



AKADEMIA GÓRNICZO – HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska

KATEDRA OCHRONY ŚRODOWISKA

Kraków, 14.09.2020

Dr hab. inż. Ewa Adamiec, prof. AGH
Katedra Ochrony Środowiska
Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, AGH
Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr. Jacka Borgulata pt. " Zróżnicowanie zawartości metali ciężkich i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) w igłach *Picea abies* oraz *Abies alba* w Beskidzie Śląskim i Żywieckim" wykonanej w Instytucie Biologii, Biotechnologii i Ochrony Środowiska na Wydziale Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Śląskiego pod kierunkiem dr hab. Aleksandry Nadgórskiej-Sochy, prof. UŚ.

Podstawa opracowania

Formalną podstawą opracowania recenzji jest Pismo z dnia 22.06.2020 r. Pana prof. dr hab. Piotra Świątka Prodziekana ds. Nauki i Współpracy z Zagranicą Wydziału Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach.

Ocena celowości podjętej tematyki

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska jest niezwykle interesującym studium poświęconym badaniom biomonitoringowym z wykorzystaniem igieł jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) i świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) H. Karst). Na podstawie szczegółowej analizy poziomu zanieczyszczenia metalami ciężkimi i wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi powyższych biowskaźników, jako receptorów pasywnych Doktorant przeprowadził kompleksową ocenę stopnia zanieczyszczenia lasów Beskidu Śląskiego i Beskidu Żywieckiego ze szczególnym uwzględnieniem emisji pochodzącej ze źródeł lokalnych.

Akademia Górniczo-Hutnicza | Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska
Katedra Ochrony Środowiska
al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, tel. +48 12 617 25 71, fax +48 12 633 29 36
e-mail: jcyrana@agh.edu.pl,
REGON: 000001577, NIP: 675-000-19-23



Na uwagę zasługuje również część pracy, będąca efektem przeprowadzonych analiz statystycznych z zastosowaniem metod chemometrycznych, co umożliwiło sformułowanie kluczowych wniosków pracy. Badanie przedstawione w pracy mają charakter interdyscyplinarny, a rozprawa koncentruje się wokół zagadnień związanych z naukami biologicznymi, chemicznymi, toksykologicznymi, a także szeroko rozumianą ekologią, ochroną środowiska i zdrowiem człowieka.

Ocena redakcyjna rozprawy

Rozprawa doktorska Pana mgr Jacka Borgulata liczy 193 strony wraz z aneksem. Prace podzielono na 9 rozdziałów. Zawiera 37 tabel i 39 wykresów, w tym 3 w aneksie, a także 4 ryciny, 3 zdjęcia i 10 map. Wykaz 308 pozycji bibliograficznych jest zgodny z treścią pracy, ponad połowa z nich to pozycje najnowsze, które ukazały się w ostatniej dekadzie. W większości są to prace pozycje anglojęzyczne.

Tuż po stronie tytułowej znajdują się podziękowania, następnie umieszczony jest spis treści, na kolejnej stronie wykaz stosowanych skrótów. Kolejno, wstęp, który stanowi bardzo dobre wprowadzenie do zaprezentowania celów i tezy pracy. Przedstawione cele pracy i tezy są jasno i szczegółowo określone. Uważam jednak, że w rozdziale drugim tezy powinny zostać uwypuklone, a rozdział powinien zostać zatytułowany „Tezy i cele pracy”. W części teoretycznej pracy w rozdziale trzecim przybliżono badany teren, scharakteryzowano analizowane zanieczyszczenia i przedstawiono ich wpływ na rośliny, zwierzęta oraz zdrowie człowieka. W kolejnym podrozdziale poruszono problematykę biomonitoringu WWA, metali ciężkich, a także As. W rozdziale czwartym rozpoczyna się część doświadczalna, obejmująca szczegółową charakterystykę obszaru badań, dane pomiarowo-obszaryjne badanego terenu, opis materiału badawczego i jego pobór, a także zastosowane metody analityczne i statystyczne. W rozdziale piątym przedstawiono wyniki badań, w kolejnym szóstym - przeprowadzono bardzo wnikliwą dyskusję wyników, a rozdział siódmy to „Podsumowanie i wnioski”. Pracę kończą rozdział ósmy i dziewiąty, odpowiednio „Spis literatury” i „Aneks”.

Biorąc pod uwagę fakt, że praca jest obszerna i zawiera dużą ilość badań i wyników, celowym byłoby zamieszczenie streszczenia, a także spisu tabel i wykresów.

Poniżej zamieszczam drobne uwagi redakcyjne, niedociągnięcia i nieliczne uchybienia, które należałoby poprawić przed ewentualnym oddaniem pracy do druku. Odpowiednio na stronach: 4 jest „profil”, str. 11 jest „źródła”, str. 15 jest „pietro”, str. 24 „ajedenaście”, str. 34 „wbadaniach” str. 37 „odłożu”, str. 39 jest „metalamiw”, str. 54 jest „ukształtowania”, „Kazdą”, str. 73 „Podonie”, „zdepowanego”, str. 87 jest „przedstwiono”, „leżących”, str. 125 jest „antropogenicznej”, str. 144 „chrakteryzujących”, str. 154 „Śląskiego” i na stronie 159 jest „emisa”. Drobne „literówki” wynikające prawdopodobnie

z automatycznej korekty znajdują się również w opisach tabel i/lub wykresów w podrozdziale 5.1, 5.2.3, 5.4.2 i 6.1. Należy podkreślić, że uwagi te w żadnym stopniu nie wpływają na wartość pracy.

Podsumowując, rozprawa napisana jest poprawną polszczyzną, układ pracy jest logiczny i spójny, co sprawia, że pracę czyta się bardzo dobrze. Strukturę pracy oceniam jako poprawną. Zawartość pracy jest zgodna z jej tytułem, a wyniki zaprezentowane zostały w sposób bardzo jasny, precyzyjny i łatwy do odbioru przez Czytelnika dzięki m.in. przejrzystej szacie graficznej.

Ocena merytoryczna pracy

Rozprawa doktorska Pana mgr. Jacka Borgulata pt. "Zróżnicowanie zawartości metali ciężkich i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) w igłach *Picea abies* oraz *Abies alba* w Beskidzie Śląskim i Żywieckim" składa się z trzech podstawowych części: wprowadzenia, prezentacji aktualnego stanu wiedzy oraz części badawczej wraz z podsumowaniem i sformułowanymi wnioskami.

We wstępie Autor właściwie uzasadnił celowość podjętych badań, przedstawił znaczenie przyrodniczo-krajobrazowe badanego obszaru i zwrócił również uwagę na źródła antropogeniczne zanieczyszczenia powietrza. Uważam, że wskazane byłoby wspomnienie, o różnorodności paliwa, które jest spalane w paleniskach domowych na badanym obszarze, co następnie powinno zostać rozszerzone w podrozdziale 4.1.

Kolejno, w rozdziale drugim Doktorant sformułował cel pracy i przedstawił tezy. Autor sprecyzował również cele szczegółowe, co w dalszej części pracy przekłada się na precyzyjnie zaplanowaną przez Doktoranta sekwencję badań i analiz statystycznych.

W rozdziale trzecim Doktorant scharakteryzował badane tereny. Moim zdaniem tekst zawarty w podrozdziale 3.1 powinien być fragmentem podrozdziału 4.1 „Charakterystyka powierzchni badawczej”.

W kolejnych podrozdziałach Doktorant wykazał się bardzo dobrą znajomością tematu i literatury. W sposób bardzo przemyślany przedstawił obecny stan wiedzy, uwzględniając zarówno starsze, ale kluczowe pozycje, jak również najnowsze, które pokazują istotność problemu i potwierdzają międzynarodowe znaczenie prowadzonych badań. W bardzo klarowny sposób przedstawił charakterystykę WWA i metali ciężkich jako zanieczyszczeń środowiska, ze szczególnych uwzględnieniem ich wpływ na rośliny, zwierzęta oraz zdrowie człowieka. W kolejnym podrozdziale bardzo precyzyjnie przybliżył tematykę wykorzystania roślin w biomonitoringu zanieczyszczenia powietrza - metalami ciężkimi i WWA.

Kolejne rozdziały rozprawy to część badawcza pracy. Część badawcza świadczy o bardzo dobrym przygotowaniu Doktoranta, o dobrej znajomości tematu, metod badawczych i statystycznych.

W pierwszej części rozdziału czwartego w „Charakterystyce powierzchni badawczej” (podrozdział 4.1) celowe byłoby uzupełnienie tekstu o informacje dotyczące charakterystyki gleby, a w szczególności typu i miąższości warstwy powierzchniowej. Rozważając kontynuację i rozszerzenie badań, proponowałabym ewentualnie w dalszych pracach uwzględnienie badań form związania metali w glebie. Ważne jest to zarówno z punktu widzenia przyswajalności metali ciężkich, substancji odżywczych, ale także szeroko rozumianej analizy konkurencyjności pierwiastków. Charakterystyka gleby istotna jest również z powodu suspensji/resuspensji wierzchniej warstwy gleby - cząstki mogą migrować i osadzać się na igłach w formie pyłów. W przypadku rozszerzenia badań przy ciągach komunikacyjnych, celowym byłoby wykonanie również charakterystyki pyłów drogowych.

W pracy, bardzo cenne są zebrane przez Doktoranta dane pomiarowo-obszaryjne, jak również informacje dotyczące poboru materiału do badań i badanego obszaru. W kolejnym podrozdziale „Analizy fizykochemiczne” Doktorant opisał metodykę określania zawartości pyłów oraz wosków epikutylarnych w igłach, oznaczania metali ciężkich i WWA w pyłach zdeponowanych na powierzchni igieł oraz w igłach, a także metali w glebach. Wskazane byłoby podanie pozycji literaturowych i/lub normy do stosowanej metodyki oraz stosowanych materiałów referencyjnych i odtwarzalność. W kolejnych podrozdziałach Autor przybliżył metodykę określania wartości kątów kontaktowych, a następnie opisał pomiar stosunku masy do powierzchni igieł (LMA). Kolejno, w pracy Doktorant przedstawił zastosowaną analizę statystyczną z wykorzystaniem programu STATISTICA v 13.1 PL, przybliżył metodę określania wartości potencjałów kancerogennych (CP) i wskaźnika MAI, a także oprogramowanie QGIS 3.4 (Madeira), które wykorzystał do opracowywania map szacowania zróżnicowania depozycji i oszacowania liczby obiektów – dróg i zabudowań wokół powierzchni badawczych.

W rozdziale piątym, bardzo obszernym i dobrze przemyślanym Autor przedstawił wyniki badań m.in. w 5.1 zaprezentował porównanie zawartości WWA i metali ciężkich w igłach 6-cio i 12-sto miesięcznych w Beskidzie Śląskim i Beskidzie Żywieckim, w podrozdziale 5.2 pokazał opracowane mapy obrazujące zawartość 15 WWA w igłach, kolejno zróżnicowanie przestrzenne zawartości pyłów zatrzymanych przez igły. Następnie Doktorant przedstawił analizę zależności pomiędzy zawartością pyłów zatrzymanych przez igły a ilością zabudowy i dróg. Analiza badań z wykorzystaniem metod chemometrycznych - analiza skupień oraz analiza głównych składowych (PCA) pozwoliły Doktorantowi na wyciągnięcie z bardzo dużej liczby danych. Uważam, że celowe byłoby również przeprowadzenie po pierwsze badania zawartości WWA w glebach, a następnie analizy skupień i PCA z uwzględnieniem zawartości metali ciężkich i WWA w glebach badanego obszaru. Takie badania z pewnością przyczyniłyby się do jeszcze większej kompleksowości,

szerszego spojrzenia na problem zanieczyszczeń i pozwoliły ewentualnie na sformułowanie dodatkowych wytycznych dla służb Państwowego Monitoringu Środowiska.

Na szczególną uwagę zasługuje również świetne opracowanie i prezentacja tak dużej ilości uzyskanych wyników badań w formie zarówno jasnych i czytelnych wykresów, dobrze zaplanowanych tabel i świetnie opracowanych rycin i map.

Rozdział 6 zatytułowany „Dyskusja” to bardzo wnikliwa i rzeczowa synteza przeprowadzonych badań. Część merytoryczną pracy kończy rozdział „Podsumowanie i wnioski”. Zawarte w pracy krótkie podsumowanie i wnioski w pełni dowodzą, iż założone cele rozprawy zostały zrealizowane. Badania zostały poprawnie zaplanowane i zrealizowane, a dogłębna analiza i wnikliwe podejście do problemu pozwoliło na sformułowanie bardzo dobrze przemyślanych wniosków.

Za najbardziej wartościowe uważam:

- stwierdzenie różnic w składzie zanieczyszczeń powietrza zatrzymanych przez igły 6- i 12-miesięczne jodły pospolitej (*Abies alba*) i świerka pospolitego (*Picea abies*) i wykazanie, że jedną z przyczyn zróżnicowania zawartości wybranych zanieczyszczeń atmosferycznych mogą być emisje pochodzące ze źródeł lokalnych,
- wykazanie zależności pomiędzy ilością lokalnych źródeł emisji (zabudowań i dróg) oraz ich odległością od powierzchni badawczych a zawartością WWA w igłach jodły pospolitej (*Abies alba*) i świerka pospolitego (*Picea abies*),
- wykazanie, że rejon Beskidu Śląskiego poddany jest większej antropopresji niż Beskid Żywiecki, a zróżnicowanie zawartości 15 WWA w igłach w obrębie badanego terenu związane jest z emisją ze źródeł lokalnych,
- wykazanie, że przeważającą pulę WWA deponowanych w młodych – 6-miesięcznych igłach jodeł oraz świerków w Beskidzie Śląskim i Żywieckim stanowią lekkie związki 2- i 3-pierścieniowe występujące w atmosferze - głównie w postaci gazowej,
- stwierdzenie wzrost udziału emisji WWA pochodzenia pirogenicznego w okresie jesienno-zimowym pochodzącym ze spalania węgla lub drewna w paleniskach domowych,
- wykazanie niewielkiego dopływu WWA o charakterze kancerogennym do ekosystemów leśnych w Beskidach,
- wykazanie, że jodła pospolita (*Abies alba*) kumuluje większą zawartość związków z grupy WWA w igłach oraz zanieczyszczeń pyłowych w porównaniu do świerka pospolitego (*Picea abies*), co prawdopodobnie związane jest to z większą zawartością wosków epikutylarnych i/lub kształtem igieł.

Należy również podkreślić, że badania dotyczące wpływu metali ciężkich na kondycję zdrowotną drzewostanów realizowane były w ramach projektu: „Określenie warunków siedliskowych i witalności jodły pospolitej (*Abies alba*) ze wskazaniem właściwych terenów

do jej hodowli w Beskidzie Śląskim i Żywieckim” finansowanego ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach na zlecenie Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Katowicach. Proponowałabym, aby w ostatnim rozdziale sformułować jeszcze ewentualne wstępne spostrzeżenia, sugestie i zalecenia dla służb realizujących badania monitoringowe i dla Dyrekcji Lasów Państwowych. Obszary te mają wyjątkowe walory przyrodniczo-krajobrazowe, są cennymi obszarami rekreacyjnymi i miejscami aktywnego wypoczynku, zatem ich ochrona i przeciwdziałanie potencjalnej degradacji jest szczególnie ważne.

Podsumowanie i wniosek końcowy

Uważam, że przedłożona do recenzji rozprawa doktorska prezentuje wartościowe, interesujące i nowatorskie wyniki badań. W mojej opinii przygotowana przez Pana mgr. Jacka Borgulata rozprawa doktorska świadczy o dużych kompetencjach, bardzo dobrej znajomości problematyki, literatury i dojrzałości naukowej Autora. Badania zostały poprawnie zaplanowane i zrealizowane, a dogłębna analiza i wnikliwe podejście do problemu pozwoliło na sformułowanie bardzo dobrze przemyślanych wniosków.

Stwierdzam zatem, że rozprawa doktorska mgr. Jacka Borgulata pt. ”Zróżnicowanie zawartości metali ciężkich i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) w igłach *Picea abies* oraz *Abies alba* w Beskidzie Śląskim i Żywieckim” spełnia wymogi formalne i merytoryczne stawiane pracom doktorskim, o których mowa w art. 13 Ustawy z 14 marca 2003 r. o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (tekst ujednolicony Dz. U. z 2017r., poz. 1789) oraz art.179 ust.1 Ustawy z dnia 3 lipca 2018r. Przepisy wprowadzające Ustawę Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018r., poz. 1669). W związku z powyższym wnioskuję o dopuszczenie Pana mgr. Jacka Borgulata do dalszego etapu przewodu doktorskiego.

Biorąc pod uwagę wysoką wartość merytoryczną, kompleksowość badań, aktualność i znaczenie poruszanej tematyki, a także wyjątkowo wnikliwe i dojrzałe podejście Autora do analizowanego problemu - wnioskuję o wyróżnienie rozprawy doktorskiej mgr. Jacka Borgulata.

