

dr. hab. Marcin K. Dyderski, prof. ID PAN
Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk
Parkowa 5, 62-035
e-mail: mdyderski@man.poznan.pl

Kórnik, 29 maja 2024 r.

Recenzja

Rozprawy doktorskiej Pana mgr. Hoang Duong Xo Vieta, zatytułowanej „Effect of stand density and site conditions on growth and productivity of oak in Poland”, przygotowanej w Katedrze Zarządzania Zasobami Leśnymi na Wydziale Leśnym Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie im. Hugona Kołłątaja, pod kierunkiem prof. dr. hab. Jarosława Sochy. Podstawą prawną wykonania recenzji jest Uchwała nr 25/2024 Rady Naukowej Dyscypliny Nauki Leśne Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie im. Hugona Kołłątaja z dnia 26. kwietnia 2024 r.

Wstęp

Globalne zmiany środowiskowe są jednym z największych zagrożeń dla ochrony przyrody i gospodarki leśnej. W obliczu zmian zasięgów geograficznych gatunków drzew i zmieniających się warunków siedliskowych, ocena warunków wzrostu kluczowych, lasotwórczych gatunków drzew jest pilną potrzebą dla ekologii i gospodarki leśnej. Rozpoznanie mechanizmów odpowiedzialnych za wzrost drzewostanów i produktywność siedlisk jest kluczowe dla zarządzania lasami, pozwalając przewidywać tempo wzrostu drzewostanów i monitorować reakcje drzewostanów na zmiany środowiskowe. Taka wiedza jest fundamentalna dla efektywnego podejmowania decyzji w zarządzaniu lasami, umożliwiając interesariuszom ocenę długoterminowych skutków czynników środowiskowych na drzewostan.

Celem rozprawy było zidentyfikowanie czynników wpływających na produktywność dębu w Polsce oraz dostarczenie narzędzi ilościowych pozwalających przewidywać przyrosty dębów w różnych gradientach warunków klimatycznych, edaficznych i dendrometrycznych drzewostanów dębowych. Doktorant skorzystał z danych z Wielkoobszarowej Inwentaryzacji Stanu Lasu z lat 2005-2019, co umożliwiło opracowanie matematycznych modeli produktywności siedlisk i przyrostów miąższości. Nowe modele uwzględniające aktualne warunki stanowią nową jakość w zarządzaniu

lasami i planowaniu ochrony, dlatego cele i wnioski z pracy doktorskiej są cenne i pożądane zarówno przez naukowców, jak i praktyków.

Struktura pracy i ocena formalna

Zasadniczą część rozprawy doktorskiej przedstawionej do oceny stanowią trzy opublikowane artykuły naukowe:

Viet, H. D. X., Tymińska-Czabańska, L., Socha, J. (2022). Drivers of site productivity for oak in Poland. *Dendrobiology*, 88, 81–93.

Viet, H. D. X., Tymińska-Czabańska, L., Socha, J. (2023). Modeling the Effect of Stand Characteristics on Oak Volume Increment in Poland Using Generalized Additive Models. *Forests*, 14(1), 123.

Viet, H. D. X., Tymińska-Czabańska, L., Konopa, S., Socha, J. (2024). Effect of stand characteristics and environmental factors on the volume increment of Oak in Poland, *Sylvan*, 168(2): 71–91.

Wszystkie trzy prace opublikowano w czasopismach indeksowanych przez bazę Web of Science, posiadających umiarkowane wartości wskaźnika Impact Factor (odpowiednio 1,0, 3,0, i 0,7). Czasopisma te są bardzo ważne dla nauk leśnych oraz dla praktyków ponieważ publikują prace z szerokiego zakresu tematycznego związanego z gospodarką leśną i ochroną przyrody. Opublikowana forma rozprawy wskazuje, że doktorant nie tylko wykonał wszystkie zadania badawcze, ale także przygotował manuskrypty, przeszedł proces recenzji oraz rozpowszechnił wyniki swoich badań.

Wszystkie przedstawione artykuły zostały napisane przez trzy (lub w przypadku jednego artykułu – cztery) osoby, w tym promotora. W każdym artykule Pan mgr Hoang Duong Xo Viet jest pierwszym autorem, a w dwóch z nich także autorem korespondencyjnym. Wkład Doktoranta w te artykuły wynosi od 75% do 80%. Zgodnie z oświadczeniami w artykułach, Pan mgr Hoang Duong Xo Viet był odpowiedzialny za konceptualizację, metodologię, walidację, wizualizację, przygotowanie pierwszych wersji maszynopisów oraz ich poprawę, a także za przygotowanie odpowiedzi dla recenzentów i redaktorów. Procentowy wkład współautorów został potwierdzony w oświadczeniach dołączonych do rozprawy.

Rozprawa doktorska rozpoczyna się stroną tytułową, po której następują streszczenia w języku angielskim i polskim, spis treści, 11 stron streszczenia, lista 94 odniesień literaturowych, trzy artykuły naukowe oraz oświadczenia współautorów dotyczące ich wkładu. Wybór literatury jest odpowiedni: zawiera zarówno najnowsze badania z czołowych czasopism w tej dziedzinie, jak i starsze, klasyczne prace. Świadczy to o bardzo dobrej orientacji Doktoranta w stanie wiedzy na temat badanego zagadnienia.

Zakres badań i metody

Głównym celem rozprawy było przeanalizowanie wpływu cech drzewostanu i siedliska na produktywność dębu, wyrażoną przez przyrost miąższości i wskaźnik bonitacji. Pan mgr Hoang Duong Xo Viet postawił trzy hipotezy: (H1) wykorzystanie dostępnych danych GIS charakteryzujących warunki środowiskowe w połączeniu z danymi o cechach drzewostanu pozwoli na opracowanie odpowiednich modeli produktywności siedliska; (H2) warunki siedliskowe wpłyną na relację między przyrostem miąższości a cechami drzewostanu, poprawiając dokładność modeli przyrostowych; oraz (H3) obserwowane zmiany warunków siedliskowych doprowadzą do zmian w produktywności siedlisk. Doktorant wykorzystał zestaw powierzchni WISL, reprezentujących cały zasięg geograficzny dębów w Polsce, których wybór w terenie był dopracowany w oparciu o rygorystyczne założenia metodologiczne. Tak duża próba jest doskonałym materiałem do analizy trendów w szerszej skali. Jedną z kwestii, które są dla mnie niejasne jest powód, dla którego do poszczególnych badań używano różnych podzbiorów powierzchni. Nie jest to moim zdaniem mankament pracy, lecz powstaje pytanie o kryteria wyboru powierzchni. Przypuszczam, że dla każdego badania, odpowiadającego na konkretne pytania badawcze, odpowiednie były różne zestawy powierzchni. Liczę na to, że podczas obrony rozprawy doktorskiej uzyskam odpowiedź na to pytanie.

Pan mgr Hoang Duong Xo Viet wybrał uogólnione modele addytywne (GAM) jako główne narzędzie do rozwiązania problemów badawczych przedstawionych w dysertacji. Doktorant uzasadnił użycie tego narzędzia jako kompromis między mocą predykcyjną uczenia maszynowego a formalną parametryzacją modeli liniowych. Sposób opisywania możliwości i ograniczeń GAM oraz precyzja w stosowaniu tych narzędzi wskazują na doskonały warsztat metodyczny Pana mgr. Hoang Duong Xo Vieta. Użycie GAM bywa trudne, ponieważ metoda ta może prowadzić do nadmiernego dopasowania modelu do danych (*overfitting*). Oznacza to, że modele mogą być dobrze dopasowane do danych

wejściowych, zwłaszcza ze względu na elastyczność krzywych odpowiedzi. Jednak Pan mgr Hoang Duong Xo Viet zapobiegł temu ryzyku, włączając wewnętrzną, 10-krotną walidację krzyżową, co zwiększyło transferowalność modeli. Zastanawiam się jednak, dlaczego doktorant nie ograniczył maksymalnej liczby punktów przegięcia w krzywych sklejanym w modelach, ustawiając maksymalną efektywną liczbę stopni swobody (e.d.f.) na niższą wartość, np. $k=3$. W opublikowanych modelach krzywe cząstkowych zależności nie wskazywały jednak na problemy z nadmiernym dopasowaniem do zbioru treningowego (nieoczekiwane lokalne minima lub maksima), wskazując na skuteczność walidacji krzyżowej. Z tego względu nie stanowi to mankamentu pracy. Podczas obrony chciałbym dowiedzieć się co Doktorant sądzi na temat ograniczania maksymalnej efektywnej liczby stopni swobody w krzywych sklejanym i jak mogłoby to wpłynąć na wyniki.

Mam kilka pytań dotyczących metody budowania modelu. Doktorant rozpoczął od prostego modelu z kilkoma predyktorami, ocenianego na podstawie wartości p (*p-values*). W ostatnich latach coraz więcej badaczy wskazuje na ograniczenia związane z używaniem p -values jako kryterium oceny czy model jest poprawny, zwłaszcza ze względu na fakt, że wartości p są wrażliwe na wielkość próby (zob. oświadczenie American Statisticians Associations na temat wartości p z 2016 roku). W przypadku małej próby może to prowadzić do odrzucenia biologicznie istotnych trendów, podczas gdy w dużych próbach – do zatwierdzenia biologicznie bezsensownych wyników. W rozprawie doktorskiej interpretacja wpływu predyktorów opiera się na znaczeniu zmiennych i wielkościach efektów, zgodnie z najnowszym podejściem, rekomendowanym przez ASA. Mimo to wartości p zostały użyte jako kryterium wyboru zmiennych w modelu. Alternatywne podejście opiera się na kryterium informacyjnym Akaikego (AIC), które waży ilość wyjaśnionej wariancji liczbą predyktorów. Podczas obrony chciałbym dowiedzieć się jak Doktorant widzi potencjalne wady i zalety podejścia opartego na analizie wariancji (ANOVA) oraz podejścia opartego na AIC.

Pan mgr Hoang Duong Xo Viet wykazał się dobrą umiejętnością tworzenia modeli, uwzględniając współliniowość za pomocą współczynników inflacji wariancji i pokazując cząstkowe odpowiedzi na poszczególne zmienne oraz ich znaczenie. Wiele badań traktuje modele jako czarne skrzynki, bez wglądu w mechanizmy modelu, co utrudnia ich ekologiczną interpretację. Tutaj możemy zobaczyć staranną interpretację poszczególnych

zmiennych, co jest kluczowe dla zastosowania złożonych modeli w badaniach ekologicznych. Jest to szczególnie ważne w przypadku zmiennych bioklimatycznych, pochodzących z tego samego zestawu początkowych pomiarów, a zatem silnie ze sobą skorelowanych. Oprócz skupiania się wyłącznie na wartościach p i znakach współczynników dla poszczególnych predyktorów, Doktorant przedstawił wielkości efektów – o ile zmienia się zmienna zależna wraz ze wzrostem konkretnego predyktora o jednostkę. Pan mgr Hoang Duong Xo Viet zaprezentował nie tylko standardowe statystyki dla GAM, ale także RMSE (średni błąd kwadratowy) i MAE (średni błąd bezwzględny), które są kluczowe dla oceny przydatności modelu w praktyce. Uważam że takie podejście szczególnie wyróżnia się na tle badań z użyciem GAM publikowanych przez wielu badaczy.

W rozprawie Doktorant potraktował dwa rodzime gatunki dębu (*Q. robur* i *Q. petraea*) łącznie, niezależnie od różnic w ich biologii i ekologii. Było to wymuszone przez taksonomiczną rozdzielczość danych WISL, która w wielu miejscach traktuje oba dęby jako jedną pozycję. Te dwa gatunki różnią się tolerancją na suszę i zasięgiem geograficznym. Dlatego chciałbym wiedzieć, jakie różnice w odpowiedziach między tymi dwoma gatunkami Doktorant by przewidywał, gdyby miał dane zawierające szczegółowe informacje o gatunkach drzew.

Wyniki i ich znaczenie

W pierwszej publikacji Autorzy opracowali model oceniający produktywność siedlisk dębu w Polsce, uwzględniając różne warunki siedliskowe i wiek drzewostanów dębowych. Produktywność siedlisk, wyrażona przez wskaźnik bonitacji, została wyjaśniona przez cechy drzewostanów oraz zmienne środowiskowe. Badanie ujawniło znaczną korelację między wskaźnikiem bonitacji a czynnikami klimatycznymi, przy czym średnia roczna temperatura miała największy wpływ na zmienną objaśnianą. Niewielki wzrost średniej rocznej temperatury nieznacznie obniżył wskaźnik bonitacji. Ponadto wskaźnik ten był skorelowany z wysokością nad poziomem morza, wykazując trend wzrostowy na wysokościach poniżej 200 m. Autorzy wykazali również zmienność wskaźnika siedliskowego w ramach typów gleby i geologii. Oprócz czynników środowiskowych, ważne były również cechy drzewostanów. Praca potwierdziła związek między wskaźnikiem bonitacji a zagęszczeniem drzewostanu. Wskaźnik bonitacji wzrastał wraz ze wzrostem zagęszczenia do poziomu 1000 szt. ha⁻¹, powyżej zaś tej

wartości nie zmieniał się. Ponadto, trend związany z wiekiem drzewostanu sugerował wyższy wskaźnik bonitacji w młodszych drzewostanach. Zdaniem autorów, podkreśla to rosnące znaczenie dębu w polskich lasach. Pozytywny związek między wskaźnikiem bonitacji a średnią temperaturą najcieplejszego kwartału jest zgodny z wielkoskalowymi modelami bioklimatycznymi, wskazującymi na zdolność dębów w Polsce do trwania w warunkach zmian klimatycznych. Opracowany model wyjaśnił 55,1% zmienności wskaźnika bonitacji, ze średnim błędem bezwzględnym wynoszącym 2,40 m i średnim błędem kwadratowym (RMSE) wynoszącym 3,14 m. Wyjaśnienie ponad połowy zmienności w tak dużym i niejednorodnym zestawie danych jest, moim zdaniem, bardzo dobrym wynikiem, a dokładność modelu, wyrażona przez błędy, również jest wysoka.

W drugim artykule autorzy ocenili czynniki determinujące okresowy roczny przyrost miąższości (PAIv), wykorzystując wiek drzewostanu, wysokość, pole powierzchni przekroju pierśnicowego oraz indeks zagęszczenia (*relative spacing index*) jako predyktory. Autorzy wykazali, że PAIv maleje wraz z wzrostem wieku drzewostanu. Zwrócili uwagę, że w każdym 20-letnim okresie obserwowano spadek PAIv o około $1,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$, jednak ten spadek nie zmniejszał się dalej w drzewostanach starszych niż 100 lat. W przeciwieństwie do tego autorzy znaleźli dodatnią korelację między wysokością a PAIv, ze szczególnie dużym przyrostem PAIc w zakresie wysokości od 25 do 38 m. Wpływ pola powierzchni przekroju pierśnicowego drzewostanu na PAIv był znacznie większy niż *relative spacing index*. Wykazano że PAIv zwiększa się wraz ze zwiększającym się polem powierzchni przekroju pierśnicowego powyżej $30 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ i *relative spacing index* powyżej 30%. Dodatkowo, Autorzy podkreślili efektywność modelu przyrostu objętości z czterema głównymi predyktorami (wiek, wysokość, pole powierzchni przekroju pierśnicowego i *relative spacing index*), wykazującym największą moc predykcyjną i najniższy błąd. Ten model wyjaśnił 64,6% zmienności PAIv, przy średnim błędzie bezwzględnym wynoszącym $1,80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ i RMSE wynoszącym $2,35 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$. Ponownie, te wartości wskazują na wysoką dokładność i przydatność modelu.

W trzecim artykule Autorzy rozszerzyli zakres drugiej poprzedniej pracy, uwzględniając w modelach nie tylko cechy drzewostanu, ale także klimat i topografię. Model ujawnił, że wiek drzewostanu i pole powierzchni przekroju pierśnicowego były głównymi determinantami PAIv. Wykazali, że PAIv zmniejszał się wraz z wzrostem wieku

drzewostanu, jednak tempo tego spadku zmniejszało się w drzewostanach starszych niż 100 lat. Ponadto, PAIv wzrastał o około $3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ wraz z wzrostem pola powierzchni przekroju pierśnicowego o $10 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$. Większa maksymalna wysokość drzewostanu powodowała zwiększanie się PAIv, jednakże ten efekt stawał się znikomy po przekroczeniu maksymalnej wysokości powyżej 30 m. W pracy wykazano jedynie niewielki wpływ temperatury i opadów, w przeciwieństwie do typów gleby które miały większe znaczenie. Ponadto, Autorzy podkreślili rolę warunków regionalnych, wyrażoną wzrostem skorygowanego współczynnika determinacji R^2 z 0,438 w ogólnym modelu do 0,474-0,644 w poszczególnych krainach przyrodniczo-leśnych.

Podsumowanie

Zaprezentowana do oceny rozprawa doktorska stanowi znaczący postęp w zrozumieniu i modelowaniu dynamiki drzewostanów dębowych w Polsce, ze szczególnym uwzględnieniem produktywności siedlisk i przyrostu miąższości. Największym osiągnięciem jest opracowanie złożonych modeli matematycznych, opartych na obszernych danych z WISL, oferujących wgląd w wieloaspektowe czynniki wpływające na produktywność siedlisk. Ten model uwzględniał nie tylko typowe determinanty związane z cechami drzewostanu, ale także makroekologiczne czynniki, takie jak klimat, gleba i topografia. Istotnym wnioskiem wynikającym z analizy trendu wieku wskaźnika bonitacji jest wskazanie na spójny wzrostowy trend produktywności dębu w czasie. Ten wniosek ma głębokie implikacje, sugerując rosnące znaczenie dębów w polskich lasach w przyszłości. Jest to zgodne z przewidywaniami wielkoskalowych modeli, opartych jednak tylko na danych o obecności gatunku, a nie uwzględniających tempa wzrostu. W ten sposób wyniki przedstawione w dysertacji poszerzają nasze zrozumienie wpływu zmian klimatycznych na lasy. Doktorant opracował także modele dla PAIv, określając główne determinanty, wykazując duże znaczenie wieku drzewostanu, maksymalnej wysokości, pola powierzchni przekroju pierśnicowego i *relative spacing index*. Pomoże to przewidywać przyszłe przyrosty miąższości, co jest istotne dla oceny rozwoju lasu i określenia produkcji drewna i biomasy, a także potencjału sekwestracji CO₂. Wyniki badań mogą pomóc w opracowaniu strategii adaptacyjnych w warunkach zmieniającego się klimatu. Uważam że efekty badań przedstawione w dysertacji stanowią solidne podstawy do opracowania praktyk zrównoważonego zarządzania lasami, dostosowanych do dynamicznych warunków siedliskowych. Wszystkie modele zostały przygotowane

z dużą starannością, omijając potencjalne zagrożenia związane z zastosowanymi metodami, a także właściwie omówione w artykułach składających się na prezentowaną rozprawę doktorską.

Konkluzja

Po zapoznaniu się z przedstawioną do oceny rozprawą doktorską Pana mgr. Hoang Duong Xo Vieta, analizie poprawności metodycznej, znaczenia ekologicznego wyników oraz potencjału aplikacyjnego wniosków stwierdzam że prezentowana praca spełnia warunki określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2023 r. poz. 742 ze zm.) – stanowi ona oryginalne rozwiązanie dobrze zdefiniowanego problemu badawczego. Zwracam się zatem do Rady Naukowej Dyscypliny Nauki Leśne Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie im. Hugona Kołłątaja z wnioskiem o jej przyjęcie oraz wnoszę o dopuszczenie Pana mgr. Hoang Duong Xo Vieta do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia naukowego doktora. Mając na względzie moją bardzo wysoką ocenę walorów merytorycznych rozprawy oraz warsztatu badawczego wnioskuję o jej wyróżnienie.

Marcin K. Dyderski