

Poznań, 25.11. 2022 rok

Prof. UPP dr hab. inż. **Piotr Stachowski**

Instytut Melioracji, Kształtowania Środowiska i Gospodarki Przestrzennej

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,

Poznań, ul. Piątkowska 94, 60-649,

Tel. (61) 846 64 26,

piotr.stachowski @up.poznan.pl

**Recenzja rozprawy doktorskiej
mgr inż. Jakuba Misiewicza
pt.**

***„Wpływ obciążenia glebą na zdolności retencyjne
superabsorbentów”***

wykonanej w *Instytucie Inżynierii Środowiska*

na Wydziale Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji

UNIWERSYTETU PRZYRODNICZEGO

We Wrocławiu

Promotor: **dr hab. Krzysztof Lejcuś prof. uczelni**

1. Podstawa i przedmiot opracowania

Recenzja przygotowana została w odpowiedzi na pismo Pana Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Uniwersytety Przyrodniczego we Wrocławiu Pana **prof. dr hab. inż. Krzysztofa Pulikowskiego**, z dnia 20.10.2022 roku, w którym zostałem powołany na opiniodawcę w przedmiotowej sprawie.

Praca doktorska została wykonana w Instytucie Inżynierii Środowiska, na Wydziale Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji pod kierunkiem Pana **dr hab. Krzysztofa Lejciusia prof. uczelni (promotor)**.

2. Formalna ocena pracy

Oceniana rozprawa obejmuje łącznie 34 stron tekstu. W wykazie 76 pozycji piśmiennictwa w tym 5 pozycji autorstwa lub współautorstwa promotora pracy i wszystkie anglojęzyczne. Tekst rozprawy podzielony został na 10 rozdziałów: Na część opisową rozprawy składają się rozdziały: I. *Wstęp i przegląd literatury*, II. *Cel pracy i hipotezy badawcze*. III. *Materiały i metody*. Do części

eksperymentalnej rozprawy zalicza się rozdziały: IV. *Wyniki i dyskusja*, V. *Podsumowanie*, VI. *Wnioski*. Dodatkowo: *streszczenia w językach: polskim i angielskim*, *Wykaz trzech publikacji składających się na rozprawę doktorską*, VIII, *Wykaz pozostałego dorobku naukowego Kandydata*. Dobór bibliografii jest prawidłowy. Źródła z recenzowanych czasopism naukowych są aktualne i związane z przedmiotem pracy. Bibliografia dobrana jest trafnie i tematycznie związana jest z zakresem rozprawy, a poszczególne jej pozycje zostały wykorzystane w treści pracy. Należy podkreślić, że dostępna literatura w tym temacie jest skromna, stąd oceniając wykorzystanie literatury w aspekcie ilościowym i jakościowym, należy podkreślić walor aktualności cytowanych pozycji. Przegląd literatury dowodzi bardzo dobrej orientacji Autora w osiągnięciach krajowych i zagranicznych, w tematyce wzajemnych oddziaływań pomiędzy ośrodkiem glebowym, a polimerowym superabsorbentem, w kontekście zastosowania jako środka retencjonującego wodę w glebie dla roślin. Już po pierwszych zdaniach wstępu można zauważyć, że Autor podaje informacje w sposób przemyślany i skondensowany. Już we *Wstępie*, podzielonym na 3 podrozdziały (1.1. *Absorbpcja pod obciążeniem*, 1.2. *Ciśnienie pęcznienia*, 1.3. *Współczynnik filtracji*). Doktorant uzasadnia ważność, celowość i istotność podjętego tematu. Dalej w drugim rozdziale formułuje cel pracy i hipotezy badawcze. Na podstawie szczegółowego przeglądu najnowszej literatury sformułował hipotezy badawcze oraz główny i szczegółowe cele pracy. W rozdziale 1. przedstawił studium przeglądowe literatury specjalistycznej. Doktorant opisał dotychczasowy stan wiedzy o typologii, zastosowaniu dodatków doglebowych absorbujących wodę, wzajemnych oddziaływań mieszanin superabsorbentów z glebą oraz zidentyfikował negatywne zjawiska, które temu towarzyszą. Na uwagę zasługuje umiejętność krytycznego spojrzenia na omawiany problem oraz prowadzenie naukowej dyskusji z badaczami cytowanych prac. Recenzowana rozprawa porządkuje i jednocześnie w znacznym stopniu poszerza aktualny stan wiedzy oraz wskazuje kierunki i tendencje dalszych działań w doborze optymalnej dawki i wielkości ziaren SAPu, które należy zastosować w danej glebie, aby jednocześnie uzyskać pożądaną przepuszczalność i zwiększoną zdolność do zatrzymywania wody w strefie korzeniowej roślin przy minimalnym wpływie na parametry wytrzymałościowe gleby. Druga część pracy, na którą składają się trzy artykuły naukowe OA, które stanowią podstawą pracy opublikowane w: *Scientific Report 9* (2019), w wydawnictwie MDPI - *Materials* vol 13, 5071(2020) i vol.15, 4465 (2022). Doktorant posiada znaczący udział od 57 do 65%. Według punktacji MNiSW mają po 140 pkt., a sumaryczny ich IF wynosi 11,369.

Prezentuje w nich materiał badawczy pobrany do analiz, zastosowane metody badawcze, wyniki przeprowadzonych prac i ich dyskusję oraz wyniki końcowe.

Układ rozprawy doktorskiej spełnia ogólne wymogi stawiane rozprawom naukowym. Poszczególne rozdziały tworzą logiczną całość i ściśle się zazębiają, a pod względem objętości zachowują odpowiednie proporcje. Rozprawa jest napisana przejrzysto, zgodnie z zasadą pisania i redagowania rozpraw naukowych. Język pracy jest poprawny i naukowy. Na uwagę zasługuje używanie w dysertacji naukowego, bogatego słownictwa. Praktycznie w pracy brak błędów językowych i interpunkcyjnych poza drobnymi, które zaznaczyłem w tekście rozprawy.

2. Merytoryczna i metodyczna ocena wartości pracy

2.1. Ocena problematyki badawczej pracy

Poważnym problemem, z którym borykają się producenci rolni zajmujący się produkcją roślinną, są deficyty wody. Zachodzące zmiany klimatu zmuszają rolników do przemyślanej strategii uprawy roślin w okresach niedoboru wody ze względu na powszechniejsze występowanie suszy. W okresach suszy wielką szansę dają superabsorbenty, które wraz z rozwijającą się technologią pozwalają na produkcję biodegradowalnych produktów pełniących funkcję doglebowych magazynów wody dla roślin. Hydrożele (superabsorbenty - SAP-y) pozwalają zarówno ograniczać skutki suszy jak i rewitalizować jej zasoby naturalne.

Ze względu na małą ilość wody w glebie obserwuje się wzrost zainteresowania poprawianiem właściwości sorpcyjnych gleb. Istnieją substancje, które wiążą wodę glebową, a wprowadzane do środowiska glebowego zabezpieczają potrzeby wodne roślin w okresie niedoborów. Wspomniane substancje, w czasie, gdy występuje nadmiar wody, wiążą (zatrzymują) ją, a następnie w okresach niedoboru wody rośliny mogą korzystać ze zgromadzonych przez nie zapasów. W glebie hydrożele działają jak bufor wilgotności, który ogranicza stres wodny roślin. Zastosowanie w podłożu hydrożelu w okresach niedoboru wody w glebie łagodzi niekorzystny wpływ warunków wilgotnościowych, zwłaszcza w okresach występującej posuchy. W wyniku badań stwierdzono, że gleba wzbogacana dodatkiem hydrożelu cechuje się zarówno niższym tempem przesychania, co wpływa na ograniczenie ubytku wody dostępnej dla roślin zarówno w warunkach krótkotrwałego niedoboru jak i w czasie długotrwałej suszy na powierzchniach nawadnianych. Podczas nawodnień lub opadów deszczu hydrożele wiążą wodę w glebie i zapewniają roślinom do niej dostęp. Superabsorbenty oddając wodę kurczą się, co skutkuje powstawaniem pustych przestrzeni w strukturze gleby. Wielokrotnie powiększając i zmniejszając swoją objętość poprawiają strukturę gleby spulchniając ją i napowietrzając. Ten typ rozwiązania stosuje się do poprawy właściwości gleb suchych, przepuszczalnych oraz gleb pustynnych. Najprostszą metodą stosowania superabsorbentów w rolnictwie jest ich wymieszanie z glebą. W taki sposób są one stosowane w USA na 400 tys. ha upraw.

Superabsorbenty zwane inaczej hydrożelami, są polimerami hydrofilowymi, które potrafią pochłaniać duże ilości wody. W stanie suchym mają postać zwięzłych kłębków, jednak pod wpływem wody ich grupy funkcyjne ulegają solwatacji i dysocjują. Jeden gram hydrożelu może zaabsorbować nawet 1000 g wody. Najważniejszą cechą hydrożelu wykorzystywaną w rolnictwie czy inżynierii środowiskowej jest: duża pojemność absorpcji, szybkość odwracalnego chłonięcia cieczy, wytrzymałość mechaniczna i nietoksyczność. Jednak na zdolność i wielkość absorpcji w glebie wpływają czynniki fizyczne, chemiczne i biologiczne. Hydrożele znajdują zastosowanie w rolnictwie, w uprawie materiału szkółkarskiego jako substancje, które mają zdolność magazynowania wody, pozwalają na zmniejszenie kosztów utrzymania roślin, zwiększają przeżywalność nasadzonych roślin. Superabsorbenty mogą być stosowane jako nośniki nawozów o spowolnionym działaniu. Składniki nawozowe takie jak fosforany, jony potasu czy związki azotu nie są wymywane przez wodę, lecz stopniowo uwalniane do środowiska glebowego i pobierane przez rośliny. W Stanach Zjednoczonych wykorzystano superabsorbenty jako nośniki manganu w formie jonowej – przyswajalnej dla roślin. Dotychczas przeprowadzone badania wykazały korzyści płynące z zastosowania hydrożeli. Do nich należy zaliczyć hydrożele o potwierdzonej jakości są trwałe i mogą być aktywne w glebie co najmniej 5 lat, a po upływie kolejnych 5 ulegają całkowitej biodegradacji. Poprawiają strukturę gleb ciężkich poprzez zmniejszenie ich zwięzłości i zwiększenie napowietrzenia. Poprawiają strukturę gleby, przeciwdziałając erozji na glebach lekkich. Przyspieszają wzrost roślin oraz ograniczają ich „wypadanie” w przypadku wystąpienia stresu wodnego. Efektywnie podnoszą odporność roślin na stres wodny, jednocześnie ułatwiając pobieranie przez rośliny składników mineralnych dostępnych w podłożu. Poprawia dostępność mikroelementów poprzez tworzenie korzystnych warunków do rozwoju mikroorganizmów autotroficznych. Pozwalają na zmniejszenie dawki stosowanych nawozów o 30% (wskutek zatrzymania składników pokarmowych z nawozów w obrębie strefy korzeniowej roślin). Pozwalają na ograniczenie nawadniania, wpływając jednocześnie na zwiększenie plonowania o około 15%.

2.2. Wybór tematu i poprawność jego sformułowania

Biorąc pod uwagę znaczenie przedstawionego wyżej problemu, wybór tematu recenzowanej dysertacji uważam za bardzo trafny i aktualny, świadczący o zainteresowaniu Autora szeroko pojętą inżynierią i środowiskiem w zakresie zdolności retencjonowania wody pochodzącej z opadów lub systemów nawadniania, zapewniając tym samym pożądane warunki dla rozwoju roślin. Poruszone zagadnienie jest istotne nie tylko ze względów typowo naukowych ale przede wszystkim ze względów praktycznych. Temat jest sformułowany jasno i precyzyjnie:

„*Wpływ obciążenia glebą na zdolności retencyjne superabsorbentów*”. Zagadnienie to, ze względu na wieloczynnikową szczegółową analizę zgromadzonych danych, a przede wszystkim prowadzenie własnych precyzyjnych badań laboratoryjnych, było trudne do wykonania oraz wymagało dużej wiedzy teoretycznej i praktycznej. Uwzględniając najczęstsze przeszkody w optymalnym wykorzystaniu SAPów, o których Doktorant wspomina w wstępie dysertacji, zaprojektował i wykonał szereg zestawów laboratoryjnych. Umożliwiły one precyzyjne pomiary absorpcji pod obciążeniem, ciśnienia pęcznienia oraz zmian współczynnika filtracji w czasie. Ich głównym zadaniem była symulacja warunków rzeczywistych, tj. obciążenia mieszanki SAPu wierzchnią warstwą gleby, stanu pełnego nasycenia oraz ograniczonej objętości pęcznienia. Ponadto uzyskane wyniki ujawniły nieintuicyjne cechy oddziaływania SAP-ów z ośrodkiem glebowym. Niniejsza praca dostarcza cennych informacji na temat interakcji pomiędzy przestrzenią porową różnych typów gleb, a dynamicznie pęczniejącymi cząstkami SAPu. Uzyskane przez autora dane były podstawą do stworzenia matematycznego opisu obserwowanych zjawisk, uwzględniającego wielkość cząstek SAPu i gleby, a także proporcje w jakich są one wymieszane. Docelowo praca ta może pomóc w praktycznym doborze optymalnej dawki i wielkości ziaren SAPu, które należy zastosować w danej glebie, aby jednocześnie uzyskać pożądaną przepuszczalność i zwiększoną zdolność do zatrzymywania wody w strefie korzeniowej roślin przy minimalnym wpływie na parametry wytrzymałościowe gleby.

2.3. Określenie celów i ich realizacja

Dokonując oceny merytorycznej stwierdzam, iż treść pracy odpowiada tytułowi, a *cel ‘opis współpracy superabsorbentów polimerowych o różnym uziarnieniu z ośrodkiem glebowym, z uwzględnieniem rzeczywistych ograniczeń występujących w warunkach praktycznych zastosowań.*, został jasno sprecyzowany i w pełnym zakresie zrealizowany. Zawartość pracy jest zgodna z tytułem a podział treści są prawidłowe. Przedstawione tezy pracy są kompletne. Poparte zostały *celami szczegółowymi*: „1. Określenie realnych ograniczeń stosowania SAPów doglebowo, które wykluczają ich użycie w warunkach praktycznych do wspierania rozwoju roślin. 2. Precyzyjny pomiar dynamiki zmian zachodzących w profilu glebowym pod wpływem pęczniejących cząstek SAPu. 3. Stworzenie metodyki badawczej oraz aparatury, pozwalającej na pomiar i opis charakteru współpracy SAPów z ośrodkiem glebowym. 4. Określenie takich proporcji SAP-gleba oraz takiego dopasowania ziaren obu tych materiałów, dla których warunki współpracy są najkorzystniejsze z perspektywy zastosowań praktycznych”.

Strukturę ocenianej rozprawy doktorskiej oceniam jako poprawną. Z korzyścią dla odbioru rozprawy przez czytelnika byłyby niewielkie zmiany, gdyż rozdziały ułożone są w sposób

niestandardowy. Moim zdaniem pierwszymi rozdziałami powinny być wstęp i przegląd literatury – osobno. Uznaje, że przedstawiony przegląd literatury pozwolił Autorowi zweryfikować informacje podane we wstępie. Zaproponowana struktura jest jednak czytelna i nie wpływa na odbiór pracy a tym bardziej na jej ocenę. Z przedstawionego przeglądu literatury Doktorant określił 6 hipotez badawczych: *1. SAP wymieszany z glebą oraz obciążony jej wierzchnią warstwą wykazuje znacznie ograniczoną zdolność do pochłaniania i magazynowania wody; 2. Pęcznienie SAPu w ośrodku glebowym powoduje wypór wierzchniej warstwy gleby i zmianę struktury podłoża; 3. Pęczniący SAP w ośrodku glebowym cechuje się ciśnieniem pęcznienia wywieranym na wierzchnią warstwę gleby, którego wielkość jest zależna od udziału SAPu w mieszaninie; H. Stosunek rozmiaru cząstek SAPu do dostępnej objętości porów gleby ma wpływ na wielkość ciśnienia pęcznienia oraz na czas potrzebny do uzyskania stanu równowagi w mieszaninie; H. Przyrost objętości SAPu w przestrzeni porowej gleby powoduje obniżenie wielkości współczynnika filtracji gleby; H. Dodatek SAPu do gleby może skutkować całkowitym spowolnieniem przepływu wody w gqb profilu glebowego tworząc nieprzepuszczalną soczewkę.*

W rozdziale 3, Doktorant szczegółowo i wyczerpująco przedstawia **materiały i metody badań**. Autor prace laboratoryjne opisane w recenzowanej dysertacji oraz procedury badawcze zastosowane przy realizacji 3 publikacji, stanowiących podstawę rozprawy, zrealizował w oparciu o ogólny schemat postępowania. Do badań wykorzystał Superabsorbent Aquasorb 3005 (SNF Floeger 2014) o trzech grupach uziarnienia (KS, KM, KL/K2), klasyfikując materiał według jego cech. SAP użyty do doświadczeń miał formę suchych, nieregularnie ukształtowanych granulek, o różnym uziarnieniu. Mieszaniny SAPu gleba przygotowano z wykorzystaniem dwóch rodzajów gleby: o uziarnieniu piasku średniego oraz piasku gliniastego. Próbkę do badań zostały pobrane w terenie z górnej warstwy profilu glebowego (0-30cm) na poletku badawczym zlokalizowanym na terenie Stacji Badawczo-Dydaktycznej w Swojczycach, należącej do Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Doktorant szczegółowo i właściwie przedstawił aparaturę badawczą użytą do doświadczeń laboratoryjnych oraz opisał Charakterystykiżytych gleb i superabsorbentów (podrozdział 3.1.), w podrozdziale 3.2. absorpcję pod obciążeniem (z publikacji I), 3.3. ciśnienie pęcznienia (z Publikacji II) i w podrozdziale 3.4. Współczynnik filtracji (Publikacja III). Na szczególne podkreślenie zasługuje fakt, że badania zostały przeprowadzone przy użyciu autorskiego zestawu laboratoryjnego oraz aplikowano w nich koncepcję stworzoną przez innych autorów.

Podsumowując ocenę metodyki i zakresu badań stwierdzam, że badania laboratoryjne zostały przeprowadzone zgodnie z przyjętą, właściwie dobraną metodyką. Z przedstawionych w pracy

rezultatów badań wynika, że materiał empiryczny był bardzo obszerny, wielowariantowy o dużej pracochłonności. Dla przykładu: w publikacji nr 2 na eksperyment składało się 27 powtórzeń dla każdego rodzaju gleby (razem 54). Wykonano po 3 powtórzenia, dla 3 różnych proporcji SAP-gleba i 3 rodzajów uziarnienia SAPu (KS, KM, K2). Część teoretyczna pracy została opracowana w bardzo obszerny sposób i zawiera najważniejsze treści. Zakres prac laboratoryjnych pozwolił opisać kolejne parametry współpracy SAPu z ośrodkiem porowatym, którymi są: absorpcja pod obciążeniem, ciśnienie pęcznienia oraz zmiany współczynnika filtracji w czasie.

Rozdział 4. **Wyniki badań i dyskusja.**

Cykl 3 artykułów naukowych stanowiący podstawę rozprawy doktorskiej oparty został o autorskie metody badawcze, skupione na trzech parametrach wzajemnych oddziaływań pomiędzy SAPem, a glebą. Charakter badań opisanych w dysertacji polegał na dynamicznej obserwacji procesów zachodzących w mieszaninach SAP-gleba, podczas pęcznienia SAPu w warunkach pełnej saturacji. W publikacji I połączono badania SAPów pod kątem ich zdolności do absorpcji wody i jej roztworów w dwóch warunkach: badań absorpcji wody, w których SAP jest bezpośrednio mieszany z glebą, oraz badań absorpcji pod obciążeniem (AUL), w których SAP poddawany jest dodatkowemu obciążeniu zewnętrznemu. Z porównania eksperymentów przeprowadzonych na mieszaninach SAP-gleba w różnych proporcjach wynika, że absorpcja wody przez SAPy malała wraz ze wzrostem dodatku SAPu. Doktorant wyciągnął słuszne wnioski z eksperymentów, pomimo różnic w metodyce stosowanej przez wielu badaczy. Słusznie stwierdził, że wartości absorpcji wody zmniejszają się wraz ze wzrostem stosunku SAP do gleby w mieszaninie, co należy uwzględnić przy doborze dawki SAPu. Niewątpliwym osiągnięciem Autora było wykazanie wpływu obciążenia zewnętrznego, które bezpośrednio ogranicza wielkość absorpcji na interakcję pomiędzy SAPem a glebą, z którą materiał ten był wymieszany i dodatkowo obciążony warstwą zewnętrzną. Uzyskane wyniki ilustrują również konieczność uwzględnienia wpływu obciążenia glebą na SAP i wynikającej z tego redukcji wielkości i tempa chłonności wody w przypadku stosowania SAPu, jako środka poprawiającego retencję wodną gleby. W publikacji nr 2 Doktorant opisał jaki jest wpływ ciśnienia pęcznienia w mieszanek SAPu z glebą. W ostatniej publikacji nr 3, sprawdzono wpływ dodatku SAPu na przepuszczalność gleby i jej dynamikę pod wpływem pęcznienia SAPu. Autor potwierdził spostrzeżenia innych badaczy, że dodatek SAPu do gleby może drastycznie zmniejszyć tempo infiltracji, potencjalnie zatrzymując wodę w wierzchniej warstwie gleby na dłużej i spowalniając jej odpływ. Wykazał, że zbyt duża ilość SAPu (np. 1,00% KM) może nawet spowodować całkowite zablokowanie porów gleby i tym samym uczynić mieszaninę efektywnie nieprzepuszczalną. Wyniki jego badań potwierdzają wyniki wcześniejszych eksperymentów, w których np. dodanie poliakrylanu sodu

do gleby spowodowało całkowite zatrzymanie infiltracji wody do głębszych warstw, znacznie ograniczając ruch wilgoci w glebie a także, że gleba z dodatkiem SAPu ma drastycznie niższy współczynnik filtracji wody. Przeprowadzone doświadczenia ujawniły kluczowy wpływ pęcznienia SAPu na przepuszczalność wodną gleby. Autor właściwie aplikował prosty model hydrauliczny wodoprzepuszczalności, wzorowany na pionierskiej pracy Carmana oraz Verneuila i Duriana do warunków rzeczywistych zastosowań SAPów, zwłaszcza w sytuacjach, gdzie stosowane są niższe proporcje SAP - gleba (do 0,50%), oraz gleba charakteryzuje się mniejszym rozmiarem przestrzeni porowej. Stwierdzam, że wszystkie badania laboratoryjne wymienione w metodyce, były właściwie wykonane i zgodne z przyjętą metodyką. Ostatnimi częściami rozprawy są podsumowanie i wnioski, odnoszące się do zakładanych celów, hipotez oraz uzyskanych wyników. Ich nie uporządkowanie w punktach nieco utrudnia interpretację końcowych efektów dysertacji. Można spróbować je wyodrębnić, co dodatkowo wzmocniłoby efekty pracy.

2.4. Ocena poziomu naukowego rozprawy

Recenzowana rozprawa podejmuje aktualny, interesujący pod względem naukowymi i praktycznym, problem współpracy polimerów zwanych superabsorbentów (SAP) z ośrodkiem glebowym. Polimery te, zatrzymują wodę w swojej strukturze przyjmując postać nieregularnych cząstek żelowych, będących magazynem wilgoci dla korzeni roślin. Ze względu na ich zdolność do retencjonowania wody pochodzącej z opadów lub z nawadniania mogą stać się idealnym rozwiązaniem problemów związanych z zapewnieniem pożądanych warunków dla rozwoju roślin, ograniczając niedobory wilgoci w glebie. Jednakże, wymieszanie z glebą i obciążenie jej wierzchnią warstwą może znacznie zmniejszyć zdolność superabsorbentów do absorbowania wody i pęcznienia, zwiększyć erozję gleby i wpłynąć na przepływ wody przez profil glebowy. Dlatego też rzeczywiste zastosowania tych materiałów musi być poprzedzone badaniami i analizami, jednak często dają wysoce zróżnicowane wyniki, które ograniczają szerokie zastosowanie superabsorbentów w rolnictwie i inżynierii środowiska. Celem naukowym niniejszej pracy było opisanie charakterystyki wzajemnych oddziaływań mieszanin SAP z glebą oraz identyfikacja negatywnych zjawisk, takich jak wypór wierzchniej warstwy gleby, obniżenie pojemności wodnej SAPów, czy nadmierne ograniczenie infiltracji. Potrzebę precyzyjnego prowadzenia badań w tym kierunku potwierdzają pojawiające się niespójne wyniki oddziaływań mechanicznych pomiędzy analizowanymi ośrodkami. Warunkiem koniecznym do optymalnego zastosowania mieszanek SAPów z glebą w praktyce inżynierii środowiska i rolnictwie, jest zrozumienie mechanizmów odpowiedzialnych za dynamikę pęcznienia tych materiałów oraz ich wzajemnych interakcji z ośrodkiem porowatym. Doktorant podjął badania w tym celu i doskonale

sprostą temu zadaniu, często w nowatorskim podejściu metodycznym do precyzyjnych badań laboratoryjnych. Osiągnięcie zamierzonego naukowego i jednocześnie utylitarnego celu nie byłoby możliwe bez opracowania odpowiedniej metodyki badań. Na podkreślenie zasługuje poniesiony przez Doktoranta wkład w zaprojektowanie i wykonanie szeregu zestawów laboratoryjnych, które umożliwiły precyzyjne pomiary absorpcji pod obciążeniem, ciśnienia pęcznienia oraz zmian współczynnika filtracji w czasie. Autor rozprawy stworzył warunki, zbliżone do rzeczywistych tj. obciążenia mieszanki SAPu wierzchnią warstwą gleby, stanu pełnego nasycenia oraz ograniczonej objętości pęcznienia. O bardzo dobrym merytorycznym przygotowaniu Doktoranta świadczy to, że potrafił ujawnić w swojej analizie nieintuicyjne cechy oddziaływania SAP-ów z ośrodkiem glebowym. Rozprawa dostarcza cennych informacji na temat interakcji pomiędzy przestrzenią porową różnych typów gleb, a dynamicznie pęczniejącymi cząstkami SAPu. Niewątpliwym osiągnięciem Doktoranta było to, że uzyskane dane były podstawą do stworzenia matematycznego opisu obserwowanych zjawisk, uwzględniającego wielkość cząstek SAPu i gleby, a także proporcje w jakich są one wymieszane. Praca powinna pomóc w doborze optymalnej dawki i wielkości ziaren SAPu, które należy zastosować w danej glebie, aby jednocześnie uzyskać pożądaną przepuszczalność i zwiększoną zdolność do zatrzymywania wody w strefie korzeniowej roślin przy minimalnym wpływie na parametry wytrzymałościowe gleby.

Reasumując, oceniana rozprawa posiada dużą wartość naukową i utylitarną. Została opracowana na podstawie wnikliwych analiz, przeprowadzonych w kompleksowy sposób według bardzo dobrze przygotowanej metodyki i przy wykorzystaniu nowoczesnych narzędzi. Wnosi wiele nowych, istotnych szczegółów oraz informacji naukowych i praktycznych dotyczących ważnego zagadnienia stosowania dodatków doglebowych zatrzymujących wodę, o zdolności do jej absorbowania w ilościach wielokrotnie przewyższających ich własną masę, które zatrzymują wodę w swojej strukturze, będących magazynem wilgoci dla korzeni roślin.

Stwierdzam, że **mgr inż. Jakub Misiewicz** zaplanował i przeprowadził kompleksowe, pracochłonne, o charakterze interdyscyplinarnym badania, które mają przede wszystkim charakter naukowy ale także poznawczy i utylitarny. Doktorant przeprowadził bardzo szeroki zakres badań, które w pełni potwierdziły tezę pracy.

Za istotny walor rozprawy uznaję wysoki, wymagany poziom naukowy oraz kompleksowy charakter zaprezentowanych rozwiązań. Bardzo dobra znajomość literatury związanej z tematyką rozprawy, zastosowane narzędzia badawcze, a także sposób realizacji zadania naukowego, świadczą o bardzo dobrym opanowaniu przez Doktoranta umiejętności rozwiązywania złożonych

problemów naukowych. Tezy rozprawy uznaję za udowodnione cel rozprawy za w pełni wypełniony, a jej zakres za zrealizowany.

Uzyskane rezultaty wskazują na dojrzałość Doktoranta do samodzielnego prowadzenia badań. Rozprawa wskazuje, że Autor posiadał ponad akademicką wiedzę specjalistyczną w zakresie dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka (dawniej: ochrona i kształtowanie środowiska), co jest jednym z wymogów stawianych kandydatom do stopnia naukowego doktora. Zapoznając się z przedstawioną do recenzji dysertacją, nasuwają się uwagi o charakterze redakcyjnym, technicznym, które powinni zostać wykorzystane przy redagowaniu pracy do druku, a które zaznaczyłem w tekście pracy. Ogólny układ redakcyjny pracy proponowałbym zmienić, skrócić na następujący: 1. Wstęp, 2. Przegląd literatury, 3. Cel, zakres pracy, 4. Materiały i metody. 5. Wyniki badań i dyskusja 6. Podsumowanie i wnioski.

Wyżej wymienione uwagi mają charakter edytorski, techniczny, nie wpływają na jednoznacznie wysoką ocenę merytoryczną i edytorską rozprawy, a ich uwzględnienie poddaję pod rozagę Autora. Pozostałe drobne uwagi i literówki zostały zaznaczone w recenzowanym egzemplarzu.

3. Podsumowanie, wnioski końcowe

Przygotowanie rozprawy w przewodzie doktorskim to sprawdzian umiejętności warsztatowych Doktoranta, które polegają na poprawnym postawieniu problemu, odpowiednim doborze materiału badawczego, wyborze właściwych metod opracowania i wyciągania właściwych wniosków. Pod tym względem przedstawiona do oceny dysertacja w pełni odpowiada obowiązującym kryteriom. Przedłożona rozprawa doktorska *mgr inż. Jakuba Misiewicza*, stanowi wartościową, oryginalną pracę naukową i wnosi istotny wkład w rozwój wiedzy w dyscyplinie naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, z zakresu ważnej problematyki badawczej, jaką jest zastosowanie dodatków doglebowych absorbujące wodę, ze względu na ich zdolność do zatrzymywania wody pochodzącej z opadów lub systemów nawadniania i tym samym zmniejszania zagrożenia pojawienia się niedoborów wody w profilu glebowym. Praca napisana jest poprawnie pod względem metodycznym, a wyniki badań uzyskano tylko i wyłącznie z własnych badań laboratoryjnych.

Recenzowaną dysertację Pana *mgr inż. Jakuba Misiewicza* oceniam bardzo wysoko. Stanowi oryginalny, nowatorski oraz ważny przyczynek i wnosi wiele istotnych oraz ciekawych informacji do omawianego zagadnienia. Doceniam analizę uzyskanych wyników i dojrzałość ich interpretacji. Doktorant posiada dużą wiedzę w tej dyscyplinie i umiejętność formułowania problemów naukowych. Podjęty problem badawczy jest bardzo ważny i aktualny. W skład

pozostałego dorobku naukowego Doktoranta wchodzi dodatkowo 4 prace, większość z współczynnikiem wpływu IF i wysoko punktowane według MNISW. Oprócz tego Doktorant był współautorem dwóch publikacji do praktycznego zastosowania pt. „*Katalog dobrych praktyk – zasady zrównoważonego gospodarowania wodami opadowymi pochodzącymi z nawierzchni pasów drogowych cz.1 i 2*”. Na uwagę zasługuje uczestnictwo Doktoranta w trzech projektach realizowanych na Uniwersytecie Przyrodniczym we Wrocławiu oraz udział w czterech konferencjach naukowych w tym dwóch międzynarodowych.

Jako recenzent, który wnikliwie zapoznał się z treścią pracy doktorskiej, z pełną odpowiedzialnością mogę stwierdzić, że zarówno unikalna tematyka, jak i całokształt prac badawczych, wykonanych i przejrzyście przedstawionych przez Doktoranta w tej starannie sporządzonej rozprawie, wyraźnie przewyższa przeciętne wymagania stawiane pracom doktorskim w dyscyplinie naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Wykazał się ponadto biegłością i wnikliwością w interpretacji swoich wyników. Biorąc pod uwagę wysoki poziom naukowy przeprowadzonych badań, oryginalne rozwiązania problemów naukowych, wykorzystanie w badaniach najnowszej aparatury analitycznej oraz to, że wyniki badań Doktoranta wskazują na możliwość praktycznego wykorzystania efektów jego pracy, stwierdzam, że przedstawiona do oceny rozprawa naukowa spełnia wszystkie wymagania stawiane pracom doktorskim, które są określone w Ustawie z dnia 14 marca 2003 roku „*O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki*” (Dz. U. Nr 65 poz. 595 z późniejszymi zmianami). Zgodnie z *art. 13* wyżej wymienionej Ustawy, rozprawa doktorska powinna stanowić oryginalne rozwiązanie problemu naukowego oraz wykazywać ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w danej dyscyplinie naukowej, a także umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Jestem przekonany, że recenzowana praca spełnia stawiane przez ustawę wymagania. Uważam, że przedstawiona rozprawa jest świadectwem opanowania przez Autora warsztatu naukowego w stopniu wysokim, odpowiada wymaganiom stawianym rozprawom doktorskim w *art. 13 ust. 1* cytowanej Ustawy i kwalifikuje Go do nadania stopnia doktora nauk technicznych w dyscyplinie naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. W związku z powyższym wnioskuję do Wysokiej Rady Naukowej Dyscypliny Inżynierii Środowiska, Górnictwa i Energetyki Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, o dopuszczenie **mgr inż. Jakuba Misiewicz**a do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Poznań, 25.11. 2022 rok

prof. UPP dr hab. Inż. Piotr Stachowski



