

Prof. dr hab. Cezary Sławiński
Instytut Agrofizyki
im. Bohdana Dobrzańskiego
Polskiej Akademii Nauk w Lublinie

Lublin, 18.06.2017

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr Klaudii Ziemblińskiej pt. „Wpływ różnych metod odnawiania powierzchni leśnych zniszczonych przez tornado na wymianę ditlenku węgla” wykonanej pod kierunkiem prof. dr hab. Janusza Olejnika – promotora oraz dr inż. Marka Urbaniaka – promotora pomocniczego na Wydziale Inżynierii Środowiska i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu

Recenzja została wykonana na zlecenie Dziekana Wydziału Inżynierii Środowiska i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu w oparciu o uchwałę Rady tego Wydziału podjętą w dniu 25 maja 2017 roku.

Ekstremalne zjawiska pogodowe takie jak susze, powodzie, trąby powietrzne, gwałtowne burze czy huragany towarzyszyły klimatowi Polski od zawsze. Jednak w ostatnim czasie, zarówno częstość występowania tych zjawisk jak też ich intensywność zdecydowanie się zwiększyła co z dużym prawdopodobieństwem można tłumaczyć zmianami klimatu. Badania naukowe wskazują, że to presja antropogeniczna powoduje wzrost stężenia ditlenku węgla w atmosferze, co z kolei powoduje wzrost średniej temperatury Ziemi. Z tego powodu istnieje bardzo duże zainteresowanie naukowców badaniami dotyczącymi określenia emisji ditlenku węgla z różnych ekosystemów, sposobów jej ograniczenia jak również prób dostosowywania się do postępujących zmian klimatu. W tym kontekście przedstawiona do oceny praca znakomicie wpisują się w ten nurt badawczy.

Doktorantka podjęła się bardzo trudnego ale i ambitnego zadania określenia wpływu sposobu odnowienia powierzchni leśnych zniszczonych przez tornado na bilans ditlenku węgla badanego ekosystemu. Zadanie to jest trudne i ambitne z co najmniej trzech powodów. Po pierwsze z powodu dużej zmienności parametrów badanego ekosystemu. Po drugie ze względu na wzajemne interakcje poszczególnych parametrów i procesów zachodzących w ekosystemie i wreszcie po trzecie z powodu ograniczenia możliwości porównawczych prowadzonych badań wynikające z niewielkiej liczby tego typu opracowań.

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska składa się ze 152 stron maszynopisu zawierającego streszczenie w języku polskim i angielskim, siedem rozdziałów, spis literatury, aneksy, spis rycin, spis tabel oraz spis symboli.

Tytuł pracy został sformułowany w sposób jasny i w pełni odpowiada treściom zawartym w rozprawie.

We wstępie Doktorantka w bardzo skondensowany sposób uzasadnia potrzebę prowadzenia badań naukowych nad emisją i pochłanianiem ditlenku węgla w różnych ekosystemach. Podkreśla, że w 2013 roku po raz pierwszy w historii pomiarów średnie godzinowe stężenia CO₂ przekroczyły 400 ppm, a obecnie nawet średnie roczne stężenie przekroczyło tą wartość. Zaznacza również, że



główne źródła emisji CO₂ związane są ze spalaniem paliw kopalnych, produkcją cementu oraz zmianą użytkowania gruntów. Stwierdza także, że ekosystemy leśne oprócz oceanów są głównymi pochłaniaczami ditlenku węgla, a zatem odnawianie drzewostanu w lasach po różnego rodzaju klęskach jest ze wszech miar zasadne. Te wszystkie aspekty spowodowały według Doktorantki potrzebę podjęcia przedstawionych w rozprawie badań.

W rozdziale 2 Autorka przedstawia bardzo obszerny przegląd literatury, który rozpoczyna rozważaniami dotyczącymi obiegu węgla w przyrodzie, jego globalnego bilansu oraz relacji pomiędzy zmianami klimatu a bilansem CO₂. Ilustruje to odpowiednim schematem przedstawiającym zestawienie globalnego bilansu ditlenku węgla. Następnie opisuje zmiany stężenia CO₂ w atmosferze i dyskutuje przyczyny i skutki zmian klimatu. Podkreśla, że zwiększające się w ostatnim stuleciu stężenia nie tylko ditlenku węgla ale również metanu i podtlenku azotu powoduje potęgowanie efektu cieplarnianego. W dalszej części rozdziału koncentruje się na opisie globalnego bilansu CO₂ ekosystemów leśnych, a omawiając składowe tego bilansu dla różnych typach lasów podkreśla, że funkcjonowanie lasów wszystkich stref klimatycznych będzie miało bardzo duży wpływ na przyszły klimat Ziemi. Doktorantka, co zrozumiale, dużo uwagi poświęca również występowaniu ekstremalnych zjawisk pogodowych szczególnie w średnich szerokościach geograficznych oraz dyskutuje odpowiedź ekosystemów leśnych na występowanie tych zjawisk. Podrozdział 2.4 poświęca Doktorantka opisie zastosowanych w pracy metod badawczych oraz prezentuje metodykę prowadzenia badań na obszarach wiatrołomów i powierzchni zrębów jako integralnych części badanych ekosystemów. W końcowej części tego rozdziału Doktorantka przedstawia sposoby prowadzenia odnowień powierzchni leśnych w Polsce. Należy podkreślić, że w rozdziale tym Doktorantka cytuje wiele pozycji literatury, która moim zdaniem została bardzo trafnie dobrana, zaś czytelnik uzyskuje informacje ściśle związane z tematem pracy. Wskazuje to w sposób jednoznaczny na bardzo dużą umiejętność Doktorantki posługiwania się warsztatem badawczym.

W rozdziale 3 Doktorantka jasno formułuje cel pracy, jako „sprawdzenie, czy i jak zastosowanie dwóch technik odnowień, w podobnych warunkach meteorologicznych i glebowych wpłynęło na bilans ditlenku węgla zniszczonego ekosystemu lasu sosnowego.” Następnie przedstawia dwa cele szczegółowe, których realizacja, poprzez weryfikację postawionych hipotez, pozwoli jej zdaniem, osiągnąć cel główny. Taki układ relacji hipoteza – cel główny, cele szczegółowe jest dość skomplikowany. Można było jako cel główny pracy zaproponować sprawdzenie następującej hipotezy: „Zastosowanie dwóch technik odnowień, w podobnych warunkach meteorologicznych i glebowych wpływa na bilans ditlenku węgla zniszczonego ekosystemu lasu sosnowego” i cel ten osiągnąć poprzez realizację zaproponowanych w pracy dwóch celów szczegółowych. Moim zdaniem taki układ byłby bardziej czytelny. Propozycja ta jest oczywiście do dyskusji. Należy zaznaczyć, że cel pracy w sposób jednoznaczny koresponduje z jej tytułem.

Rozdział 4 w całości poświęcony jest charakterystyce miejsc prowadzenia badań. Jak zaznacza Doktorantka badania przeprowadzono na dwóch stanowiskach, zlokalizowanych na terenie leśnictwa Wygoda, obręb Szarłata w nadleśnictwie Trzebciny (Toruńska Regionalna Dyrekcja Lasów Państwowych). Obszar ten w dniu 14 lipca 2012 roku został zniszczony przez trąbę powietrzną. Następnie Autorka bardzo dokładnie przedstawia i opisuje obszary badawcze oznaczone w pracy jako „Tlen I” i „Tlen II” oraz punkty pomiarowe wybrane w taki sposób aby spełniały wymogi przyjętej w pracy metodyki badań. Bardzo czytelny harmonogram prowadzonych badań zamieściła Autorka na rysunku 13 (strona 45) co bardzo ułatwia śledzenie poszczególnych etapów wykonywanych prac.

Metodykę badań Doktorantka opisuje w rozdziale 5. Podstawowym systemem, który wykorzystuje w pomiarach strumieni ditlenku węgla jest system kowariancji wirów. System ten opisuje bardzo szczegółowo podkreślając jego zalety i ograniczenia. Bardzo dokładnie prezentuje również metodę kowariancji wirów pomiaru strumieni CO₂. Podkreśla, że aby uniknąć jakichkolwiek błędów, wynikających z samej natury pomiarów kowariancyjnych obliczone średnie 30-minutowe



wartości strumieni poddane zostały testom kontroli jakości polegającym na filtracji i eliminacji danych nie spełniających rygorystycznych wymogów metody. Dokładnie przedstawia również sposoby uzupełniania braków w tych danych. W sposób bardzo precyzyjny opisuje także sposoby pomiaru podstawowych elementów meteorologicznych jako integralnych części systemu pomiarowego. Wszystkie informacje ilustrowane są bardzo dokładnymi zdjęciami i rysunkami co w znacznym stopniu ułatwia czytanie pracy. Jako metody porównawczej wyznaczania strumieni ditlenku węgla Autorka używa metody komorowej, którą również prezentuje w sposób bardzo dokładny. Należy podkreślić, że rozdział ten jest przygotowany z niezwykłą starannością.

Najbardziej obszernym rozdziałem recenzowanej pracy jest rozdział 6. Doktorantka prezentuje w tym rozdziale analizę otrzymanych wyników, przeprowadza ich dyskusję oraz konfrontuje swoje poglądy z poglądami innych badaczy. Na początku dokonuje analizy jakościowej danych, określa ilość barków oraz przedstawia porównanie dwóch testów ich uzupełnienia. W wyniku tych rozważań dokonuje wyboru kanadyjskiej techniki FCRN uzupełniania braków jako techniki generującej bardziej wiarygodne wyniki. Bardzo dużo uwagi poświęca Doktorantka opisowi i analizie warunków meteorologicznych oraz ich korelacji z warunkami wodno-powietrznymi gleby. To powoduje lepsze zrozumienie mechanizmów wpływających na wymianę gazową ekosystemu jako całości.

Jedną z zasadniczych kwestii pozwalających dokonywać porównania wyników uzyskanych na obu powierzchniach badawczych jest sprawdzenie, czy na tych obszarach w sensie statystycznym panowały jednakowe warunki meteorologiczne. Doktorantka wykazała się w tym względzie bardzo dobrym zmysłem badawczym i taki test porównania dwóch populacji przeprowadziła, sprawdzając na początku zgodnie z wymogami statystyki normalność analizowanych zbiorów. Na bazie tego testu Doktorantka stwierdza, że obszary badawcze Tlen I i Tlen II nie różnią się istotnie pod względem większości czynników ważnych z punktu widzenia wymiany CO₂. Doktorantka wskazuje jedynie na różnice w wilgotności gleby zaznaczając jednocześnie, że ze względu na jej niską wartość prawdopodobnie nie miała ona istotnego wpływu na różnicowanie strumieni. Należy podkreślić, że tak przeprowadzone testy pozwoliły w dalszej części pracy w sposób nie budzący wątpliwości porównywać oba obszary badawcze.

W następnym podrozdziale Doktorantka przystępuje do opisu i porównania zbadanych relacji pomiędzy wilgotnością gleby, na obu powierzchniach odnowień, a emisją CO₂. Jak zauważa, cytując odpowiednią literaturę przy optymalnej dla wzrostu i rozwoju roślin wilgotności gleby, która jednocześnie nie limituje wymiany gazowej, wymiana ta zależy głównie od temperatury, co moim zdaniem jest stwierdzeniem dyskusyjnym. Aby określić bowiem wpływ temperatury i wilgotności na oddychanie ekosystemu należałoby zastosować metodę która zbadalaby jednoczesny wpływ obu tych parametrów, co Doktorantka podkreśla zresztą w drugim akapicie na stronie 77. Istnieje szereg takich metod, a jedną z nich jest metoda powierzchni odpowiedzi (Respons Surface Methodology, RSM). Oczywiście zdaję sobie sprawę, że do tego typu analiz potrzeba relatywnie długich szeregów czasowych i przestrzennych, którymi Doktorantka nie dysponowała. W efekcie Autorka na wykresie 28 przedstawia zależność pomiędzy wartościami strumieni oddychania ekosystemu a temperaturą dla wilgotności z wybranych przedziałów. To pozwala jej wyciągnąć wniosek, że zmniejszenie wartości strumieni oddychania w ciepłych miesiącach obfitujących w opady w przypadku dobrze przepuszczalnych gleb wynika z obniżenia temperatury. Chciałbym podkreślić, że badania te są niezwykle trudne i wnioskowanie nie zawsze jednoznaczne, a Doktorantka poradziła sobie z tym problemem w sposób niezwykle przemyślany. Autorka w tym rozdziale dokonuje również analizy krzywej retencji wodnej jako charakterystyki determinującej możliwości gleby do akumulacji wody. Dla charakterystycznych punktów na tej krzywej używa moim zdaniem niezbyt precyzyjnych określeń. Według mnie powinno się używać pojęcia wilgotność odpowiadająca punktowi trwałego wędnięcia, czy wilgotność odpowiadająca połowej pojemności wodnej, którą Autorka przyjęła w tej pracy dla potencjału wody odpowiadającemu pF 2. Ponieważ jest to wielkość wyznaczana



eksperymentalnie w warunkach polowych, w niektórych opracowaniach przyjmuje się, że odpowiada ona potencjałowi wody odpowiadającemu pF 2.2. Również wilgotność krytyczna jest pojęciem niezbyt dobrym, chodzi raczej o termin wilgotność odpowiadająca punktowi początku hamowania wzrostu roślin.

W dalszej części Doktorantka porównuje wyniki pomiarów strumieni CO₂ uzyskanych przy użyciu metody korelacji wirów z referencyjną metodą komorową. Uzyskane korelacje pozwalają jej stwierdzić, że mimo różnic metodologicznych metoda korelacji wirów daje w polskich warunkach klimatycznych wyniki racjonalne, porównywalne z niezależną metodą komorową, co ilustruje na wykresie 29.

Kluczową częścią pracy jest podrozdział 6.5 w którym Doktorantka przedstawia i analizuje porównanie wymiany netto CO₂ pomiędzy powierzchniami odnowień, a atmosferą. Na wstępie analizuje czteroletnie serie pomiarowe na stanowisku Tlen I. Na wykresie 31 przedstawia ewolucję w czasie kumulatywnych strumieni produkcji ekosystemu netto w 4 kolejnych latach. Stwierdza, że zmniejszenie wartości emisji netto w kolejnych latach wiąże się ze spadkiem intensywności procesu oddychania w wyniku usunięcia karpin oraz w wyniku intensywności pochłaniania w procesie fotosyntezy młodych sadzonek. Następnie wyjaśnia w jaki sposób można wyznaczyć czas osiągnięcia punktu zerowego dla którego obszar odnowienia staje się na powrót pochłaniaczem CO₂ netto oraz taki czas wynoszący 4-5 lat dla terenu Tlen I szacuje. W dalszej części Doktorantka porównuje sumaryczne wartości rocznych strumieni produkcji ekosystemu netto NEP na obu analizowanych obszarach. Stwierdza jednoznacznie, że pod koniec 2016 roku skumulowane wartości strumieni NEP na powierzchni obu odnowień Tlen I i Tlen II różniły się o 232 g_(C-CO₂)m⁻² co oznacza, że tradycyjny sposób prowadzenia odnowień jest znacznie bardziej efektywny. Wątpliwości moje budzą używane jednostki NEP i R_{eco} inne w tekście, a inne w spisie symboli. Następnie Autorka analizuje średnie dobowe przebiegi strumieni NEP w wybranych miesiącach oraz skumulowane ich wartości dla miesięcznych okresów na różnych etapach odnowienia. Jak podkreśla pierwszym elementem, który zróżnicował proces odnowienia była orka na obszarze Tlen I, przy jej jednoczesnym braku na obszarze Tlen II. Analiza kolejnych sezonów wegetacyjnych wykazała ponownie duże zróżnicowanie strumieni NEP na badanych obszarach. W podrozdziale 6.6 Doktorantka jeszcze bardziej szczegółowo i w różnych aspektach analizuje zróżnicowanie strumieni CO₂ na badanych obszarach odnowień. Analizuje zależność oddychania ekosystemu od temperatury oraz kształtowanie się strumieni CO₂ na poszczególnych etapach odnowień. Ciekawe porównanie Doktorantka przeprowadza w podrozdziale 6.7. Dokonuje analizy zmian w bilansach CO₂, wody i ciepła na obszarach objętych odnowieniami i niezaburzonego ekosystemu lasu sosnowego. Na rysunku 42 przedstawia zmiany w czasie skumulowanego NEP dla tych porównywanych obszarów i w dalszej części dokonuje bardzo szczegółowej interpretacji uzyskanych wyników. Ta część pracy pomimo że nie dotyczy bezpośrednio porównania odnawianych obszarów jest bardzo interesująca. Pokazuje bowiem jak dużym zaburzeniem dla środowiska jest zniszczenie dużego obszaru leśnego i jak wile czasu i pracy wymaga jego odnowienie. Zatem z praktycznego punktu widzenia i potencjalnego zainteresowania wynikami pracy decydentów ta część pracy jest ze wszech miar potrzebna.

W rozdziale 7 Doktorantka podsumowuje przeprowadzone przez siebie badania. Ponownie w sposób bardzo skondensowany przedstawia i komentuje otrzymane wyniki badań oraz jasno formułuje 6 wniosków. W mojej opinii najbardziej przemawiającym elementem podsumowania jest wykres 44, który jednoznacznie świadczy o osiągnięciu przez autorkę celu pracy, co przekonująco potwierdza również wniosek 1. Nieco moich zastrzeżeń budzi użycie pojęcia konsekwentny, ponieważ z samego wykresu i jego analizy wynika, że te kumulatywne wartości emisji następują po sobie. Dalsze przedstawione przez Doktorantkę wnioski są konsekwencją bardzo szerokiego zakresu badań i analiz jakie zostały przeprowadzone. Należy podkreślić, że wszystkie zostały sformułowane w sposób jasny nie budzący zastrzeżeń.



Podsumowując chciałbym jednoznacznie podkreślić, że recenzowana rozprawa doktorska jest efektem bardzo wielu pracochłonnych pomiarów, opracowań i analiz, które wzbogacają wiedzę w zakresie badań, zarówno poznawczych, jak też aplikacyjnych, dotyczących szeroko rozumianych zmian klimatu. Chciałbym również zaznaczyć wyjątkową staranność wykonania pracy nie tylko pod względem edytorskim, ale przede wszystkim pod względem językowym. Rozprawa napisana została wyjątkowo ładną i poprawną polszczyzną w sposób typowy dla prac naukowych. Oczywiście Autorka nie uniknęła drobnych błędów, które zaznaczyłem w tekście pracy.

Wniosek końcowy.

Zawarte w recenzji uwagi, z reguły dyskusyjne, nie wpływają na ogólną bardzo pozytywną ocenę pracy.

Uważam, że recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Klaudii Ziemblińskiej pt. „Wpływ różnych metod odnawiania powierzchni leśnych zniszczonych przez tornado na wymianę ditlenku węgla” spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim zawartym w Ustawie z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z późniejszymi zmianami i w związku z tym wnioskuję do Wysokiej Rady o dopuszczenie mgr inż. Klaudii Ziemblińskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Jednocześnie uważam, że podjęty temat, jego kompleksowa realizacja, staranność wykonania pracy pod względem merytorycznym, językowym oraz edytorskim upoważniają mnie do postawienia wniosku o wyróżnienie rozprawy stosowną nagrodą.

Stowicki