

Toruń 31.08.2022

dr hab. Agnieszka Piernik, prof. UMK  
Katedra Geobotaniki i Planowania Krajobrazu  
Wydział Nauk Biologicznych i Weterynaryjnych  
Uniwersytet Mikołaja Kopernika  
ul. Lwowska 1, 87-100 Toruń

### **Recenzja**

#### **rozprawy doktorskiej mgr Małgorzaty Wiktorii Raduły pt. „Wpływ warunków środowiskowych, historii użytkowania i struktury przestrzennej na zróżnicowanie łąk półnaturalnych Dolnego Śląska”**

Przedstawiona mi do oceny praca doktorska Pani mgr Małgorzaty Wiktorii Raduły została wykonana na Wydziale Nauk Biologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego, w Zakładzie Ekologii, Biogeochemii i Ochrony Środowiska, pod kierunkiem dr hab. Tomasza Szymury, prof. UWrocław.

Dysertację stanowi seria dwóch powiązanych tematycznie prac opublikowanych w języku angielskim. Rozprawa układem nawiązuje do opracowań tradycyjnych. Opatrzona jest wstępem, w odrębnym rozdziale zaprezentowany jest cel pracy, następnie materiały i metody, w dwóch kolejnych rozdziałach jako wyniki badań zamieszczono pełne wersje opublikowanych prac wraz z wykazem autorów i materiałami uzupełniającymi, na końcu umieszczono podsumowanie w języku polskim oraz streszczenie w języku polskim i angielskim, a także bibliografię. Przedstawiony do oceny cykl dwóch prac stanowi spójne, całościowe opracowanie zagadnień związanych z wpływem warunków środowiskowych, historii użytkowania i struktury przestrzennej na zróżnicowanie łąk półnaturalnych Dolnego Śląska.

Obie prace z serii zostały już opublikowane. Pierwsza w 2020 roku w czasopiśmie *Agriculture Ecosystems & Environment*, a druga w roku 2022 w *Science of the Total Environment*. Należy podkreślić, że oba czasopisma są indeksowane w bazie Journal Citation Report i klasyfikowane najwyżej w rankingu czasopism jako Q1 w kategoriach agriculture multidisciplinary, ecology oraz environmental sciences (*Agriculture Ecosystems & Environment* IF:2019 = 4.241, 200 pkt. MNIŚW; *Science of the Total Environment* IF:2021 = 10.753, 200 pkt. MNIŚW). Oba czasopisma znajdują się aktualnie również na liście rankingowej Top10 według bazy Scopus. W tych dwóch publikacjach Doktorantka jest pierwszym autorem i jednocześnie autorem korespondencyjnym. Zgodnie z załączonymi oświadczeniami wkład Doktorantki w powstanie każdej z publikacji wynosił 60%. Tym



samym Doktorantka spełnia jeden z warunków stawianych kandydatom na stopień doktora – opanowania umiejętności prowadzenia pracy naukowej.

Podjęte przez doktorantkę i współautorów badania mają znaczenie w skali ogólnoeuropejskiej mimo, że były prowadzone tylko w obrębie Dolnego Śląska. W Unii Europejskiej użytki zielone należą bowiem do najważniejszych ekosystemów, gdyż stanowią one ok 30% siedlisk naturalnych i półnaturalnych, co plasuje je na drugim miejscu pod względem znaczenia po lasach. Współcześnie płaty półnaturalnych łąk położonych w krajobrazach rolniczych odgrywają kluczową rolę w zachowaniu bioróżnorodności jako siedliska dla różnych gatunków roślin i zwierząt tworzących specyficzne sieci troficzne. Ponadto półnaturalne ekosystemy łąkowe poprawiają właściwości gleby, regulując gruntowe i powierzchniowe warunki hydrologiczne oraz zwiększając sekwestrację węgla. Dzisiejszy krajobraz europejski został znacznie zmieniony przez dynamiczną działalność człowieka, a intensyfikacja rolnictwa rozpoczęta na początku XX wieku doprowadziła w efekcie do zmniejszenia powierzchni półnaturalnych łąk w Europie. Dla tego uważane są współcześnie za jedno z najważniejszych obiektów ochrony przyrody.

Czynniki wpływające na roślinność ekosystemów łąkowych zostały już w dużej mierze rozpoznane, na co wskazuje doktorantka wraz ze współautorami, jednak badania nad wpływem kompleksowego oddziaływania tych czynników na bioróżnorodność i strukturę roślinności w różnej skali przestrzennej były dotychczas rzadkie i zwykle ograniczały się do jednego rodzaju predyktora. Dla tego badania przeprowadzone przez doktorantkę, które uwzględniają jednocześnie wpływ wielu czynników są w tym kontekście nowatorskie. W badaniach postawiono hipotezę, że wszystkie rozpoznane czynniki (cechy środowiska, historia użytkowania, struktura przestrzenna płatów siedliska, warunki społeczno-gospodarcze, ciągłość siedliska) oddziałują na bogactwo gatunkowe i strukturę roślinności łąkowej. W kontekście bogactwa gatunkowego założono, że oddziaływanie to jest inne w odniesieniu do całkowitej puli wszystkich gatunków (SR) niż w odniesieniu do puli gatunków, które historycznie i ekologicznie były częścią badanych zbiorowisk łąkowych, tj. gatunków charakterystycznych (CHSR). Celem przedstawionej rozprawy było wskazanie najważniejszych czynników determinujących zarówno bogactwo gatunkowe jak i kompozycję gatunkową zbiorowisk łąkowych na obszarze województwa dolnośląskiego.

Badania zostały przeprowadzone w oparciu o dane fitosocjologiczne z Polskiej Bazy Danych o Roślinności, w skład których wchodziły również 102 autorskie zdjęcia fitosocjologiczne wykonane w zbiorowiskach łąkowych z klasy *Molinio-Arrhenatheretea*. Autorskie zdjęcia wykonano na obszarach, dla których brakowało danych w dotychczas zgromadzonych w bazie. Dane dotyczące zmiennych niezależnych zgromadzono również na podstawie dostępnych, odpowiednich baz danych.



Były to zmienne opisujące cechy klimatu, topografii, warunków glebowych, działalności człowieka, krajobrazu oraz czasu trwania siedliska. Do analiz relacji między zmiennymi zależnymi i niezależnymi zastosowano zaawansowane metody statystyczne. Najważniejsze czynniki wpływające na liczbę gatunków na poletku badawczym (SR) oraz na liczbę gatunków charakterystycznych dla łąk (CHSR) wytypowano za pomocą metody wzmocnionych drzew regresyjnych. Natomiast czynniki, które w największym stopniu wyjaśniają zróżnicowanie roślinności łąkowej wyselekcjonowano za pomocą analizy redundancji (RDA) z procedurą postępującej selekcji zmiennych oraz procedurą rozdzielania wariancji. Dodatkowo, do oceny wartości wyjaśnionej wariancji w analizie RDA zastosowano porównanie do nieograniczonej wariancji uzyskanej w analizie głównych składowych (PCA). Porównania grup łąk o różnym czasie trwania z uwagi na ich warunki siedliskowe dokonano za pomocą klasycznych metod statystycznych, spośród których wybrano nieparametryczny test Kruskala-Wallisa z testem post-hoc Dunna.

W pierwszej z prac, zaprezentowanej jako wyniki badań pt. *„Effect of environmental gradients, habitat continuity and spatial structure on vascular plant species richness in semi-natural grasslands”*, opublikowanej w 2020 roku w czasopiśmie *Agriculture, Ecosystems and Environment*, szukano odpowiedzi na pytania (1) jakie są środowiskowe predyktory SR i CHSR i w jakiej skali oddziałują? (2) jakie jest znaczenie ciągłości siedliska dla SR i CHSR? (3) jakie jest znaczenie struktury przestrzennej powierzchni roślinności dla SR i CHSR? oraz (4) jakie są kluczowe różnice między wzorcami SR i CHSR, i co te różnice oznaczają w kontekście ochrony przyrody? Do analiz wykorzystano 709 zdjęć fitosocjologicznych oraz 24 zmienne środowiskowe oceniane w różnych skalach przestrzennych, tj. w buforach o średnicy 0,05; 0,5; 2,5 i 5 km. W wyniku przeprowadzonych analiz pozytywnie zweryfikowano obie z postawionych hipotez badawczych, tj. stwierdzono wpływ badanych zmiennych niezależnych na bogactwo gatunkowe oraz zidentyfikowano różne grupy predyktorów w odniesieniu do kształtowania SR i CHSR w różnych skalach przestrzennych. Model SR kształtowany był w największym stopniu przez 11 zmiennych, które dotyczyły skali przestrzennej 0,5 i 5 km, a model CHSR przez 25 zmiennych, które oprócz wpływu zmiennych rozpatrywanych w powyższych skalach obejmowały również zmienne w skali 0,05 km. Jednocześnie wykazano silne powiązania pomiędzy poszczególnymi grupami czynników oraz rolę przestrzennej lokalizacji płatów, którą wiązać można m.in. z wpływem procesów biologicznych, jak dyspersja, zdarzenia losowe, czy interakcje międzygatunkowe. Negatywny wpływ na kształtowanie obu modeli bogactwa gatunkowego miały wskaźniki aktywności człowieka, tj. gęstość zaludnienia i dochód, co autorzy interpretowali jako negatywny efekt rozwoju przemysłu i intensyfikacji rolnictwa. Jednocześnie wskazywali na powiązanie z tymi czynnikami użytych w modelach zmiennych krajobrazowych,



glebowych (pH) i topograficznych. Ważny wydaje się być zidentyfikowany zestaw czynników kształtujący wyłącznie model CHSR. Doktorantka i współautorzy wykazali wzrost CHSR wraz ze wzrostem powierzchni łąk w promieniu 0,5 km, co wskazuje, że duże powierzchnie łąk w bliskim sąsiedztwie pozwalają na utrzymanie metapopulacji gatunków łąkowych. Kolejnym czynnikiem sprzyjającym większym wartościom CHSR było większe zróżnicowanie topograficzne na terenach wyżej położonych na południu badanego obszaru i większe zróżnicowanie wskaźnika wilgotności w małej skali (bufory 0,05 i 0,5 km). Poza tym, wielkość CHSR była wyższa na łąkach, które istniały w regionie przez ponad 60 lat, co potwierdza, że długoterminowa ciągłość siedlisk zwiększa prawdopodobieństwo występowania charakterystycznych gatunków, umożliwiając im przetrwanie i/lub zwiększając prawdopodobieństwo ich przybycia i zdomowienia się oraz wskazuje, że siedliska długotrwale występujące w środowisku mają wysoką wartość ekologiczną.

Druga z prac, prezentowanych jako wyniki badań, pt. „*Macroecological drivers of vascular plant species composition in semi-natural grasslands: A regional study from Lower Silesia (Poland)*”, opublikowana w 2022 roku w czasopiśmie *Science of the Total Environment* dotyczy wpływu zmiennych środowiskowych na kształtowanie kompozycji gatunkowej półnaturalnych łąk. Analizy wykonano bazując na 689 zdjęciach fitysocjologicznych reprezentujących klasę *Molinio-Arrhenathetretetea* i wykonanych w latach 2000-2018. Zestaw zmiennych środowiskowych był podobny, jak w pierwszej pracy, ale wszystkie oceniane były tylko w skali buforu o średnicy 0,5 km. W pracy postawiono tym razem pytanie w jaki sposób uwzględnione zmienne niezależne wpływają na kompozycję gatunkową. Uzyskane wyniki pozwoliły na pozytywnie zweryfikowanie hipotezy badawczej, że skład gatunkowy półnaturalnych łąk w skali regionalnej jest kształtowany przez szereg czynników, w tym klimat, topografię, warunki glebowe, strukturę krajobrazu, działalność człowieka, ciągłość siedlisk i strukturę przestrzenną. Ponadto pozwoliły na podkreślenie znaczenia interakcji między warunkami środowiskowymi a ciągłością siedliska i cechami krajobrazu. W badanym regionie najważniejszym środowiskowym determinantem składu gatunkowego roślin był klimat (temperatura i opady) ściśle związany z gradientem wysokości. Charakterystyki topograficzne takie, jak ukształtowanie terenu, lokalne zróżnicowanie terenu oraz warunki termiczne zależne od nasłonecznienia miały istotny wpływ na roślinność. Spośród czynników nie związanych z gradientem wysokości istotne były zawartość frakcji piaszczystej w glebie i wysycenie gleby kationami zasadowymi skorelowane z pH gleby, które zinterpretowano jako gradienty związane z żyznością siedliska. Stwierdzono również istotność zmiennych związanych ze strukturą przestrzenną krajobrazu, wskazujących na różnice w składzie gatunkowym między dużymi kompleksami łąk położonych w różnych dolinach i pasmach górskich Sudetów oraz różnice w składzie gatunkowym



między coraz mniejszymi skupiskami płątów łąk, które mogą odzwierciedlać efekt lokalnych różnic w formach gospodarowania i lokalnej izolacji. Czynnikiem istotnym w kształtowaniu składu gatunkowego była również ciągłość siedlisk w czasie. Niemniej jednak, skład gatunkowy łąk o różnej ciągłości siedliskowej był jednocześnie silnie uzależniony od warunków środowiskowych i uzyskane wyniki sugerują, że stare łąki w badanym rejonie utrzymywały się głównie w miejscach, gdzie wilgotność gleby, sezonowe podtopienia lub jedno i drugie utrudniały uprawę i wykluczały je z intensywniej produkcji rolnej. Stare łąki generalnie charakteryzowały się obecnością gatunków charakterystycznych dla siedlisk wilgotnych. Łąki zaklasyfikowane do średniej kategorii wiekowej występowały na terenach o średnim uwilgotnieniu, co doktorantka i współautorzy wiążą z przemianami rolnictwa po II wojnie światowej. Łąki najmłodsze nie były związane ze specyficznymi warunkami abiotycznymi, ale charakteryzowały się relatywnie dużym udziałem gatunków ruderalnych i synantropijnych. Istotne okazały się również zmienne związane z krajobrazem i aktywnością człowieka, tj. powierzchnia lasów i terenów zurbanizowanych a także dochód na osobę netto, ale ich znaczenie w kształtowaniu kompozycji gatunkowej jest trudne do jednoznacznego zinterpretowania.

Wyniki obu prac prowadzą do praktycznych implikacji dotyczących planowania ochrony półnaturalnych łąk. Po pierwsze wskazują na priorytetową rolę siedlisk starych, długotrwale występujących w krajobrazie, które pełnią szczególną rolę w zachowaniu puli gatunków i których ochrona powinna być traktowana priorytetowo. Po drugie wskazują na pomocną rolę oceny czynników środowiskowych działających w dużej skali, takich jak zmienne społeczno-ekonomiczne i struktura krajobrazu, w poprawie zrównoważonego gospodarowania użytkami zielonymi. Po trzecie wskazują na neutralne procesy, takie jak ograniczenie dyspersji, a także wydarzenia historyczne i stochastyczne, które powinny być brane pod uwagę przy planowaniu ochrony. Po czwarte na możliwość wykorzystania istniejących baz danych o roślinności i środowisku przy planowaniu ochrony w skali regionalnej.

W przypadku rozprawy doktorskiej opartej na pracach już opublikowanych recenzent ma ułatwione zadanie, gdyż każda z publikacji była już recenzowana przez przynajmniej dwóch recenzentów oraz redaktora. Oceniając całą rozprawę chciałbym podkreślić konsekwentnie zrealizowany plan realizacji celów badań, zastosowaną metodykę służącą do przygotowania zbiorów danych, zaawansowane techniki analityczne oraz odniesienie uzyskanych rezultatów do możliwego ich wykorzystania w praktycznych działaniach na rzecz ochrony bogactwa gatunkowego półnaturalnych łąk. Doktorantka przeprowadziła bardzo trudną generalizację informacji o roślinności w odniesieniu do szeroko rozumianych zmiennych środowiskowych. W moim przekonaniu jeszcze trudniejsza była interpretacja



uzyskanych zależności. W obu pracach dyskusja wyników jest bardzo ciekawa i wyczerpująca. Warto jest podkreślić to, że dyskusja uwzględnia również ograniczenia zastosowanej metodyki. W przypadku rozprawy opartej na publikacjach naukowych nie ma przyjętego standardu jeśli chodzi o układ pracy. Moim zdaniem Doktorantka poradziła sobie bardzo dobrze, uwzględniając zarówno część wstępną, jak i cel, złożoną metodykę pracy oraz podsumowanie. W podsumowaniu trafiły się drobne usterki edytorskie. W metodyce brakowało mi syntetycznej tabeli zestawiającej zmienne niezależne brane pod uwagę w analizach bogactwa gatunkowego (pierwsza praca) i kompozycji gatunków (druga praca). Przy tak wielu zmiennych uwzględnianych w modelach takie zestawienie ułatwiłoby czytelnikowi odbiór całości rozprawy. Oczywiście nie umniejsza to w żaden sposób wartości pracy.

Przechodząc do konkluzji, uważam, że mgr Małgorzata Wiktoria Raduła wykazała się zdolnością do skutecznego prowadzenia badań naukowych oraz dobrą umiejętnością opracowania wyników i przedstawienia ich w formie rozprawy naukowej. Dodatkowo Doktorantka wykazała się umiejętnością współpracy z innymi naukowcami, którzy są współautorami prezentowanych w ramach rozprawy publikacji.

Stwierdzam, że rozprawa „Wpływ warunków środowiskowych, historii użytkowania i struktury przestrzennej na zróżnicowanie łąk półnaturalnych Dolnego Śląska” spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim określone w art. 13 Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65 poz. 595 z późn. zmianami) i zwracam się do Rady Dyscypliny Naukowej Nauki Biologiczne Uniwersytetu Wrocławskiego o dopuszczenie Pani mgr Małgorzaty Wiktorii Raduły do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Jednocześnie ze względu na duży wkład badań w rozwój istniejącego stanu wiedzy na temat kompleksowego wpływu warunków środowiskowych, historii użytkowania i struktury przestrzennej na zróżnicowanie półnaturalnych łąk, potwierdzony ich opublikowaniem w najwyższych w rankingu czasopiśmie indeksowanych w bazie Journal Citation Report (Q1, Top10 wg. bazy Scopus), stawiam wniosek o wyróżnienie pracy stosowną nagrodą.

dr hab. Agnieszka Piernik, prof. UMK