

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Barbary Benisiewicz
pt. „Badania wrażliwości drzew na suszę oraz wzrost koncentracji CO₂ z
wykorzystaniem izotopów stabilnych węgla oraz współczynnika efektywnego
wykorzystania wody”**

1. Temat i tytuł rozprawy doktorskiej oraz ocena układu rozprawy doktorskiej

Tytuł odpowiada treści rozprawy doktorskiej i został precyzyjnie zdefiniowany. Podjęty temat wpisuje się w nurt nowoczesnych badań obejmujących problemy związane z interakcją pomiędzy drzewami, a postępującymi zmianami klimatu. Oba problemy których dotyczy praca, czyli susze i wzrost koncentracji CO₂ w atmosferze należą do najważniejszych problemów środowiskowych występujących w tej chwili na świecie. Sekwestracja CO₂ przez drzewa stanowi chyba najważniejszy element tzw. ekosystem services zapewnianych przez lasy.

Na recenzowaną pracę doktorską skład się zbiór tematycznie powiązanych ze sobą artykułów naukowych, z których jeden ukazał się jako rozdział w monografii wydanej przez Politechnikę Śląską. Dwa zostały opublikowane się w czasopiśmie Geochronometria, a jeden w czasopiśmie Forest. Ostatnia, piąta publikacja, na etapie złożenia rozprawy znajdowała się w recenzji w opracowaniu „Ochrona klimatu i środowiska, nowoczesna energetyka – wybrana problematyka”. We wszystkich publikacjach składających się na cykl mgr inż. Barbara Benisiewicz jest pierwszą autorką, a jej udział w przygotowaniu poszczególnych publikacji był znaczący. Wprawdzie prace stanowiące cykl nie zostały opublikowane w najlepszych czasopismach światowych, ale w mojej opinii znaczący udział Doktorantki w prowadzonych badaniach i w efekcie w publikacjach jest ważniejszy niż bardzo wysoka ranga czasopisma. Zapewne na publikacje wyników badań w najbardziej prestiżowych czasopismach naukowych przyjdzie jeszcze czas. Nie mam także zastrzeżeń dotyczących układu poszerzonego streszczenia przedłożonego do recenzji. W pierwszej części przedstawiono cel, tezy oraz zakres pracy, w drugiej zaprezentowano wprowadzenie do tematyki badawczej. Streszczenie zamyka

podsumowanie wyników badań oraz podsumowanie wkładu własnego. Zwłaszcza ta ostanía, nieszablonowa część, jest wartościowa ponieważ pozwala ona rzetelną ocenę wkładu pracy Doktorantki w publikacje składające się na rozprawę doktorską.

2. Ocena celu, przyjętych tez i zakresu pracy

Cel pracy został zdefiniowany jako wykorzystanie proporcji stabilnych izotopów węgla ($\delta^{13}C$) w przyrostach rocznych drzew, jak również szerokości przyrostów rocznych oraz cech anatomicznych drewna do oceny wpływu zmieniającego się klimatu na wzrost drzew. Autorka szczególną uwagę poświęciła wpływowi susz na wzrost drzew będących w różnej kondycji zdrowotnej. Cel badań został określony precyzyjnie i obejmuje tematykę prac, które stanowią cykl artykułów przedłożony do recenzji. Przyjęte tezy zostały zweryfikowane w pracach stanowiących cykl publikacji. Pierwsza z tez czyli: „drzewa reagują na czynniki klimatyczne i środowiskowe” została jednak postawiona nieprecyzyjnie. Klimat to także czynnik środowiskowy, więc rozdzielanie czynników klimatycznych od środowiskowych jest niesłuszne. Należało wskazać konkretne czynniki i sytuacje środowiskowe, których dotyczy przyjęta teza. Obecna forma sugeruje czytelnikowi, że Doktorantka chciała udowodnić tezę o reakcji drzew na przykład na czynniki klimatyczne, podczas gdy teza ta została wielokrotnie wcześniej zweryfikowana. Kolejne dwie tezy stawiane w pracy („reakcja drzew w różnej kondycji zdrowotnej na czynniki klimatyczne i środowiskowe różni się” oraz „badania izotopowe oraz dendrochronologiczne mogą dostarczyć informacji o pogarszającym się stanie drzew znacznie wcześniej niż można to zaobserwować wizualnie”) są oryginalnymi pytaniami badawczymi, a ich weryfikację postrzegam jako bardzo ważny wkład do dyskusji o wrażliwości drzew na różne czynniki środowiskowe.

3. Ocena zastosowanych metod badawczych

Nie mam zastrzeżeń do metod badawczych zastosowanych w pracach stanowiących cykl badawczy. Doktorantka opanowała warsztat techniczny dotyczący badań dendrochronologicznych zarówno w aspekcie analizy zmienności cech szerokości przyrostów rocznych, cech anatomii drewna, jak i wykorzystania proporcji stabilnych izotopów węgla ($\delta^{13}C$) w przyrostach rocznych. W poszerzonym streszczeniu metodę dendrochronologiczną i izotopową opisano w podrozdziałach zatytułowanych: „Dendrochronologia i anatomia drewna” i „izotopy węgla”. Tytuły oraz zawartość tych podrozdziałów mają charakter książkowy i nie nawiązują do wartościowych badań przeprowadzonych przez Doktorantkę. Opisane są w nich pewne podstawowe prawdy dotyczące metod badawczych, a bardziej trafna byłaby np.

dyskusja dotycząca zapisu w przyrostach rocznych różnych bodźców środowiskowych, w tym także tych badanych przez Doktorantkę. Być może przyjęcie takiego stylu opisu miało na celu dotarcie do szerszej grupy odbiorców niezaznajomionych z podstawowymi informacjami dotyczącymi metod badawczych. Jednak kosztem takiego podejścia w streszczeniu brakuje wielu wartościowych wątków badawczych zawartych w poszczególnych publikacjach cyklu.

Autorka w podrozdziale „Dendrochronologia i anatomia drewna” pisze o zmianach anatomii drewna drzew, które odzwierciedlają zmiany środowiskowe. Wymienia tu główne, jej zdaniem, zmiany w anatomii drewna czyli rozmiar komórek, ich kształt i ilość, podczas gdy do bardzo często wykorzystywanych w badaniach środowiskowych cech anatomii drewna należą także drewno kompresyjne i kanały żywiczne.

Za bardzo ważny zabieg badawczy postrzegam podzielenie populacji drzew, które były przedmiotem badania, na te rosnące w pobliżu źródła zanieczyszczenia powietrza i poza bezpośrednim wpływem zanieczyszczenia (lasy Nadleśnictwa Świerklaniec i lasy Nadleśnictwa Opole), oraz na uszkodzone i będące w dobrej kondycji zdrowotnej. Taki podział pozwolił na zaobserwowanie różnic w szerokości przyrostów rocznych, anatomii drewna, izotopu węgla ($\delta^{13}\text{C}$) wśród drzew rosnących w różnych warunkach, będących pod wpływem oddziaływania różnych bodźców środowiskowych.

4. Ocena uzyskanych wyników badań i ich opisu

W pierwszej z przedstawionych publikacji (Benisiewicz, Pawełczyk i Kłusek, 2022) zatytułowanej „Comparative analysis of healthy and withering *Pinus sylvestris* L. trees, considering the tree ring width”, Doktorantka porównuje wzrost radialny dwóch drzew, chorego i zdrowego oraz podejmuje próbę porównania szerokości przyrostów rocznych z opadami i temperaturami powietrza. Zaskakujące jest, że podstawą tego porównania są dwa drzewa, podczas gdy zwykle badania dendroklimatyczne obejmują populacje wielu drzew. Duża ilość drzew brana pod uwagę w badaniach pozwala ograniczyć rolę zaburzeń wzrostu wynikających z różnych osobniczych zaburzeń wewnętrznych (np. genetycznych) i zewnętrznych (np. wpływu insektów). Jednak w trakcie zapoznawania się z kolejnymi publikacjami zrozumiałem, że Doktorantka publikowała prace w miarę pozyskiwania materiału badawczego, pogłębiając jednocześnie swoją wiedzę. Ostatecznie nie mam zastrzeżeń do tej przyjętej przez Doktorantkę strategii. Zgadza się, że rozpoczynając badania dendrochronologiczne należy przyglądać się najpierw wzrostowi pojedynczych drzew, a później dopiero uogólniać i stosować narzędzia statystyczne. Gdy rozpoczynamy badania od zastosowania skomplikowanych badań statystycznych celem porównania wzrostu radialnego drzew i czynników klimatycznych, często umyka nam wiele szczegółów pozwalających zrozumieć zaburzenia wzrostu drzew.

W kolejnej publikacji (Benisiewicz, Pawełczyk i Kłusek, 2023) zatytułowanej „ $\delta^{13}\text{C}$ and Intrinsic Water Use Efficiency for Trees in Various Health Conditions—Case Study for Świerklaniec Forest District Forest District)”, badania Doktorantki stają się bardziej zaawansowane. Przedstawia ona swoją lokalną skalę dendrochronologiczną, wyznacza rzeczywistą efektywność wykorzystania wody przez dwa badane drzewa oraz dołącza wyniki badań izotopowych. Doktorantka zwraca uwagę na opisywaną we wcześniejszych pracach odwrotną proporcjonalność pomiędzy wzrostem radialnym drzew rosnących wokół huty cynku w Miasteczku Śląskim, a emisją dwutlenku siarki z huty. Oryginalne natomiast jest spostrzeżenie dotyczące różnicy w wartościach $\delta^{13}\text{C}$ i rzeczywistej efektywności wykorzystania wody między drzewem zdrowym, a uszkodzonym, które wystąpiły w latach dużej emisji SO_2 . Doktorantka różnice te tłumaczy zwiększoną wrażliwością drzewa uszkodzonego na emitowane zanieczyszczenia w porównaniu z drzewem zdrowym.

Trzecia publikacja z cyklu (Benisiewicz, Pawełczyk, Niccoli, Kabala i Battipaglia, 2023) zatytułowana „Investigation of Trees' Sensitivity to Drought: a Case Study in the Opole Region, Poland” dotyczy badania wrażliwości drzew rosnących w Nadleśnictwie Opole na susze. Doktorantka bada w pracy dwie grupy drzew, grupę drzew chorych i zdrowych. Z przeprowadzonych badań wynika, że drzewa chore wykazują dużą wrażliwość na wilgotność, co wskazuje na ich większe zapotrzebowanie na wodę do wzrostu. Doktorantka udowadnia przyjętą tezę nie tylko poprzez pomiary przyrostów rocznych, ale także poprzez badania anatomii drewna drzew, analizując zmiany grubości ścian komórkowych i powierzchnie światła komórek drewna. W pracy tej uzyskano oryginalne, ciekawe wyniki badań, które dyskutowane są na forum międzynarodowym, o czym świadczą pierwsze cytowania tej pracy. W poszerzonym streszczeniu Doktorantka stwierdza: ”Zakres badań obejmuje pomiary dendrochronologiczne, analizę anatomii drewna oraz analizę korelacji między wzrostem drzew gatunku *Pinus sylvestris* L. należących do 2 grup: zdrowych i uszkodzonych, a czynnikami klimatycznymi. Wszystkie poddane analizie drzewa były w podobnym wieku i rosły w niewielkich odległościach od siebie (1-500m). Wykluczono więc hipotezę, że wzrost drzew uszkodzonych został zaburzony przez dodatkowy czynnik zewnętrzny.” Autorka nie analizowała jednak możliwości wpływu czynników zewnętrznych na wzrost drzew, a wpływ takich czynników zawsze może mieć miejsce w postaci na przykład zanieczyszczenia powietrza, okiści, gradacji owadów itp. Analiza tych czynników nie została w publikacji przeprowadzona, co jest zresztą bardzo trudne, ponieważ obserwacje występowania tych czynników często nie są prowadzone w sposób systematyczny, w przeciwieństwie do obserwacji i pomiarów klimatu. Podobny wiek drzew i ich wzrost w bliskiej odległości względem siebie nie wyklucza oddziaływania innych czynników na przyrost radialny całej badanej populacji drzew i pojedynczych osobników.

Czwarta publikacja z cyklu jest kontynuacją publikacji trzeciej (Benisiewicz, Pawełczyk, Niccoli, Kabala, Battipaglia, 2024) i nosi tytuł „Drought Impact on Eco-Physiological Responses and Growth Performance of Healthy and Declining *Pinus sylvestris* L. Trees Growing in a Dry Area of Southern Poland”. W jej ramach Doktorantka poszerza swoje badania o wyliczenie współczynników wrażliwości na suszę, analizę korelacji między $\delta^{13}C$, a danymi meteorologicznymi. Na tym etapie znacznie poszerzono wachlarz stosowanych metod badawczych i sposobów interpretacji wyników, na co z pewnością wpływ miało nawiązanie współpracy z prof. Giovanną Battipaglia. Był to na pewno ważny krok w rozwoju naukowym Doktorantki. W ostatniej z publikacji stanowiących recenzowany cykl (Benisiewicz, Pawełczyk) zatytułowanej „Do trees affected by drought are sensitive to rising atmospheric carbon dioxide concentration?” Doktorantka sprawdza czy wysokie koncentracje atmosferycznego dwutlenku węgla, obserwowane w okresie objętym analizami (1975-2021), wywierają wpływ na drzewa *Pinus sylvestris* L. rosnące na terenach dotkniętych suszą. Doktorantka wskazuje, że drzewa mogą osiągać fizjologiczny limit, umożliwiając przystosowanie się do większej ilości atmosferycznego dwutlenku węgla, powyżej którego rosnące jego stężenie nie oddziałuje już na drzewa.

Włączenie do rozszerzonego streszczenia opisu wkładu i udziału Doktorantki w badania i publikacje uważam za bardzo dobry zabieg uwypuklający i dokumentujący jej pracę nad rozprawą doktorską. Lista osiągnięć i kolejnych kroków w opracowywaniu publikacji tworzących rozprawę doktorską może imponować. Opis ten jednoznacznie przekonuje o zdecydowanie dominującej roli mgr inż. Barbary Benisiewicz w badaniach przeprowadzonych w ramach przygotowania recenzowanej pracy doktorskiej.

W zakresie oceny piśmiennictwa zastosowanego w ramach rozprawy doktorskiej nie mam zastrzeżeń do sposobu i ilości cytowanych prac. Doktorantka w przyszłości być może zacznie postrzegać wzrost drzew jak wypadkową wielu różnych czynników środowiskowych. Wtedy być może przyjdzie czas na publikacje dotyczące szerokiego spektrum czynników środowiskowych kształtujących ostatecznie szerokość przyrostów rocznych drzew. W wszystkich badaniach nad kształtowaniem przyrostów zakładamy często z góry dominujący wpływ jednego czynnika środowiskowego na wzrost radialny drzew. Zwykle jest to jednak cały kompleks nawet kilkudziesięciu różnych bodźców środowiskowych oddziałujących na drzewa w czasie ich wzrostu.