rolnego, ale również przynosi zysk w postaci sprzedaży nadwyżki wyprodukowanej energii.* Trudno jest znaleźć uzasadnienie dla tego stwierdzenia, szczególnie że nie podano zapotrzebowania na energię żadnego z gospodarstw, w których biogazownie pracują. Ponadto sam Kandydat, przed sformulowaniem problemów badawczych stwierdził, że na wyniki ekonomiczne instalacji biogazowych wpływają: nakłady inwestycyjne, wydajność procesu fermentacji w instalacji biogazowej, koszty eksploatacyjne, w tym koszty dowozu substratów, a także cena i wydajność biogazu z substratów (str. 24), jednak nie odniósł się do tych czynników w badaniach własnych. **Czy Doktorant mógłby rozwinąć aspekt ekonomiczny przeprowadzonych badań i podać podstawę wysnutego wniosku?**

Drugi problem badawczy, jaki postawił sobie Kandydat, został sformułowany w następujący sposób: *czy instalacja biogazowa wpływa na poprawienie warunków środowiskowych (ekologicznych) w gospodarstwie rolnym?* Analizując strukturę dysertacji

należałoby się spodziewać odpowiedzi na to pytanie w rozdziale 7, zatytułowanym *Wpływ biogazowni rolniczych na emisję CO<sub>2</sub>*. Tymczasem rozdział ten skoncentrowany jest głównie na aspektach energetycznych. Tylko część wprowadzająca do tego rozdziału odnosi się do źródeł powstawania emisji CO<sub>2</sub>. Jedyne wartości liczbowe dotyczące emisji znajdują się na rysunku 7.6 i są wplecione w kwestie energetyczne, trudno więc potraktować je jako analizę wpływu biogazowni na emisję CO<sub>2</sub>, co sugeruje tytuł rozdziału. Ponadto jako wartość odniesienia, przyjętą do analiz w środowisku programu Neplan, przyjęto wskaźnik emisji CO<sub>2</sub> z energii elektrycznej na poziomie 0,812 MG/MWh. **Czy Doktorant mógłby podać źródło tej wartości i zweryfikować jej aktualność? Czy dane zawarte w rozdziale 7 są, zdaniem Doktoranta, wystarczające do wysnucia wniosku, że instalacja biogazowni rolniczej poprawia warunki ekologiczne gospodarstwa dzięki ograniczeniu emisji?**

We wniosku nr 2 Doktorant wskazuje, że poprawa warunków ekologicznych gospodarstwa uzyskiwana jest także dzięki zmniejszeniu szkodliwości gnojowicy poprzez jej fermentację i stosowanie pofermentu jako nawozu. Zagadnienie to jest przedmiotem badań, których wyniki zawarte są w rozdz. 8. *Badania chemiczne substratu oraz pofermentu w biogazowniach rolniczych*. Zostały przeprowadzone badania wybranych parametrów gnojowicy i pofermentu w obydwu badanych biogazowniach. Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że rozkład substratu był relatywnie niski, o czym świadczy niewielki spadek zawartości suchej masy. Badania zawartości składników nawozowych w pofermencie wykazały podobieństwo pomiędzy ich poziomem w gnojowicy. **Czy zawartość pierwiastków ważnych z punktu widzenia nawożenia roślin, określona w pofermencie, odpowiada aktualnie obowiązującym przepisom?** W analizie wyników Doktorant stwierdza, że w *procesie fermentacyjnym występuje zwiększenie zawartości suchej masy organicznej*. Stwierdzenie to przeczy ogólnej wiedzy z zakresu fermentacji metanowej; wszak sam Kandydat opisywał w przeglądowej części dysertacji proces fermentacji, wskazując, że polega on na rozkładzie materii organicznej. Ponadto zawartość suchej masy organicznej nie była przedmiotem przeprowadzonych analiz. **Skąd więc takowe stwierdzenie pojawiło się zarówno w rozdz. 8, jak i w podsumowaniu pracy (str. 96)? Proszę o ustosunkowanie się do tego zagadnienia i zweryfikowanie poprawności tej tezy.** W tym samym rozdziale 8 Doktorant podkreśla znaczenie zmniejszenia zawartości manganu, określając go jako *niekorzystnie wpływający na rozwój roślin*. Mangan jest mikroelementem, który odgrywa istotną rolę w prawidłowym przebiegu fotosyntezy roślin, gdyż uaktywnia enzymy istotne w syntezie chlorofilu, a także bierze udział w regulacji gospodarki hormonalnej roślin, tworzeniu chloroplastów i zwiększaniu odporności na choroby. Mangan jest składnikiem nawozów zawierających mikroelementy, szczególnie stosowanych w uprawie roślin ozimych, gdyż poprawia zimotrwałość upraw. **Dlaczego zatem Doktorant postrzega spadek zawartości**

## **manganu w pofermencie jako zjawisko korzystne? W jakich warunkach mangan wykazuje negatywne oddziaływanie na rośliny?**

Trzeci problem badawczy określony w rozdz. 1.3 brzmiał: *czy zrealizowana instalacja biogazowa wpływa na elementy zrównoważonego rozwoju gospodarstwa, w szczególności dobrostanu zwierząt, poprawienie aspektów ekonomicznych oraz komfortu życia?* Odpowiedź na to pytanie pośrednio wynika z całokształtu przeprowadzonych badań, gdyż nie zastosowano w pracy żadnych wskaźników zrównoważonego rozwoju. **Czy Doktorant mógłby wskazać, które z 17 wskaźników zrównoważonego rozwoju mogłyby być adekwatne do oceny biogazowni rolniczych w tym kontekście?**

Analizując problemy badawcze, jakie na początku pracy sformułował Kandydat i zakres przeprowadzonych badań, można odnieść wrażenie, że zbyt mało uwagi zwrócono na problematykę jakości energii i poprawności funkcjonowania biogazowni, które to zagadnienia stanowią trzon prac badawczych. Z kolei kwestie środowiskowe, zajmujące znaczące miejsce we wskazanych problemach badawczych, nie znalazły odzwierciedlenia w wykonanych badaniach. W tej sytuacji także wnioskowanie jest w dużej mierze uogólnione, a w niektórych przypadkach błędne. **Dlatego proszę o ustosunkowanie się Kandydata do wskazanych powyżej nieścisłości podczas obrony rozprawy doktorskiej.**

## **Praktyczne aspekty uzyskanych wyników badań**

Oceniana dysertacja posiada duże walory praktyczne, co jest jej ważnym atutem. Mikrobiogazownie nie cieszą się dużym zainteresowaniem rolników, a badania naukowe są rzadko prowadzone w takich instalacjach. Wyniki badań, stanowiące podstawę rozprawy, ukazują rzeczywiste funkcjonowanie dwóch mikroinstalacji i mogą być wskazówką dla potencjalnych inwestorów, zainteresowanych budową biogazowni o tak małej skali. Problemy wynikające z niewłaściwego doboru niektórych urządzeń (w tym przypadku przekroju kabli), wskazują na znaczenie odpowiedniego zaprojektowania każdego elementu instalacji. Nieprawidłowe funkcjonowanie biogazowni może też wynikać z czasowego niedoboru substratów, co ma też ogromne znaczenie praktyczne. Rolnik, planując budowę biogazowni, musi mieć świadomość, że instalacja powinna mieć zapewniony dostęp substratów w optymalnej ilości przez cały okres funkcjonowania. Niestabilna praca sieci elektroenergetycznej to kolejny aspekt funkcjonowania mikrobiogazowni, jaki wyłania się z przeprowadzonych badań. Krajowa sieć charakteryzuje się słabą jakością, a w ostatnich latach jest destabilizowana przez instalacje fotowoltaiczne i wiatrowe. W tym kontekście ważne jest stwierdzenie, że sytuację tę może poprawić budowa stabilnych, rozproszonych źródeł energii, jakimi są duże biogazownie. Jest to informacja, która powinna być brana pod uwagę przez decydentów, osoby i instytucje tworzące zręby polityki energetycznej kraju i regionów, a także ustawodawców. Utylitarny charakter przeprowadzonych badań powoduje, że praca stanowi

interesujący przyczynek do dalszych analiz i przenoszenia ich wyników do praktyki, szczególnie w gospodarstwach rolnych. **Dla pełniejszego zobrazowania możliwości wykorzystania wyników badań przez rolników proszę o uszczegółowienie informacji o gospodarstwach, w których funkcjonują badane biogazownie: liczebność stad zwierząt, powierzchnia użytków rolnych.** Informacje te pozwolą rolnikom na porównanie skali własnej produkcji i rozważenie budowy mikrobiogazowni we własnych gospodarstwach.

### **Oryginalność rozwiązania problemu badawczego**

Podstawę rozprawy stanowią badania własne, przeprowadzone w istniejących mikrobiogazowniach. Na uwagę zasługuje szeroki zakres badań jakości energii elektrycznej, z wykorzystaniem szeregu wskaźników i analiza statystyczna uzyskanych wyników. Wprawdzie zagadnienie to nie było wyartykułowane jako odrębny problem badawczy, to właśnie ta część dysertacji zasługuje na szczególną uwagę. Dla głębszego zrozumienia problemów z funkcjonowaniem badanych instalacji warto byłoby kontynuować badania, w tym zweryfikować skuteczność rozwiązania, jakie Kandydat zaproponował w celu poprawy funkcjonowania biogazowni nr 2. Wykorzystanie modelu komputerowego, stworzonego w środowisku programu Neplan, mogłoby znacząco podnieść oryginalność pracy, gdyby temat ten został odpowiednio rozwinięty i omówiony, a nie wpleciony w część rozprawy dotyczącą emisji dwutlenku węgla.

### **Ocena ogólnej wiedzy Kandydata i umiejętności samodzielnego prowadzenia badań**

Mgr Stanisław Derehajo opracował przegląd literatury, wykorzystując w większości pozycje branżowe i o charakterze poradnikowym. Świadczy to o dużym rozeznaniu w tematyce wytwarzania biogazu w aspekcie praktycznym, zaś w mniejszym – z osiągnięciami współczesnych badań naukowych, szczególnie na poziomie międzynarodowym. W przeglądzie znajdują się niektóre informacje zbędne z punktu widzenia meritum rozprawy (np. charakterystyka odmian kukurydzy – str. 10-11) oraz nieaktualne (np. ilość poszczególnych substratów stosowanych w biogazowniach podana za rok 2019, podczas gdy dane te są corocznie aktualizowane na stronie internetowej KOWR). Aktualizacji wymagają też wskaźniki wykorzystywane do niektórych obliczeń (np. wskaźniki emisji corocznie podawane przez KOBIZE), a także przepisy prawa, które w Polsce zmieniają się dość często. Data na stronie tytułowej wymaga poprawy. Kandydat wykorzystał wiele informacji z portali internetowych, co nie jest wskazane w pracy naukowej. Daty wejścia na strony internetowe, wskazane w bibliografii, wskazują na potrzebę aktualizacji wiedzy własnej Doktoranta. Ponadto w rozprawie doktorskiej nie należy używać żargonu, z jakim można się spotkać w ocenianej pracy (np. gazodochodowość – str. 23, zawartość energetyczna – str. 5, instalacje

biogazowe na biogaz rolniczy – str. 28), czy używanie słowa substrat w odniesieniu do pofermentu (str. 11, 17, 84).

Zaplanowanie i przeprowadzenie badań, z wykorzystaniem specjalistycznych przyrządów pomiarowych, wskazuje na umiejętność samodzielnego prowadzenia badań. Pewne błędy i niedociągnięcia wskazane w niniejszej recenzji, należy złożyć na karb tego, że Kandydat nie jest pracownikiem naukowym.

### **Wniosek końcowy**

Przedstawiona do recenzji dysertacja mgr. Stanisława Derehajło pt. „Efekty energetyczne i ekologiczne rolniczych instalacji biogazowych i ich wpływ na środowisko”, spełnia wymagania określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2023 roku poz. 742 ze zm.). Oceniana rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu badawczego o dużym znaczeniu praktycznym. Badania zostały właściwie zaplanowane i zrealizowane.

W związku z powyższym wnioskuję do Rady Naukowej Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego – Państwowego Instytutu Badawczego, o dopuszczenie mgr. Stanisława Derehajło do dalszego etapu postępowania w sprawie nadania stopnia doktora.



Lublin, 03.06.2024 r.

dr hab. inż. Alina Kowalczyk-Juśko, prof. uczelni