

Kraków 01.06.2018r.

Dr hab. inż. Dariusz Kwaśniewski  
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie  
Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki  
Instytut Inżynierii Rolniczej i Informatyki  
ul. Balicka 116B  
30-149 Kraków

## **RECENZJA**

rozprawy doktorskiej mgr inż. Beaty Zakliki  
pt. „Efektywność produkcji brykietów z biomasy pochodzenia roślinnego”

### **1. Wprowadzenie**

Recenzja została opracowana na zlecenie Dziekana Wydziału Inżynierii Produkcji Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie z dnia 23.04.2018r. (pismo nr TDz. 531/os/2018). Rozprawa doktorska została wykonana w 2018r. na Wydziale Inżynierii Produkcji Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Promotorem pracy jest prof. dr hab. inż. Ignacy Niedziółka, a promotorem pomocniczym dr hab. inż. Artur Kraszkievicz.

### **2. Formalna charakterystyka rozprawy**

Rozprawa doktorska pt. „Efektywność produkcji brykietów z biomasy pochodzenia roślinnego” napisana przez mgr inż. Beatę Zaklikę dotyczy ważnego i wciąż aktualnego problemu oceny efektywności energetycznej produkcji paliw kompaktowych na przykładzie brykietów wytworzonych z różnych surowców pochodzenia roślinnego.

Praca obejmuje łącznie 116 stron maszynopisu, w tym 30 tabel, 26 rysunków i bibliografię oraz streszczenie w języku polskim i angielskim. Bibliografia jest obszerna, zawiera aż 186 pozycji. Należy podkreślić staranność przygotowania i sformatowania zamieszczonej bibliografii oraz fakt, że w bibliografii Autorka pracy zamieściła i cytowała aż 42 obcojęzyczne pozycje. Godny podkreślenia jest także fakt, że praktycznie do wszystkich zamieszczonych pozycji bibliograficznych zostały zastosowane odsyłacze. Ze względu na prowadzony rodzaj badań zamieściła także 10 pozycji związanych z normami PN-EN ISO (dotyczącymi m.in. przygotowania próbek do badań, oznaczenia zawartości wilgoci i wartości opałowej, oznaczenie zawartości części lotnych i zawartości popiołu itp.).

Na początku rozprawy został zamieszczony wykaz ważniejszych oznaczeń, co znacznie ułatwia potencjalnemu czytelnikowi identyfikację oznaczeń stosowanych w tekście.

Całość pracy jest podzielona na 7 rozdziałów numerowanych oraz 3 rozdziały nienumerowane: Bibliografia, Streszczenie, Summary. W pracy nie zamieszczono spisu tabel i rysunków. Układ pracy prawidłowy, z zachowaniem logicznego następstwa rozdziałów oraz właściwych ich proporcji, zgodny z ogólnie przyjętymi zasadami w tego typu pracach naukowych. Chociaż można dyskutować czy rozdział 5. dotyczący metodyki badań nie został za bardzo rozdrobniony na podrozdziały (niektóre podrozdziały np. 5.2, 5.3 czy 5.5 to tylko dwa lub trzy zdania). Kolejność rozdziałów w pracy nie budzi wątpliwości, a przedstawione w nich zagadnienia wprowadzają stopniowo czytelnika w problematykę poruszaną w pracy doktorskiej.

Tytuł rozprawy został sformułowany poprawnie i zawiera wystarczającą ilość informacji o jej temacie. Praca zakończona dyskusją wyników i wnioskami wynikającymi z przeprowadzonych badań i analiz.

### **3. Ocena merytoryczna rozprawy**

Biomasa przeznaczona do produkcji paliw kompaktowych może mieć różne pochodzenie (biomasa drzewna, rolnicza, z roślin energetycznych wieloletnich), a tym samym charakteryzuje się różnymi właściwościami fizyczno-chemicznymi (wielkość cząstek, gęstość właściwa i usypowa, wilgotność, skład chemiczny itp.). Właściwości te decydują w sposób zasadniczy o przebiegu procesu produkcji paliw kompaktowych takich jak pelety czy brykiety, które są przedmiotem analizy w recenzowanej rozprawie doktorskiej.

Bezpośrednie wykorzystanie biomasy z odpadów pochodzenia rolniczego do celów energetycznych jest niemożliwe, głównie ze względu na duże zawilgocenie, niewłaściwy stan skupienia lub nieodpowiednie wymiary. Trudności te mogą być pokonane przez przetworzenie odpadów roślinnych, a do najczęściej stosowanych operacji przetwarzania odpadów roślinnych na biopaliwa stałe zalicza się: rozdrabnianie, suszenie, peletowanie lub brykietowanie.

Dotychczasowe prace badawcze dotyczące energetycznego wykorzystania biomasy poprzez poznanie jej pierwotnych cech fizycznych i chemicznych zmierzają m.in. do ich poprawy w procesie aglomeracji ciśnieniowej. Prace te związane są głównie z optymalizacją tego procesu i dotyczą zmniejszenia nakładów energetycznych na produkcję paliw kompaktowych i poprawę ich cech wytrzymałościowych.

W recenzowanej rozprawie przedstawiono wyniki badań odnoszące się m.in. do cech materiałowych wybranych gatunków biomasy roślinnej, którą poddano procesowi

zagęszczenia w brykietarce. Zagadnienia poruszane w rozprawie są obecnie bardzo popularne i mają duże uzasadnienie jako tematyka badawcza podejmowana przez wiele jednostek badawczych i wielu autorów prac z tego zakresu. Aktualnie ciągle są poszukiwane rozwiązania techniczne i technologiczne, które powinny przyczynić się do ograniczenia energochłonnych procesów brykietowania i zwiększenia efektywności energetycznej tego procesu.

Praca podzielona została na 7 numerowanych rozdziałów. Po wprowadzeniu, zamieszczonym w rozdziale pierwszym, w rozdziale drugim Autorka dokonuje przeglądu piśmiennictwa związanego z tematyką swojej pracy. W podrozdziale 2.1. (rozdziału drugiego) przedstawia rodzaje biomasy i główne źródła jej pochodzenia. Z kolei w podrozdziale 2.2. dokonuje charakterystyki biomasy przeznaczonej na cele energetyczne z uwzględnieniem m.in. cech fizycznych i chemicznych biomasy roślinnej, a także właściwości energetycznych biomasy jako paliwa. W podrozdziale 2.3. zwraca uwagę na problemy ciśnieniowej aglomeracji biomasy roślinnej i podkreśla wymagania jakościowe biomasy oraz parametry procesu aglomeracji. Natomiast podrozdział 2.4. został poświęcony rodzajom urządzeń do rozdrabniania i brykietowania biomasy (rozdrabniacze bijakowe, brykietarki mechaniczne i hydrauliczne oraz mobilne linie do brykietowania biomasy). Podsumowanie przeglądu piśmiennictwa stanowią podrozdziały 2.5. i 2.6, które dotyczą przedstawienia problematyki związanej z energochłonnością produkcji biomasy i energochłonnością procesu wytwarzania biopaliw stałych.

Liczne odsyłacze nie tylko w przeglądzie literatury, ale w całej pracy zostały zastosowane prawidłowo i pozwalają stwierdzić, że Autorka ma duże rozeznanie w poruszanej przez siebie tematyce rozprawy.

Na podstawie przeglądu literatury, w rozdziale 3. Doktorantka przedstawia genezę oraz cel i zakres pracy. W podrozdziałach 3.1. i 3.2. prawidłowo uzasadnia podjęcie tematu badawczego, formułuje problemy badawcze oraz cel i zakres pracy. Podkreśla, że w Polsce prowadzone są liczne badania na temat wykorzystania biomasy roślinnej na cele energetyczne. A przedstawiane w dotychczasowych badaniach wyniki opisują zarówno cechy fizyczne, jak i chemiczne biomasy. Najczęściej jednak skupiają się na jednym surowcu lub rodzaju biomasy. Przeprowadzane są także w zróżnicowanych warunkach, przez co trudno jest porównywać uzyskiwane wyniki. Ponadto różnorodność wykorzystywanej biomasy jest kłopotliwa przy doborze pracy urządzeń zagęszczających i uzyskiwaniu produktu wysokiej jakości. Podkreśla także m.in., że niewiele jest opracowań naukowych dotyczących

wydajności i efektywności energetycznej procesu produkcji brykietów. Dodaje także, że w pracy wytypowano surowce najbardziej podatne na zagęszczenie, które mogą stanowić z powodzeniem alternatywę dla paliw konwencjonalnych, zarówno pod względem energetycznym, jak i użytkowym.

Na podstawie dokonanego przeglądu literatury (piśmiennictwa) Doktorantka sformułowała następujące problemy badawcze:

- jaki jest wpływ rodzaju biomasy, jej wilgotności i składu granulometrycznego na cechy jakościowe produkowanych brykietów?
- w jakim stopniu ciśnienie robocze urządzenia brykietującego ma wpływ na cechy jakościowe wytworzonych brykietów?
- jaki jest wpływ cech fizyczno-chemicznych biomasy i ciśnienia roboczego brykieciarki na wydajność, energochłonność i efektywność energetyczną produkcji brykietów.

Postawione problemy badawcze zostały prawidłowo i jasno sformułowane dla podjętego tematu pracy doktorskiej. Biorąc pod uwagę pytania w formie problemów badawczych, Autorka rozprawy prawidłowo sformułowała następujące hipotezy badawcze:

1. Rodzaj biomasy, jej wilgotność i skład granulometryczny wpływają na cechy jakościowe produkowanych brykietów.
2. Zwiększenie ciśnienia roboczego urządzenia brykietującego wpływa na poprawę cech jakościowych wytworzonych brykietów.
3. Cechy fizyczno-chemiczne biomasy i ciśnienia roboczego brykieciarki oddziałują na wydajność, energochłonność i efektywność energetyczną produkcji brykietów.

Aby zweryfikować postawione hipotezy badawcze postawiono cel główny pracy, którym była analiza i ocena możliwości produkcji brykietów z różnych rodzajów biomasy pochodzenia roślinnego oraz jej wpływu na cechy jakościowe i efekty energetyczne wytworzonych brykietów. Natomiast, aby zrealizować cel główny pracy Doktorantka sformułowała cztery cele szczegółowe:

1. Określenie cech fizycznych i chemicznych badanych rodzajów biomasy roślinnej.
2. Ocena wpływu cech fizycznych aglomerowanej biomasy pochodzenia roślinnego na jakość uzyskiwanego produktu.
3. Ocena wpływu ciśnienia roboczego brykieciarki na wydajność i energochłonność procesu aglomerowania biomasy roślinnej oraz jakość uzyskanego produktu.
4. Ocena energochłonności i efektywności energetycznej produkcji brykietów.

Godnym podkreślenia jest fakt, że Autorka rozprawy założyła także „praktyczne efekty z osiągnięcia celu głównego i celów pomocniczych, które polegały na uzyskaniu wiedzy, umożliwiającej taki dobór surowców roślinnych i parametrów procesu produkcji paliw formowanych, które bezpośrednio wpływają na wysoką jakość uzyskanego produktu, przy dużej wydajności i niskiej energochłonności procesu produkcji”.

W rozdziale 4 zatytułowanym *Przedmiot i warunki badań*, Doktorantka przedstawiła materiał badawczy i przebieg procesu badawczego. Do badań wykorzystwała 15 rodzajów surowców pochodzenia roślinnego, które podzieliła na 3 grupy:

- biomasa pochodząca z upraw rolniczych (słoma pszenna, żytnia, pszenżytnia, rzepakowa, owsiana, mieszanki zbożowej, gryczana, odpady rumiankowe i siano łąkowe),
- biomasa pozyskiwana z roślin energetycznych (miskant cukrowy i olbrzymi, ślazier pensylwański),
- biomasa pochodzenia drzewnego (trociny sosnowe, brzoźowe i topolowe).

Z kolei w tabeli 12 (str. 53) zamieściła także źródła pochodzenia i pozyskiwania surowców do badań. Charakteryzując przebieg procesu badawczego, w tabeli 13 (str. 54), zamieściła dane techniczno-eksploatacyjne brykieciarki hydraulicznej tłokowej JUNIOR, którą wykorzystywała w badaniach, a na rysunku 1 (str. 55), przedstawiła szczegółowy i czytelny algorytm realizacji badań.

Takie podejście daje czytelnikowi dobry ogólny obraz zagadnień badawczych i technicznych z jakimi należało się zetknąć w pracy, aby zrealizować założony cel i wykonać szereg badań, a następnie przystąpić do analizy uzyskanych wyników.

Na szczególne podkreślenie zasługuje (zamieszczona w rozdziale 5.) szczegółowo opracowana metodyka badań i obliczeń. Przedstawione w niej informacje i wzory wprowadzają stopniowo czytelnika w aspekty badawcze cech fizycznych i chemicznych surowców i brykietów oraz aspekty obliczeniowe wydajności i energochłonności produkcji brykietów. Można mieć jedynie zastrzeżenia do informacji (w podrozdziale 5.13) na temat analizy statystycznej wyników badań. Należało podać więcej informacji i wyjaśnień z zakresu stosowanej w pracy analizy statystycznej. Ułatwiłyby one czytelnikowi lepszą interpretację wyników zamieszczonych w tabelach 14-30.

Uzyskane wyniki badań Autorka konsekwentnie, tzn. zgodnie z celem głównym pracy i metodyką badań, przedstawiła w rozdziale 6. *Wyniki badań i ich analiza* w formie rysunków i tabel. Praktycznie przyjęła podobny układ zamieszczania wyników w całym rozdziale tzn. rysunek, bądź rysunki i tabela grup jednorodnych badanych wartości oraz opis wyników. Na

stronie 91 rozprawy Doktorantka podaje informację i stwierdza, że „*Przy analizie danych wyodrębniono i rozpatrzono trzy bloki danych, jako samodzielne i jednocześnie powiązane ze sobą, dla których efekt analiz końcowych uwarunkowany był założeniami początkowymi.* Trzy bloki danych (a właściwie uzyskanych wyników) zostały zamieszczone jako trzy podrozdziały. I rzeczywiście - pierwszy oznaczony jako 6.1. dotyczy oceny parametrów fizyczno-chemicznych biomasy roślinnej jako surowca (wilgotność, wartość opałowa, skład granulometryczny, gęstość nasypowa i otręsinowa). Drugi oznaczony jako 6.2. odnosi się do parametrów fizycznych i chemicznych wytworzonych z badanych surowców roślinnych brykietów (długość i masa brykietów, gęstość objętościowa i trwałość mechaniczna brykietów oraz zawartość wilgoci, części lotnych i popiołu w brykietach). Natomiast w trzecim podrozdziale 6.3. Autorka zamieściła wyniki dotyczące wydajności i energochłonności procesu rozdrabniania i brykietowania surowców, energochłonności produkcji brykietów i energochłonności skumulowanej oraz efektywności energetycznej produkcji brykietów.

Za bardzo istotny i pozytywny fakt należy uznać zamieszczenie w recenzowanej rozprawie rozdziału 7. *Dyskusja wyników i wnioski* (str. od 91 do 99). W rozdziale tym Doktorantka porównuje uzyskane wyniki swoich badań z wynikami innych autorów prac o podobnym zakresie. Ocenia także uzyskane wyniki w kontekście założonych hipotez badawczych.

Reasumując, należy stwierdzić, że uzyskane przez Autorkę wyniki badań pozwoliły na zweryfikowanie i potwierdzenie założonych hipotez badawczych. Rozprawa doktorska została zakończona 11 wnioskami, które ściśle wynikają z zaprezentowanych w pracy wyników badań oraz podkreślają zrealizowany, założony cel pracy. Uzyskane na podstawie badań wyniki oraz ich analizy mogą być przydatne (jak sugeruje sama Autorka na stronie 51) w praktyce. W związku z tym, przedstawione w pracy niektóre stwierdzenia i wnioski można traktować jako zalecenia co do predyspozycji badanych surowców roślinnych do produkcji brykietów. Jednak zalecenia te mogły być w pracy bardziej wyeksponowane z podkreśleniem i podaniem pewnych założeń ograniczających wykorzystanie badanych surowców roślinnych do produkcji brykietów (chodzi o ograniczenia i sugestie związane z obliczaniem wszystkich składowych energochłonności produkcji brykietów dla grup badanych surowców). Miałoby to wpływ na jeszcze większe walory użytkowe pracy.

- W rozdziale 5. *Metodyka badań* jednostki podawane są zbyt blisko wzorów co w pierwszej chwili może powodować dezorientowanie potencjalnego czytelnika,
- W tabeli 12 na stronie 53 można było dodać przed kolumną „Rodzaj surowca badawczego” kolumnę „Symbol” a w niej stosowane potem w rozdziale *Wyniki badań i ich analiza* symbole w kolejności od S1 do S15 dla wszystkich badanych surowców. W tabelach rozdziału 6. są symbole ale jest różna kolejność. A w treści i opisach raz są używane te symbole, a innym razem nie. Jest to pewne utrudnienie w lekturze opisu wyników badań.
- Na stronie 75 jest zamieszczona tabela 21, a w tekście jest odwołanie do tabeli 4.

## 5. Podsumowanie i wniosek końcowy

Podsumowując, należy stwierdzić, że rozprawa doktorska mgr inż. Beaty Zakliki pt. „Efektywność produkcji brykietów z biomasy pochodzenia roślinnego” stanowi problem naukowy i mieści się w dziedzinie nauk rolniczych w dyscyplinie inżynieria rolnicza. Logiczna i spójna całość rozważań oraz prezentacja ich wyników pozwala stwierdzić, że rozprawa spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim wynikającym z ustawy z dnia 14 marca 2003r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki oraz Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 26 września 2016r. w sprawie szczegółowego trybu przeprowadzania czynności w przewodach doktorskim i habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu naukowego. Fakt ten upoważnia mnie do zgłoszenia wniosku do Rady Wydziału Inżynierii Produkcji Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie o wszczęcie dalszej procedury w przewodzie doktorskim oraz dopuszczenie rozprawy do publicznej obrony.

*J. Włodarski*