

Prof. dr hab. inż. KAZIMIERZ LEJDA
Katedra Silników Spalinowych i Transportu
E-mail: klejda@prz.rzeszow.pl
TEL./FAX:(0-17) 854-31-12

POLITECHNIKA RZESZOWSKA
WYDZIAŁ BUDOWY MASZYN I LOTNICTWA
Al. Powstańców Warszawy 8
35-959 RZESZÓW

Rzeszów; 2017-05-10

RECENZJA
rozprawy doktorskiej mgr inż. Marleny Owczuk
nt. „Ocena możliwości zastosowania biogazu rolniczego do zasilania
dwupaliwowego silnika ciągnika rolniczego”

Podstawa opracowania:

Pismo Prof. dr. hab. inż. Stanisława Radkowskiego, Dziekana Wydziału Samochodów i Maszyn Roboczych Politechniki Warszawskiej, z dnia 10.04.2017r. (SiMR-29/11/2017).

1. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA PROBLEMATYKI ROZPRAWY
I OCENA WYBORU TEMATU

Rozwój spalinowych środków napędu, w różnych zastosowaniach, zmierza wyraźnie w ostatnich latach do poszukiwania takich rozwiązań, które będą posiadały wysoką sprawność energetyczną oraz w minimalnym stopniu oddziaływały na degradację środowiska naturalnego. Skażenie środowiska jest w znaczącym stopniu potęgowane przez sukcesywnie rosnącą ilość środków transportowych oraz samojezdnych maszyn i ciągników roboczych. Najbardziej niekorzystne dla otoczenia przyrodniczego jest zanieczyszczanie powietrza atmosferycznego przez silniki spalinowe toksycznymi produktami procesu spalania, co objawia się w postaci kwaśnych deszczów, efektu cieplarnianego, tzw. „dziury ozonowej”, smogów itp. Postępujące zanieczyszczanie środowiska jest przyczyną wzrostu zachorowań i zaburzeń genetycznych w populacji ludzkiej, widocznych szkód w zakresie fauny i flory oraz niszczenia dorobku kultury materialnej.

Zanieczyszczanie powietrza atmosferycznego przez spalinowe środki napędu jest najważniejszym przeciwskazaniem do stosowania węglowodorowych paliw konwencjonalnych (benzyna, olej napędowy). Spalanie tych paliw w silnikach spalinowych generuje do otoczenia toksyczne składniki, takie jak: tlenek węgla (CO), węglowodory (CH; w tym kancerogeny 3,4 benzopiren), tlenki azotu (NO_x), tlenki siarki (SO_x), czy też składniki smogu – sadza i dwutlenek węgla (CO₂). Stąd też zdecydowane poszukiwania zmierzają w kierunku wykorzystania paliw alternatywnych, jako zamienników w stosunku do paliw tradycyjnych. Jednym z założonych celów jest wykorzystanie do napędu silników spalinowych energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych, w tym z biomasy w postaci biopaliw. Biopaliwa uzyskujemy z przetwórstwa produktów pochodzenia organicznego, które mogą występować w postaci stałej, ciekłej i gazowej. Paliwa ciekłe i gazowe są poważnie brane pod uwagę do zasilania silników spalinowych, jako podstawowe lub w postaci dodatków do mieszanek z paliwami konwencjonalnymi.

Tym zagadnieniom poświęcona jest recenzowana praca doktorska, dotycząca analizy i oceny możliwości zastosowania biogazu do zasilania silnika ciągnika rolniczego w wersji

dwupaliwowej. Dotychczasowe prace z tego zakresu były ukierunkowane na wykorzystanie biogazu jako paliwa w silnikach stacjonarnych, głównie w aplikacjach kogeneracyjnych. Możliwość wykorzystania biogazu do silników trakcyjnych wymaga zastosowania procesów technologicznych do jego oczyszczenia z dwutlenku węgla, wody i siarkowodoru, co podnosi koszty wytwarzania i eksploatacji. Głównym założeniem rozprawy doktorskiej było przeanalizowanie nieoczyszczonego biogazu zawierającego do 50% dwutlenku węgla, jako dodatkowego paliwa do zasilania silnika o zapłonie samoczynnym. Obiektem do testowania przyjętych celów pracy był ciągnik rolniczy typu Case MX135, wyposażony w 4-suwowy, turboladowany silnik Cummins B6-T590.

Problematyka recenzowanej pracy wpisuje się w prorozwojowe tendencje i badania prowadzone przez ośrodki naukowe oraz producentów związanych z motoryzacją i wytwarzaniem maszyn i urządzeń obsługujących rolnictwo. Dotyczy ważnych zagadnień odnośnie poszukiwania odnawialnych paliw alternatywnych z uwzględnieniem aspektów energochłonności i ochrony środowiska. Reasumując uważam, że wybór tematu rozprawy jest interesujący a uzyskane wyniki przeprowadzonych eksperymentów rzeczywistych mają wymierną wartość poznawczą, z możliwością realnej aplikacji.

2. STRUKTURA PODZIAŁU TREŚCI I OCENA STRONY METODYCZNEJ ROZPRAWY

Opiniowana rozprawa doktorska jest opracowaniem obejmującym część studialną w zakresie analizy dostępnego materiału źródłowego związanego z tematem oraz część eksperymentalną, która dotyczy szerokiego zakresu badań własnych, zarówno laboratoryjnych, stanowiskowych i eksploatacyjnych. Analiza przytoczonych publikacji, obowiązujących Dyrektyw Parlamentu Europejskiego i Rady Europy, norm i rozporządzeń krajowych oraz stron internetowych w zakresie podjętego do realizacji tematu dowiodła, że brak jest prac badawczych dotyczących tak sformułowanego celu rozprawy. Dlatego też wartość merytoryczna uzyskanych wyników badań zasługuje na pozytywną ocenę.

Całość opracowania, wraz z załącznikami i cytowaną bibliografią, obejmuje 178 stron skonfigurowanych w formacie obustronnego tekstu A5. Na początku pracy zamieszczono kolejno streszczenie jej treści w językach polskim i angielskim, spis treści, wykaz zastosowanych skrótów i oznaczeń oraz krótkie wprowadzenie w problematykę i zawartość rozprawy. Praca jest podzielona na 8 rozdziałów, rozbudowanych w większości o kilka podrozdziałów ściśle związanych z tytułem rozdziału.

Rozdział 1 zawiera charakterystykę produkcji i uszlachetniania biogazu, w którym opisano proces fermentacji metanowej, czynniki wpływające na przebieg procesu fermentacji oraz technologie uszlachetniania biogazu do biometanu. Możliwość modyfikowania jakości otrzymanego biogazu jest istotna ze względu na aplikację do trakcyjnych silników spalinowych.

W rozdziale 2 przedstawiono możliwości zastosowań paliwa metanowego, ze szczególnym uwzględnieniem jego wprowadzenia do zasilania silników spalinowych. Scharakteryzowano w tym zakresie parametry fizyko-chemiczne wybranych paliw gazowych pod kątem ich przydatności do tego celu, biorąc pod uwagę skład chemiczny substratów. Z punktu widzenia zasilania silników spalinowych porównano istotne dla ich prawidłowej pracy takie parametry metanu oraz benzyny i oleju napędowego, jak m.in.: wartość opałową, zapotrzebowanie powietrza na 1kg paliwa, granice palności, temperaturę samozapłonu, gęstość w temperaturze 20°C i inne. Większość parametrów potwierdziła, że istnieją potencjalnie duże możliwości zastosowania paliw metanowych lub z ich udziałem w mieszkankach z paliwami tradycyjnymi do zasilania silników spalinowych. Znaczna część tego rozdziału dotyczy analizy materiałów źródłowych, wykorzystywanych w opisie, odnośnie

kierunków zrealizowanych i prowadzonych prac badawczych w zakresie możliwości zasilania silników paliwem metanowym. W konkluzji tego rozdziału Autorka podkreśla, że brak jest opracowań i publikacji dotyczących wykorzystania nieoczyszczonego biogazu do zasilania trakcyjnych silników spalinowych, co w pełni uzasadnia podjęcie badań z tego zakresu w pracy doktorskiej.

Podsumowanie części studialnej rozprawy, opartej na analizie dostępnych materiałów źródłowych, zawarto w rozdziale 3. Biogaz bez oczyszczenia z dwutlenku węgla, na podstawie oceny właściwości fizyko-chemicznych, jak stwierdza Autorka, mógłby być stosowany do silników ciągników rolniczych. Z uwagi na brak dodatkowych kosztów związanych z zakupem drogich instalacji uszlachetniających biogaz do biometanu, takie rozwiązanie jest uzasadnione bilansem ekonomicznym.

Biorąc pod uwagę wszystkie argumenty wynikające z przeglądu dostępnej literatury w zakresie tematu pracy oraz analizy wymagań jakościowych dla biometanu jako paliwa do silników spalinowych pojazdów, Doktorantka w zakończeniu tego rozdziału formułuje niezwykle istotne dla oceny merytorycznej rozprawy jej cele, zakres i dwie zasadnicze tezy. Postawione do potwierdzenia tezy ujęto w sposób następujący:

- Teza 1; Możliwe jest sterowanie składem i ilością uzyskiwanego biogazu metodą doboru substratów i warunków jego wytwarzania, celem uzyskania zwiększonej ilości produktu gazowego o stężeniu objętościowym metanu powyżej 60%,*
- Teza 2; Możliwe jest zasilanie trakcyjnego dwupaliwowego silnika o zapłonie samoczynnym biogazem zawierającym 50% v/v ditlenku węgla, bez rozprężania silnika i bez spalania stukowego.*

Dla weryfikacji sformułowanych tez przedstawiony został zakres prac badawczych do realizacji, obejmujący cztery zasadnicze punkty stanowiące cztery kolejne rozdziały niniejszej rozprawy.

Pierwszym z nich jest rozdział 4, w którym zawarto opis badań nad określeniem wpływu różnych surowców na wydajność procesu fermentacji metanowej oraz jakość uzyskanego biogazu. Otrzymane wyniki przeprowadzonych eksperymentów wykazały, że istnieje możliwość sterowania składem i ilością pozyskiwanego biogazu w taki sposób, że można otrzymać zwiększoną ilość produktu gazowego o stężeniu objętościowym metanu powyżej 60%. W ten sposób potwierdzono pierwszą tezę sformułowaną w założeniach do osiągnięcia celu rozprawy doktorskiej.

Rozdział 5 dotyczy badań odnośnie określenia stopnia oczyszczania biogazu, które przeprowadzono w Laboratorium Biogazowym Przemysłowego Instytutu Motoryzacji w Warszawie. Wykorzystując odpowiednią aparaturę i dedykowane do tych urządzeń procedury badawcze, do oczyszczania biogazu zastosowano metodę absorpcji z barbotażem oraz metodę filtracji przez złożę adsorbentu. Dla tych dwóch metod wyniki przedstawiono w postaci wykresów obrazujących zmianę stężeń oczyszczanego biogazu z H_2S i CO_2 z wykorzystaniem różnych substancji (NaOH, glikol etylowy, etanoloamina, dietanoloamina – dla absorpcji z barbotażem; ruda darniowa, węgiel aktywny – dla filtracji przez złożę adsorbentu). Najlepsze wyniki spośród przebadanych metod oczyszczania otrzymano dla absorpcji z barbotażem w roztworze NaOH i etanoloaminy. Wymienione substancje umożliwiały całkowite usunięcie H_2S oraz istotne obniżenie zawartości CO_2 .

W rozdziale 6 przedstawiono metodykę i wyniki badań na stanowisku hamownianym silnika Cummins B6-T590, przystosowanym do dwupaliwowego zasilania (olej napędowy, biogaz). Opisano stanowisko badawcze i wykorzystaną aparaturę do pomiarów i akwizycji

danych oraz urządzenia umożliwiające zasilanie dwupaliwowe i do identyfikacji stężeń gazowych składników spalin i cząstek stałych. W podsumowaniu przeprowadzonych badań silnikowych Autorka rozprawy stwierdza, że zasilanie olejem napędowym i metanem lub biogazem o znacznej zawartości dwutlenku węgla jest możliwe, nawet gdy udział metanu lub biogazu o różnej kompozycji osiągnie zastąpienie 30% m/m dawki oleju napędowego. Potwierdzają to zamieszczone wyniki opracowane w formie wykresów, w tym m.in. przebiegi ciśnienia czynnika roboczego w komorze spalania oraz wykresy indykatorowe dla różnych konfiguracji mieszanek paliw, obciążeń i prędkości obrotowych silnika. W tych samych uwarunkowaniach wartości wyjściowych zaprezentowano porównanie stężeń NO_x, NO, CO, HC i PM zawartych w wydalanych spalinach.

Właściwości eksploatacyjne ciągnika Case MX135, z dwupaliwowym silnikiem Cummins B6-T590, poddano ocenie w rozdziale 7. Przedstawiono metodykę badawczą oraz sposób montażu, działania i zabudowy w ciągniku dwupaliwowego systemu zasilania. Dla przyjętych założeń odnośnie prędkości obrotowej i obciążenia opracowano mapy dawkowania biogazu o określonym składzie (60% metanu, 40% dwutlenku węgla), przy czym maksymalna dawka dozowanego biogazu wynosiła 30% w odniesieniu do dawki oleju napędowego. Testy eksploatacyjne prowadzono na terenie Wydziału SIMR Politechniki Warszawskiej oraz biogazowni Pawłówko przynależnej do przedsiębiorstwa rolnego Poldanor S.A. W podsumowaniu tego rozdziału stwierdzono, że silnik zasilany mieszaniną oleju napędowego i biogazu przepracował 200 motogodzin bez istotnych zauważalnych usterek. Nie występowały trudności z jego uruchamianiem, nie stwierdzono spalania stukowego, nadmiernego zadymienia oraz pogorszenia właściwości fizyko-chemicznych oleju silnikowego.

Podsumowanie całości rozprawy doktorskiej i sformułowane wnioski zawarto w rozdziale 8. Wnioski podzielono na dwie grupy, stosownie do postawionego celu pracy, dla potwierdzenia tez przedstawionych w zakończeniu rozdziału 3. Dla uzasadnienia założonych efektów tezy 1 przedstawiono argumenty w dwóch rozbudowanych punktach, wykazując, że możliwym jest sterowanie składem i ilością biogazu metodą doboru substratów i technologią procesu wytwarzania tak, aby pozyskać ilość produktu gazowego o stężeniu objętościowym metanu powyżej 60%. Tezę 2, według Doktorantki, potwierdzają cztery rozbudowane punkty odnoszące się do wyników badań stanowiskowych i eksploatacyjnych, które dowodzą możliwości zasilania silnika o zapłonie samoczynnym w systemie dwupaliwowym biogazem o zawartości do 50% v/v dwutlenku węgla, bez ingerencji w jego strukturę konstrukcyjną (rozprężenie komory spalania) oraz korektę kątów wyprzedzenia samozapłonu (spalanie stukowe).

Do zasadniczej części rozprawy dołączono spis rysunków (86), spis zdjęć (27), spis tabel (27) oraz wykaz bibliograficzny wykorzystanego w pracy materiału źródłowego (281), zawierającego pozycje zwarte, publikacje w czasopiśmie krajowych i zagranicznych, referaty opracowane w materiałach konferencyjnych, normy, rozporządzenia i dyrektywy RP i UE oraz informacje internetowe. Przytoczone pozycje są opracowaniami w większości wydanymi w ostatnich latach, co dowodzi aktualności podjętej problematyki w pracy doktorskiej.

Biorąc pod uwagę układ całości rozprawy i strukturę podziału treści na poszczególne rozdziały i podrozdziały uważam, że metodycznie jest to konstrukcja w większości poprawna i spełnia wymagania prac doktorskich w dyscyplinach technicznych. Mam jednak drobne uwagi w tym zakresie i sądzę, że pominięcie rozdziału 1 w treści pracy z pewnością nie wpłynęłoby na jej wartość merytoryczną. Charakterystyka produkcji i uszlachetniania biogazu w sposób pośredni jest związana z tytułem rozprawy, a opis procesów i czynników wpływających na przebieg fermentacji metanowej substratów biogazu mieści się w kategoriach zachodzących procesów chemicznych, wykraczających poza dyscyplinę Budowa i Eksploatacja Maszyn.

Uwagę do struktury podziału pracy na rozdziały wnoszę również odnośnie sformułowanego celu, zakresu i tezy rozprawy, znajdującego się na końcu rozdziału 3, bez żadnej specyfikacji cyfrowej zaznaczonej w spisie treści. Po wnikliwej analizie Autorskiej aktualnego stanu zagadnienia dotyczącego problematyki pracy, opracowanego na podstawie dostępnego materiału źródłowego, w kolejnym, ale osobnym rozdziale formułuje się dopiero cele, zakres i tezy rozprawy, które są niezwykle ważne w tego typu opracowaniach naukowych ze względu na ocenę merytoryczną.

3. OCENA MERYTORYCZNA ROZPRAWY I UWAGI SZCZEGÓŁOWE

Rozpatrywany w recenzowanej rozprawie doktorskiej problem badawczy dotyczy oceny i weryfikacji możliwości zastosowania biogazu rolniczego do dwupaliwowego zasilania silnika pracującego w ciągniku rolniczym. Jest to ważny problem w obliczu sukcesywnego wyczerpywania się zasobów paliw ropopochodnych i ich destrukcyjnego oddziaływania na środowisko przyrodnicze w postaci generowanych toksycznych składników w procesach spalania. Wykorzystanie biogazu w ciągnikach i samobieżnych maszynach rolniczych jest tym bardziej uzasadnione, że możliwym jest wytwarzanie tego rodzaju paliwa w lokalnych wiejskich biogazowniach. Dlatego też uważam, że podjęcie tej tematyki do opracowania, spełniającej kryteria pracy naukowej, jest ważne i wnosi dodatkową wiedzę poznawczą odnośnie aplikacji paliw alternatywnych.

Biorąc pod uwagę wartość merytoryczną i aspekt naukowy rozprawy oraz możliwość praktycznego wykorzystania wyników badań, za istotne walory opracowania należy uznać:

- rzeczową i wyjątkowo wnikliwą analizę stanu wiedzy z zakresu problematyki pracy przedstawioną w rozdziale 2, o czym świadczy wykorzystanie 281 pozycji materiału źródłowego przytoczonego w bibliografii,
- przeprowadzenie kompleksowych badań dotyczących wpływu wybranych surowców różnego pochodzenia na skład chemiczny i ilość wytwarzanego biogazu,
- zrealizowanie badań dotyczących określenia stopnia oczyszczania biogazu z zastosowaniem metody absorpcji z barbotażem dla różnych substancji oraz metody filtracji przez złożo wybranego adsorbentu,
- wykonanie badań silnika Cummins B6-T590 zasilanego dwupaliwowo na stanowisku hamownianym dla różnych konfiguracji mieszanek paliw, obciążeń i prędkości obrotowych, z zastosowaniem biogazu o dużej zawartości dwutlenku węgla (30 i 40% CO₂), w zakresie identyfikacji wykresu indykatorowego oraz stężeń składników toksycznych w splinach (NO_x, NO, CO, HC i PM),
- przeprowadzenie badań trakcyjnych ciągnika z przedmiotowym silnikiem dla oceny wybranych właściwości eksploatacyjnych, w tym prędkości i przyspieszeń chwilowych, zdolności do uruchamiania, ewentualnego spalania stukowego oraz właściwości fizykochemicznych oleju silnikowego,
- pozyskanie wiedzy o charakterze poznawczym, która w wielu fragmentach zrealizowanych badań i uzyskanych wyników posiada wartość aplikacyjną i otwiera perspektywę dla kontynuowania prac teoretycznych i eksperymentalnych w zakresie wykorzystania biogazu do napędu trakcyjnych silników spalinowych.

W tak obszernym materiale badawczym i zaprezentowanych wynikach, nie jest możliwe uniknięcie pewnych błędów i niejasności, które nasuwają się w trakcie czytania pracy. Skomentowania i wyjaśnienia przez Doktorantkę, według mojej opinii, wymagają następujące wątpliwości:

- zakres badań stanowiskowych dla różnych wariantów skonfigurowanych mieszanek oleju i biogazu nie obejmował wyznaczenia istotnych parametrów użytkowych silnika, tzn. momentu obrotowego i mocy; wyznaczenie charakterystyki zewnętrznej w pełnym zakresie prędkości obrotowej dałoby pełny obraz zmian tych wielkości,
- badania eksploatacyjne dotyczyły wyłącznie wybranych parametrów trakcyjnych, wcale nie reprezentatywnych dla ciągnika rolniczego; czy nie było możliwości przeprowadzenia badań dla wybranej pracy polowej tym ciągnikiem (np. orki)?
- podany koszt wytwarzania biogazu w gospodarstwie dysponującym biogazownią z dostępem do własnych substratów wynosi 0,00 PLN/m³; z czego wynika tak ekonomiczna kalkulacja?
- w treści pracy nie podano danych techniczno-eksploatacyjnych standardowego silnika wykorzystywanego do badań typu B6-T590, zasilanego olejem napędowym; stąd brak odniesienia do walorów uzyskanych w postaci wyników badań przy zasilaniu dwupaliwowym.

Czytając tekst rozprawy występują błędy słowne, gramatyczne, stylistyczne i interpunkcyjne, np.:

- str.3; cytat: „Praca składa się z części literaturowej oraz badawczej”; byłoby poprawniej „... z części dotyczącej analizy literaturowej...”,
- str.16; cytat: „Biogaz może produkowany...”; raczej „...może być produkowany”,
- str.23; cytat: „... biomasy odpornej na procesy biodegradacji...”; raczej „... odpornej ...”,
- str.23; cytat: „Nie mniej istotnym...”; piszemy razem „niemniej”,
- str.40; zakresy podawanej sprawności energetycznej wybranych silników: (65%÷92%), (73%÷90%), (85%÷90%); chyba poprawniej (65÷92%), (73÷90%), (85÷90%),
- str.45; opis w tekście dotyczy tabeli 13 a nie 14,
- str.50; cytat: „...w porównaniu do Renaulta Clio...”; chyba Renault Clio,
- str.59; cytat: „...ze zbiornikiem wyrównawczym o pojemności 5dm³, wypełnioną tym samym roztworem...”; chyba „wypełnionym”,
- str.84; cytat: „wysokociśnieniowe (20MPa bar)...”; co to za jednostka?
- str.84; oznaczenie silnika w tekście B6-T590, a pod rysunkiem 34 6T-590; należy unikać takich błędów,
- str.128; cytat: „...oceny stopnia zanieczyszczenia silnika oraz jego elementów silnika”; chyba o jeden silnik za dużo?

Uwaga ogólna; Autorka używa zbyt często znaków interpunkcyjnych, głównie przecinków, co nie zawsze w kontekście treści zdania jest wymagane; w opracowaniach zwartych o charakterze naukowym traktujemy najczęściej zdjęcia jako kolejne numery rysunków.

Biorąc pod uwagę znaczną objętość pracy, w której występuje duża ilość wyników badań opracowanych w formie tabel i wykresów oraz treści z użyciem słownictwa przynależnego nomenklaturze specyficznej dla biogazów, wymienione powyżej niejasności merytoryczne i błędy szczegółowe absolutnie nie rzutują na ogólnie pozytywną wartość rozprawy. Moim zamierzeniem było wskazanie Doktorantce na pewne obowiązujące wymagania, które może wykorzystać w przyszłej pracy naukowej. Wiele z wymienionych ocen i uwag mają charakter dyskusyjny, do których Autorka będzie miała okazję się odnieść podczas publicznej obrony.

4. PODSUMOWANIE ROZPRAWY I WNIOSEK KOŃCOWY

Autorka rozprawy doktorskiej podjęła się ważnego i ambitnego zadania, które z oczywistych względów nie wyczerpuje problematyki zasilania dwupaliwowo tłokowych silników spalinowych, gdzie jednym ze składników mieszanki jest biogaz. Jako odnawialne alternatywne źródło energii w stosunku do paliw ropopochodnych, biogaz zasługuje na uwagę, zwłaszcza do napędu ciągników i maszyn rolniczych, ponieważ w warunkach wiejskich, w dużych gospodarstwach rolnych, istnieje możliwość budowy lokalnych biogazowni z uwagi na dostęp do pożądanego w tym celu substratów.

Parlament Europejski i Komisja Europejska planują, aby już w roku 2020 udział odnawialnych źródeł energii w ogólnym bilansie energetycznym krajów Wspólnoty Europejskiej wynosił ok. 20% brutto. Przełomowym powinien być rok 2050, w którym według przewidywań i zaleceń wymienionych instytucji, prawie całkowite pokrycie zapotrzebowania na energię elektryczną ma pochodzić ze źródeł odnawialnych (woda, wiatr, słońce, biomasa). W ślad za źródłami do produkcji energii elektrycznej, powinno się zmierzać również do wykorzystania paliw pochodzących z biomasy do różnych dziedzin gospodarki, w tym do aplikacji w środkach transportu.

Opracowana praca doktorska wpisuje się z pewnością w proroczkowe tendencje poszukiwania alternatywnych źródeł energii do środków transportu i różnego rodzaju maszyn roboczych napędzanych silnikami spalinowymi. Należy podkreślić, że z przyjętych założeń i sformułowanych tez pracy, które zostały potwierdzone, Doktorantka wywiązała się w sposób poprawny. Wykazała się właściwym sformułowaniem problemu badawczego i umiejętnością prowadzenia skomplikowanych eksperymentów rzeczywistych. Metodologię realizacji badań oraz interpretację i wnioskowanie na podstawie uzyskanych wyników uważam za przekonującą. Świadczy to o kompetencjach Autorki rozprawy do samodzielnego prowadzenia badań i wskazuje na jej znaczną wiedzę w prezentowanej problematyce.

Reasumując wyrażam opinię, że rozprawa doktorska Pani mgr inż. Marleny Owczuk nt. „Ocena możliwości zastosowania biogazu rolniczego do zasilania dwupaliwowego silnika ciągnika rolniczego”, w rozumieniu Ustawy „O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki” (Dz. Ustaw Nr 65 z dnia 14 marca 2003r.) wraz ze zmianami z dnia 03 października 2014r., spełnia wymagania do ubiegania się o stopień naukowy doktora nauk technicznych w dyscyplinie Budowa i Eksploatacja Maszyn.

Niniejszym rekomenduję Radzie Wydziału Samochodów i Maszyn Roboczych Politechniki Warszawskiej przyjęcie rozprawy doktorskiej i dopuszczenie Pani mgr inż. Marleny Owczuk do publicznej obrony.

