

prof. dr hab. Arkadiusz Nowak

Warszawa, 20.01.2025 r.

PAN Ogród Botaniczny CZRB Warszawa-Powisin

email: arkadiusz.nowak@ob.pan.pl

#### RECENZJA

Rozprawy doktorskiej pt. „Zróżnicowanie nisz ekologicznych i wzorce rozmieszczenia inwazyjnych gatunków makrofitów jako klucz do ich zwalczania”

autorstwa Pana mgra **Mateusza Dragi**

wykonaną pod kierunkiem Promotora: dr hab. Macieja Gąbki, profesora UAM

na Wydziale Biologii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Przesłana mi do recenzji rozprawa doktorska mgra Mateusza Dragi jest interesującym opracowaniem o charakterze ekologiczno-florystycznym składającym się z pięciu spójnych tematycznie publikacji ujętych pod wspólnym tytułem *Zróżnicowanie nisz ekologicznych i wzorce rozmieszczenia inwazyjnych gatunków makrofitów jako klucz do ich zwalczania*. Cztery z nich są opublikowane, jedna w trakcie recenzji. Praca miała na celu: 1) ocenę składu gatunkowego obcych gatunków roślin wodnych, wzorców rozmieszczenia, zasobów i ich dynamiki z różnych typów ekosystemów wodnych, 2) wyznaczenie gradientów środowiskowych, względem których rozmieszczone są obce gatunki roślin wodnych w różnych typach ekosystemów wodnych, 3) przedstawienie najważniejszych parametrów abiotycznych wyjaśniających zróżnicowanie występowania obcych gatunków roślin wodnych i zmian czasowych ich siedlisk, 4) wyznaczenie modeli nisz siedliskowych poszczególnych gatunków obcych gatunków roślin wodnych. Praca jest dobrze przygotowana pod względem merytorycznym i formalnym. Jej główna treść, cele i metody są ściśle związane z klasycznymi i, co warto podkreślić, najlepszymi dostępnymi, metodami ekologicznymi stosowanymi w modelowaniu nisz, analizie inwazyjności czy w poszukiwaniu wzorców rozmieszczenia w środowisku przyrodniczym.

Doktorant wykonał pracę pod kierunkiem Promotora w znanym i uznanym zespole badaczy roślinności wodnej pracujących od wielu lat w poznańskim ośrodku botanicznym. Mimo, że wszystkie prace są we współautorstwie, to dobrze napisany wstęp oraz dyskusja autoreferatu wykazują, że Doktorant doskonale orientuje się w temacie i zasługuje na pierwsze miejsce wśród autorów poszczególnych prac (3 prace z pięciu, w pozostałych dwóch o charakterze wdrożeniowym na miejscu trzecim). W każdej z prac udział Autora jest wiodący lub istotny.

Praca jest przygotowana starannie i zrozumiale pod względem językowym i stylistycznym. Sposób cytacji, przedstawiania i formatowania rycin i tabel jest prawidłowy, atrakcyjny, zgodny z formatami poszczególnych czasopism lub ogólnymi zasadami przygotowywania manuskryptów z zakresu ekologii i botaniki. Praca zawiera 377 stron treści merytorycznej, w tym dwie opublikowane prace naukowe w czasopismach z listy JCR (Draga M. et al. 2024. Alien aquatic plants in Poland. Temporal and spatial distribution patterns and the effects of climate change. *Global Ecology and Conservation*, IF=3.5, oraz Draga M. et al. 2024. The beneficial effect of barley straw extract addition on the growth of two aquatic invasive alien species (*Elodea nuttallii* and *Cabomba caroliniana*) under laboratory conditions. *Biologia*, IF=1.4), jedną pracę w recenzji w czasopiśmie z listy JCR (Draga M. et al. Can invasive aquatic plants thrive in cold water and low light conditions? Implications for control - an experimental study. *Aquatic Invasions*; IF=2.2) oraz dwie publikacje o charakterze wdrożeniowym wydane przez wydawnictwo Generalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska w Warszawie (Gąbka M., Bryl Ł., Draga M. et al. 2022. Opracowanie metod zwalczania dla minimum 10 inwazyjnych gatunków obcych wraz z przeprowadzeniem działań pilotażowych w terenie. Kompendium dotyczące metod zwalczania kabomby karolińskiej (*Cabomba caroliniana*) oraz Gąbka M., Bryl Ł., Draga M., et al. 2022. Opracowanie metod zwalczania dla minimum 10 inwazyjnych gatunków obcych wraz z przeprowadzeniem działań pilotażowych w terenie. Kompendium dotyczące metod zwalczania moczarki delikatnej (*Elodea nuttallii*).

Autoreferat zawiera dobrze postawione pytania badawcze i jest zakończony bardzo zręcznie napisaną dyskusją, która wskazuje na duże zdolności interpretacji wyników Autora.

Rozprawa doktorska odpowiada na luki istniejące w dotychczasowym stanie wiedzy odnośnie rozprzestrzenienia, ekologii, biologii i zwalczania wodnych gatunków inwazyjnych w Polsce.

### **Tytuł i dobór tematu**

Biorąc pod uwagę dotychczasową wiedzę o wodnych roślinach inwazyjnych, w szczególności w odniesieniu do ich zwalczania i potencjału ekspansji w związku z zmianami klimatycznymi, należy z uznaniem odnieść się do wyboru tematu przez Doktoranta. Dodatkowo wartość wybranego tematu zwiększa fakt znaczenia siedlisk wodnych dla ochrony bioróżnorodności, zarówno roślin jak i zwierząt. Przygotowywana rozprawa jest znakomitym uzupełnieniem wiedzy o gatunkach inwazyjnych, ich biologii, ekologii oraz zagrożeniach z nimi związanych dla współwystępujących populacji roślin i zwierząt oraz siedlisk wodnych Polski i Środkowej Europy. Pomimo, że siedliska wodne pod względem zajmowanego areału nie są dominującym elementem w krajobrazie Środkowej Europy, to jednak mają ogromne znaczenie ekologiczne, stanowią unikalny typ roślinności i w związku z tym ich dokładne poznanie, w tym analiza wykształcenia w odniesieniu do historyczno-geograficznej kompozycji i dynamiki ma duże znaczenie konserwatorskie. Moja drobna uwaga dotyczy jedynie braku w tytule odniesienia geograficznego. Chodzi oczywiście o sytuację w Polsce, ewentualnie w Europie środkowej (na przykładzie Polski) i chyba taka informacja lepiej osadzałaby czytelnika w problematyce pracy. Sprawa ta jest o tyle istotna, że „inwazyjność” powinna być zawsze odnoszona do geografii, bo inaczej mielibyśmy kłopot z odróżnianiem co najmniej ekspansywności od inwazyjności.

### **Abstrakt**

Napisany poprawnie z uwzględnieniem najważniejszych wyników pracy. Drobne mankamenty stylistyczne i językowe to np. powtórzone słowa (poszczególnych gatunków obcych gatunków), złe końcówki (np. szybkim wzrost), niezbyt trafnie dobrane słowa (np. przedstawienie zamiast identyfikacja). Cały tekst odnosi się najprawdopodobniej do terytorium Polski, ale tego czytelnik nie dowie się z abstraktu. Czasem zdania są mało konkretne i stąd nie do końca zrozumiałe. Przykładowo zdanie „Poznanie biologii inwazyjnych gatunków obcych...” sugeruje, że Autor przebadał wszystkie, a przecież wiemy, że praca dotyczy jedynie wybranych, a poznanie biologii być może jeszcze węższej grupy. Dodatkowo zauważyłem drobne lapsusy językowe jak np. w pracy „...records of 15 neophytes of alien species...”, sugerujące, że wśród obcych gatunków są neofity, a przecież właśnie neofity to obce gatunki.

### **Wstęp**

Pierwsza część autoreferatu bardzo dobrze wprowadza do ogólnych zagadnień związanych z inwazjami roślin obcych lokalnym florom, zagrożeniami dla spójności i naturalności

ekosystemów i problemami z detekcją i zwalczaniem gatunków obcych. Możemy zapoznać się we wstępie z ważnymi kwestiami związanymi z biologią gatunków inwazyjnych, ale także z tematyką praktycznego wykorzystania wiedzy biologicznej i ekologicznej, w tym z prawodawstwem krajowym i unijnym w odniesieniu do ochrony przed wkraczaniem i rozprzestrzenianiem się gatunków inwazyjnych. W tej części pracy brakło mi jasnego stwierdzenia, czy badane gatunki są inwazyjne w Polsce, czy jedynie uznane za inwazyjne w Europie, a występujące także w Polsce (chyba chodzi o ten drugi przypadek).

W dalszej części wstępu do autoreferatu Doktorant zgrabnie przechodzi do specyficznej grupy gatunków, która jest przedmiotem jego eksperymentów i rozważań. W kilku akapitach przedstawia inwazyjne gatunki związane z ekosystemami wodnymi. W obu częściach wstępu cytowana jest właściwa literatura, aktualna i trafnie dobrana. Szkoda jedynie, że nie ma przytoczonej ani jednej pracy polskich autorów, mimo, że jest ich dość dużo (np. prace Dajdoka czy Tokarskiej-Guzik).

Wstęp zakończony jest dobrze postawionymi czterema pytaniami badawczymi, z których 3 pierwsze odnoszą się do ekologii, chorologii i uwarunkowań występowania w strefie umiarkowanego klimatu Europy środkowej, a ostatni dotyczy efektywnych sposobów zwalczania i ograniczania rozprzestrzeniania.

## **Metody**

Autor wybrał do swoich analiz cztery inwazyjne gatunki obce w Polsce: *Elodea nuttallii*, *Cabomba caroliniana*, *Azolla filiculoides* i *Vallisneria spiralis*. Aby odpowiedzieć na postawione pytania badawcze, Autor zaproponował metody stosowane powszechnie przez badaczy środowisk wodnych.

Analizy ekologiczne, w tym ocenę związku pomiędzy cechami pogodowo-klimatycznymi a zasięgiem i stanem populacji roślin inwazyjnych przeprowadzono z wykorzystaniem ordynacji redundancji (RDA) z selekcją najistotniejszych zmiennych środowiskowych i testem permutacyjnym Monte Carlo do oceny ich statystycznej istotności. Analizę RDA wykonano z wykorzystaniem pakietu CANOCO 5.0 (ter Braak i Šmilauer, 2012). Dodatkowo przeprowadzono klasyczne modelowanie GLM (uogólniony model liniowy) i GAM (uogólniony model addytywny) dla oceny wpływu minimalnej temperatury miesięcznej na rozmieszczenie roślin.

W celu określenia istotności różnic między różnymi typami siedlisk zastosowano nieparametryczny test Manna-Whitneya. Analizy statystyczne przeprowadzono przy użyciu pakietu statystycznego R 4.2.3 (R Development Core Team, 2023). Program R został także

wykorzystany do pobrania i połączenia wszystkich danych wykorzystanych w analizach, a także do tworzenia wykresów (pakiet ggplot2; Wickham, 2016). W analizie danych z eksperymentu akwakulturowego do porównywania średnich między grupami zastosowano także analizę ANOVA z testem post hoc Tukeya. Dane sprawdzono pod względem normalności rozkładu z wykorzystaniem testu Shapiro-Wilka, a homogeniczność danych testem Levena. Do porównywania różnych modeli statystycznych i wyboru najlepiej opisującego dane wybrano kryterium Akaike.

Zastosowano metodę maszynowego uczenia w odniesieniu do oceny stanu populacji *Azolla filiculoides* z wykorzystaniem barwnego spektrum pływających mat tej paproci. Metoda pozwoliła nie tylko identyfikować płyty *Azolla*, ale także w łatwy sposób oceniać fluktuację wielkości i stanu populacji rośliny.

W pracach eksperymentalnych wykorzystano zestawy akwariów z kontrolowanymi i sterowanymi natężeniami naświetlenia i temperaturą wody. Do pomiaru podstawowych parametrów fizycznych siedliska zastosowano wodoszczelne datalogery.

Wszystkie zastosowane metody uważam za dobrze dobrane i powszechnie stosowane w ekologii i ekologii roślinności. Moja uwaga do tej części dotyczy wpływu predyktora „liczba dni z opadem śniegu”. Nie wydaje mi się, że ma ona sens w badaniu wpływu zmiennych pogodowych i klimatycznych na makrofity wodne (choć jest istotna statystycznie w zbiorze danych wziętym do analiz). Poza tym z pewnością jest silnie skorelowana z temperaturą i opadem. Wydaje mi się, że inne predyktory mogą tu mieć większe znaczenie - np. liczba dni z pokrywą lodową czy przezroczystość wody.

Jest pewna nieścisłość w liczbie zastosowanych sposobów zwalczania. Autor podaje na s. 1. pięć, a na s. 13 sześć.

## **Wyniki i Dyskusja**

Dokonując oceny części wynikowej pracy wysoko oceniam przedstawione do oceny manuskrypty. Większość z nich to gotowe, opublikowane i co najważniejsze cytowane lub wykorzystywane przez innych badaczy prace, zatem trudno mi się do niej odnosić. Z pewnością przedstawiają wartościowe i kompletne opracowania naukowe odnoszące się do wielu aspektów występowania inwazyjnych gatunków roślin wodnych w Polsce.

Bardzo ważna w mojej opinii jest pierwsza praca w cyklu, które podsumowuje wiedzę o rozmieszczeniu inwazyjnych (lub potencjalnie inwazyjnych gatunków makrofitów w Polsce. Praca ma charakter niemal monograficzny i z pewnością będzie liczącym się co najmniej w

skali kraju osiągnięciem zespołu badawczego, do którego wielu Autorów będzie się długo odnosić.

Równie wartościowe są także prace wydane w ramach kompendium wiedzy o obcych makrofitach Polski. Bardzo szczegółowo odnoszą się one do aktualnych zagadnień związanych z identyfikacją i przede wszystkim zwalczaniem tych roślin w Polsce. Podają słowniczki i systematyzują komunikację w bardzo zawiłej i skomplikowanej nomenklaturze botanicznej i konserwatorskiej, co sprawia, że praca jest lepiej zrozumiała także dla niespecjalistów. Wrażenie robi zakres i rozmach przetestowanych metod zwalczania, choć zastanawia, dlaczego gatunki uznane za groźne dla lokalnej flory, stwierdzone tak rzadko w niewielkich zbiornikach wodnych wciąż w nich występują? Ciekaw jestem czy powodem tego jest jednak chęć pozostawienia przedmiotu badań do dalszych eksperymentów, czynniki finansowe, czy współwystępowanie gatunków inwazyjnych z innymi gatunkami o wysokiej wartości konserwatorskiej.

Nie mniej ciekawa jest praca dotycząca zastosowania słomy jęczmiennej do redukcji populacji dwóch inwazyjnych gatunków makrofitów. Słoma jęczmienna jest powszechnie stosowana jako prosta, opłacalna i nieszkodliwa metoda hamowania wzrostu fitoplanktonu. W badaniu tym dwa wysoce inwazyjne gatunki roślin *Cabomba caroliniana* i *Elodea nuttallii* poddano działaniu różnych stężeń ekstraktu ze słomy jęczmiennej (BSE) w warunkach laboratoryjnych. Nowym wynikiem i dość zaskakującym jest to, że zaobserwowano wzrost krzewienia i liczby międzywęźli dla niektórych stężeń ekstraktu. Pokazuje to, że znane metody należy testować w odniesieniu do wszystkich gatunków i rodzajów siedlisk, aby uniknąć efektu niezgodnego z oczekiwanym i jednocześnie o potencjalnie szkodliwym oddziaływaniu na środowisko.

Ostatnia praca, poruszająca zagadnienia wzrostu i utrzymywania się populacji taksonów inwazyjnych (*Elodea nuttallii*, *Cabomba caroliniana* i *Vallisneria spiralis*) w zależności od warunków świetlnych i temperatury ma duże znaczenie w kontekście zmian klimatycznych. Pokazuje ona, że w gatunki te, które występują w stosunkowo ciepłych i dobrze naświetlonych wodach Europy południowej i zachodniej, potrafią funkcjonować także w warunkach słabszego oświetlenia i niskich temperatur (ok. 7 stopni Celsjusza). Wynika z tego nie tylko ważna informacja o krytycznej roli temperatury dla rozprzestrzeniania się wodnych gatunków inwazyjnych na północ, ale także to, że duża część Europy staje się dogodnym obszarem do ekspansji lub inwazji.

## Konkluzja

Rozprawa doktorska mgra Mateusza Dragi jest dojrzałym studium ekologiczno-konserwatorskim traktującym o inwazyjnych gatunkach makrofitów wodnych występujących w konserwatorsko cennych, wodnych siedliskach Europy środkowej. Praca jest napisana z wykorzystaniem szerokiej i pełnej bazy danych florystycznych dla terenu Polski, oparta na własnych pomiarach biometrycznych i siedliskowych, i napisana z wykorzystaniem nowoczesnych metod analitycznych i statystycznych. Praca wykorzystuje pełen wachlarz metod badawczych od obserwacji, pracy na bazach danych, do eksperymentu, i w efekcie pozwala na wyciągnięcie ogólnych wniosków dotyczących biologii, ekologii i metod kontroli wybranych gatunków roślin wodnych. Jest przygotowana w zespole uznanych badaczy roślin wodnych z wiodącym udziałem Doktoranta. Praca jest oryginalnym i wartościowym opracowaniem zarówno pod względem poznawczo-naukowym, jak i praktycznym. Wnosi wiele nowych i ważnych informacji dla wiedzy o biologii, ekologii i reakcji na zabiegi konserwatorskie roślin wodnych obcych dla Europy środkowej. Jest pracą dobrze i głęboko osadzoną w najnowszych osiągnięciach ekologii dla regionu Środkowej Europy i ekosystemów wodnych. Praca pokazuje biegłość Doktoranta w stosowaniu klasycznych metod zbioru danych florystycznych i ekologicznych, uzupełnionych metodami numerycznymi i statystycznymi. Doktorant wykazał się gruntowną wiedzą i sprawnością w dyskutowaniu relacji ekologicznych, chorologicznych i siedliskowych w odniesieniu do grupy roślin związanych z unikalnymi ekosystemami wodnymi.

Do najistotniejszych osiągnięć poznawczych i aplikacyjnych pracy doktorskiej Pana Mateusza Dragi zaliczam:

- 1) Wskazanie, że temperatury zimowe są krytyczne dla tempa i zasięgu rozprzestrzeniania się wodnych gatunków inwazyjnych;
- 2) Identyfikacja ponad 300 stanowisk wodnych gatunków inwazyjnych w Polsce, w tym wciąż rzadkich i nieczęsto identyfikowanych, tj. *Lemna turionifera*, *L. minuta*, *Egeria densa*, *Lysichiton americanus*, *Pistia stratiotes*, *Pontederia crassipes*, *P. crassipes*, *Salvinia molesta*, *Hygrophila polysperma*, *Hydrilla verticillata*;
- 3) Pokazanie dynamiki zasięgów inwazyjnych gatunków wodnych w Polsce w okresie ostatnich 70 lat;
- 4) Eksperymentalne wykazanie wpływu zmian klimatycznych na dynamikę wzrostu populacji takich gatunków jak *Cabomba caroliniana*, *Elodea nuttallii*, *Azolla filiculoides* i *Vallisneria spiralis*;

5) Przetestowanie pięciu/sześciu metod zwalczania inwazyjnych gatunków wodnych;

6) Przygotowanie bazy danych inwazyjnych gatunków obcych w Polsce (MySQL);

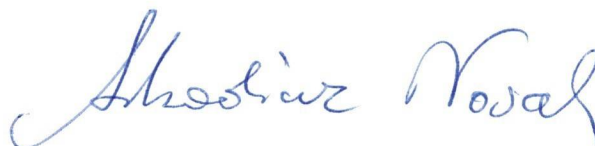
Z obowiązku recenzenta zwróciłem uwagę na szereg niedociągnięć i wątpliwości, które nie mają istotnego wpływu na moją wysoką ocenę pracy, ale powinny zostać przemyślane i ewentualnie uwzględnione przez Autora w jego dalszej karierze naukowca.

Recenzowana praca została bardzo dobrze przygotowana pod względem merytorycznym i formalnym, spełniając wszystkie warunki i wymagania stawiane pracom doktorskim, zgodnie z art. 187 ust. 1-2 Ustawy z 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym (tekst jednolity, Dz. U. 2014 poz. 1852).

Moja ostateczna ocena rozprawy doktorskiej mgr. Mateusza Dragi jest wysoka, zatem przedkładam Radzie Wydziału Nauk Biologicznych Uniwersytetu im. A. Mickiewicza wniosek o dopuszczenie Doktoranta do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Ze względu na znaczenie pracy dla ochrony ekosystemów wodnych Polski oraz na szeroki wachlarz zastosowanych metod badawczych uważam, że praca doktorska Pana mgr. Mateusza Dragi zasługuje na wyróżnienie.

Warszawa, 20 styczeń 2025 r.



/ prof. dr hab. Arkadiusz Nowak /