

Dr hab. inż. Zygmunt Miatkowski prof. nadzw.
Kujawsko-Pomorski Ośrodek Badawczy w Bydgoszczy
Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgra inż. Marcina Barana
pt. Ocena wybranych składników bilansu ditlenku węgla w lesie sosnowym z wykorzystaniem mikrometeorologicznych metod pomiarowych**

1. Ocena formalna

Przedłożona rozprawa doktorska mgra inż. Marcina Barana została wykonana w Katedrze Meteorologii Wydziału Melioracji i Inżynierii Środowiska Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Promotorem rozprawy jest dr hab. Jacek Leśny, a promotorem pomocniczym dr inż. Marek Urbaniak. Rozprawa składa się ze 112 stron maszynopisu zawierającego 10 tabel, 58 rycin, w tym 12 fotografii.

Treść pracy została podzielona na 7 głównych rozdziałów: Wstęp, Obieg węgla w środowisku leśnym, Cel, zakres oraz hipotezy badawcze, Teren badań, Metodyka badań, Wyniki badań i dyskusja oraz Wnioski. Spis literatury zawiera 119 pozycji związanych z tematyką pracy autorów zagranicznych i polskich – głównie w języku angielskim. Praca zawiera także spis symboli i jednostek parametrów użytych w treści oraz spis rycin i tabel. Rozprawa zawiera streszczenie w języku polskim i angielskim.

Praca napisana jest poprawnym językiem, zgodnie z zasadami pisania i redagowania rozpraw naukowych. Układ pracy jest poprawny i spełnia ogólne wymogi stawiane rozprawom naukowym. Bibliografia jest dobrana trafnie, tematycznie jest związana z zakresem rozprawy, a poszczególne jej pozycje zostały wykorzystane w treści rozprawy.

2. Ocena wartości metodycznych i merytorycznych

Ekosystemy leśne należą do najważniejszych ogniw obiegu węgla w skali globalnej. W zależności od stanu mogą one być miejscem gromadzenia lub emisji węgla. Badania udziału tych ekosystemów w obiegu węgla w różnej skali przestrzennej wzbudzają aktualnie duże zainteresowanie, głównie w kontekście łagodzenia skutków i równoważenia emisji antropogenicznej CO₂, przeciwdziałania zmianom klimatu oraz kształtowania polityki klimatycznej.

Tematyka rozprawy dotyczy bardzo mało poznanego w warunkach Polski procesu wymiany CO₂ między glebą wraz z pokrywą roślinną dna lasu a atmosferą i obejmuje charakterystykę jakościową i ilościową tego procesu, analizę zależności respiracji dna lasu od temperatury gleby oraz oszacowanie wielkości udziału składowej wymiany CO₂ dna lasu w wymianie z atmosferą całego ekosystemu leśnego.

Rozprawa we Wstępie zawiera zwięzłe wprowadzenie i uzasadnienie problemu badawczego.

Rozdział 2. zawiera podstawowe pojęcia i definicje, charakterystykę w świetle literatury ekosystemu leśnego jako ogniwa obiegu węgla, charakterystykę zasobów węgla w ekosystemach leśnych oraz opis strumieni wymiany węgla związanych z tymi ekosystemami. W tym rozdziale omówiono rozmieszczenie zasobów węgla organicznego w ekosystemie leśnym, zwracając uwagę na znaczenie zasobów węgla zgromadzonych w dnie lasu (53% zasobów ogólnych ekosystemu). Podkreślono znaczenie lasów jako ogniwa obiegu węgla oraz wykonano ocenę bilansu wymiany węgla między ekosystemami leśnymi a atmosferą w oparciu o wybrane pozycje literatury i przedstawiono ocenę zasobów węgla zgromadzonych w biomacie drzewnej lasów Polski, a także szacunek pochłaniania CO₂ i C przez lasy wraz z glebą. Ten rozdział kończy analiza znaczenia strumienia wymiany CO₂ dna lasu z atmosferą w ogólnej wymianie tego gazu całego ekosystemu oraz uzasadnienie podjęcia badań tego procesu w Polsce.

W rozdziale 3. sformułowano przedmiot, główny cel i zakres badań oraz hipotezy badawcze. Przedmiotem pracy był strumień wymiany ditlenku węgla dna ekosystemu lasu sosnowego, jego zmienność czasowa oraz zależności tego strumienia od temperatury powietrza i gleby. Głównym celem rozprawy była ocena wybranych składników bilansu ditlenku węgla w lesie sosnowym, w szczególności wartości strumienia ditlenku węgla, wymienianego między dnem lasu sosnowego a atmosferą oraz porównania go ze strumieniem produkcji netto całego ekosystemu leśnego.

W tym rozdziale przedstawiono również zakres prac badawczych i analitycznych warunkujących osiągnięcie założonego celu oraz sformułowano hipotezy badawcze.

W hipotezach badawczych założono, że:

1. wymiana węgla pomiędzy dnem lasu a atmosferą ma duże znaczenie w całościowym bilansie węgla lasu sosnowego, zarówno w krótkich (doba) jak i długich (rok) skalach czasu,
2. strumień CO₂ pochodzący z oddychania dna lasu jest znacząco większy niż asymilacja dna lasu, stąd też bilans węgla jest ujemny, zdeterminowany przez oddychanie,
3. zarówno metoda kowariancji wirów jak i automatyczne pomiary komorowe strumieni CO₂ w dnie lasu mogą posłużyć do oceny sezonowej dynamiki wybranych składników bilansu węgla lasu sosnowego.

W rozdziale 4. scharakteryzowano warunki geograficzno-przyrodnicze otoczenia i stacji badawczej, na której wykonano część badawczo-pomiarową pracy. Stacja badawcza położona jest na obszarze regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Pile, Nadleśnictwa Tuczo. Została założona w 2008 r. i jest pierwszą w kraju, na której prowadzone są systematyczne pomiary strumieni wymiany CO₂ między ekosystemem leśnym a atmosferą. W tym rozdziale w sposób wyczerpujący przedstawiono charakterystykę terenu badań: położenie, charakterystykę drzewostanu i gleby.

W rozdziale 5. opisano zastosowane metody pomiarów strumieni CO₂, szczegółowo opisano konstrukcję i zasadę działania prototypowego systemu komór automatycznych. W oparciu o analizę bogatej literatury przedmiotu oraz własną wiedzę i doświadczenie Autor wykonał szczegółową charakterystykę metod komorowych i kowariancji wirów, zwracając uwagę na ich wady i zalety oraz na pewne szczegóły metodyczne, które mogą być potencjalnym źródłem błędów. W oparciu o wnioski wynikające z powyższej analizy Autor uzasadnił potrzebę zautomatyzowania pomiarów metodą komorową. Decyzję o zbudowaniu na potrzeby niniejszej pracy takiego systemu podjęto w 2011 r. Prototypowy system został zastosowany w okresie od maja do grudnia 2013 r. do regularnych, całodobowych pomiarów strumieni wymiany CO₂ między dnem ekosystemu lasu sosnowego a atmosferą. Pomiary manualne metodą komorową były prowadzone od 2011 r. Wykonywano je w odstępach trzytygodniowych w trzech punktach o zróżnicowanych zbiorowiskach roślinnych w 3 powtórzeniach. W

ciągu doby pomiary obejmowały okres od wschodu słońca do późnych godzin popołudniowych. Ponadto ten rozdział zawiera opis botaniczny 9 stanowisk pomiarowych i dokumentację fotograficzną, zakres i metodykę pomiarów parametrów meteorologicznych obejmujących: temperaturę powietrza, temperaturę gleby, opady atmosferyczne nadkoronowe i podkoronowe oraz natężenie promieniowania czynnego fotosyntetycznie docierającego do powierzchni lasu i do jego dna. Pozostałe części tego rozdziału dotyczą obliczania wartości strumieni CO₂ z pomiarów metodą komorową i kowariancji wirów oraz modelowania oddychania dna lasu i wymiany ekosystemu netto.

Analizę wyników badań i dyskusję przedstawiono w rozdziale 6. Ten rozdział zawiera analizę przebiegu warunków meteorologicznych w okresie badań, wyniki analizy badań strumienia respiracji dna lasu metodą komorową w systemie automatycznym i manualnym oraz metodą kowariancji wirów, wyniki modelowania formułą Lloyd'a – Taylor'a oddychania dna lasu na podstawie temperatury gleby, porównanie zależności oddychania dna lasu od temperatury gleby w dzień i w nocy, oszacowanie strumienia wymiany CO₂ netto (NNE) i wartości skumulowanych miesięcznych i rocznych NNE dna lasu na podstawie promieniowania fotosyntetycznie aktywnego oraz analizę wybranych składników bilansu wymiany CO₂ całego ekosystemu leśnego, w tym udziału składowych pochodzących z dna lasu.

Najważniejszą część rozprawy, jaką stanowi ten rozdział, można, z nielicznymi wyjątkami, uznać za przykład dojrzałego tekstu naukowego. Omówienie wyników zostało dobrze połączone z ich dyskusją. Taka forma prezentacji wyników ułatwiła studiowanie tekstu rozprawy, wymagała jednak od Autora dużych umiejętności redakcji tekstów naukowych. Poszczególne części tego rozdziału są poprzedzone krótkim wprowadzeniem i uzasadnieniem szczegółowych problemów badawczych. Wyniki badań zostały przedstawione czytelnie, głównie w formie rycin, a omówienie wyników badań połączone z ich dyskusją jest wnikliwe i przeprowadzone na tle osiągnięć publikowanych w dostępnej literaturze przedmiotu badań.

Do interesujących wniosków prowadzi analiza zależności oddychania dna lasu od temperatury gleby w okresie ciepłym i w okresie zimnym (ryc. 44) oraz analiza takiej samej zależności w dzień i w nocy (ryc. 49). Analiza wykonana na dużym zbiorze danych pochodzących z pomiarów automatycznych ujawniła, że wartości respiracji dna lasu, przy tej samej temperaturze gleby, są większe w okresie chłodnym niż w okresie ciepłym. Taka sama analiza wykazała, że respiracja dna lasu w nocy jest większa niż w dzień. Zwłaszcza ta ostatnia prawidłowość wymaga pogłębionej interpretacji jeśli znajdzie potwierdzenie w wynikach dalszych badań.

Rozdział 7. zawiera 10 wniosków. Są one bardzo syntetyczne, wyważone i w konsekwencji mają charakter ogólny. Wnioski wynikają z przeprowadzonej analizy i dyskusji wyników badań, nawiązują do głównego celu i celów szczegółowych oraz hipotez badawczych rozprawy, jednak ze względu na ich duże uogólnienie nie zawsze w pełni przedstawiają główne osiągnięcia rozprawy. Na przykład, wniosek 10 ogranicza się do stwierdzenia, że ekosystem leśny w skali roku był pochłaniaczem CO₂. W tej formie nie oddaje on najważniejszych osiągnięć rozprawy dotyczących określenia wartości skumulowanych miesięcznych i rocznych bilansu wymiany CO₂ i C ekosystemu leśnego z atmosferą i jego składowych przedstawionych w rozdziale 6.8.

3. Uwagi szczegółowe

W rozdziale 2. na rycinie 1. przedstawiono schemat opracowany przez Autora, który wg opisu ilustruje bilans ditlenku węgla ekosystemu leśnego. W istocie jest to jednak schemat przedstawiający główne strumienie wymiany węgla ekosystemu leśnego z atmosferą.

W podrozdziale 6.4. w tekście oraz na rycinie 43 strumień respiracji dna lasu (Reco) nazywany jest także wymianą netto (NEE). Te dwie wielkości w przypadku pomiarów metodą kowariancji wirów w nocy i pomiarów komorą nieprzeźroczystą są oczywiście równe co

do wartości, powinna być jednak zachowana konsekwencja w użyciu pojęć zdefiniowanych w rozdziale 2.

Dwa ostatnie podrozdziały (6.7. i 6.8.), które są syntezą i uogólnieniem wcześniejszych analiz wykazują braki w zakresie dyskusji uzyskanych wyników w świetle literatury przedmiotu i dlatego sprawiają wrażenie niedokończonych.

4. Podsumowanie

Tematyka rozprawy dotyczy aktualnego i bardzo mało poznanego w siedliskach leśnych w Polsce procesu wymiany CO₂ między glebą wraz pokrywą roślinną dna lasu a atmosferą. Rozprawa, moim zdaniem, prezentuje oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, została zaplanowana i zrealizowana poprawnie metodami naukowymi odpowiednimi do przedmiotu i problemów badawczych. Oceniając dorobek naukowy zawarty w przedłożonej rozprawie należy uwzględnić bardzo mały poziom wiedzy o tym procesie w warunkach Polski. Są to pierwsze w Polsce systematyczne badania respiracji dna lasu w powiązaniu z badaniami wymiany CO₂ z atmosferą całego ekosystemu leśnego.

Przedstawiony w pracy zakres badań i pomiarów był bardzo ambitny i zasługuje na wyróżnienie. Na etapie organizacji warsztatu badawczego Autor wniósł znaczący, oryginalny wkład w rozwój techniki automatycznego pomiaru emisji CO₂ z powierzchni gleby metodą komorową, mimo że nie wszystkie problemy metodyczne pomiarów strumienia wymiany CO₂ pod koronami drzew zostały pokonane.

Do najważniejszych osiągnięć własnych Autora, zawartych w pracy, należy zaliczyć:

1. Wykazanie, że zależność respiracji dna lasu od temperatury gleby w warunkach badanego siedliska leśnego może być zadowalająco opisana różnymi, cytowanymi w literaturze równaniami.

2. Wyznaczenie parametrów równania Lloyda'a – Taylor'a do celów modelowania respiracji dna lasu na podstawie temperatury gleby w badanym ekosystemie leśnym.

3. Oszacowanie wartości skumulowanych miesięcznych i rocznych respiracji (Reco) i wymiany CO₂ netto (NEE) z atmosferą dna lasu oraz całego ekosystemu leśnego.

Przedłożona rozprawa jest świadectwem, że mgr inż. Marcin Baran posiada zadowalającą ogólną wiedzę i dobrą znajomość literatury przedmiotu badań. Autor rozprawy wyróżnił się umiejętnościami prowadzenia terenowych prac badawczych, bardzo dobrą znajomością technik pomiarowych strumieni CO₂ i dużym doświadczeniem w ich praktycznym stosowaniu. Autor rozprawy umiejętnie wykorzystał do badań bogate wyposażenie stacji badawczej Katedry Meteorologii WMiIŚ UP w Poznaniu i powiązał wyniki własnych badań z badaniami ciągłymi prowadzonymi na tej stacji. Zaprojektowanie i zastosowanie przez Autora rozprawy prototypowego automatycznego systemu pomiarowego wskazuje, że posiada On również uzdolnienia inżynierskie i umiejętności samodzielnego formułowania i rozwiązywania problemów z wykorzystaniem wiedzy naukowej i technicznej.

Z obowiązku recenzenta byłem zmuszony zwrócić uwagę na pewne nieścisłości i niedopracowania, których nie ustrzegł się Autor rozprawy. Nie mają one jednak większego wpływu na pozytywną ogólną ocenę merytoryczną rozprawy, ponieważ odnoszą się głównie do redakcji tekstu. Planując, organizując i realizując pozostałe etapy procesu badawczego mgr inż. Marcin Baran wykazał się dobrymi i bardzo dobrymi umiejętnościami.

Reasumując stwierdzam, że przedłożona rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie ważnego, aktualnego problemu naukowego. Treść pracy dowodzi, że mgr inż. Marcin Baran posiada bardzo dobrą wiedzę teoretyczną z zakresu tematyki rozprawy, ma umiejętność samodzielnego formułowania problemów badawczych, planowania i realizacji badań oraz analizy wyników badań i wnioskowania, ma więc kwalifikacje niezbędne do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

5. Wniosek końcowy

Na podstawie szczegółowej analizy i oceny rozprawy doktorskiej mgra inż. Marcina Barana pt. Ocena wybranych składników bilansu ditlenku węgla w lesie sosnowym z wykorzystaniem mikrometeorologicznych metod pomiarowych stwierdzam, że stanowi ona oryginalne rozwiązanie aktualnego problemu naukowego i spełnia ustawowe wymogi stawiane rozprawom doktorskim (Ustawa o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki; Dz.U. z 2003 nr 65 poz. 595, z późn. zm.) i na tej podstawie przedkładam Radzie Naukowej Wydziału Melioracji i Inżynierii Środowiska Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu wniosek o przyjęcie rozprawy doktorskiej i dopuszczenie mgra inż. Marcina Barana do publicznej obrony przedłożonej rozprawy.


.....
Dr hab. inż. Zygmunt Miatkowski, prof. nadzw ITP