

dr hab. inż. Mirosław Orzechowski
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Katedra Gleboznawstwa i Rekultywacji Gruntów

Recenzja

pracy doktorskiej mgr. Cezarego Polakowskiego

pt. „Analiza wybranych źródeł błędów w pomiarach rozkładu granulometrycznego z wykorzystaniem metody dyfrakcji laserowej”

Recenzję wykonano na zlecenie Dyrektora Instytutu Agrofizyki im. B. Dobrzańskiego PAN w Lublinie – prof. dr. hab. Cezarego Sławińskiego. Praca doktorska była realizowana pod kierunkiem dr. hab. Andrzeja Bieganowskiego, prof. IA PAN oraz promotora pomocniczego dr Magdaleny Ryzak.

1. Wybór tematu i jego uzasadnienie

Wyznaczenie rozkładu granulometrycznego gleb jest podstawową analizą wykonywaną masowo we wszystkich laboratoriach gleboznawczych oraz stacjach chemiczno-rolniczych w Polsce. Wielkość frakcji glebowych, ich stosunki ilościowe oraz skład mineralogiczny gleb ma zasadniczy wpływ na właściwości chemiczne i sorpcyjne, retencję wodną, zawartość makro- i mikroelementów, warunki oksydoredukcyjne oraz właściwości fizyczno-mechaniczne i technologiczne gleb. Skład granulometryczny gleb brany jest pod uwagę przy ocenie zanieczyszczenia powierzchni ziemi oraz diagnostyce gleb w zakresie nawożenia.

Badania uziarnienia gleb w warunkach polowych wykonywane są metodami organoleptycznymi, natomiast w warunkach laboratoryjnych głównie metodami sitowo-sedymentacyjnymi. Wprowadzenie pod koniec XX w. metod dyfrakcji laserowej rozkładu granulometrycznego spowodowało podjęcie prac metodycznych i interpretacyjnych, które prowadzone są do chwili obecnej.

Recenzowana praca cechuje się aktualnością tematyczną, gdyż dotyczy analizy rozkładu granulometrycznego gleb, które wyróżniają się dużą zmiennością wielkości cząsteczek glebowych od 0,02 do 2000 μm , ciężaru i kształtu cząstek glebowych oraz różnorodnością składu mineralogicznego. Praca jest rozszerzeniem i kontynuacją badań metodologicznych prowadzonych w Zakładzie Biogeochemii Środowiska Przyrodniczego Instytutu Agrofizyki PAN w Lublinie dotyczących warunków wyznaczania rozkładu granulometrycznego gleb z wykorzystaniem metody dyfrakcji laserowej. Pierwszym etapem prowadzonych badań była rozprawa doktorska promotora pomocniczego Pani dr Magdaleny Ryzak pt. *„Metodyczne aspekty wyznaczania rozkładu granulometrycznego gleb mineralnych z wykorzystaniem dyfrakcji laserowej”*. O istotnym naukowym i użytkowym znaczeniu prowadzonych badań świadczy fakt, iż powyższe prace są bardzo ważnym elementem opracowania projektu Polskiej Normy dotyczącej wyznaczania rozkładu granulometrycznego gleb mineralnych metodą dyfrakcji laserowej wykonywanego na zlecenie Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi.

Zasadniczym celem rozprawy doktorskiej mgr. Cezarego Polakowskiego było określenie źródeł błędów wynikających z heterogeniczności składu granulometrycznego gleb w pomiarach uziarnienia przy użyciu metody dyfrakcji laserowej (Rozdział 7). Cel ten Autor pracy zamierzał osiągnąć poprzez realizację celów cząstkowych określając wpływ aspektów pomiarowych, takich jak: stosunek zawartości poszczególnych frakcji, różnice w objętości cząstek glebowych, liczba, ciężar i kształt badanych cząstek, analizę współczynników optycznych oraz czynników wynikających z budowy dyfraktometru laserowego (konstrukcja jednostki dyspergującej). Ponadto Doktorant wiele uwagi poświęcił analizie przyczyn rozbieżności pomiędzy wynikami badań rozkładu granulometrycznego uzyskiwanymi metodami dyfrakcji laserowej, a określonymi metodami sitowo-sedymentacyjnymi.

Celem dodatkowym było sprawdzenie czy połączenie metody sitowej i laserowej może przyczynić się do wyeliminowania niektórych źródeł niepewności pomiaru rozkładu granulometrycznego gleb.

2. Struktura pracy

Przedstawiona do recenzji dysertacja została przygotowana zgodnie z wymogami stawianymi tego typu opracowaniom. Praca składa się z trzynastu głównych rozdziałów: wprowadzenie, wstęp, problem opisu wielkości cząsteczek, frakcje granulometryczne, klasyfikacja gleb w oparciu o rozkłady granulometryczne, metody wyznaczania rozkładu granulometrycznego, cel pracy, materiał i metody, heterogeniczność gleb jako przyczyna błędów w pomiarach metodą dyfrakcji laserowej, konstrukcja jednostki dyspergującej

dyfraktometru, metoda sitowo-laserowa jako proponowane rozwiązanie niektórych problemów związanych z heterogenicznością próbki, wnioski, bibliografia oraz spis rysunków i tabel. Główne rozdziały pracy zostały podzielone na liczne podrozdziały niższych rzędów.

Układ pracy jest przejrzysty i dobrze porządkuje zebrany materiał. Wykonana praca zawiera pełną dokumentację uzyskanych wyników badań oraz ich omówienie i interpretację. Na jej treść, łącznie ze spisem literatury, składają się 93 strony wydruku komputerowego, 10 tabel i 21 rysunków. Należy podkreślić staranne przygotowanie materiału dokumentacyjnego z wykorzystaniem technik komputerowych.

3. Materiał i metodyka badań

Do realizacji założonych celów dobierany był różnorodny materiał badawczy. W badaniach wykorzystano materiał glebowy zgromadzony w Banku Próbek Glebowych znajdującym się w Instytucie Agrofizyki PAN w Lublinie, frakcje piasków różnej genezy, mieszaniny modelowe oraz kulki szklane (Rozdział 8). Materiał glebowy pobierany był z poziomów ornych gleb położonych na terenie całej Polski. Ponadto w pracy wykorzystano mieszaniny modelowe oraz osady fluwialne, fluwioglacjalne i eoliczne. Należy stwierdzić, że był to bardzo bogaty materiał badawczy, wystarczający do realizacji postawionych celów badawczych i wnioskowania. Materiał i metody badań opisano w sposób szczegółowy na trzynastu stronach. Realizując założone zagadnienia badawcze Doktorant trafnie dobierał i modyfikował parametry w wykorzystywanych metodach. Podejście metodologiczne, jak też wybór procedur badawczych były prawidłowe. Pomiary rozkładu granulometrycznego gleb, osadów i układów modelowych wykonano metodą dyfrakcji laserowej na aparacie Mastersizer 2000 firmy Malvern z wykorzystaniem jednostki dyspergującej Hydro G i Hydro MU.

Uważam, że wykorzystanie w badaniach tak różnorodnego materiału było uzasadnione i spowodowane metodycznym charakterem ocenianej pracy oraz wieloaspektowością prowadzonych pomiarów.

4. Dobór i wykorzystanie piśmiennictwa

Doktorant zebrał i wykorzystał 108 pozycji literatury przedmiotu, w tym 83 w języku angielskim. Należy podkreślić prawidłowy wybór tematyczny cytowanych publikacji oraz ich ścisły związek z zakresem rozprawy doktorskiej. Realizacja powyższej pracy, została poparta dokładnym rozpoznaniem zagadnienia na tle literatury, co umożliwiło doktorantowi zebranie obszernego materiału, przeprowadzenie zaplanowanych analiz na wybranych próbkach glebowych, osadach i układach modelowych oraz przedyskutowanie wyników swoich badań z

rezultatami badań innych autorów. Doktorant wykazał się dobrą znajomością literatury przedmiotu. Większą część cytowanej literatury rozprawy doktorskiej stanowią prace opublikowane w ciągu ostatniej dekady, co świadczy o tym, że badane zagadnienie jest bardzo aktualne w nauce światowej.

5. Merytoryczna i formalna ocena pracy

Należy podkreślić, że część problematyki dotyczącej wpływu liczby cząstek frakcji grubej oraz kształtu frakcji piasku na wyniki pomiarów metodą dyfrakcji laserowej Doktorant wraz z promotorem Panem dr. hab. Andrzejem Bieganowskim, prof. IA PAN i promotorem pomocniczym Panią dr Magdaleną Ryzak oraz innymi współautorami opublikował już w renomowanych czasopismach takich jak *Soil Science Society of America Journal* oraz *International Agrophysics*. Tak więc metodyka i rezultaty prowadzonych badań w tym zakresie zostały już pozytywnie ocenione przez recenzentów w opublikowanych pracach.

Szeroki zakres badań, jak też część analityczna pracy nie budzą zastrzeżeń merytorycznych. Uważam, że wybór tematyki ocenianej pracy jest w pełni uzasadniony z uwagi na specyfikę pomiaru uziarnienia gleb i brak metody odniesienia, która pozwalałaby w sposób bezbłędny określić wielkości cząstek glebowych. Tytuł pracy dobrze oddaje zawarte w niej treści.

W rozdziałach 2-6 doktorant w sposób zwięzły przedstawił problemy związane z opisem wielkości cząstek glebowych oraz klasyfikację gleb w oparciu o rozkład granulometryczny (PTG do 2008 i po 2008, USDA 1993, FAO 2006) i metody jego wyznaczania.

Na szczególne podkreślenie zasługuje rozdział 9 „Heterogeniczność gleby jako przyczyna błędów w pomiarach metodą dyfrakcji laserowej” (wraz z 6 podrozdziałami), który stanowi zasadniczą część rozprawy, gdzie Doktorant zaprezentował wyniki swoich badań i wskazał główne przyczyny błędów w pomiarach rozkładu granulometrycznego gleb metodą dyfrakcji laserowej. Jako najważniejsze źródła błędów wymienił: wzajemny stosunek zawartości poszczególnych frakcji, udział cząsteczek glebowych frakcji grubej (o wielkości $500 \div 2000 \mu\text{m}$) oraz różnice w objętości cząstek glebowych. Największe rozbieżności pomiędzy wynikami rozkładu granulometrycznego otrzymanymi metodą dyfrakcji laserowej, a zawartościami frakcji grubej zadanymi na podstawie metody wagowej Doktorant stwierdził w mieszaninie złożonej z frakcji grubej i drobnej. Uzyskane wyniki badań wskazują na niejednoznaczny wpływ udziału frakcji grubej i drobnej na wyniki pomiarów.

Na wielkość błędu pomiaru rozkładu granulometrycznego istotny wpływ ma obecność w glebie dużych i ciężkich cząstek. Obecnie wykorzystywane konstrukcje jednostek dyspergujących nie zapewniają odpowiedniego mieszania, a poprzez to homogenizacji zawiesiny w całej objętości. Zawartość najcięższych cząstek będzie przeszacowana w przypadku, gdy wlot mieszaniny do układu pomiarowego położona jest na dnie zbiornika (jednostka Hydro G), a może być niedoszacowana, gdy wlot znajduje się powyżej dna (jednostka Hydro MU).

Rozważając zagadnienie, dotyczące doboru parametrów optycznych w badaniach gleboznawczych metodą dyfrakcji laserowej Doktorant uznał za uzasadnione przyjęcie jednego zestawu wartości wielkości dla współczynnika załamania światła i współczynnika absorpcji. Mając na uwadze fakt, że gleba jest mieszaniną różnych substancji, przyjęcie dla wszystkich cząstek występujących w glebie jednej kombinacji parametrów optycznych może być źródłem trudnego do oszacowania błędu. Stąd nasuwa się pytanie, jakie konsekwencje w badaniach rozkładu granulometrycznego gleb metodą dyfrakcji laserowej może mieć przyjęcie jednej kombinacji wartości wielkości parametrów optycznych oraz jednego typu konstrukcji jednostki dyspergującej?

Wielowątkowe aspekty badań własnych Autor przedyskutował ze starannie dobraną literaturą przedmiotu. Pomimo, że w pracy Autor nie wyodrębnił rozdziału podsumowanie i dyskusja wyników, to krytyczne podejście do uzyskanych wyników i ich wnikliwą dyskusję na tle literatury zaprezentował w rozdziałach 9, 10 i 11.

Na końcu pracy doktorant zamieścił 7 wniosków. Wszystkie są zasadne, wynikają z przeprowadzonych badań i świadczą o zrealizowanych celach badawczych.

Do najważniejszych osiągnięć pracy zaliczam:

- Podjęcie aktualnego i ważnego zagadnienia z metodologicznego i praktycznego punktu widzenia dotyczącego wyznaczania rozkładu granulometrycznego gleb mineralnych metodami dyfrakcji laserowej.
- Wykazanie, że jednym z ważniejszych źródeł błędów w pomiarach metodami dyfrakcji laserowej rozkładu granulometrycznego jest heterogeniczność gleb, a zawyżenie lub zaniżenie wartości wyników pomiarów poszczególnych frakcji może wynikać z ich wzajemnego stosunku w mieszaninie. Stwierdzenie, że im większe są różnice pomiędzy wielkościami cząsteczek w próbce glebowej, tym jej wpływ na wynik pomiaru jest bardziej zauważalny.
- Określenie, że źródłami błędów pomiarów rozkładu granulometrycznego gleb mogą być nie tylko czynniki związane z heterogenicznością gleby, ale także niewłaściwie

dobre wartości współczynników optycznych (współczynnika załamania światła i współczynnika absorpcji światła), a także konstrukcja jednostki dyspergującej. Wielkość błędu pomiaru rozkładu granulometrycznego gleb metodą dyfrakcji laserowej trudna jest do oszacowania ze względu na szereg jego źródeł.

- Wykazanie, że zastosowanie metody sitowo-laserowej polegającej na oddzieleniu i pomiarze na sitach cząstek frakcji piasku oraz pomiarze metodą dyfrakcji laserowej tylko rozkładów frakcji pyłu i łu nie rozwiązuje problemu zaniżania lub zawyżania zawartość poszczególnych frakcji. Autor wykazał, że wyniki uzyskiwane dla większości badanych przez niego gleb są porównywalne z wynikami otrzymanymi z metody dyfrakcji laserowej (bez oddzielania frakcji piasku).

Lektura pracy nasunęła mi kilka uwag dyskusyjnych i krytycznych:

- W spisie treści dwa razy umieszczono rozdział jedenasty.
- Na stronie nr 78 błędnie odwołano się do rysunków oznaczonych numerami 20 (powinno być 19) i 21 (powinno być 20).
- W bibliografii pracy naukowej należy unikać podawania skryptów i podręczników. W niektórych pozycjach nie podano liczby stron.
- Do badań rozkładu granulometrycznego Doktorant wytypował głównie gleby wytworzone z pyłów zwykłych i gliniastych (68%), a nie uwzględnił gleb ilastych.
- Na stronie 37 Doktorant używa określenia „frakcja pylasta”. W tym miejscu zgodnie z klasyfikacją uziarnienia gleb i utworów mineralnych (PTG 2008) lepiej byłoby napisać „frakcja pyłowa”, ponieważ przymiotnika „pylasta” używa się do podkreślenia dużej zawartości frakcji pyłu w takich utworach jak gliny czy ły, np. „ił pylasty”.
- W streszczeniu doktorant stwierdził, że „Pomiar rozkładu granulometrycznego gleb jest jedną z podstawowych analiz gleboznawczych. Dotychczas pomiar ten realizowany był przede wszystkim przy wykorzystaniu metod sitowo-sedymentacyjnych (głównie metody pipetowej oraz areometrycznej). Pomiary te są stosunkowo mało dokładne, wymagają dużej próbki materiału glebowego, a do tego są czasochłonne”. Na jakiej podstawie doktorant wnioskuje, że metoda pipetowa jest „stosunkowo mało dokładna” ?

Zamieszczone uwagi są natury formalnej i dyskusyjne. Wymienione uwagi mają głównie charakter uzupełnień i nie mają istotnego wpływu na merytoryczną wartość rozprawy. Mogą być one pomocne podczas przygotowywania pracy do druku lub dalszych opracowaniach.

Biorąc pod uwagę bardzo obszerny materiał badawczy i złożoność problematyki badawczej stwierdzam, że ilość usterek redakcyjnych jest niewielka, a pracę należy uznać za starannie opracowaną pod względem edytorskim. Reasumując stwierdzam, że rozprawa

doktorska mgr. Cezarego Polakowskiego jest oryginalna i dostarcza wielu nowych informacji odnośnie metodologii badań i źródeł błędów rozkładu granulometrycznego gleb mineralnych wykonywanych metodą dyfrakcji laserowej.

6. Wniosek końcowy

Przedstawiona do oceny rozprawa mgr. Cezarego Polakowskiego pt. „*Analiza wybranych źródeł błędów w pomiarach rozkładu granulometrycznego z wykorzystaniem metody dyfrakcji laserowej*” została wykonana w oparciu o starannie opracowaną metodykę badań i jest dobrze udokumentowana. Obszerny zakres badań oraz właściwy dobór materiału badawczego wskazuje na dobre przygotowanie Doktoranta do prowadzenia prac naukowych. Opracowanie tak złożonego problemu badawczego świadczy o jego rzetelności, dociekliwości i dobrej organizacji pracy. Na podkreślenie zasługuje zastosowanie wielu modyfikacji parametrów wykorzystywanych metod badawczych, adekwatnych do rozwiązywanego problemu. Recenzowana praca wnosi nowe elementy poznawcze, a więc zasługuje na wysoce pozytywną ocenę. Zakres i treść dysertacji kwalifikują ją do dyscypliny agronomii, umiejscowionej w dziedzinie nauk rolniczych.

Uważam, że recenzowana rozprawa w pełni spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim, zawarte w „Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki” (Dz.U. z dnia 14 marca 2003 r.). W związku z tym wnioskuję o dopuszczenie Pana mgr. Cezarego Polakowskiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Olsztyn, 19 listopada 2016 r.

dr hab. inż. Mirosław Orzechowski

