

Toruń, 22.12.2021 r.

dr hab. inż. Piotr Sewerniak, prof. UMK
Katedra Gleboznawstwa i Kształtowania Krajobrazu
Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Wojciecha Witka
pt. „Rola i znaczenie systemów korzeniowych drzew leśnych
w filtracji wody opadowej w głąb profilu glebowego”
wykonanej na Wydziale Leśnym Uniwersytetu Rolniczego
im. Hugona Kollątaja w Krakowie

Promotor rozprawy doktorskiej: dr hab. inż. Jarosław Kucza

Promotor pomocniczy: dr inż. Anna Ilek

1. Uzasadnienie wyboru tematu pracy oraz cel badań

W swojej pracy doktorskiej mgr Wojciech Witek podjął badania systemów korzeniowych drzew leśnych w kontekście ich roli i znaczenia w filtracji wody opadowej w głąb profilu glebowego. Występujące relacje między systemami korzeniowymi drzew a fazą ciekłą gleby są kluczowe dla egzystencji ekosystemów leśnych, co ma bezpośrednie przełożenie na pełnienie przez lasy funkcji zarówno ekologicznych, jak i produkcyjnych oraz społecznych. Podjęta tematyka badawcza jest zatem nie tylko interesująca z punktu widzenia dociekań naukowych, lecz jest także istotna z punktu widzenia funkcjonowania współczesnych społeczeństw, m.in. w kontekście optymalnego wykorzystania zasobów wody glebowej w kształtowanych przez leśników ekosystemach leśnych z drzewostanami gospodarczymi. Zagadnienie optymalnego wykorzystania tych zasobów pod kątem żywotności lasów, a także pełnego wykorzystania możliwości produkcyjnych siedlisk leśnych jest szczególnie istotne obecnie, kiedy współczesne leśnictwo mierzy się z coraz poważniejszymi problemami stabilności ekologicznej ekosystemów leśnych wiążących się m.in. właśnie z implikowanymi przez zachodzące zmiany klimatu niewystarczającymi zasobami wody w glebach. Jednocześnie, stan wiedzy na temat powiązań pomiędzy obecnością systemów korzeniowych drzew leśnych w glebie a infiltracją wody opadowej w głąb profilu glebowego jest zdecydowanie niepełny, co wynika m.in. z trudności prowadzenia tego typu badań. Stąd podjętą tematykę oceniam jako ważną i bardzo istotną z punktu widzenia rozwoju wiedzy o funkcjonowaniu ekosystemów oraz doskonalenia metod prowadzenia gospodarki leśnej.

Cel badań ocenianej rozprawy doktorskiej został określony jako „poznanie wpływu systemów korzeniowych różnych gatunków drzew leśnych na mechanizm przemieszczania się wody opadowej w glebie”. Nawiązuje on zatem ściśle do tytułu dysertacji, co należy ocenić pozytywnie. Główny cel pracy został przez Autora rozwinięty poprzez poprawne sformułowanie w rozdziale *Przedmiot, cel i założenia badawcze* hipotezy badawczej oraz celów szczegółowych podjętych badań.

2. Ocena przyjętej koncepcji badań oraz zastosowanych metod

Przeprowadzone badania można podzielić na dwie zasadnicze części. W pierwszej dokonano analizy wpływu systemów korzeniowych na rozchodzenie się wody w ośrodku nienasyconym z wykorzystaniem drzew o niewielkich rozmiarach (średnio ok. 1,5 m wysokości), które, z wykorzystaniem pracochłonnej i precyzyjnej metodyki, wraz z systemem korzeniowym oraz monolitem glebowym, zostały wykopane z lasu i przewiezione do laboratorium w celu przeprowadzenia doświadczeń w warunkach kontrolowanych. Drugą część badań stanowiła natomiast analiza wpływu korzeni (sztucznych oraz korzeni naturalnych różnych gatunków drzew) na przepływ przez ośrodek przewodzący wodę w glebie. W pierwszej części badań wykorzystano materiał naturalny, w którym funkcjonowały korzenie drzew w warunkach leśnych, natomiast w drugim realizowanym wątku badawczym, korzenie sześciu analizowanych w tym wątku gatunków drzew (sosna zwyczajna, świerk pospolity, dąb szypułkowy, buk pospolity, lipa drobnolistna oraz jodła pospolita) zostały umieszczone w jednakowym, kalibrowanym substracie o uziarnieniu piasku.

W kontekście położenia wyraźnego nacisku zarówno w tytule dysertacji, jak i w celu podjętych badań na „poznanie wpływu systemów korzeniowych różnych gatunków drzew leśnych na mechanizm przemieszczania się wody opadowej w glebie” uważam, że znacznie lepiej by było, gdyby w badaniach z wykorzystaniem monolitów glebowych wykorzystano bryły gleby o chociażby zbliżonym uziarnieniu w odniesieniu do poszczególnych badanych gatunków drzew. Zdecydowano się natomiast na pobór monolitów o bardzo zróżnicowanej teksturze (od piasku luźnego do gliny pylastej), co pociągnęło za sobą występowanie w badaniach zmiennej mającej duże znaczenie dla przebiegu infiltracji wody w glebie, a tym samym niepotrzebnie utrudniło wnioskowanie na temat znaczenia obecności korzeni poszczególnych drzew leśnych dla przemieszczania się wody w glebie, co stanowiło główny przedmiot podjętych badań.

Poza przedstawionym powyżej zastrzeżeniem dot. koncepcji badań, przyjęte metody badawcze nie budzą zastrzeżeń. Należy zwrócić uwagę, że przeprowadzone prace systemów korzeniowych oraz substratów glebowych, w których one funkcjonują są bardzo pracochłonne oraz wymagają dużej precyzji. Warto również zaznaczyć, że podobne badania, m.in. ze względu

na wysoką pracochłonność oraz trudność wykonania eksperymentów, nie są wykonywane powszechnie w ośrodkach naukowych w Polsce, stąd w niektórych przypadkach Doktorant musiał mierzyć się z dylematami dotyczącymi metodyki wykonywanych prac, które nie są rozstrzygnięte w odpowiednich instrukcjach prowadzenia tego typu badań. Z pewnością w takich sytuacjach okolicznością podejmowania właściwych decyzji dot. metodyki były konsultacje z Promotorami ocenianej dysertacji, którzy mają duże doświadczenie w prowadzeniu podobnych badań.

Uzyskane wyniki Doktoranta zostały poddane szerokiej i, w mojej ocenie, dobrze dobranej pod względem swojego zakresu analizie statystycznej z wykorzystaniem m.in. analizy wariancji ANOVA, analizy skupień, analizy wariancji dla układów czynnikowych GLM, analizy regresji wielorakiej, a także analizy korelacji. W przeprowadzanych analizach należy zwrócić uwagę na krytyczne i świadome podejście Autora do wyboru zastosowanych metod, co ma wyraz np. w analizie normalności rozkładu analizowanych zmiennych oraz jednorodności wariancji przed wyborem metod do analiz szczegółowych.

Poza przedstawioną powyżej dyskusyjną uwagą dotyczącą wyboru do badań systemów korzeniowych drzew wznoszących w monolitach glebowych o wyraźnie różniącej się teksturze, koncepcję badań oraz zastosowane metody generalnie oceniam jako właściwe. Natomiast moje inne, relatywnie drobne, uwagi krytyczne dotyczące tej części pracy są następujące:

- Z punktu widzenia przeprowadzonych badań istotną informacją, której brakuje w dysertacji, jest pochodzenie drzew pobranych wraz z monolitami do badań laboratoryjnych. Czy były to drzewa sadzone, czy też pochodziły one z naturalnego obsiewu? Ze względu na możliwe uszkodzenia i/lub deformacje systemów korzeniowych występujące podczas sadzenia, moim zdaniem lepszą opcją byłoby wykorzystanie do badań drzew z naturalnego odnowienia lub siewu.
- Jak wynika z tabeli 2 typ i podtyp gleby został określony dla poszczególnych badanych monolitów na podstawie informacji z Banku Danych o Lasach. Jest to niezrozumiałe, gdyż pozycję systematyczną gleb w monolitach można było z łatwością określić samemu w terenie, natomiast bazowanie na cechujących się wysokim poziomem ogólności danych z BDL mogło prowadzić do błędnego przyporządkowania taksonu glebom w monolitach.
- Brak informacji w rozdziale *Metodyka badań* o wykorzystanej w pracy metodzie analizy korelacji. Czy wykorzystano korelację Pearsona czy Spearmana?

3. Ocena układu rozprawy doktorskiej oraz jej formy i treści

Dysertacja obejmuje łącznie 154 strony i składa się z 8 numerowanych rozdziałów. Na pierwszy rzut oka wydaje się, że cztery pierwsze rozdziały (*Wstęp; Przegląd literatury; Teren badań* oraz *Metodyka badań*) zostały opisane zbyt rozwlekłe, gdyż zajmują łącznie 79 stron dysertacji.

Po bliższym zapoznaniu się z treścią tych rozdziałów, w mojej ocenie, ich długość jest jednak uzasadniona, co wynika ze specyfiki podjętej tematyki badań. Jak wspomniano wcześniej, badania funkcjonowania systemów korzeniowych w glebie, zapewne ze względu m.in. na trudność i pracochłonność takich analiz, są prowadzone w Polsce relatywnie rzadko, a część kwestii metodycznych, z uwagi m.in. na brak odpowiednich instrukcji, jest dyskusyjna. Stąd relatywnie szeroki (liczący 33 strony) *Przegląd literatury* uważam za uzasadniony ze względu na konieczność wprowadzenia czytelnika w relatywnie nieczęsto poruszaną w Polsce tematykę badawczą. Dodatkowym walorem tej części pracy jest przystępne przedstawienie przez Autora tematyki swoich badań, przy jednoczesnym wykazaniu, poprzez m.in. stosowanie we właściwy sposób fachowej terminologii, że Doktorant stał się specjalistą w zakresie podjętej tematyki. Podobnie, za uzasadnione uznaję szczegółowe przedstawienie, na 31 stronach, przyjętych rozwiązań metodycznych w przeprowadzonych badaniach, co umożliwi zastosowanie wykorzystanej metodyki przez kolejnych badaczy.

Rozdział *Wyniki badań*, na który składa się 31 stron maszynopisu, oraz rozdział *Dyskusja* (23 strony) nawiązują do dwóch wspomnianych wcześniej realizowanych równolegle i uzupełniających się głównych wątków badawczych pracy, tj.: 1. Wpływ systemów korzeniowych na rozchodzenie się wody w ośrodku nienasyconym oraz 2. Wpływ korzeni na redukcję przepływu przez ośrodek przewodzący wodę w glebie. Układ ten, który widoczny jest już w opisach przedstawiających metody wykorzystane w pracy, uważam za korzystny. Podkreśla on logiczną spójność manuskryptu oraz świadczy o dobrym przemyśleniu przez Autora ułożeniu dysertacji pod względem tworzenia przez nią logicznej całości.

Wyniki przedstawione są zgodnie ze standardami prezentowania rezultatów badań w renomowanych czasopismach naukowych. W rozdziale *Wyniki badań* w celu prezentacji uzyskanych wyników wykorzystano 16 rycin, których jakość techniczna, a także poziom naukowy prezentacji rezultatów nie budzą zastrzeżeń. Zakres zmienności poszczególnych zmiennych przedstawiono za pomocą box plotów z przedstawieniem występowania istotności statystycznej pomiędzy poszczególnymi wariantami za pomocą wyników wykonanych odpowiednich testów post hoc. Również 13 tabel zamieszczonych w rozdziale *Wyniki badań* zostało przygotowanych w sposób staranny, a ich jakość techniczna, jak i treść merytoryczna generalnie nie budzą uwag. Jedynym moim większym zastrzeżeniem dot. rozdziału *Wyniki badań* są rezultaty przedstawione na ryc. 34 obrazujące zmienność we współczynniku filtracji w monolitach glebowych poszczególnych gatunków drzew. Zostały one przedstawione co prawda w sposób poprawny, jednak uzyskany rezultat może być mylący dla czytelnika, gdyż można spodziewać się, że stwierdzone przez Autora większe wartości analizowanego współczynnika dla monolitów z sosną i świerkiem wynikają nie z wpływu występującego gatunku drzewa, ale ze

znacznie bardziej piaszczystego uziarnienia występującego w tych bryłach gleby w porównaniu z innymi monolitami. Uwaga ta nawiązuje do mojego wcześniejszego zastrzeżenia odnoszącego się do występujących bardzo dużych różnic w teksturze wybranych do badań monolitów glebowych.

Dyskusja uzyskanych wyników jest wnikliwa i oparta o dużą liczbę cytowanej literatury. Walorem tego rozdziału, podobnie jak całej pracy, jest krytyczna ocena wyników uzyskanych badań, np. uczciwe zwrócenie na s. 120 przez Doktoranta uwagi, że wyniki dotyczące odpływu wody w monolitach z bukami mogły być obciążone pewnymi błędami ze względu na uszkodzenie systemu korzeniowego jednego z buków. Należy zwrócić uwagę, że Autor w *Dyskusji* kilkakrotnie nawiązuje do faktu występowania znacznych różnic w teksturze gleby w badanych monolitach, co sugeruje, że, biorąc pod uwagę przyjęty cel badań, zdaje sobie sprawę z kontrowersyjności faktu przeprowadzenia analiz w bryłach gleb o bardzo różnym uziarnieniu. Fakt ten Doktorant tłumaczy na str. 112 następująco: „aby móc przetestować skuteczność metodyki poboru drzew wraz z monolitami glebowymi, pobrano pięć gatunków drzew różniących się od siebie typem systemu korzeniowego oraz typem gleby, na której wzrastały”. Jednak, w świetle przyjętego celu badań, nie jest to dla mnie w pełni przekonujące. Na koniec analizy rozdziału *Dyskusja* chciałbym zaznaczyć, że choć Doktorant udowodnił w nim umiejętność krytycznej analizy uzyskanych wyników na tle własnych interpretacji oraz danych literaturowych, to znajdują się w tym rozdziale także nieco słabsze fragmenty, jak np. tekst na s. 127 i 128. Czytając ten tekst odnosi się wrażenie, że w dużej części został tu ponowiony opis wyników badań, natomiast ich dyskusja jest tu powierzchowna, co widać chociażby przez zupełny brak referencji do pozycji literatury w tej części tekstu.

Rozdział *Podsumowanie i wnioski* został podzielony na dwie części. W pierwszej z nich zatytułowanej *Podsumowanie wyników badań* dokonano syntetycznego opisu przeprowadzonych badań, począwszy od przypomnienia celu pracy, przez przedstawienie najważniejszych założeń metodycznych oraz omówienie najistotniejszych rezultatów przeprowadzonych analiz. W drugiej części rozdziału *Podsumowanie i wnioski* zaprezentowano natomiast 9 wniosków. Zostały one sformułowane w sposób poprawny, co dotyczy nie tylko ich zwięzłości oraz konstrukcji gramatycznej, lecz także z faktu, że wynikają one z badań przeprowadzonych przez Doktoranta.

Ostatnią (ósmą) numerowaną częścią pracy jest rozdział *Spis literatury*, w którym zamieszczono listę ok. 200 wykorzystanych w pracy pozycji bibliograficznych. Warto zwrócić uwagę, że większość z tych prac to pozycje anglojęzyczne z renomowanych czasopism naukowych, co dowodzi umiejętności analizy przez Autora fachowych obcojęzycznych prac naukowych z zakresu podjętej tematyki badawczej. Na korzyść Doktoranta przemawia także fakt, że w spisie wykorzystanej literatury regularnie występują prace wydane zarówno w ostatnich latach, jak i „klasyki” opublikowane wiele dekad temu, które często są niedoceniane i

zapominane, szczególnie właśnie przez młodych badaczy. W mojej ocenie literatura wykorzystana w pracy została dobrana w sposób właściwy.

Praca doktorska mgr Wojciecha Witka została napisana bardzo dobrym i precyzyjnym językiem, co wskazuje na bardzo dobre opanowanie techniki pisania prac naukowych przez Autora. Formułuje On swoje poglądy w sposób jasny i zrozumiały, a przy tym dość zwięzły, stąd pracę czyta się bardzo dobrze. Zwraca uwagę, że manuskrypt pod względem redakcyjno-edytorskim przygotowany został wręcz pedantycznie, np. pozbawiony jest niemal zupełnie nawet błędów literowych, co jest obecnie rzadkie w tak obszernych pracach. Na pochwałę zasługuje także część tabelaryczno-graficzna ocenianej pracy. Wszystkie zamieszczone w manuskrypcie z 16 tabel oraz 50 rycin zostały przygotowane bardzo starannie i są cennym uzupełnieniem tekstu dysertacji.

Moje inne, niezasygnalizowane wyżej, uwagi dotyczące układu oraz formy i treści ocenianej pracy są następujące:

- Monolity z drzewami pobrano przed rozpoczęciem okresu wegetacyjnego, a doświadczenia z tej części badań rozpoczęto po podjęciu czynności życiowych przez drzewa (s. 51). Mam pytanie o łączny czas prowadzenia eksperymentu z monolitami i czy zaobserwowano wpływ rozwoju drzew w tym okresie (np. rozwój liści) na uzyskane wyniki.
- W *Przeglądzie literatury*, a ew. także w podrozdziale *Wprowadzenie*, zabrakło mi chociażby zasygnalizowania, istotnego z punktu widzenia podjętej tematyki badań, zagadnienia hydrofobowości przeschniętego materiału glebowego.
- Niepotrzebnie Autor używa form zdrobniałych słów w pracy (np. „korzonki”, „drzewka”, s. 12, 46, 78, 121).
- Część rycin oraz tabel (np. ryc. 5 na s. 19; tab. 1 na s. 26; ryc. 15 na s. 53; ryc. 16 na s. 55; ryc. 30 na s. 85 – cytowana jest już na s. 61!) została umieszczona w tekście zbyt późno (nie została zachowana zasada umiejscowienia ryciny lub tabeli w pierwszym możliwym miejscu po odniesieniu do ryciny/tabeli w tekście), co sprawia, że czytelnik jest zmuszony do szukania odpowiedniej ilustracji lub tabeli w dalszej części manuskryptu. Z kolei rycina 50 została zamieszczona zbyt wcześnie – znajduje się ona na s. 126, podczas gdy odniesienie do niej w tekście ma miejsce dopiero na s. 131.
- Wysokość drzew pobranych do badań wraz z monolitami glebowymi podana na s. 46 (1,0 - 2,1 m) jest różna niż ta podana w tabeli 1 (1,2 – 1,7 m).
- Na ryc. 12 należało podać skalę liniową dla prezentowanych map.
- Występują nieścisłości w określeniu literowym poziomów glebowych w tabeli 4. Poziom określony jako organiczny („O”) dla monolitu Db_2 zawiera zbyt mało materii

organicznej, aby mógł zostać zakwalifikowany jako organiczny. Z kolei poziomy opisane jako próchniczne („A”) dla monolitu Św_1 oraz So_2 zawierają ilość materii organicznej odpowiadającą poziomowi O, a nie poziomowi A.

- W rozdziale *Dyskusja* (na s. 118) znajduje się informacja, że „Na każdej powierzchni badawczej, z których pobrano drzewka wraz z monolitami wykonano dwie odkrywki glebowe, z których pobrano próbki gleby o nienaruszonej strukturze.”, co powinno znaleźć się nie w rozdziale *Dyskusja*, lecz w rozdziale *Metodyka badań*.
- Sformułowanie „o długości wynosi zero” w podpisie ryc. 6 na s. 21 jest niejasne.
- S. 15 oraz 131: brak zamknięcia nawiasu kwadratowego po zacytowaniu pozycji Bebe i in. 2012 oraz Ng i in. 2013.
- W wielu nawiasach, w których podano referencje niezachowana jest chronologiczna kolejność podania cytowanych prac (np. s. 17, 39, 41, 44, 62).
- S. 38: „taki sam” – powinno być „taka sama”
- S. 57: „oboudowy” – powinno być „obudowy”
- S. 58: Występuje błąd w podanej wartości gęstości piasku (jeśli faktycznie chodzi o g cm^{-3} to powinno być 1,51).
- S. 64: zbędne puste miejsce na 2/3 strony.
- S. 73: „wtórkie” – powinno być „wtórnice”.
- Należy konsekwentnie podawać jednostkę „%” po wartości liczbowej bez spacji, natomiast w pracy różnie jest to traktowane (np. na s. 80).

4. Ogólna ocena pracy

Oceniana praca stanowi solidne dzieło, w którym dokonano analizy wpływu systemów korzeniowych różnych gatunków drzew leśnych na mechanizm przemieszczania się wody opadowej w glebie. Autor z sukcesem podjął się przeprowadzenia żmudnych i pracochłonnych, a częściowo także pionierskich pod względem metodycznym badań wpływu systemów korzeniowych na rozchodzenie się wody w ośrodku nienasyconym, a także analizy wpływu korzeni na redukcję przepływu przez ośrodek przewodzący wodę w glebie. Warto zwrócić uwagę, że w celu realizacji tych wątków badawczych Doktorant wykonał szereg prac, które, m.in. ze względu na wysoką pracochłonność oraz trudność przeprowadzania eksperymentów, nie są powszechnie wykonywane w ośrodkach naukowych. Stąd można stwierdzić, że realizując pracę doktorską i mierząc się z problemami praktycznymi prowadzenia podobnych badań, Doktorant dołączył do stosunkowo niewielkiej grupy specjalistów zajmujących się w Polsce niełatwymi badaniami relacji między systemami korzeniowymi drzew a środowiskiem glebowym, w którym one występują.

Za najważniejsze zalety ocenianej rozprawy doktorskiej uważam:

- Podjęcie się przez Doktoranta analizy trudnych zagadnień związanych z funkcjonowaniem systemów korzeniowych drzew w glebie.
- Korzystny układ pracy pod względem uzupełniania się treści przedstawianych w poszczególnych rozdziałach, a w konsekwencji pod względem logicznego układu całej pracy.
- Rozpoznanie wpływu gatunku drzewa, do którego należą korzenie, a także parametrów geometrycznych oraz orientacji przestrzennej korzeni na współczynnik infiltracji substratu piaszczystego.
- Możliwość praktycznego zastosowania uzyskanych wyników w gospodarce leśnej, m.in. pod kątem możliwości pełniejszego wykorzystania zasobów wody w glebie przez drzewa (np. w drzewostanach mieszanych), co może mieć szczególne znaczenie dla doskonalenia prowadzenia gospodarki leśnej w kontekście prognozowanego zwiększenia częstości występowania susz w okresie wegetacyjnym.
- Dołożenie przez Doktoranta cegiełki do doskonalenia metod badań relacji między systemami korzeniowymi drzew a substratem glebowym, w którym się one znajdują.

Z kolei za najważniejszą kwestię dyskusyjną pracy uważam wytypowanie do badań monolitów glebowych o bardzo różnym uziarnieniu (od piasku luźnego po glinę pylastą i pył ilasty). Sprawiało to, że część ważnych z punktu widzenia celu badań stwierdzanych różnic między badanymi monolitami (np. wielkość współczynnika filtracji) wynikała zapewne przede wszystkim z odmiennej tekstury, a nie z występowania korzeni drzew określonego gatunku.

5. Wniosek końcowy

Biorąc pod uwagę powyższą ocenę stwierdzam, że recenzowana praca spełnia ustawowe kryteria stawiane rozprawom doktorskim, wynikające z *Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki* (Dz. U. 2017 r., poz. 1789) oraz z art. 179, ust. 1 *Ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające Ustawę Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz. U. 2018 r., poz. 1669) i może stanowić podstawę jej obrony publicznej. W związku z tym wnoszę o dopuszczenie Pana mgr Wojciecha Witka do dalszych etapów przewodu doktorskiego w celu nadania stopnia naukowego doktora w dziedzinie nauk rolniczych, dyscyplinie nauk leśnych.



dr hab. inż. Piotr Sewerniak, prof. UMK