

Prof. dr hab. inż. Ignacy Niedziółka
Katedra Maszyn Rolniczych, Leśnych i Transportowych
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgra inż. Łukasza Boliboka pt. „Modelowanie zagrożeń ekologicznych związanych z uprawą i wykorzystaniem roślin energetycznych”

Zleceniodawca: Dziekan Wydziału Inżynierii Produkcji UP w Lublinie
Zlecenie z dnia 23.11.2017 r., nr TDz.531/os/2017

1. Ogólna charakterystyka rozprawy doktorskiej

Recenzowana rozprawa doktorska została wykonana w Katedrze Podstaw Techniki Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, pod kierunkiem promotora dra hab. inż. Jerzego Grudzińskiego. Praca liczy łącznie 83 strony w formie wydruku komputerowego formatu A4. Całość pracy obejmuje 11 głównych rozdziałów. Zamieszczony w pracy materiał graficzny i liczbowy, dotyczący uzyskanych wyników badań obejmuje łącznie 22 rysunki i 19 tabel. W spisie bibliografii Autor zamieścił 130 pozycji z zakresu podjętej tematyki badawczej.

Rozdział 1 stanowi wprowadzenie do tematu rozprawy i zawiera informacje dotyczące poszukiwania nowych źródeł energii odnawialnej, pozyskiwania biomasy na cele energetyczne, występowania zagrożeń ekologicznych związanych z produkcją roślin energetycznych oraz wykorzystania narzędzi informatycznych do ilościowej oceny stopnia ich ograniczenia, w oparciu o programy oceny cyklu życia wytwarzanych wyrobów (LCA).

Rozdział 2 został podzielony na 5 podrozdziałów, w których Autor na podstawie przeglądu literatury krajowej i obcojęzycznej opisał wpływ stosowanych technologii uprawy roślin energetycznych na glebę i związane z tym zagrożenia wodne, emisje zanieczyszczeń do atmosfery, aspekty różnorodności biologicznej oraz zagrożenia ekologiczne wynikające z konwersji biomasy roślinnej na energię cieplną.

W rozdziale 3 Autor przedstawił metody oceny zagrożeń ekologicznych związanych z działalnością człowieka i ich wpływem na środowisko naturalne, uwzględniających wiele ogniw łańcucha "życia" wyrobu od jego wytworzenia do ostatecznej likwidacji. Opisał także stosowane w praktyce metody LCA i ich strukturę oraz metodę "śladu węglowego" i normy zarządzania środowiskowego serii ISO 14000, opracowane przez międzynarodowe i krajowe organizacje naukowe.

W rozdziale 4 Doktorant dokonał przeglądu oprogramowania przeznaczonego do modelowania i oceny cyklu życia wyrobu oraz opisał wybrane programy komercyjne i typu otwartego. Na podstawie tego przeglądu wybrał oprogramowanie openLCA, należące do typu Open Source, pozwalające na dowolną konfigurację pod względem składu, tzn. implementacji bazy danych i metody obliczeniowej, odpowiedniej do przedmiotowej analizy.

W rozdziale 5 zamieszczone zostały cele i zakres pracy, które po zrealizowaniu przez Doktoranta powinny umożliwić użytkownikowi wybór optymalnego rozwiązania w oparciu o metody LCA, służące do oceny wpływu produktów i technologii rolniczych na środowisko, na etapie podejmowania decyzji o rozpoczęciu uprawy energetycznej. Ponadto powinny wypełnić luki występujące w literaturze krajowej, poświęconej tym zagadnieniom.

Rozdział 6 zawiera obiekty i metody badań. Jako obiekt badań Doktorant założył plantację słonecznika bulwiastego zwanego topinamburem, uprawianego na cele energetyczne oraz przyjął program komputerowy open LCA v. 1.3 Green Delta (Niemcy), wykorzystywany do modelowania i oceny cyklu życia badanej rośliny energetycznej.

W rozdziale 7 Autor zamieścił informacje dotyczące pozyskiwania i przetwarzania danych dla potrzeb modelowania zagrożeń ekologicznych oraz przedstawił metodykę obliczania ilości i rodzaju zanieczyszczeń emitowanych w procesie uprawy i konwersji biomasy słonecznika bulwiastego na energię cieplną.

Rozdział 8 zawiera opis modelowania wpływu środowiskowego oraz przyjętych wariantów projektowych. Do analizy cyklu życia badanej rośliny Autor przyjął 4 etapy, związane z jej uprawą i produkcją energii z biomasy, dane wejściowe obejmujące skład chemiczny paliwa i stosowanych środków produkcji oraz dane wyjściowe dotyczące ilości substancji emitowanych do atmosfery.

W rozdziale 9 zostały zamieszczone wyniki obliczeń i ich interpretacja. Autor dokonał prezentacji wyników obliczeń w jednostkach UBP, stosowanych w metodzie Ecological Scarcity 2006, przedstawiając je w formie graficznej i numerycznej dla badanych etapów oraz wariantów uprawy i produkcji energii z biomasy słonecznika bulwiastego.

Rozdział 10 obejmuje podsumowanie dotyczące przydatności opracowanego przez Doktoranta oprogramowania do oceny cyklu życia uprawianej rośliny energetycznej oraz 3 uytylitarne wnioski sformułowane na podstawie przeprowadzonych badań.

W rozdziale 11 Autor rozprawy zamieścił wykaz 130 pozycji literatury krajowej i obcojęzycznej, dotyczącej podjętej problematyki badawczej, w tym 29 pozycji ze źródeł internetowych i 8 aktów normatywnych.

2. Merytoryczna ocena rozprawy doktorskiej

Wzrost świadomości ekologicznej społeczeństw oraz wyczerpujące się zasoby paliw konwencjonalnych spowodowały konieczność pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych. Komisja Europejska w przyjętym pakiecie klimatyczno-energetycznym do 2030 roku, zaproponowała redukcję emisji gazów cieplarnianych o 40% oraz zwiększenie udziału źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu energii do 27%. Według GUS, w Polsce udział energii ze źródeł odnawialnych w 2016 roku wyniósł 13,5% w całkowitej podaży energii pierwotnej (w 2020 roku Polska zobowiązała się do 15% udziału OZE). Głównym źródłem energii odnawialnej w kraju jest biomasa pochodzenia roślinnego, pozyskiwana z produkcji roślinnej, odpadów przemysłu rolno-spożywczego i drzewnego oraz z upraw energetycznych. W krajowym pozyskaniu energii z OZE dominującą pozycję stanowią biopaliwa stałe, a ich udział w 2016 roku stanowił około 70%.

Uprawa wieloletnich roślin energetycznych powoduje poważne zagrożenia dla środowiska (wyjałowienie gleb, obniżenie poziomu wód gruntowych, zmiana stosunków wodnych, naruszenie równowagi biologicznej obszaru i bioróżnorodności. Są też korzystne cechy dotyczące uprawy roślin energetycznych, do których zalicza się: zagospodarowanie gleb zdewastowanych i nieprzydatnych na cele rolnicze, przeciwdziałanie erozji wodnej i wietrznej, możliwości fitoremediacyjne (pobieranie z gleby metali ciężkich), wykorzystanie osadów ściekowych do ich nawożenia, pobieranie CO₂ w procesie fotosyntezy itp.

Produkcja rolnicza generuje różnego rodzaju zanieczyszczenia do środowiska, które wywołują zagrożenia dla zdrowia ludzi i ekosystemów, zarówno w skali lokalnej, jak też globalnej. Są to liczne związki chemiczne (m.in. tlenki węgla, azotu i siarki, metan, amoniak) oraz pyły i związki organiczne, które powodują zanieczyszczenie powietrza i wód oraz zakwaszenie gleb. Ilościowa ocena stopnia zagrożeń ekologicznych pochodzących z uprawy i konwersji roślin energetycznych na biopaliwa wymaga poszukiwania odpowiednich metod obliczeniowych, zapewniających wiarygodne wyniki. Ze względu na konieczność stosowania kompleksowej oceny zagrożeń ekologicznych w całym cyklu życia produktu (ang. *"from cradle to grave"*, "od kołyski do grobu"), należy dokonywać jej już na etapie projektowania produkcji. Również złożoność i potrzeba uwzględniania dużej liczby danych, wymaga wprowadzenia metod komputerowego wspomaganie decyzji oraz modelowania i symulacji procesu. Podstawą działań prośrodowiskowych w cyklu życia wyrobu (ang. *Life Cycle Assessment*, LCA) stała się grupa norm serii ISO 14040.

W Polsce nie są wytwarzane komputerowe programy do oceny cyklu życia wyrobów, a do oceny zagrożeń ekologicznych wykorzystuje się programy zagraniczne. Są to programy typu wolnego dostępu w Internecie tzw. Open Source, jako bezpłatne lub częściowo płatne i prostsze w obsłudze od programów komercyjnych. W literaturze krajowej zagadnienia oceny cyklu życia tymi metodami są słabo reprezentowane, a ich wykorzystanie do oceny zagrożeń ekologicznych pochodzących z produkcji energii z biomasy roślinnej praktycznie nie występuje. Również dotychczasowe próby analiz środowiskowych były prowadzone z pominięciem dostępnych narzędzi informatycznych. W związku z tym stwierdzam, że podjęta przez Autora tematyka badawcza jest bardzo ważna i aktualna oraz ma istotne znaczenie zarówno z naukowego, jak i użytkowego punktu widzenia.

Rolnictwo będące jednym z sektorów gospodarki przyczynia się do generowania dużej ilości zagrożeń do środowiska naturalnego. Ze względu na szeroki zakres oceny tych zagrożeń, podejmowane analizy cyklu życia produktów uznawane są za złożone oraz czasochłonne, a dyskusja wyników wymaga specjalistycznej wiedzy. W związku z tym Doktorant podjął się opracowania uproszczonej analizy cyklu życia, przy wykorzystaniu otwartego oprogramowania do modelowania i oceny zagrożeń środowiskowych, począwszy od założenia plantacji i uprawy do konwersji energii chemicznej roślin o przeznaczeniu energetycznym. Na podstawie dokonanego przeglądu literatury sformułował 3 główne cele oraz zakres pracy obejmujący rozwiązanie następujących problemów:

1. czy metody zarządzania środowiskowego, aktualnie stosowane do tzw. oceny cyklu życia mogą być wykorzystane przez krajowych indywidualnych producentów rolnych do oceny zagrożeń ekologicznych, pochodzących z uprawy roślin energetycznych i konwersji energii chemicznej biomasy w energię cieplną?
2. czy istnieją programy komputerowe do oceny cyklu życia, spełniające potrzeby krajowych rolników indywidualnych? Autor sformułował następujące kryteria ich dostosowania do potrzeb rolników: niskie koszty zakupu i eksploatacji programu, łatwość obsługi, możliwość modyfikowania struktury programu (otwarty kod źródłowy), dostępność baz danych zagrożeń ekologicznych z informacjami o produktach i substancjach występujących w krajowym rolnictwie, czytelna prezentacja wyników oceny zagrożeń?
3. jakie elementy ekosystemu w największym stopniu są narażone na zmiany i uszkodzenia pochodzące z uprawy roślin energetycznych na przykładzie wybranej uprawy energetycznej?

W oparciu o aktualny stan wiedzy Doktorant stwierdził, że brak jest w kraju odpowiednich narzędzi informatycznych w tym zakresie. W związku z tym do badań wybrał niemiecki program otwartego dostępu openLCA firmy GreenDelta. Jako obiekt badań cyklu życia przyjął technologię uprawy i konwersji słonecznika bulwiastego (*Helianthus tuberosus* L.) na cele energetyczne. Następnie opisał możliwości i strukturę przyjętego oprogramowania oraz zilustrował to odpowiednimi rekordami i bazami danych. Przedstawił także metody obliczeniowe i ich zapis w języku oprogramowania oraz etapy projektowania w programie openLCA. Są to ważne opracowania dokonane przez Autora rozprawy.

Dla osiągnięcia założonych celów badawczych Autor przyjął do realizacji szeroki zakres pracy, obejmujący opracowanie koncepcji i metodyki badań oraz analizę uzyskanych wyników. W tym celu opracował proces technologiczny uprawy słonecznika bulwiastego w 9 wariantach, realnie występujących podczas użytkowania plantacji oraz 3 warianty konwersji biomasy na energię cieplną. W związku z tym zaprojektował plantację słonecznika bulwiastego na powierzchni 1 ha oraz wyróżnił 4 etapy uprawy i produkcji energii ze słomy badanej rośliny, obejmujące:

- I. założenie plantacji i uprawa w pierwszym roku użytkowania,
- II. kontynuacja uprawy w kolejnych sezonach agrotechnicznych,
- III. likwidacja plantacji,
- IV. produkcja energii z biomasy.

Dla potrzeb programu, jako źródło napędu maszyn i narzędzi przyjął ciągnik rolniczy Ursus C-360, który według Doktoranta jest podstawowym wyposażeniem gospodarstw na Lubelszczyźnie. W celu obliczenia możliwie najbliższych rzeczywistości, ilości emitowanych zanieczyszczeń przez ten ciągnik korzystał z danych literaturowych. Należy w tym miejscu stwierdzić, że nowe ciągniki rolnicze mają znacznie obniżone normy emisji zanieczyszczeń, lecz w praktyce brak jest kompleksowych wyników ich badań.

Pragnę podkreślić, że Doktorant posiada wieloletnie doświadczenia w uprawie oraz badaniach potencjału energetycznego słonecznika bulwiastego, które przyczyniło się do podjętej próby opracowania ekologicznej technologii uprawy oraz konwersji energii chemicznej tej rośliny na energię cieplną. Z tych względów wybór tematu rozprawy oraz sprecyzowanie celów i zakresu badań należy uznać za bardzo trafne i istotne dla postępu nauki w dyscyplinie inżynieria rolnicza. Ponadto podjęte przez Doktoranta badania pozwoliły na uzyskanie rezultatów ważnych także dla praktyki rolniczej i ochrony środowiska.

Bardzo ważną częścią rozprawy doktorskiej jest rozdział obejmujący wyniki obliczeń i ich interpretację. Autor przedstawił w nim uzyskane wyniki obliczeń w formie graficznej

i numerycznej. Na podstawie uzyskanych wyników obliczeń stwierdził, który z badanych wariantów, dla każdego z 4 etapów uprawy i konwersji biomasy słonecznika bulwiastego na energię cieplną, był bardziej korzystny ze względu na minimalne zagrożenia ekologiczne. Wśród korzystnych wariantów wymienił te, które charakteryzowały się najmniejszą liczbą wykonywanych operacji technologicznych, z ręcznym sadzeniem bulw oraz bez chemicznej ochrony roślin i zbioru bulw.

W zakończeniu swej rozprawy Doktorant dokonał podsumowania i sformułował 3 wnioski praktyczne, w których odniósł się do uzyskanych wyników badań. Odpowiadają one założonym celom i zakresowi pracy. Przyjęty i opracowany przez Doktoranta program oceny cyklu życia wyrobu, w znacznym stopniu spełnia wymogi przydatności dla potrzeb indywidualnych producentów rolnych i ośrodków doradztwa rolniczego. Ponadto jego zaletą jest to, że nie wymaga ponoszenia opłat za jego użytkowanie. Natomiast wśród ograniczeń utrudniających szerokie jego rozpowszechnienie Autor wymienia brak polskojęzycznej wersji programu i materiałów szkoleniowych oraz znajomości angielskiej terminologii LCA. Uważa jednak, że szersze upowszechnienie tego oprogramowania wymaga kontynuacji badań nad uzupełnieniem zasobów aktualnie dostępnych baz danych o informacje związane ze źródłami napędu maszyn i substancjami stosowanymi wyłącznie w rolnictwie oraz dostosować je do specyfiki krajowej produkcji rolniczej.

W związku z powyższymi faktami do ważniejszych osiągnięć Doktoranta zaliczam:

- przeprowadzenie analizy aktualnego stanu wiedzy na podstawie przeglądu literatury,
- opracowanie metodyki wyznaczania i wprowadzania danych do przyjętego programu openLCA stosowanego do oceny cyklu życia produktów rolniczych,
- wykazanie, że przyjęty system komputerowego modelowania zagrożeń ekologicznych począwszy od uprawy roślin energetycznych aż do ich konwersji na energię cieplną pozwala na ocenę i porównanie, które elementy procesu technologicznego powodują ich zwiększenie i w jakich obszarach, a które są nieistotne.

Podsumowując merytoryczną ocenę rozprawy pragnę podkreślić duży wkład Autora w realizacji trudnych problemów badawczych, związanych z podjętym tematem pracy. Recenzowana rozprawa, o szerokim zakresie aktualnych problemów i zagadnień badawczych, dotyczących konieczności wprowadzania nowoczesnych metod do oceny zagrożeń ekologicznych występujących także w rolnictwie, została przygotowana i zredagowana poprawnie oraz zawiera szereg cennych informacji i opracowań, które mogą być bardzo przydatne dla producentów rolnych oraz pracowników zatrudnionych w krajowych ośrodkach doradztwa rolniczego.

3. Ogólna ocena rozprawy i uwagi krytyczne

Recenzowana rozprawa została przygotowana poprawnie. Treści pracy odpowiadają jej tytułowi i kolejność rozdziałów nie budzi zastrzeżeń. Na podkreślenie zasługuje duża zwięzłość użytych sformułowań oraz czytelność opracowanych analiz. Podczas lektury rozprawy nasunęły się pewne uwagi krytyczne o charakterze dyskusyjnym oraz drobne błędy literowe i językowe, które przedstawiam poniżej:

1. czy obliczone wartości zagrożeń dla poszczególnych wersji mają być podane z dokładnością do 6 miejsca po przecinku?, większość wartości różni się między sobą na 3 lub 4 miejscu po przecinku, a ich zakres dla powietrza mieści się w zakresie 0,004-0,028 UBP, natomiast dla gleby – od wartości nieistotnych do 725,7 UBP, co oznaczają wartości nieistotne i czy jest dolna granica dla tych wartości?
2. w rozprawie brakuje pełniejszego wyjaśnienia jednostek wyrażonych skrótowo UBP,
3. brak jest także informacji i danych, na jakiej podstawie Doktorant wykazał, że uprawa słonecznika bulwiastego nie wpływa negatywnie na bioróżnorodność oraz środowisko wodne?
4. dlaczego nie podkreślono w pracy, że w opracowanym programie można uwzględnić dane dotyczące innych aspektów oceny wpływu uprawianej rośliny energetycznej na środowisko glebowe, np. pobieranie z gleby metali ciężkich?
5. uważam, że hipoteza robocza "o istnieniu możliwości rozszerzenia zastosowanej metody LCA, z wyłącznie wyrobów i technologii przemysłowych na rolnicze uprawy energetyczne", która została przyjęta, powinna być zamieszczona w rozdziale Cel i zakres pracy.

W rozprawie występują następujące błędy literowe i językowe:

- s. 4, 11 w. od dołu – "W latach 1990-2000 r.", niepotrzebne "r.";
- s. 8, 10 w. od góry – powinno być "aktywność";
- s. 9, 4 w. od góry – powinno być "wskutek";
- s. 14 – pierwszy akapit od góry został powtórzony;
- s. 14, 8 w. od góry – powinno być "cradle";
- s. 17, brak jest indeksów w pisowni związków chemicznych w tabeli 1 – "CO₂, N₂O, CF₄, itp." oraz wyjaśnienia skrótu związków: "HFC134 i HFC153";
- s. 19, 6 w. od dołu – powinno być "wybranie";
- s. 20, 11 w. od góry – powinno być "dokonuje";

- s. 30, Rys. 4, 2 kol. – "naturalna transwornacja ziemi" i 3 kol. "wukorzystanie wody";
- s. 32, Rys. 6, 2 kol. – "utlenianie fotochemikali?"; "nieodnawialna energii";
- s. 33, Rys. 7, 3 kol. – "potencjał zubożenie warstwy ozonowej";
- s. 34, 5 w. od góry – powinno być: "metody" i 8 w. od góry "konfigurację";
- s. 35, 1 w. od dołu – niepotrzebne "w";
- s. 36, 5 w. od góry – powinno być: "wersję";
- s. 38, Rys. 9 – niepotrzebne słowo "przedstawia";
- s. 42, 11 w. od góry – powinno być: "obejmowało" i 7 w. od dołu "zlokalizowane";
- s. 45, 14 w. od góry – powinno być: "glinach", 12 w. od dołu "urządzeń" proponuję "sadzarek" oraz 3 w. od dołu "ziemie" proponuję "glebę";
- s. 46, 12 w. od dołu – powinno być: "sieczkarń", 11 w. od dołu również "sieczkarń", 7 w. od dołu "kopania" proponuję "zbioru", 5 w. od dołu "w ziemi" proponuję "w glebie";
- s. 48, Rys. 15, 3 operacja – jest "Zbiór mieszanki" powinno być: "Zbiór nadziemnych części" i 5 w. od dołu "roślin";
- s. 49, 10 w. od dołu – jest "suszarni", proponuję "suszarek", 4 w. od dołu "za pomocą", 3 w. od dołu "następuje" i 2 w. od dołu "Wymagane jest dalsze rozdrobnienie ...";
- s. 50, 1 w. od góry – proponuję uzupełnić "gęstości rozdrobnionej słomy", 4 w. od góry "wskutek", 5 w. od góry "Brykiety to regularne formy wytwarzane najczęściej w kształcie walców o różnej długości i średnicy 50-80 mm." i 8 w. od góry proponuję uzupełnić "... parametry procesu spalania pozwalają ...";
- s. 51, wzory (2) i (3) – poprawić pisownię jednostek: "[l·ha⁻¹]", "[kg·ha⁻¹] itp. oraz w Tab. 7;
- s. 52, 11 w. od dołu – powinno być: "Z tabeli 7";
- s. 53, 6 w. od góry – powinno być: "wzoru (4) [17]:", 2 w. od dołu "ze wzoru (5)";
- s. 55, Tab. 9, 2 kol. – dlaczego przyjęto takie właśnie wartości do obliczeń z podanego zakresu?, 10 w. od dołu – zakończenie zdania? ", a jej." i 7 w. od dołu "Pomiar ...";
- s. 56, Tab. 10, 1 kol., 3 w. od dołu – powinno być: "... obrotowych silnika ...";
- s. 68, Tab. 18 – niejasne jest oznaczenie, które środki ochrony roślin były stosowane w przyjętych etapach uprawy słonecznika bulwiastego;
- s. 70, Rys. 22 – IV etap powinien brzmieć: "Produkcja energii z biomasy";
- s. 73, 1 w. od góry – powinno być: "socjologiczną" i 2 w. od dołu "rolną";
- s. 76 do 83 – nie wszystkie pozycje bibliograficzne zamieszczone w wykazie są cytowane w tekście rozprawy, np.: 17, 18, 29, 75, 83, 109, 111, 121, 126 i 127.

4. Wniosek końcowy

Reasumując stwierdzam, że podjęta przez Doktoranta problematyka badawcza jest bardzo istotna zarówno pod względem naukowym, jak też utylitarnym. Przedstawione w rozprawie oprogramowanie w testowanej konfiguracji stanowi pomocne narzędzie w ocenie zagrożeń ekologicznych środowiska naturalnego, powstających także w procesie produkcji rolniczej. Autor w wyniku zrealizowanych celów badań zgromadził obszerny i interesujący materiał, który uzyskał w rzeczywistych warunkach dla przyjętych obiektów badań. Pragnę także dodać, że tematyka badawcza mieści się w zakresie inżynierii rolniczej, a jej zakres dotyczy aktualnych problemów związanych z poszukiwaniem najbardziej korzystnych rozwiązań technologicznych w produkcji rolniczej pod względem ekologicznym, a także ekonomicznym. Przedstawione w recenzji drobne błędy i usterki występujące w treści pracy, głównie natury redakcyjnej, jak też pewne uwagi krytyczne mają charakter dyskusyjny i nie obniżają merytorycznej oceny rozprawy.

Biorąc pod uwagę powyższe fakty stwierdzam, że recenzowana rozprawa pt. **„Modelowanie zagrożeń ekologicznych związanych z uprawą i wykorzystaniem roślin energetycznych”** spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim, zawarte w Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. „O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki” (Dz. U. nr 65, poz. 595 z późn. zm.) i w związku z tym stawiam wniosek do Wysokiej Rady Wydziału Inżynierii Produkcji Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie o dopuszczenie mgr inż. Łukasza Boliboka do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Lublin, 24.01.2018 r.



