

Zamość, dnia 22.05.2015 r.

prof. dr hab. Bogdan Kościk
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
Wydział Biogospodarki w Zamościu
ul. Szczepkowska 102
22-400 Zamość

Recenzja

pracy doktorskiej **mgr inż. Tomasza SAŁKA**

pt.

***„Rolnicza, energetyczna i ekonomiczna efektywność produkcji biomasy wybranych gatunków
roślin z przeznaczeniem na biogaz”***

przygotowanej pod kierunkiem prof. dr hab. Wojciecha Budzyńskiego opublikowanej w monografii pt. *„Technologie pozyskiwania i kondycjonowania biomasy rolniczej i wodnej dla biogazowni i zgazowarki”* (ISBN 978-83-7299-873-6) pod redakcją Janusza Gołaszewskiego, Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, tom I, 2014.

Podstawą wykonania recenzji jest pismo prof. dr hab. Krzysztofa Młynarczyka, Dziekana Wydziału Kształtowania Środowiska i Rolnictwa Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie (*WKŚiR.DZ.0173.61 2015*) z dnia 27.03.2015 r.

Ogólna charakterystyka pracy oraz udział Doktoranta w jej opracowaniu

Recenzowana, licząca 272 strony praca pt. *„Rolnicza, energetyczna i ekonomiczna efektywność produkcji biomasy wybranych gatunków roślin z przeznaczeniem na biogaz”* jest rozdziałem w książce wydanej w 2014 r. jako podsumowanie projektu badawczego.



Rozdział ten jest napisany przez czterech autorów, z których dwu wnioskuje o nadanie stopnia naukowego doktora nauk rolniczych. Są to mgr inż. Tomasz Sałek oraz mgr inż. Adam Parzonka. Rozprawa składa się z części wstępnej, 6 rozdziałów merytorycznych, wniosków oraz rozdziału dziewiątego, w którym przedstawione zostały karty technologiczne i propozycje technologii produkcji poszczególnych gatunków o różnym poziomie nakładów energii. Pracę kończy wykaz literatury (393 pozycji).

Do książki dołączone zostały trzy streszczenia w języku angielskim i polskim (jedno ogólne obejmujące cały rozdział, dwa streszczenia obu Doktorantów w zakresie zagadnień przez nich realizowanych) oraz oświadczenia autorów. Oświadczenia oraz informacje zamieszczone na stronie 11 książki wskazują autorów rozdziałów i podrozdziałów, tym samym umożliwiają ustalenie wkładu poszczególnych Doktorantów w opracowanie koncepcji, wykonywanie części eksperymentalnej i interpretację wyników tej pracy.

W rozdziale pierwszym opracowanym przez Adama Parzonkę i Tomasza Sałka przedstawione zostały zagadnienia wprowadzające do tematu pracy, a także cel i hipotezy badawcze.

W liczącym 74 strony rozdziale drugim pt. „Przegląd piśmiennictwa” scharakteryzowana została biomasa roślinna pod kątem jej przydatności na cele energetyczne, w tym do produkcji biogazu rolniczego, a także omówiona efektywność, zarówno energetyczna jak i ekonomiczna, jej produkcji. Przedstawione też zostały wymagania siedliskowe i agrotechniczne traw o fotosyntezie typu C_4 (kukurydza zwyczajna, sorgo cukrowe, miskant olbrzymi i cukrowy), roślin bobowatych (lucerna siewna, rutwica wschodnia, koniczyna łąkowa) oraz dwu traw o fotosyntezie typu C_3 (tymotka łąkowa i kupkówka pospolita).

Autorem podrozdziałów 2.1 i 2.2 jest dr hab. Władysław Szempliński prof. UWM, 2.4 – mgr inż. Adam Parzonka, a 2.3 – mgr inż. Tomasz Sałek.



Podrozdział 2.3 przygotowany przez Tomasza Sałka liczy 31 stron i składa się z 3 podrozdziałów dalszego rzędu, w których Autor dokonuje przeglądu piśmiennictwa dotyczącego kukurydzy zwyczajnej, sorga cukrowego oraz miskanta olbrzymiego i cukrowego.

Empiryczną część rozprawy stanowią rozdziały od trzeciego do ósmego. W rozdziale 3 pt. „*Metodyka badań*” opracowanym przez Wojciecha Budzyńskiego, Władysława Szemplińskiego, Adama Parzonkę i Tomasza Sałka, opisana została metodyka badań polowych i laboratoryjnych dla każdego gatunku, a także podane wzory wykorzystywane w obliczeniach energetycznej i ekonomicznej efektywności.

Rozdział czwarty opracowany został przez Wojciecha Budzyńskiego, Władysława Szemplińskiego, Adama Parzonkę i Tomasza Sałka, przy czym pierwszy podrozdział (4.1) pt. „*Agrometeorologiczne uwarunkowania plonowania roślin*” napisany jest przez obu Doktorantów. Natomiast autorem podrozdziału 4.2 jest Wojciech Budzyński i Tomasz Sałek, a 4.3 Władysław Szempliński i Adam Parzonka. Podrozdział 4.2 liczy 6 stron (106-112) i omawiane jest w nim plonowanie traw o typie fotosyntezy C_4 . Kolejne rozdziały, tj.: „*Energetyczna wydajność i sprawność produkcji biomasy*” (rozd. 5), „*Ekonomiczna sprawność produkcji biomasy*” (rozd. 6), „*Właściwości biomasy i biogazodochodowość*” (rozd. 7) opracowali wyłącznie Doktoranci. Podział był następujący: trawy o typie fotosyntezy C_4 analizował Tomasz Sałek, a rośliny bobowate i trawy o typie fotosyntezy C_3 – Adam Parzonka.

Mgr inż. Tomasz Sałek w samodzielnie opracowanych podrozdziałach: 5.1 (9 stron), 6.1 (5 stron), 7.1 (13 stron) omawia, na tle danych z literatury, wyniki analizy energetycznej, ekonomicznej oraz właściwości biomasy i biogazodochodowość.

Wnioski (rozdział 8) i wykaz literatury są dziełem wszystkich 4 autorów rozprawy.

Kończący pracę podrozdział pt. „*Technologie produkcji na gruntach ornych roślin energetycznych*”



na biogaz” został opracowany przez obu Doktorantów. Część dotyczącą traw o fotosyntezie typu C_4 (9.1) napisał mgr inż. Tomasz Sałek (27 stron), a traw o fotosyntezie typu C_3 i roślin bobowatych (9.2) mgr inż. Adam Parzonka (47 stron).

Praca zawiera łącznie 80 zestawień tabelarycznych, 7 rysunków i 23 kolorowych fotografii. Z tej ogólnej liczby Tomasz Sałek zamieścił 22 tabele, 6 rysunków i 12 fotografii, zaś Adam Parzonka 46 tabel, 11 fotografii. W pracy są też 4 tabele i 1 rysunek opracowane wspólnie przez obu Doktorantów.

Ocena doboru tematu, określenie celów oraz sformułowanie hipotez badawczych

Monografia jest odpowiedzią na wyzwania związane z potrzebą troski o stan środowiska przyrodniczego i produkcji energii ze źródeł odnawialnych.

Doktorant podejmuje problematykę uwarunkowań rolniczych, ekonomicznych i środowiskowych produkcji energii z biomasy takich roślin jak kukurydza zwyczajna *Zea mays* L., sorgo cukrowe *Sorghum saccharatum* L. Moench., miskant olbrzymi *Miscanthus x giganteus* Greef and Deu, miskant cukrowy *Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Hack.

Jest to temat niezwykle ważny i nowatorski, mający znaczenie dla gospodarki, bezpieczeństwa energetycznego, a także ochrony środowiska. Problematyka produkcji energii z odnawialnych źródeł pojawia się jako tzw. inteligentna specjalizacja w wielu strategiach gospodarczych. W pracy tematyka produkcji energii użytkowej z biomasy roślinnej pochodzenia rolniczego poprzez jej fermentację metanową jest analizowana kompleksowo. Szczegółowo zostały omówione zagadnienia rolnicze. Natomiast do oceny efektywności energetycznej i ekonomicznej produkcji biomasy wykorzystane zostały podstawowe wskaźniki. Takie kompleksowe i interdyscyplinarne podejście umożliwiło wyciągnięcie trafnych wniosków.



Reasumując, dobór tematu rozprawy oceniam pozytywnie, gdyż jest on nowatorski i ważny, zarówno z punktu widzenia poznawczego jak i utylitarnego.

Celem pracy była ocena przydatności biomasy kukurydzy zwyczajnej, sorga cukrowego, miskanta olbrzymiego i cukrowego do konwersji na biogaz. Powyższe gatunki uprawiane były zgodnie z zasadami obowiązującymi zarówno w technologii konwencjonalnej jak również integrowanej, charakteryzującej się zmniejszonymi nakładami na przemysłowe środki produkcji. Cel został określony w sposób jednoznaczny i obejmował aspekty rolnicze, energetyczne oraz ekonomiczne.

W rozprawie Autor przyjął dwie hipotezy badawcze. W hipotezie pierwszej zakłada, że kukurydza zwyczajna jako surowiec żywnościowy i energetyczny nie może tworzyć monokultury agrocenoz i być jedynym surowcem do produkcji energii. Dlatego Doktorant szukał wśród traw o typie fotosyntezy C_4 innych wydajnych gatunków o porównywalnej wydajności biomasy i jednocześnie przyjaznych dla środowiska, a tym samym pożądanych w agrocenozach.

Druga hipoteza badawcza zakłada, że technologie wysokonakładowe (konwencjonalne) uwydatniają potencjał plonowania (mierzony wydajnością masy i energii) przy dużej energochłonności produkcji. Technologie integrowane racjonalizują zużycie najbardziej energochłonnych czynników produkcji (nawozów i paliw) i poprawiają energetyczną sprawność produkcji biomasy na biogaz.

Przedstawiony cel i hipotezy nie budzą zastrzeżeń, sformułowano je w sposób czytelny i jednoznaczny. Przygotowując je Doktorant wykazał się znajomością zagadnień zarówno rolniczych, energetycznych jak i ekonomicznych.



Ocena metod i zastosowanych narzędzi badawczych

Teoretyczne aspekty recenzowanej rozprawy zostały przygotowane na podstawie szerokich studiów literatury, zarówno polskiej jak i obcojęzycznej. Doktorant korzystał z 241 pozycji bibliograficznych, na które złożyły się publikacje książkowe i artykuły naukowe traktujące o rolnictwie, energetyce i ekonomii. W pracy wykorzystał także źródła internetowe, akty prawne oraz dane publikowane przez Główny Urząd Statystyczny.

Empiryczna część rozprawy została opracowana na podstawie wyników badań przeprowadzonych w ramach Projektu kluczowego POIG.01.01.02.-00-016/08 pt. *Modelowe kompleksy kogeneracji rozproszonej opartej na lokalnych i odnawialnych źródłach energii* (temat: „Biomasa i biogaz z fermentacji roślin zielnych i wodnych”, zadanie 1.1. „Zbadanie rolniczej wydajności, energetycznej sprawności i ekonomicznej efektywności produkcji fitomasy na cele energetyczne wybranych taksonów traw i roślin bobowatych (d. motylkowatych) oraz opracowanie technologii jej wytwarzania w konwencjonalnym i integrowanym systemie gospodarowania”).

Wyniki pochodzą z kilku źródeł: łąkowych doświadczeń polowych, pomiarów zużycia paliwa, czasu pracy itp. w procesach technologicznych produkcji biomasy na polach produkcyjnych Zakładu Produkcyjno-Doświadczalnego w Bałcynach i badań laboratoryjnych. Uzyskane wyniki zostały opracowane statystycznie i wykorzystane do analizy efektywności produkcji.

Dwuczynnikowe doświadczenia łąkowe (powierzchnia 0,4 ha), prowadzono w układzie losowanych podbloków w dwóch powtórzeniach. W badaniach uwzględniono gatunki traw o typie fotosyntezy C₄ (kukurydza zwyczajna, sorgo cukrowe, miskant olbrzymi i cukrowy), które uprawiano według dwóch technologii – konwencjonalnej (intensywnej, wysokonakładowej) i integrowanej – o zmniejszonych nakładach na środki produkcji. Badania prowadzone zostały w latach 2009-2012.



W tabeli 3.2 zostały przedstawione szczegółowo wszystkie informacje dotyczące agrotechniki, zarówno dla technologii konwencjonalnej jak i integrowanej, począwszy od wyboru stanowiska, a skończywszy na zbiorze biomasy.

Po zbiorze fitomasy z doświadczeń polowych określono plon świeżej i suchej masy. Bezpośrednio po skoszeniu rozdrobniony surowiec zakiszano.

Badania dotyczące wydajności biogazu i zawartego w nim metanu oraz pomiar parametrów fizycznych i chemicznych wykonano w latach 2010 i 2011. W roku 2010 zostały przeprowadzone w laboratorium biotechnologicznym firmy Biogaz Zeneris Sp. z o.o. W roku 2011 badania przeprowadzono w laboratorium Katedry Inżynierii Ochrony Środowiska, Wydziału Nauk o Środowisku Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie.

W badaniach rolniczych dosyć rzadko przeprowadzane są analizy energetyczne, choć są one niezwykle ważne z uwagi na ochronę środowiska przyrodniczego. Zaletą tych analiz jest to, że nie są one obciążone zmianami cen produktów rolniczych i środków produkcji. Niestety, nie są to obliczenia precyzyjne. Przed ich rozpoczęciem należy przyjąć niezbędne założenia i precyzyjnie (na ile jest to możliwe) identyfikować wszystkie czynniki mające wpływ na skumulowane nakłady energetyczne. W pracy nakłady energii skumulowanej ponoszone na produkcję biomasy określono na podstawie bezpośrednich pomiarów zużycia oleju napędowego, nakładów pracy i rzeczywistej wydajności maszyn na polach produkcyjnych w Zakładzie Produkcyjno-Doświadczalnym w Bałcynach. W tych analizach uwzględniono cztery strumienie nakładów energii: praca ludzka, ciągniki i maszyny, nośniki energii i materiały (nasiona, nawozy, środki ochrony roślin). Takie podejście jest powszechnie stosowane. Godny podkreślenia jest sam fakt podjęcia tej jakże ważnej i jednocześnie trudnej w realizacji tematyki badawczej.

W analizie ekonomicznej, która podobnie jak energetyczna, jest uzupełnieniem badań rolniczych, wykorzystano podstawowe wskaźniki stosowane w ocenie gospodarstw rolnych (Polski FADN). Należą do nich: nadwyżka bezpośrednia, koszt jednostkowy produkcji,

wskaźnik opłacalności produkcji i efektywność krańcowa. Jest to więc analiza ekonomiczna uproszczona.

Patrząc z perspektywy przyjętych celów zastosowane metody i narzędzia badawcze, choć przedłożone czasem mało przejrzyste, można uznać za właściwe.

Ocena układu, wartości naukowej i oryginalności rozprawy

Recenzowana praca posiada standardowy, uporządkowany i logiczny układ, a wartość naukowa wynika z zawartości merytorycznej poszczególnych rozdziałów.

W podrozdziale drugim bardzo szczegółowo, w oparciu o literaturę, omówione zostały zagadnienia związane z produkcją biogazu z biomasy, a także wymagania siedliskowe i agrotechniczne wszystkich analizowanych gatunków.

Podrozdziały 3–7 są bezpośrednio związane z realizacją celu pracy oraz weryfikacją postawionych hipotez. Należy podkreślić, że cel został zrealizowany, a hipotezy zweryfikowane. Za znaczące osiągnięcie Doktoranta, które jest istotne z punktu widzenia rozwoju wiedzy na temat produkcji biogazu należy uznać:

1. Zaprezentowanie w sposób uporządkowany aktualnego stanu wiedzy w zakresie produkcji energii z biomasy poprzez jej fermentację metanową, co ma szczególnie duże znaczenie po przyjęciu przez Parlament RP Ustawy o Odnawialnych Źródłach Energii.
2. Przeprowadzenie kompleksowych badań własnych i analiz mających na celu wskazanie gatunków mogących zastąpić kukurydzę. Z gospodarczego punktu widzenia żaden z analizowanych gatunków nie dorównywał wydajności kukurydzy zwyczajnej. Charakterystyczny jest jednak bardzo wysoki wskaźnik energetycznej sprawności miskanta olbrzymiego (21,5) i najniższy koszt produkcji jednostki masy.
3. Wykazanie zalet integrowanych metod produkcji wielu gatunków, zarówno z energetycznego, jak i ekonomicznego punktu widzenia. Myślę, że uzyskane przez



Doktoranta wyniki powinny zainteresować decydentów wprowadzających w Polsce Wspólną Politykę Rolną.

Podsumowując ocenę merytoryczną rozprawy stwierdzam, że Doktorant wypracował i zrealizował bardzo szeroką koncepcję badawczą. Obejmowała ona zarówno rolnictwo jak również energetykę i ekonomię. Jednak jedynie takie podejście umożliwiło wyciągnięcie trafnych wniosków dla praktyki.

Myślę, że to właśnie szeroki zakres badań i interdyscyplinarność spowodowały, że Doktorant nie ustrzegł się pewnych błędów czy też nieprecyzyjności.

Moim zdaniem wyjaśnień czy też dyskusji wymagają następujące kwestie:

1. Do obliczenia efektywności energetycznej potrzebne są skumulowane nakłady na produkcję i tzw. plon energii. Przy obliczaniu skumulowanych nakładów energetycznych należy przyjąć pewne założenia i starać się w miarę możliwości, pozyskiwać jak najdokładniejsze informacje, które posłużą później do dalszych obliczeń według wzorów ustalonych przez specjalistów w tym zakresie. W pracy brak jest uzasadnienia dlaczego Doktorant zrezygnował z uwzględnienia kosztów przejazdu na pole. Brak jest też informacji jaką powierzchnię miały pola pod poszczególnymi gatunkami. Nie doszukałem się też informacji na temat uwzględnienia w nakładach energetycznych nasion czy też sadzonek miskantów (brak tych wskaźników w tabeli 3.3). Doktorant zna dynamikę fermentacji metanowej, o czym świadczy zapis na stronie 171. Chciałbym uzyskać informację jakie czynniki zdecydowały, że analiza wydajności prowadzona była przez 40-41 dni.
2. W metodyce (w części ekonomicznej) jest podany podział kosztów na bezpośrednie i pośrednie. Takiej klarowności nie ma już w tab. 6.1 i trzeba się domyślać co to za koszt „ciągniki i maszyny”. Należałoby też wyjaśnić co Doktorant ma na myśli pisząc „koszty



czynników własnych”. W części rozprawy obejmującej analizy energetyczne i ekonomiczne wskazana byłaby większa precyzja w określaniu poszczególnych kategorii czy też pojęć.

Powyższe uwagi i zapytania kierowane do Doktoranta dotyczą tylko części energetycznej i ekonomicznej, a więc kwestii uzupełniających podstawowe badania rolnicze. Nie wpływają więc one istotnie na wysoką ocenę całej pracy. Praca ta może być szczególnie przydatna w realizacji założeń Wspólnej Polityki Rolnej. W okresie 2014-2020 Wspólna Polityka Rolna kładzie bardzo duży nacisk na ochronę środowiska przyrodniczego. Stąd też ograniczenie monokultur czy też emisji gazów cieplarnianych jest szczególnie ważne.

Ocena strony formalnej i edytorskiej

Praca generalnie spełnia podstawowe wymogi formalne i edytorskie. Niemniej jednak mam kilka uwag w tym zakresie. Autorowi zdarzają się czasem pewne niezręczności językowe, skróty myślowe, czy też mała precyzyjność. Podjęta tematyka, podobnie jak i inne badania naukowe, wymaga stosowania precyzyjnej terminologii. Doktorant używa też słowa „biogazodochodowość”, które choć pojawia się w literaturze przedmiotu dość powszechnie, to osobiście uważam za niewłaściwe.

Praca jest opublikowana w monografii, która jest przeznaczona do szerokiego grona czytelników, w tym rolników, przedsiębiorców, itp. Ci odbiorcy ciągle jeszcze posługują się tradycyjnymi jednostkami miar. Stąd wynika najprawdopodobniej fakt, że Doktorant nie stosuje konsekwentnie układu SI. Do pracy dołączone zostały streszczenia, które są wyważone i nie budzą zastrzeżeń. Moim zdaniem rozdział „Wnioski” powinien brzmieć „Wnioski i stwierdzenia”. W większości przypadków w tekście są odnośniki do źródeł i opisywanych tabel i wykresów, co ułatwia czytelnikowi analizę danych. Generalnie tytuły są komunikatywne i odzwierciedlają treści zawarte na rysunkach czy też w tabelach. Jednak niektóre z nich, np. tabela 3.3, należałoby „dopracować”.



Wnioski końcowe

Przedstawioną mi do oceny pracę doktorską mgr inż. Tomasza Sałka uważam za interesującą, gdyż dostarcza wielu ciekawych wyników, zarówno dla praktyków jak i dla środowiska naukowego. Dokładna analiza tej pracy, pomimo zgłoszonych uwag, upoważnia mnie do pozytywnej jej oceny. Dotyczy to zarówno wyboru problematyki badawczej jak i sposobu zrealizowania podstawowego zadania. Opracowanie zawiera poprawnie sformułowane hipotezy badawcze oraz cel. Zastosowane narzędzia, metody badawcze w trzech dziedzinach: rolnictwo, energetyka i ekonomia są poprawne. Również interpretacja wyników jest właściwa.

Na szczególne podkreślenie zasługują następujące aspekty rozprawy:

- ambitnie zaprojektowany cel badań,
- interdyscyplinarne podejście do realizacji celu i weryfikacji postawionych hipotez,
- ogromna ilość wykonanych badań i wnikliwe przedstawienie uzyskanych wyników,
- ważność, kompleksowość i innowacyjność podjętej w rozprawie tematyki,
- aplikacyjny charakter rozprawy.

Uwzględniając wszystkie aspekty oceny mogę stwierdzić, że rozprawa doktorska Pana mgr inż. Tomasza Sałka pt. „*Rolnicza, energetyczna i ekonomiczna efektywność produkcji biomasy wybranych gatunków roślin z przeznaczeniem na biogaz*” spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim określonym w Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 roku (Dz. U. z 2003 nr 65 poz. 595) z późniejszymi zmianami (Dz. U. z 2011 roku nr 84 poz. 445).

Wnoszę więc do Wysokiej Rady Wydziału Kształtowania Środowiska i Rolnictwa Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie o dopuszczenie recenzowanej rozprawy do publicznej obrony.

Prof. dr hab. Bogdan Kościak

