



dr hab. prof. UWr Zygmunt Kącki

## RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

**mgr. Łukasza Radosza pt. Różnorodność taksonomiczna i funkcjonalna, jako czynniki determinujące respirację podłoża w płatach spontanicznej roślinności na zwałach skały płonnej - przygotowanej pod kierunkiem naukowym dr hab. prof. UŚ Gabrieli Woźniak i dr hab. inż. prof. KOMAG Dariusza Prostańskiego.**

### 1. Uwagi wstępne

Pan mgr Łukasz Radosz złożył pracę doktorską dotyczącą wpływu różnorodności gatunkowej i funkcjonalnej roślinności na procesy respiracji podłoża, w tym przypadku są to specyficzne ekosystemy rozwijające się na zwałach skały płonnej. W skład pracy wchodzi artykuły opublikowane w międzynarodowych czasopismach o istotnym współczynniku wpływu, takich jak *Journal of Ecological Engineering* (IF<sub>2023</sub>: 1,3), *Energies* (IF<sub>2022</sub>: 3.2) oraz *Journal of Water and Land Development* (IF<sub>2023</sub>: 2,1; baza Sopus) o sumarycznej liczbie punktów według wykazu czasopism punktowanych (MEiN) - 340 punktów. Doktorant jest pierwszym autorem wszystkich prac. Oceniana rozprawa doktorska obejmuje w swej części merytorycznej wstęp, cele pracy i hipotezy badawcze, materiał i metody, kopie opublikowanych prac, omówienie wyników, dyskusję, wnioski i wykaz literatury oraz streszczenie. Całość pracy zawiera się w 111 stronach maszynopisu. Zgodnie z ustawowymi wymaganiami stawianymi rozprawom doktorskim, przedstawione dzieło powinno „stanowić oryginalne rozwiązanie problemu naukowego (...) oraz wykazywać ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w danej dyscyplinie naukowej”. Ocenę pracy doktorskiej pana mgr Łukasza Radosza przeprowadzono, koncentrując się na kilku kluczowych aspektach. Pierwszym z nich była wartość merytoryczna i praktyczna podjętej tematyki badawczej. Analizowano, w jakim stopniu praca wnosi nową wiedzę do dziedziny ekologii, szczególnie w kontekście wpływu różnorodności biologicznej na procesy biologiczne i cykl węgla. A także czy badania te mogą przyczynić się do rozwiązywania praktycznych problemów, takich jak rekultywacja terenów

poprzemysłowych i poprawa jakości gleby na zwałach skały płonnej, oraz czy uzyskane wyniki mogą być wykorzystane w zarządzaniu środowiskiem naturalnym i ochronie bioróżnorodności. Kolejnym aspektem była zasadność sformułowanych celów i hipotez badawczych. Oceniono, czy cele pracy były jasno określone i odpowiadały rzeczywistym potrzebom badawczym oraz czy hipotezy były precyzyjne, oparte na aktualnym stanie wiedzy i możliwe do zweryfikowania w ramach przeprowadzonych badań. Przede wszystkim ocenie podlegały metody badawcze, a w szczególności ich nowatorskość i adekwatność do postawionych pytań badawczych, a także czy narzędzia statystyczne zostały właściwie dobrane i zastosowane. W końcu dokonano oceny wnioskowania i struktury rozprawy. Przeanalizowano, czy wyciągnięte wnioski z badań są logiczne i spójne z przedstawionymi danymi, oraz czy autor prawidłowo interpretował wyniki i formułował nowe pytania badawcze. Struktura pracy została oceniona pod kątem jej logicznej organizacji i integracji poszczególnych części.

## 2. Ocena podjętego tematu badawczego

Temat badawczy uważam za wyjątkowo interesujący i właściwie opracowany. Praca mgr. Łukasza Radosza koncentruje się na badaniu czynników wpływających na uwalnianie dwutlenku węgla ( $\text{CO}_2$ ) z podłoża mineralnego hałd pogórnich, na których rozwinęła się spontaniczna roślinność. Badania mają na celu zrozumienie mechanizmów regulujących procesy oddychania gleby w tych specyficznych ekosystemach, co jest istotne w kontekście globalnych zmian klimatycznych i ochrony środowiska. Badania nad ekosystemami na zwałach pogórnich mają ważne znaczenie, ponieważ tereny te stanowią wyjątkowe środowiska w których kształtują się nowe zależności biogeochemiczne i ekologiczne. Hipotezy są jasno sformułowane i opierają się na aktualnej wiedzy naukowej. Dotyczą one wpływu czynników abiotycznych, takich jak zawartość węgla, pH i tekstura gleby, oraz biotycznych, takich jak różnorodność roślinności i aktywność mikroorganizmów, na procesy oddychania gleby. Zagadnienia te, szczególnie na ekstremalnych siedliskach jakimi są zwały skały płonnej, są nadal słabo poznane. Szczególnie ważnym zagadnieniem w podjętej tematyce jest użyteczność wyników w rekultywacji terenów przemysłowych. Zaplanowane badania mają charakter interdyscyplinarny łączący badania zakresu botaniki, ekologii roślinności, mikrobiologii oraz biogeochemii i gleboznawstwa. Sformułowane cele badawcze w ocenianej pracy uważam za właściwe i bardzo interesujące, a dobrane metody testujące sformułowane hipotezy są nowoczesne z wykorzystaniem najnowszych narzędzi statystycznych i analitycznych.

## 4. Cel i metodyka badań

Zasadniczym celem podjętych przez doktoranta badań była analiza różnorodności taksonomicznej i funkcjonalnej w różnych typach roślinności (przeważnie zdominowanej przez jeden gatunek) na hałdach pogórnich w odniesieniu do intensywności respiracji gleby i uwalniania  $\text{CO}_2$ . Dane pozyskano z 324

poletek badawczych, położonych w 4 kompleksach hałd. Każde poletko zostało opatrzone dokładnymi pomiarami współrzędnych GPS. W pracy zastosowano szeroki zakres metod badawczych, co świadczy o dobrze zorganizowanym podejściu. Wybór wskaźników różnorodności (Shannona-Wienera, równomierności i Simpsona) jest standardową praktyką w badaniach ekologicznych do oceny bogactwa gatunkowego, równomierności i dominacji. Zostały wykorzystane w sposób prawidłowy. Podejście to pozwala na dokładną ocenę składu roślinności i biomasy, co jest kluczowe dla zrozumienia dynamiki ekosystemu. Analiza cech funkcjonalnych roślin, takich jak wysokość, powierzchnia liścia, czas kwitnienia, masa nasion i metody rozprzestrzeniania są dodatkowymi danymi znacznie poszerzającymi wyniki. Metody te są naukowo solidne, pozwalając na szczegółowe zrozumienie różnorodności funkcjonalnej i strategii ekologicznych. Moje wątpliwości w przedstawionej metodyce budzi ważnie świeżej biomasy roślin. Ze względu na stopień wysycenia wodą, co może być cechą biologiczną lub wpływem pogody, ważenie świeżej biomasy jest obarczone błędem. Zebraną biomasę należało wysuszyć w standaryzowanych warunkach i zważyć. Pomijam kwestię błędu pomiaru w terenie, szczególnie dla niewielkich ilości biomasy. Proszę doktoranta o uzasadnienie wyboru takiej procedury. Analiza różnorodności funkcjonalnej uzupełnia analizę różnorodności taksonomicznej, dostarczając pełniejszego obrazu funkcjonowania ekosystemu. Badanie uwzględnia szeroki zakres cech funkcjonalnych, co odzwierciedla złożoność strategii roślinnych i ich ekologicznych ról. W pracy wykonano pomiary aktywności enzymów glebowych (dehydrogenaza, ureaza, fosfataza kwaśna i zasadowa) do oceny biologicznych funkcji podłoża oraz wykorzystano metody kolorymetryczne i spektrofotometryczne do oceny aktywności tych enzymów. Aktywność enzymatyczna jest kluczowym wskaźnikiem procesów biologicznych w podłożu i aktywności mikroorganizmów, odzwierciedlając procesy biogeochemiczne zachodzące w siedlisku. Metody te są standardem w naukach o glebie, dostarczając cennych informacji o aktywności biologicznej gleby i cyklach składników odżywczych. W tym przypadku wybrane enzymy są istotne dla zrozumienia cykli azotu i fosforu, które są kluczowe dla wzrostu roślin i żyzności gleby. Uzupełnieniem analiz, znacznie wzbogacając ocenianą pracę jest ilościowa analiza fauny glebowe z uwzględnieniem nicieni i wazonkowców. Pobieranie prób substratu mineralnego do analizy fauny została wykonana losowo i w sposób reprezentatywny dla badanych obiektów. Ze względu, że fauna glebowa odgrywa znaczącą rolę w rozkładzie materii organicznej i cyklach składników odżywczych, czyni ich analizę niezbędną dla zrozumienia procesów biogeochemicznych i ekologicznych podjętych w pracy doktorskiej. Wykorzystane metody są odpowiednie. Analizy te niewątpliwie pomagają powiązać aktywność biologiczną podłoża z różnorodnością roślin i właściwościami fizykochemicznymi badanego substratu. Wykonano również kompleksowy zestaw testów glebowych do oceny właściwości fizykochemicznych podłoża, co jest kluczowe dla zrozumienia warunków wzrostu roślin i procesów biologicznych. Zastosowane standardowe metodologie zapewniają wiarygodne i porównywalne wyniki. Metody te są naukowo uzasadnione

i powszechnie stosowane w badaniach gleboznawczych. Zastosowanie analizatora TARGAS-1 do pomiaru emisji CO<sub>2</sub> z gleby pozwoliło na ocenę intensywności procesów metabolicznych w glebie. Dzięki takiemu rozwiązaniu możliwe było poznanie cyklu węgla oraz wpływu czynników biotycznych i abiotycznych na dynamikę emisji CO<sub>2</sub>. Zebrane dane podano wielostronnym analizom statystycznym. Przeprowadzone zostały z użyciem zaawansowanych metod, takich jak analiza PCA, DCA, RLQ oraz ordynacja zbiorów rozmytych (FSO i MFSO), umożliwiły one dobrą analizę złożonych danych ekologicznych. Wykorzystanie oprogramowania R do analizy danych zapewniło podstawy do interpretacji wyników w kontekście interakcji między roślinnością, właściwościami gleby i czynnikami środowiskowymi. Metody te są dobrze dobrane i dają możliwość interpretacji wyników w kontekście ekosystemów hałd pogórnich. W podsumowaniu mogę stwierdzić, że przyjęte metody statystyczne ukazują dobrą znajomość tych narzędzi i ich wykorzystania. Ogólnie rzecz biorąc, recenzowana praca przedstawia dobrze zorganizowane i naukowo uzasadnione podejście do badania różnorodności ekologicznej i procesów biogeochemicznych na hałdach pogórnich. Zastosowane metody są odpowiednie do osiągnięcia celów badawczych i dostarczają cennych informacji o złożonych interakcjach w kształtującym się ekosystemie. Doktorant zbudował dobry warsztat naukowy i wykazał się biegłością w prowadzeniu badań. Zebrane dane zostały poddane krytycznej ocenie statystycznej co znalazło akceptację redaktorów i recenzentów czasopisma o realnym IF.

## 5. Wyniki, dyskusja i wnioski

Uzyskane przez Doktoranta wyniki należy uznać za cenne i wnoszące nową wiedzę do zagadnień związanych z kształtowaniem się roślinności oraz respiracją podłoża na hałdach pogórnich, wyjątkowo ekstremalnym siedlisku dla organizmów. W pierwszej z prac wchodzących w skład doktoratu wykazał, że analizowane czynniki abiotyczne były istotne statystycznie, z wyjątkiem całkowitej zawartości azotu. Najwyższą korelację z poziomem respiracji glebowej wykazywała zawartość potasu, będąca pośrednim wskaźnikiem aktywności fosfatazy alkalicznej. W badaniach tych Doktorant wykazał dodatnią korelację między aktywnością podstawowej fosfatazy a ilością uwalnianego dwutlenku węgla. Wyniki wskazują, że zawartość węgla w glebie nie miała istotnego wpływu na intensywność respiracji glebowej, co jest sprzeczne z początkową hipotezą. Zamiast tego, fosfor i inne czynniki mineralne odgrywają kluczową rolę w regulacji poziomu respiracji gleby. Wykazanie, że fosfor odgrywa centralną rolę w regulacji intensywności respiracji glebowej na hałdach węglowych, stanowi nowy i ciekawy wgląd w mechanizmy ekologiczne zachodzące w takich ekosystemach. To nowe spojrzenie na rolę składników odżywczych może mieć szerokie zastosowanie w zarządzaniu i rekultywacji terenów zdegradowanych. Rola fosforu w respiracji gleby nie jest nowym odkryciem, ale wyniki tych badań mogą wnieść istotne dane.

Z interesujących informacji należy uznać wynik, że roślinność dominowana przez *Centaurea stoebe* miała większą respirację podłoża. Z drugiej strony, płaty roślinności zdominowane przez *Daucus carota*, *Festuca arundinacea* oraz *Matricaria maritima* subsp. *inodora* miały negatywny wpływ na uwalnianie dwutlenku węgla. Oznacza to, że w tych siedliskach poziom respiracji gleby był niższy. Jak ocenia ten wynik Doktorant? Czy różnice w stopniu dominacji tych gatunków, cechy biologiczne lub charakter siedliska mogły mieć jakieś znaczenie? W kolejnej pracy zostały analizowane różnorodne parametry biotyczne, takie jak skład gatunkowy roślin, aktywność enzymatyczna podłoża, obecność fauny glebowej oraz biomasy roślinnej. Wykazano, że aktywność enzymów takich jak dehydrogenaza, fosfataza kwaśna i zasadowa koreluje pozytywnie z ilością uwalnianego CO<sub>2</sub>. Uzyskane wyniki wskazują na istotną zależność między różnorodnością roślin a intensywnością respiracji gleby. Zaobserwowano pozytywny związek między respiracją gleby a określonymi typami roślinności. Typy roślinności o większej biomasy mają tendencję do wyższych wskaźników respiracji gleby. Niestety w pracy nie ma odniesienia do zmiennych klimatycznych, takich jak wilgotność powietrza czy nasłonecznienie, które mogą mieć wpływ na procesy respiracji podłoża. Czy te czynniki były uwzględnione i czy mogą w znaczący sposób wpłynąć na uzyskane wyniki? Ostatnia z prac wchodzących w skład doktoratu dostarcza cennych informacji na temat funkcjonowania nowych zbiorowisk roślinnych wykształcających się hałda pokopalnianych i podkreśla znaczenie różnorodności roślinnej w kształtowaniu procesów glebowych. Łączy wiedzę z ekologii, gleboznawstwa, mikrobiologii i nauk o klimacie. Doktorant wykazuje, że różnorodność roślin, zarówno taksonomiczna, jak i funkcjonalna, ma istotny wpływ na procesy glebowe, w tym na oddychanie gleby. Dowodzi także, że różnorodność funkcjonalna, wyrażona przez bogactwo, równomierność, dywergencję i dyspersję, może odgrywać kluczową rolę w kształtowaniu tych procesów. Pomimo ograniczeń związanych z jednorazowymi pomiarami i ograniczoną skalą badań, praca stanowi ważny wkład w zrozumienie ekologii nowych ekosystemów antropogenicznych i podkreśla potrzebę dalszych, długoterminowych badań w tym zakresie. Za unikalny aspekt badań uważam, porównanie różnych typów roślinności pod względem oddychania gleby.

## 6. Struktura i ocena formalna pracy

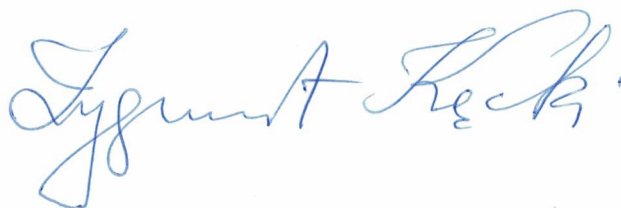
Rozprawa doktorska Pana mgr. Łukasza Radosza ma poprawną strukturę. Jest napisana dobrą polszczyzną oraz starannie opracowana pod względem technicznym (choć trafiają się literówki i błędy stylistyczne lub neologizmy). Dyskusja miejscami ma dość luźny charakter. Jednak lektura tego logicznie ułożonego dzieła jest pouczająca. Opublikowanie wyników badań w czasopiśmie o znaczącym IF jest osiągnięciem wartym podkreślenia. W bazach danych znalazłem także inne prace, których współautorem jest Doktorant, co świadczy o jego zdolnościach do pracy zespołowej i formułowania problemów

badawczych.

## 7. Podsumowanie

Analiza całości rozprawy doktorskiej mgr. Łukasza Radosza prowadzi do wniosku, że jest to interesujące i wartościowe opracowanie, które obejmuje interdyscyplinarne badania nad procesami biogeochemicznymi i ekologicznymi na zwałach skały płonnej. Praca dostarcza istotnych wkładów w zrozumienie respiracji gleby w nowopowstałych ekosystemach, funkcjonujących w skrajnie trudnych warunkach dla rozwoju roślin. Oceniam tę pracę wysoko, zarówno pod względem wartości naukowej, praktycznej, jak i przygotowania formalnego. Recenzowana dysertacja stanowi oryginalne rozwiązanie podjętego problemu naukowego. Łączy klasyczne metody badań roślinności z nowoczesnymi technikami badawczymi, co świadczy o wysokim poziomie wiedzy teoretycznej Doktoranta oraz jego umiejętności samodzielnego prowadzenia badań naukowych. Praca ta nie tylko potwierdza zdolności badawcze autora, ale również wnosi nowe, istotne wyniki do nauki. Pan Łukasz Radosz w swojej dysertacji „Różnorodność taksonomiczna i funkcjonalna, jako czynniki determinujące respirację podłoża w płatach spontanicznej roślinności na zwałach skały płonnej” szczegółowo analizuje wpływ różnorodności roślinnej na procesy respiracji gleby w trudnych warunkach ekologicznych. Praca wyróżnia się interdyscyplinarnym podejściem, co znacząco poszerza naszą wiedzę na temat funkcjonowania nowopowstałych ekosystemów. **Podsumowując uważam, że rozprawa pana magistra Łukasza Radosza spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim określone w art. 187 ustawy z dnia 18 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2023 poz. 742) i zwracam się do Rady Naukowej Instytutu Biologii, Biotechnologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach o dopuszczenie pana mgr Łukasza Radosza do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora.**

Ze względu na wysoki poziom opracowania, kompleksowe podejście do tematu oraz uzyskanie nowych, wartościowych wyników naukowych, rekomenduję również wyróżnienie tej pracy stosowną nagrodą.



Wrocław 9.08.2024r.