

dr hab. Marta Pogrzeba, prof. IETU  
Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowionych  
ul. Kossutha 6  
40-844 Katowice

Katowice, 24.01.2022 r.

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pana mgr Michała Śpitalniaka  
pt. „Analiza możliwości zastosowania geokompozytów sorbujących wodę w ochronie skarp  
budowli ziemnych”

wykonanej w Instytucie Inżynierii Środowiska Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu pod kierunkiem dr hab. inż. Daniela Garlikowskiego, prof. UP oraz przy udziale promotora pomocniczej dr inż. Zofii Zięby.

### Podstawa opracowania recenzji

Recenzja została przygotowana w odpowiedzi na zaproszenie do przygotowania recenzji Pana prof. dr hab. inż. Krzysztofa Pulikowskiego Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu z dnia 17 grudnia 2021 roku.

### Ogólna charakterystyka rozprawy doktorskiej

Powierzona mi do recenzji rozprawa doktorska Pana mgr inż. Michała Śpitalniaka została wykonana pod opieką naukową promotora dr hab. inż. Daniela Garlikowskiego, prof. UP oraz promotora pomocniczego dr inż. Zofii Zięby. Opisane w doktoracie badania były finansowane z dwóch grantów: „Geokompozyty sorbujące wodę – innowacyjne technologie wspomagające vegetację roślin”, pozyskanego z Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka (POIG), współfinansowanego przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego POIG.01.03.01-00-181/09-00 oraz grantu (B030/0099/17) Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu przyznanego z programu MNiSW „Strategia doskonałości - uczelnia badawcza” (0019/SDU/2018/18) realizowanego w latach 2018-2019. W wyżej wymienionych projektach Pan mgr inż. Michał Śpitalniak był wykonawcą. Ponadto prezentowane w dysertacji wyniki badań zostały uzyskane w oparciu o patent: Geokompozyty – do wspomagania wzrostu roślin (EP2560472, PL211198), komercjalizowany w 2012 roku.

Biorąc pod uwagę, że wszystkie publikacje zawarte w przedstawionej mi do oceny rozprawie doktorskiej zostały rzetelnie opracowane i pozytywnie ocenione przez recenzentów w procesie publikacyjnym i opublikowane w bardzo dobrych czasopismach naukowych o szerokim zasięgu międzynarodowym i wysokim współczynniku oddziaływania, skupię się na ocenie formalnej oraz merytorycznej rozprawy doktorskiej.

## Ocena formalna

Przedstawiona do oceny dysertacja naukowa mgr inż. Michała Śpitalniaka, zgodnie z ustawą z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z późniejszymi zmianami (tekst jednolity – Dz. U. 2017 r., poz. 1789), stanowi cykl 4 powiązanych tematycznie oryginalnych prac. Rozprawę doktorską opatrzone tytułem „Analiza możliwości zastosowania geokompozytów sorbujących wodę w ochronie skarp budowli ziemnych” zaś przedział czasowy publikacji manuskryptów to lata 2016 – 2021.

Dysertacja w większości napisana jest w języku polskim, liczy 127 stron, trzy spośród czterech załączonych artykułów naukowych stanowiących podstawę dysertacji są w języku angielskim. W skład dysertacji wchodzi zbiór czterech spójnych artykułów:

1. **Śpitalniak, M.** Wykorzystanie geokompozytów sorbujących wodę do ochrony skarp budowli ziemnych przed erozją. Inżynieria Morska Geotechnika. 2016, 3, 161-166, lista B MNiSW, 6 pkt.
2. Lejcuś, K., **Śpitalniak, M.**, Dąbrowska, J. Swelling Behaviour of Superabsorbent Polymers for Soil Amendment under Different Loads. Polymers. 2018, 10, 271. <https://doi.org/10.3390/polym100302713> , lista A MNiSW, 40 pkt, IF 3,164
3. **Śpitalniak, M.**, Lejcuś, K., Dąbrowska, J., Garlikowski, D., Bogacz, A. The Influence of a Water Absorbing Geocomposite on Soil Water Retention and Soil Matric Potential. Water. 2019, 11, 1731. <https://doi.org/10.3390/w11081731> , lista MEiN, 100 pkt, IF 2,544
4. **Śpitalniak, M.**, Bogacz, A., Zięba, Z. The Assessment of Water Retention Efficiency of Different Soil Amendments in Comparison to Water Absorbing Geocomposite. Materials. 2021, 14, 6658. <https://doi.org/10.3390/ma14216658> , lista MEiN, 140 pkt, IF 3,623

Doktorant w jednej pracy jest jedynym autorem, w dwóch pracach jest pierwszym autorem, dodatkowo zaś w dwóch, o bardzo wysokim współczynniku oddziaływania, również autorem korespondencyjnym. Sumaryczny IF dysertacji wynosi 9,331, zaś punkty MEiN według nowego kryterium ustalonego w 2019 roku to 286. Uwzględniając udział procentowy kandydata w opublikowanych pracach, suma punktów wg list MEiN wynosi 211 pkt, a IF 5,589. Wkład Doktoranta w powstanie tych publikacji wynosi od 15% do 100%, co wskazuje (zwłaszcza dla trzech prac), na wiodącą jego rolę w prowadzeniu przedstawionych w rozprawie doktorskiej badań. Jednocześnie potwierdzają to załączone do dysertacji oświadczenia wszystkich współautorów publikacji, w których jednoznacznie wskazano na rolę Doktoranta w opracowaniu koncepcji badań, wykonaniu analiz, opracowaniu danych, interpretacji wyników oraz przygotowaniu manuskryptów. Cykl publikacji poprzedzony został zwięzłymi i starannie przygotowanymi streszczeniami w językach polskim i angielskim, które obejmują wprowadzenie do istoty problemu zarówno w zakresie środowiska gruntowo-wodnego, jak i roślinnego, co pozwoliło na sformułowanie trzech hipotez badawczych oraz celu naukowego, w którym wyodrębniono cztery cele szczegółowe. Ponadto, Doktorat formułuje pytania badawcze, które bezpośrednio dotyczą użytkowego wykorzystania geokompozytów w ochronie skarp budowli ziemnych oraz metod ich wprowadzania do środowiska glebowego i wpływu na retencjonowanie wody. Dodatkowo schemat planu badawczego wskazuje

w której publikacji podjęto badania dotyczące funkcji ochronnych geokompozytów dla skarp ziemnych, zaś w których przedstawiono właściwości i charakter materiałów składowych geokompozytów. Ostatnim istotnym elementem pracy jest podsumowanie i wnioski, które Doktorant formułuje dla każdego z manuskryptów wchodzących w skład dysertacji osobno. Rozprawa zakończona jest spisem 47 pozycji najnowszej literatury, którą wykorzystano do przygotowania streszczeń, z czego ponad 25% manuskryptów powstało w zespole, w którym Doktorant prowadził swoje badania dotyczące wykorzystania geokompozytów sorbujących wodę w ochronie skarp budowli ziemnych. Do dysertacji dołączono wykaz dorobku naukowego i zawodowego Doktoranta oraz oświadczenia współautorów publikacji wchodzących w skład dysertacji. Opracowanie uzupełnione jest bogatą dokumentacją fotograficzną z przeprowadzonych badań.

### **Ocena merytoryczna**

Woda to podstawowy i niezbędny składnik do życia, w Ramowej Dyrektywie Wodnej PE (Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej) jest wprost napisane, że „...woda nie jest produktem handlowym takim jak każdy inny, ale raczej dziedzictwem, które musi być chronione, bronione i traktowane jako takie”. Zatem dostępność wody dla człowieka i środowiska naturalnego musi być traktowana priorytetowo nie tylko w zakresie ochrony prawnej, które ma tę dostępność gwarantować, ale w działaniach rzeczywistych. W ostatnich latach obserwujemy postępujące zmiany klimatu, które objawiają się zwięższonymi wahaniami temperatury i niedostatkiem opadów w okresie wegetacji roślin. Coraz częściej występują ciepłe i niemal bezśnieżne zimy, przez co już wiosną gleba wykazuje przesuszenie.

Zmiany klimatu objawiające się nasilającymi się całorocznymi suszami lub też nawalnymi deszczami, które nieraz prowadzą do katastrof ekologicznych, zmuszają do radykalnego przemodelowania tradycyjnego podejścia do zarządzania wodą na terenach rolnych lub w przestrzeni miejskiej. Dotychczasowe podejście polegało głównie na zastosowaniu systemów odwadniających, czyli na odprowadzaniu nadmiarów wody, czy to z użytków rolnych czy też szeroko pojętych budowli ziemnych, w tym skarp wykopów lub nasypów, wałów czy zapór ziemnych. Jest to oczywiście nadal dobre rozwiązanie, gdy skarpy nie są pokryte roślinnością tylko trwale uszczelnione, jednak w przypadku skarp zielonych problem staje się bardziej złożony, gdyż dotyczy dostępności wody dla roślin w trakcie całego okresu wegetacyjnego. Sytuacja zaczyna się komplikować, gdy woda w okresie suszy letniej lub też południowej ekspozycji staje się „towarem deficytowym” i musimy zacząć ją racjonalnie gospodarować. Na suszę i jej skutki nie ma doskonałego lekarstwa i nie ma takich rozwiązań, aby całkowicie wyeliminować jej negatywny wpływ na środowisko naturalne, ale można wpłynąć na ich złagodzenie, poprzez magazynowanie wody w okresach opadów deszczu i jej systematyczne oddawanie środowisku, w tym głównie pokrywie roślinnej, w okresach suszy. Tworząc małe rezerwuary wody, jesteśmy w stanie roślinom w okresach suszy zapewnić przetrwanie, a jednocześnie zwiększać zasób wód dostępnych dla innych elementów przyrody

ożywionej. Dlatego racjonalne gospodarowanie wodą jest w dzisiejszych czasach nie tylko wyzwaniem dla właścicieli gruntów, gleb czy terenów rolnych, ale zwłaszcza dla samorządów i włodarzy miast. Rozwiązaniem problemu nadmiaru wody w okresach opadów i stworzeniem rezerwuarów dla pokrywy roślinnej w okresach suszy mogą na konstrukcjach hydrotechnicznych być różne materiały takiej jak superabsorbenty polimerowe (SAP), zeolity czy biowęgiel. Jednym z materiałów opracowanych w Uniwersytecie Przyrodniczym we Wrocławiu są geokompozyty sorbujące wodę (GSW), bazujące na zasadzie pobierania i oddawania wody do środowiska. Budowa GSW pozwala nie tylko na wielokrotne magazynowanie i oddawanie wody czyli zmianę objętości, co odbywa się z wykorzystaniem superabsorbenta polimerowego, który otoczony przez geowłókninę i wzmocniony szkieletem siatki lub maty może pełnić również rolę rezerwuaru wody dla roślin.

Stworzenie gęstej i trwałej pokrywy roślinnej na skarpach z wykorzystaniem traw, zwłaszcza odmian niskich i głęboko korzeniujących się, jest również bardzo ważne ze względów na funkcję amortyzującą dla skarpy lub wału przez roślinność podczas nawałnych opadów deszczu, które mogą prowadzić do rozluźnienia struktury ziemnej czy jej deformacji, a w skrajnych przypadkach do powstania rynn erozyjnej i całkowitego zniszczenia pokrywy roślinnej. Sprawny system korzeniowy roślin stanowiący swego rodzaju rusztowanie dla budowli ziemnej oraz dobrze odżywione nadziemne części traw są w stanie poprzez procesy fizjologiczne tj. fotosyntezę i transpirację wykorzystać ponad 90% wody dostępnej w podłożu, zatem woda oprócz zabiegów pielęgnacyjnych pokrywy trawiastej jest jednym z głównych czynników decydujących o skuteczności zabezpieczeń biotechnicznych konstrukcji ziemnych.

Wynalazek GSW przez naukowców z Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu dał początek nie tylko komercjalizacji ww. rozwiązania, które było docenione wieloma nagrodami krajowymi i międzynarodowymi, ale pozwolił również na sformułowanie wielu dodatkowych pytań badawczych, związanych nie tylko z trwałością tego rozwiązania w środowisku naturalnym, ale również interakcji elementów wykorzystanych w tym wynalazku w warunkach zmieniającego się stale środowiska wodno-gruntowego.

Zatem badania podjęte przez Autora są szczególnie ważne w celu poznania czynników decydujących o możliwości wykorzystania geokompozytów w ochronie skarp budowli ziemnych oraz ich interakcji z elementami środowiska glebowego, zwłaszcza utrzymania efektywności działania, tj. magazynowania wody, a następnie oddawania jej roślinom. Pytania badawcze postawione przez Doktoranta jak GSW mogą poprawić bezpieczeństwo i ochronę skarp budowli ziemnych oraz bezpośrednio wpłynąć na stworzenie magazynu wody dla roślin, co bezpośrednio implikuje na jakość szaty roślinnej, odpowiada nie tylko wyzwaniom naszych czasów w warunkach zmieniającego się klimatu, ale też pozwala na stworzenie rozwiązań, które umożliwiają adaptację do tych zmian. **Tematyka rozprawy jest zatem bardzo aktualna, a wyniki badań wypełniają lukę poznawczą w zakresie badań nad samowystarczalnymi pokrywami roślinnymi stosowanymi na budowlach ziemnych, zaś efekty tych badań mogą być bezpośrednio stosowane w ochronie i kształtowaniu środowiska, jak i inżynierii środowiska.**

Poza czterema publikacjami ważną częścią merytoryczną pracy jest wprowadzenie. We wstępie Autor wprowadza czytelnika w problemy związane z zabezpieczeniem biotechnicznym w sektorze budownictwa hydrotechnicznego, omawia istniejące rozwiązania oraz szeroko możliwości wykorzystania GSW w zabezpieczeniach skarp ziemnych. Ze względu na cel pracy, opis wzbogacony jest o informacje dotyczące reakcji roślin na stres związany z suszą oraz ich znaczenie w tworzeniu trwałej pokrywy roślinnej odpornej na zmieniające się warunki klimatu i występujące ekstremalne zjawiska pogodowe. Ta część dysertacji świadczy o wnikliwym rozpoznaniu problemu, jest napisana zwięźle i zrozumiale. Brakuje mi jedynie rozwinięcia stwierdzenia, że superabsorbenty polimerowe nie są pozbawione wad, które autor podkreśla posiłkując się dwoma publikacjami, ale ich nie wymienia.

Dobrze przeprowadzone studia literaturowe pozwoliły na sformułowanie trzech hipotez badawczych dla których zweryfikowania wyznaczono cel naukowy, w którym wyodrębniono cztery cele szczegółowe. Cel naukowy wraz z celami szczegółowymi dysertacji jest poprawnie i logicznie sformułowany, a przypisanie ich do konkretnych elementów środowiska, jak środowisko glebowe oraz środowisko przyrody ożywionej, czyli roślin, systematyzuje pracę. Jedynie w pierwszym celu szczegółowym dotyczącym określenia wpływu GSW na wybrane parametry biometryczne roślin trawiastych stanowiących zabezpieczenie biotechniczne skarp budowli ziemnych w skali technicznej, niezgrabnym wydaje się określenie „roślin trawiastych” lepszym byłoby napisanie „traw”. Wprawdzie w języku potocznym takie określenie jest stosowane, ale w opracowaniu naukowym należałoby się posłużyć określeniem trawy.

Wyodrębnienie na schemacie planu badawczego i przyporządkowanie publikacji do dwóch celów i zakresów badań oraz krótki opis wyników oraz ich efektów zdecydowanie porządkuje całą pracę.

Dla oceny funkcji ochronnej GSW w budowlach ziemnych zbadano wpływ geokompozytu sorbującego wodę na stan traw stanowiących zabezpieczenie biotechniczne (przeciwerozyjne) skarpy w kopalni surowców mineralnych (publikacja nr 1). Badania prowadzono *in situ* na skarpach wyeksploatowanej kopalni surowców mineralnych w miejscowości Pierwoszów, a powierzchnia jednostki eksperymentalnej podzielona została tak, aby badać nie tylko jak zastosowanie GSW wpłynie na wzrost roślin, ale również czy głębokość posadwienia w gruncie ma znaczenie. Doskonała dokumentacja fotograficzna jednocześnie potwierdza jak duża praca przy założeniu, a później monitorowaniu działania GSW została przez Doktoranta wykonana. Jednocześnie pomysł nie tylko zeskanowania całej rośliny wraz z systemem korzeniowym, ale również całego eksperymentu *in situ* z wykorzystaniem naziemnego skaningu laserowego potwierdza umiejętność Doktoranta do korzystania z dostępnych, nowoczesnych narzędzi badawczych. W badaniach tych jednoznacznie wykazano, że GSW pozytywnie wpływa na rozwój nadziemnej i podziemnej części roślin, co przekłada się na zwiększenie bezpieczeństwa chronionej konstrukcji. Dodatkowo, aby potwierdzić funkcję ochronną jakie dla skarp może pełnić GSW zbadano ich działanie w czterech różnych profilach glebowych w kontrolowanych warunkach laboratoryjnych (publikacja nr 2). Zweryfikowano wpływ GSW na ruch wody, mając na uwadze takie procesy jak infiltracja i ewaporacja w profilu

glebowym. Ponadto określono ilość zatrzymywanej wody w glebie w zależności od rodzaju gleby i głębokości aplikacji GSW. Badania wymagały zbudowania specjalnego kontenera w którym zainstalowano GSW w glebie oraz aparaturę pomiarową do monitorowania zmian zachodzących w podłożu. Wykorzystanie w tym doświadczeniu nie tylko tensjometrów glebowych czy sond TDR do pomiarów wilgotności podłoża, ale również kamery termowizyjnej do oceny zmian powierzchni badanej jednostki eksperymentalnej kolejny raz potwierdza, że Doktorant potrafi korzystać z nowoczesnych metod i narzędzi badawczych. Na podstawie przeprowadzonych badań, Doktorant zaproponował zmiany w metodzie instalacji oraz konstrukcji GSW w formie maty w warunkach naturalnych.

Interakcje GSW z elementami środowiska gruntowo-wodnego jak i ich efektywność działania w porównaniu z dostępnymi na rynku innymi absorbentami były przedmiotem kolejnych badań (publikacja nr 2, publikacja nr 4). Zweryfikowano, czy metoda bezpośredniego mieszania SAP-u z glebą jest skuteczna w retencjonowaniu wody i wykazano, że samodzielne stosowanie superabsorbentu polimerowego w glebie może być nieefektywne. Superabsorbent polimerowy pozwala na zatrzymywanie znacznych ilości wody w glebie, lecz gdy jest poddawany obciążeniu glebą, jego wydajność drastycznie maleje ze względu na ograniczenie przestrzeni niezbędnej do pęcznienia tj. absorpcji wody. Wykazano, że rozwiązaniem pozwalającym optymalnie wykorzystać właściwości superabsorbentu polimerowego jest GSW, który ze względu na swą strukturę przestrzenną pozwala SAP-owi na swobodne pęcznienie i kurczenie. Porównanie zaś GSW z innymi popularnymi i ogólnodostępnymi materiałami wykorzystywanymi do zatrzymywania wody w glebie dało odpowiedź na pytanie, czy naprawdę ten wynalazek jest efektywny i może być stosowany w rozwiązaniach biotechnicznych (publikacja nr 4). W tym celu przeprowadzono eksperyment wazonowy z dostępnymi na rynku dodatkami doglebowymi takimi jak: bentonit, attapulgit, biowęgiel, superabsorbent polimerowy, geowółkninę, GSW i bioGSW. Stwierdzono, że GSW jest obecnie najlepszym rozwiązaniem służącym zatrzymywaniu wody w glebie.

**Uzyskane informacje jak efektywnie do gleby powinien być aplikowany GSW mają bezpośrednie znaczenie użytkowe i praktyczne i jest oprócz potwierdzenia skuteczności zatrzymywania i oddawania wody roślinom, najważniejszym osiągnięciem przedstawionej mi do oceny dysertacji. Na pozór techniczne badania mają jakże utylitarne znaczenie!**

We wszystkich przedstawionych mi do oceny badaniach jednoznacznie stwierdzam, że przyjęta metodyka oraz prace eksperymentalne zostały zaplanowane prawidłowo i szczegółowo oraz wykonane bardzo starannie.

Założenie wszystkich doświadczeń zarówno w warunkach kontrolowanych, jak i *in situ* wymagało od Doktoranta dużej pracy oraz konsekwencji w prowadzeniu monitoringu i postępów prac pod okiem Promotora. Ilość oznaczeń jakie Autor wykonał na jednostkach eksperymentalnych przyjętych do badań oraz całkowita pracochłonność związana z poborem próbek i ich analizą, tak aby oznaczyć wszystkie założone parametry, które ostatecznie miały zweryfikować założone hipotezy i potwierdzić cele, była bardzo duża.

W dalszej części rozprawy doktorskiej Autor formułuje szczegółowe wnioski z konkretnych eksperymentów omawiając je w kolejności od publikacji nr 1 do publikacji nr 4. Wnioski są sformułowane prawidłowo, choć wydaje się, że forma ich przedstawienia powinna być nieco inna, tak aby czytający mógł odnosić je bezpośrednio nie tylko do założonych tez badawczych ale również planu badawczego. Zatem lepszym rozwiązaniem byłoby omawiać te wnioski w odniesieniu do hipotez badawczych i założonych celów lub pogrupować je tak jak przedstawiono dla planu badawczego czyli opisać osobno wnioski wynikające z funkcji ochronnych GSW oraz sposobów aplikacji do gleby i porównania z innymi materiałami. Takie ich przedstawienie pozwalałoby recenzentowi bezpośrednio ocenić czy założone hipotezy są potwierdzone, a cele badawcze zostały zrealizowane.

Za najważniejsze osiągnięcia Doktoranta przedstawione w rozprawie, stanowiące jednocześnie element nowości naukowej i wzbogacenie obecnego stanu wiedzy w tym zakresie uważam:

- potwierdzenie, że optymalna głębokość instalowania geokompozytu sorbującego wodę na skarpach w środowisku naturalnym wynosi 30 cm, zaś w glebach o drobnym uziarnieniu minimalna głębokość aplikacji powinna być ustalona na 20 cm, taka głębokość zapewnia w porównaniu z wariantem bez GSW, wzrost wysokości trawy o około 10 cm, średniej średnicy korzeni o 33%, objętość bryły korzeniowej zwiększoną o 40% oraz ilość zebranej świeżej biomasy większą o 36%,
- wskazanie, że obciążenie gruntem nie tylko ogranicza absorpcję wody przez superabsorbent polimerowy, ale również wydłuża czas jego pęcznienia, co może być znacznym czynnikiem ograniczającym jego efektywność i stwarza konieczność ponownego rozważenia różnych sposobów aplikacji SAP-u do gruntu,
- wykazanie, że zastosowanie geokompozytu sorbującego wodę w postaci maty, pomimo wysokich zdolności retencyjnych, może prowadzić do powstania bariery kapilarnej w profilu glebowym oraz przesuszenie gruntu w warstwie bezpośrednio nad zastosowanym geosyntetykiem (przy płytkim ułożeniu), mimo iż rośliny miały znacznie więcej dostępnej wody, w przypadku gdy do budżetu wodnego wliczono wodę zatrzymaną w GSW,
- potwierdzenie, że GSW nie powinien być stosowany w postaci pełnej maty w gruntach o drobnym uziarnieniu, zwłaszcza gdy nad i pod geosyntetykiem znajduje się warstwa gruntu spoistego, chyba, że pod geosyntetykiem zaprojektowano warstwę gleby o strukturze piaszczystej (skarpy drogowe),
- potwierdzenie, że GSW jest najlepszym dostępnym w tej chwili dodatkiem doglebowym spośród dostępnych na rynku, posiada większą pojemność wodną i zatrzymuje znaczne ilości wody w profilu glebowym, nawet przy temperaturze do 30°C,
- wskazanie na pewne niedogodności stosowania SAP-u np. płytsze umieszczenie SAP-u w glebie wiąże się z przyspieszoną ewaporacją wody, a głębsze umieszczenie redukuje wydajność SAP-u,

- zaproponowanie nowej klasyfikacji dodatków doglebowych, dzielącej je na aktywne i pasywne. Dodatki doglebowe pasywne to takie, których obecność w glebie nie powoduje przestrzennych zmian wilgotności gleby w obrębie obszaru zastosowania danego dodatku, natomiast dodatki doglebowe aktywne to takie, których obecność powoduje mierzalny ruch wody w glebie,
- potwierdzenie, że GSW jako dodatek doglebowy może być stosowany w rolnictwie, ogrodnictwie, przy rekultywacji gleb oraz w zastosowaniach inżynierskich jako środek przeciwdziałający erozji, stanowiąc dobrą alternatywę dla dotychczas stosowanych dodatków doglebowych.

Z recenzenckiego obowiązku wymienię poniżej kilka drobnych niedociągnięć, które zauważyłam:

- stosowanie w kilku miejscach dysertacji (str. 15, str. 11 tekst oraz podpis fotografii), oprócz pierwszego celu szczegółowego (str. 13) określenia „roślin trawiastych” uważam za zbyt potoczne, powinno się stosować określenie trawy,
- nie ma również w metodykach badań sformułowanie doświadczenie doniczkowe, gdyż jest to bezpośrednie tłumaczenie z języka angielskiego (pot experiment), stosuje się określenie doświadczenie wazonowe, zaś pojedyncze jednostki eksperymentalne określa się nie doniczkami (str. 16, str. 20), a wazonami. Wprawdzie Doktorant w dysertacji nie użył określenia doświadczenie doniczkowe, ale doniczki się pojawiły (str. 67, str. 109, str. 113, str. 124),
- czy mieszanka traw zastosowana na poletkach doświadczalnych została dobrana w toku własnych badań, zarówno procentowy udział jaki i skład odmian, czy też była to mieszanka dostępna komercyjnie, nie ma tej informacji w manuskrypcie, ani w opisie dysertacji?
- jaka ilość mieszanki traw wysiano na m<sup>2</sup> powierzchni poletek z geokompozytem i kontrolnym w doświadczeniu *in situ*, czy ilość była przeliczona na powierzchnię płaską czy też bazowała na wytycznych dla powierzchni stromych czy nachylonych?

Mimo powyższych błędów, praca jest przygotowana bardzo starannie, z niewielką ilością błędów interpunkcyjnych i stylistycznych.

W przyszłości koniecznie w badaniach nad efektywnością GSW należałoby uwzględnić jak będzie on „oddawał” roślinom mikro- i makroelementy zawarte w roztworze glebowym, gdyż jak wiadomo dostępność wody chroni rośliny przed suszą, ale nie zapewnia wytworzenia w pełni dobrze wykształconej i zdrowej pokrywy roślinnej. Dostępność dla roślin azotu, potasu, magnezu czy wapnia decydują nie tylko o szybszym krzewieniu się zwłaszcza w pierwszych dwóch latach od wysiewu, ale również zwiększeniu bioróżnorodności środowiska. Ponadto przyszłe badania z wykorzystaniem GSW powinny koncentrować się na zaproponowaniu do tego rozwiązania rodzimych głęboko korzeniących się oraz nisko rosnących odmian traw. Będziemy w stanie wtedy przedstawić dla budownictwa hydrotechnicznego rozwiązanie kompleksowe nie tylko do zatrzymywania wody w podłożu, ale również pokrycia roślinnego,



które będzie oparte o rodzime odmiany roślin, które będą odporne nie tylko na zmieniające się warunki podłoża czy też klimatyczne, ale również odporne na choroby i szkodniki. Daje to szansę na stworzenie „samowystarczalnego” i „samotrzymującego” się systemu nie wymagającego monitoringu, jak i nadmiernej pracochłonności.

Podsumowując, stwierdzam, że **praca pod względem merytorycznym nie budzi żadnych zastrzeżeń i napisana jest na bardzo dobrym poziomie naukowym**, co jednoznacznie wskazuje na bardzo dobrą opiekę Państwa Promotorów. **Bardzo ważne są utylitarne aspekty prowadzonych badań, które implementowane w środowisku gruntowo-wodnym mogą w dużym stopniu przyczynić się do ochrony i trwałości skarp budowli ziemnych, jak i szeroko pojętym budownictwie hydrotechnicznym oraz wszelkiego typu budowlach ziemnych wykorzystywanych w kształtowaniu miejskiego i wiejskiego środowiska.**

### **Dorobek naukowy i zawodowy Doktoranta**

Dane bibliometryczne Doktoranta w bazie Web of Science Core Collection mimo, iż nie podlegają ocenie w procesie recenzji pracy doktorskiej są bardzo dobre. Jak na młodego pracownika naukowego współautorstwo w 5 publikacjach indeksowanych angielskojęzycznych (w tym 3 prace wchodzące w skład dysertacji), jedna praca nieindeksowana w języku angielskim oraz 3 prace w języku polskim (lista B MNiSW) zasługuje na pochwałę. Sumaryczny IF Doktoranta wynosi 12,032, zaś suma punktów obowiązujących do 2019 roku i po tym roku z list MEiN wynosi 355 punktów. Publikacje Doktoranta były cytowane w 53 pracach (w tym cytowań własnych jest 8), a index Hirscha Pana mgr inż. wynosi 4. Doktorant brał czynny udział w sześciu projektach, dwóch finansowanych ze środków POIG i POIR oraz dwóch z udziałem środków UE w ramach Programu dla Europy Środkowej i Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich, pełniąc stanowiska od asystenta to głównego wykonawcy. W jednym z projektów finansowanych z dotacji statutowej UP Pan mgr inż. był kierownikiem. Ponadto na szczególne podkreślenie zasługuje udział Doktoranta w przygotowaniu łącznie ponad 36 opracowań, raportów i ekspertyz dla samorządów i przedsiębiorców w tym, aż **24 zespołowe ekspertyzy na zlecenie jednego podmiotu - Wielkopolskiego Zarządu Melioracji i Urządzeń Wodnych**. Na uwagę zasługuje również duża aktywność Doktoranta w rozpowszechnianiu wyników badań poprzez bezpośrednie uczestnictwo w dziesięciu konferencjach, w tym 6 krajowych i 4 międzynarodowych. Doktorant pochwalić się również może odbyciem półrocznego stażu zagranicznego na Uniwersytecie Ruprechta i Karola w Heidelbergu (Republice Federalnej Niemiec). W ramach stażu zrealizowano projekt pt. „Economic and technical assessment of soil water retainers and soil mineral additives for their possible usage in mitigation of water scarcities and climate change effects”, zaś sfinansowano go z projektu BioSciUniversity oraz poprzez program stypendialny Niemieckiej Federalnej Fundacji Ochrony Środowiska DBU – Deutsche Bundesstiftung Umwelt. **Pan mgr inż. Michał Śpitalniak swoim dorobkiem i zaangażowaniem w pracach grupy badawczej w tak młodym wieku potwierdził, że jest i będzie świetnie rokującym naukowcem.**

## Wniosek końcowy

Podsumowując, rozprawa doktorska Pana mgr inż. Michała Śpitalniaka stanowi samodzielne rozwiązanie problemu badawczego przy użyciu adekwatnej metodyki badań, co jest ustawowym wymaganiam stawianym rozprawom doktorskim. Tematyka rozprawy w pełni wpisuje się w dyscyplinę ochrona i kształtowanie środowiska.

Stwierdzam, że przedstawiony do oceny cykl czterech prac stanowiących podstawę rozprawy doktorskiej pt. „Analiza możliwości zastosowania geokompozytów sorbujących wodę w ochronie skarp budowli ziemnych” spełnia wszystkie wymagania stawiane rozprawom doktorskim zgodnie z ustawą z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (tekst jednolity DZ.U z 2017 r. poz. 1789) w związku z art. 179 ust. 1 Ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r., poz. 1669).

Zwracam się zatem do Wysokiej Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu o dopuszczenie mgr inż. Michała Śpitalniaka do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Jednocześnie stwierdzam, że miałam przyjemność recenzowania pracy, **którą uznaję za bardzo dobrą**. Przedstawione wyniki nie pozostawiają żadnej wątpliwości co do wysokiego poziomu naukowego Doktoranta oraz jakości merytorycznej przeprowadzonych badań potwierdzonym jej opublikowaniem w bardzo dobrych czasopismach naukowych.

  
dr hab. Marta Pogrzeba, prof. IETU