

RECENZJA

rozprawy doktorskiej **mgr inż. Magdaleny Wiśniewskiej**
pt. „Ocena skuteczności zastosowania węgla do stabilizacji metali
w zanieczyszczonych glebach”

1. Podstawa formalna opracowania recenzji

Podstawą opracowania recenzji jest Uchwała nr 64/2018 Rady Wydziału Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej z dnia 26 czerwca 2018 r. o wyznaczeniu mojej osoby na recenzenta, a także pismo z dnia 23 czerwca 2021 r. nr RDN-ISGiE-43/2021, wystosowane przez Przewodniczącą Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka – prof. dr hab. inż. Tomasza Wiśniewskiego, dotyczące sporządzenia recenzji wspomnianej wyżej rozprawy.

2. Ogólna charakterystyka rozprawy doktorskiej

Przedstawiona do recenzji praca doktorska mgr. inż. Magdaleny Wiśniewskiej powstała pod kierunkiem dr. hab. inż. Agnieszki Pusz, prof. uczelni, pełniącej funkcję promotora.

Praca została opublikowana drukiem w postaci książki formatu B5 o objętości 231 numerowanych stron i składa się z 8. rozdziałów uzupełnionych spisem treści, wykazem literatury (zawierającym 522 pozycje), spisem tabel (72 pozycje) oraz spisem rysunków (91 pozycji). W spisie literatury 57% stanowią publikacje angielskojęzyczne. Przegląd literatury zajmuje około 29% zasadniczej treści, wyniki badań – około 46%, zaś dyskusja – około 14%. Wymienione proporcje są poprawne i typowe w pracach naukowych.

Problematyka pracy dotyczy możliwości ograniczenia rozprzestrzeniania się metali ciężkich w zanieczyszczonych glebach poprzez aplikację trzech rodzajów węgla. Istotnym problemem podjętym przez autorkę było określenie wpływu zawartości węgla w zanieczyszczonych glebach na plonowanie i jakość przykładowych roślin wykorzystywanych na paszę dla zwierząt domowych.

Należy podkreślić, że prezentowane w pracy zagadnienia są złożone, a ich analiza jest trudna, toteż podjęcie badań w przedstawionej tematyce jest ważne ze względów poznawczych i użytkowych.

3. Ocena merytoryczna pracy

3.1. Cel, teza i zakres pracy

Cel, tezę i zakres pracy doktorantka sformułowała w rozdziale drugim, umieszczonym przed przeglądem literatury – a więc odmiennie od typowego układu prac naukowych, gdzie cel pracy określony jest po przeprowadzeniu analizy literaturowej. Celem pracy, według doktorantki, jest „ocena skuteczności węgla wraz z określeniem ich wpływu na ograniczenie fitoprzyswajalności metali i fitotoksyczności gleb w różnym stopniu zanieczyszczonych metalami”. W dalszej części rozdziału doktorantka precyzuje cele cząstkowe, składające się z siedmiu punktów, w których wymieniono rodzaje węgla wykorzystanych w badaniach, a następnie, wybrane metale do pomiarów oraz gatunki roślin do testów wazonowych. Cele cząstkowe sformułowane są w sposób zwięzły, przejrzysty i wyczerpujący.

Tezę pracy doktorantka sformułowała następująco: „zastosowanie węgla umożliwia skuteczną immobilizację form metali w glebach zanieczyszczonych, ograniczając fitoprzyswajalność metali i fitotoksyczność gleb, może stanowić jedną z metod stabilizacji metali, szczególnie na terenach przemysłowych”. Przedstawiona teza pracy stanowi podstawę do określenia zadań badawczych do wykonania, które szczegółowo wymieniono w następnym podrozdziale.

W zakresie pracy doktorantka przedstawiła zaplanowane eksperymenty badawcze, wykonane analizy i oceny wyników z wykorzystaniem licznych urządzeń badawczych, a także określiła zjawiska z uwzględnieniem wpływu wybranych parametrów i współczynników. Należy podkreślić dużą czasochłonność i szerokie spektrum przeprowadzonych prac badawczych.

3.2. Metodyka pracy

Doktorantka zaplanowała dwa doświadczenia wazonowe przeprowadzone w odstępie czterech lat. W obu zastosowała cztery gleby pobrane z tych samych miejsc terenów przemysłowych, zanieczyszczonych metalami. W doświadczeniach tych do gleb dodawane były węgle (w różnych dawkach) – w pierwszej serii: brunatny i aktywny oraz w drugiej serii – węgiel drzewny. Do wazonów wysiane zostały cztery gatunki roślin, stanowiące składniki paszy zwierzęcej: lucernę siewną, łubin żółty, kukurydzę zwyczajną i gorczycę białą.

Określono testy kiełkowania roślin oraz oceniono fazy rozwoju roślin, na podstawie skali BBCH. Na początku sezonu wegetacyjnego stosowano nawożenie podstawowe NPK, oraz utrzymywano stałą wilgotność gleby. Po zakończeniu okresu wegetacyjnego zebrano rośliny, z rozdzieleniem na części nadziemne i korzenie, oraz przygotowano próbki do analiz laboratoryjnych.

Doktorantka wykonała szereg oznaczeń i pomiarów:

- ocena składu granulometrycznego;
- pomiar odczynu pH;
- pomiar kwasowości hydrolitycznej;
- pomiar wymiennych kationów zasadowych;
- pomiar zawartości węgla organicznego;

- pomiar zawartości kwasów fulwowych, humicznych oraz zawartości humin;
- pomiar zawartości węglanów;
- pomiar zawartości fosforu, potasu i sodu;
- pomiar zawartości azotu mineralnego;
- określenie całkowitej zawartości metali w glebie;
- określenie form metali w ekstraktach glebowych.

Doktorantka przedstawiła szczegółowo sposoby wykonania poszczególnych analiz oraz zastosowane urządzenia badawcze, m.in.: analizator Multi MC N/C 2100/2100S Analytik Jena oraz TC/TN Vario Macro Cube, mineralizator typu Start D Milestone, spektrometr atomowy AAS, spektrometr emisyjny ze wzbudzeniem w plazmie indukowanej ICP-OES, spektrometr Thermo Scientific iCAP6500 oraz Varian Axial Vista 720-ES. W badaniach własnych wykorzystwała także elektronowy mikroskop skaningowy (SEM) JJS-6380LA, oraz analizator aminokwasów INGOS AAA500. Doktorantka wykonywała analizy statystyczne uzyskanych wyników z wykorzystaniem programów Analysis ToolPak oraz Excel firmy Microsoft oraz programów firmy Statsoft.

Biorąc pod uwagę szeroki zakres metodyczny oraz dużą ilość wykonanych pomiarów z zastosowaniem różnorodnej zaawansowanej aparatury badawczej wyrażam przekonanie, że doktorantka ma znakomicie opanowany warsztat badawczy oraz bardzo dobre przygotowanie naukowe dla poprawnego i samodzielnego prowadzenia prac eksperymentalnych.

3.3. Uzyskane wyniki i wnioski

Wyniki badań doktorantka przedstawiła w następującej kolejności:

- 1) Charakterystyka i parametry zastosowanych węgli oraz właściwości fizyczne i chemiczne pobranych próbek gleb przed rozpoczęciem doświadczeń wazonowych. W materiałach tych określono także zawartości sześciu metali: Cu, Pb, Zn, Cd, Cr, Ni.
- 2) Wyniki badań wazonowych – oddzielnie dla pierwszego i drugiego etapu prac (oznaczonych przez autorkę jako doświadczenie A oraz doświadczenie B). Określono, m.in. zawartość węgla organicznego, zawartość substancji humusowych, całkowitą zawartość metali w glebach, udział metali potencjalnie dostępnych dla roślin.
- 3) Wyniki badań testów fitotoksyczności gleb z zastosowaniem dwóch rodzajów roślin wskaźnikowych (stanowiących bioindykatory – rzeżuchy i sorgo) oraz dla czterech wytypowanych do badań roślin.
- 4) Wyniki badań roślin po zakończeniu ich wegetacji: zawartość suchej masy, zawartość aminokwasów w kukurydzy i łubinie, zawartość metali w roślinach (oddzielnie dla korzeni i części nadziemnej),
- 5) Wyniki badań dla oceny skuteczności węgli do stabilizacji metali w glebach – współczynnik biokoncentracji oraz współczynnik translokacji.

Uzyskane wyniki poddane zostały dyskusji i na tej podstawie sformułowano wnioski z pracy. Wymieniono je bardzo szczegółowo w 18. punktach, a najistotniejsze kwestie przedstawiam poniżej:

- 1) Zastosowanie węgla jako dodatku do zanieczyszczonych gleb wpłynęło na zmniejszenie zawartości metali w formach dostępnych dla roślin, przy czym efektywność oddziaływania węgla wzrastała wraz ze zwiększeniem ich udziału w glebach.
- 2) Potwierdzono, że stosowanie węgla w glebach sprzyja sorpcyjnemu związaniu metali, które stają się mniej dostępne dla roślin. Najlepsze efekty uzyskano w przypadku stosowania węgla aktywnego w pojedynczej dawce, oraz węgla brunatnego w podwójnej dawce.
- 3) Stosowanie węgla w glebach powodowało zwiększenie plonowania roślin, zaś rośliny te w różnorodny sposób akumulowały metale – w zależności od stężenia metali w glebie oraz od gatunku testowanej rośliny.
- 4) Stwierdzono, że aplikacja węgla wpłynęła na zmianę kwalifikacji gleb – z przydatności przemysłowej na przydatność paszową – w uprawie dwóch gatunków roślin: lucerny oraz kukurydzy.
- 5) Zastosowanie gleby z dodatkiem węgla przyniosło efekty obniżenia współczynnika biokoncentracji poszczególnych metali w porównaniu do gleb bez dodatku węgla, stabilizując metale w glebie i ograniczając ich pobieranie przez rośliny.

Przedstawione w pracy wnioski w pełni potwierdzają osiągnięcie zaplanowanych celów pracy oraz uzasadniają założoną tezę pracy. Doktorantka udowodniła swoją dojrzałość naukową, znajomość prowadzenia eksperymentów badawczych, oraz umiejętność udowodnienia problemu badawczego, który w rozpatrywanym przypadku ma duże znaczenie poznawcze oraz użyteczne.

4. Uwagi szczegółowe

Rozprawa została napisana w sposób zwięzły i klarowny. Pisownia i stylistyka jest poprawna, zgodna z zasadami języka polskiego. Praca jest bardzo starannie zredagowana, a literówek praktycznie nie ma. W tekście występują nieliczne tylko niedociągnięcia, które odnotowałem poniżej:

- 1) Na stronie 10, w rozdziale 2.2. przedstawiono tezę pracy, gdzie według mnie zabrakło łącznika „oraz” zamiast przecinka – wobec tego teza będzie sformułowana następująco: „zastosowanie węgla umożliwia skuteczną immobilizację form metali w glebach zanieczyszczonych, ograniczając fitoprzysfajalność metali i fitotoksyczność gleb **oraz** może stanowić jedną z metod stabilizacji metali, szczególnie na terenach przemysłowych”.
- 2) Na stronie 11, w rozdziale 2.3. przedstawiono zakres pracy w postaci listy, gdzie na trzeciej pozycji widnieje: „*analizę węgla zastosowanych w doświadczeniach*”, oraz w pozycji ósmej „*analizę makroskopową węgla (aktywnego, brunatnego, drzewnego)*”, gdzie chodziło zapewne o analizę

mikroskopową (co pokazano na rys. 7, str. 80), zaś ilustracji z obserwacji makroskopowych nie zamieszczono w tekście. Proponuję połączyć te dwa podpunkty, w następującym brzmieniu: „analizę fizyko-chemiczną oraz mikroskopową zastosowanych węgli (aktywnego, brunatnego, drzewnego)”.

- 3) Na stronie 53, w rozdziale 3.4.2. wymieniono, m.in. szereg danych literaturowych dotyczących korzyści ze stosowania wapnowania, zaczynając od zdania „*Kolejnym zabiegiem obniżającym kwasowość gleby (...) jest wapnowanie*”. Na kolejnej 54. stronie widnieje zaś zdanie: „*Przykładem może być proces wapnowania*”, które jest wtrącone niepotrzebnie, gdyż wcześniej podano wiele przykładów tego zabiegu.
- 4) Na rozdziale 4. dotyczącym metodyki badań wskazane byłoby dodanie informacji o głębokości pobranych warstw gleby oraz sposobie ich poboru.
- 5) Na stronie 198, we wnioskach numer 7 oraz 9, doktorantka wskazuje na zasadność stosowania do stabilizacji metali w zanieczyszczonych glebach pojedynczej dawki węgla aktywowanego, albo z porównywalną skutecznością podwójnej dawki węgla brunatnego, przy czym wyraża przekonanie, że stosowania węgla aktywnego jest uzasadnione ekonomicznie. Stwierdzenie to, nie jest poparte w pracy poprzez pobieżną choćby analizę kosztów. Koszt zakupu 1 tony węgla brunatnego bezpośrednio w kopalni wynosi ok. 150 zł, podczas gdy koszt zakupu 1 tony węgla aktywnego w handlu detalicznym wynosi ok. 15000 zł, a więc stokrotnie więcej. Wobec tego, w zastosowaniach praktycznych zdecydowanie bardziej opłaca się stosować podwójną dawkę węgla brunatnego, zaś stosowanie węgla aktywnego ma ekonomiczne uzasadnienie jedynie w pracach eksperymentalnych.

Wymienione powyżej uwagi w żaden sposób nie umniejszają wartości poznawczej i naukowej rozprawy oraz nie wpływają na jej ocenę końcową. Należy ponownie podkreślić bardzo staranne opracowanie edytorskie oraz znakomitą korektę redakcyjną tekstu.

Pytania do doktorantki:

1. Dlaczego nie zamieszczono zdjęć makroskopowych badanych węgli, które mogłyby pokazać różnicę ich struktury?
2. Na rysunkach 13–18 pokazano wyniki zawartości metali w glebach w odniesieniu do zawartości dopuszczalnych określonych w rozporządzeniu MŚ z 2016 r. (tabela 1, str.20), odpowiednio kolorem czerwonym dla IV grupy gruntów oraz zielonym, dla grupy I. Jednocześnie na tych samych rysunkach pokazano poziomy zanieczyszczenia (oznaczone C_f) określone wg wytycznych IUNG w Puławach (tabela 3, str. 21). Proszę o wyjaśnienie, czy zachowana jest porównywalność wyników własnych w odniesieniu do zalecanych, które odnoszą się do różnych warstw gleby: 0–25 cm w przypadku rozporządzenia, oraz 0–20 cm w przypadku IUNG w Puławach? Do jakiej głębokości pobierane były próbki gleby do badań własnych?

5. Podsumowanie i wniosek końcowy

Podjęcie tematyki rozprawy doktorskiej dotyczącej zastosowania węgla do stabilizacji metali w zanieczyszczonych glebach uważam za ważne dla nauki, prawidłowo uzasadnione oraz mieszczące się w dyscyplinie inżynieria środowiska (wg starej klasyfikacji dyscyplin), co odpowiada dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka – w odniesieniu do nowej klasyfikacji dyscyplin.

Doktorantka wykazuje bardzo dobrą wiedzę teoretyczną i specjalistyczną w zakresie funkcjonowania środowiska glebowo-roślinnego oraz doskonałą znajomość metodyki pomiarowej. Potwierdza posiadanie umiejętności samodzielnego formułowania problemów naukowych oraz zorganizowania i prowadzenia badań dla ich rozwiązania, a następnie poprawnego analizowania i interpretowania wyników badań. Ma również znakomicie opanowany warsztat pisarski.

Do najważniejszych osiągnięć doktorantki, które w mojej opinii stanowią podstawę wyróżnienia rozprawy, jest przedstawienie rozwiązania trudnego i ważnego problemu badawczego remediacji poprzemysłowych gleb, wraz z możliwością prowadzenia na nich efektywnej produkcji roślinnej. Rezultaty przeprowadzonych przez nią prac wnoszą istotny wkład do dotychczasowego stanu wiedzy w zakresie fitoprzyswajalności i fitotoksyczności dostępnych dla roślin form metali. Prezentowane w pracy dane, wyniki analiz oraz uzyskane wnioski dowodzą, że doktorantka posiada wszelkie niezbędne kompetencje do samodzielnego prowadzenia badań naukowych.

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Magdaleny Wiśniewskiej pt. „Ocena skuteczności zastosowania węgla do stabilizacji metali w zanieczyszczonych glebach” spełnia wszystkie warunki i wymagania stawiane rozprawom doktorskim w rozumieniu Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. z 2017 r. poz. 1789).

Wnioskuje o przyjęcie rozprawy przez Radę Naukową Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Warszawskiej oraz dopuszczenie jej Autorki do publicznej obrony.

Biorąc pod uwagę wysoki poziom merytoryczny przedstawionej pracy doktorskiej stawiam wniosek o jej wyróżnienie.

G. Borowski