Instytut Nauk Leśnych
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
ul. Nowoursynowska 159 Budynek 34
02-776 Warszawa
(nazwa i dane adresowe podmiotu habilitującego,
wybranego do przeprowadzenia postępowania)
za pośrednictwem:
Rady Doskonałości Naukowej
pl. Defilad 1
00-901 Warszawa
(Pałac Kultury i Nauki, p. XXIV, pok. 2401)

Karol Bronisz
(imię i nazwisko wnioskodawcy)

Instytut Nauk Leśnych, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
(miejsce pracy/jednostka naukowa)

Wniosek
z dnia **01.10.2020**
o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego
w dziedzinie **nauk rolniczych**
w dyscyplinie[1] **nauk leśnych**

Określenie osiągnięcia naukowego będącego podstawą ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego

Modelowanie wybranych cech drzew i drzewostanów w układach hierarchicznych przy ograniczonym dostępie do danych empirycznych z wykorzystaniem modeli efektów mieszanych

Wnioskuję – na podstawie art. 221 ust. 10 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668 ze zm.) – aby komisja habilitacyjna podejmowała uchwałę w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w głosowaniu ~~**tajnym**~~**/jawnym***[2]

Zostałem poinformowany, że:
Administratorem w odniesieniu do danych osobowych pozyskanych w ramach postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego jest Przewodniczący Rady Doskonałości Naukowej z siedzibą w Warszawie (pl. Defilad 1, XXIV piętro, 00-901 Warszawa).
Kontakt za pośrednictwem e-mail: kancelaria@rdn.gov.pl , tel. 22 656 60 98 lub w siedzibie organu.
Dane osobowe będą przetwarzane w oparciu o przesłankę wskazaną w art. 6 ust. 1 lit. c) Rozporządzenia UE 2016/679 z dnia z dnia 27 kwietnia 2016 r. w związku z art. 220 - 221 oraz art. 232 – 240 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, w celu przeprowadzenie postępowania o nadanie stopnia doktora habilitowanego oraz realizacji praw i obowiązków oraz środków odwoławczych przewidzianych w tym postępowaniu.
Szczegółowa informacja na temat przetwarzania danych osobowych w postępowaniu dostępna jest na stronie www.rdn.gov.pl/klauzula-informacyjna-rodo.html

.....
(podpis wnioskodawcy)

Załączniki:
Załącznik nr 1. Dane wnioskodawcy
Załącznik nr 2. Potwierdzenie dyplomu
Załącznik nr 3. Autoreferat
Załącznik nr 4. Wykaz osiągnięć
Załączniki nr 5-12. Oświadczenia współautorów

---

[1] Klasyfikacja dziedzin i dyscyplin wg. rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 20 września 2018 r. w sprawie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych oraz dyscyplin w zakresie sztuki (Dz. U. z 2018 r. poz. 1818).
[2] * Niepotrzebne skreślić.

Załącznik nr 4 - Wykaz osiągnięć naukowych albo artystycznych, stanowiących znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny

Informacje zawarte w poszczególnych punktach tego dokumentu powinny uwzględniać podział na okres przed uzyskaniem stopnia doktora oraz pomiędzy uzyskaniem stopnia doktora a uzyskaniem stopnia doktora habilitowanego.

I. INFORMACJA O OSIĄGNIĘCIACH NAUKOWYCH ALBO ARTYSTYCZNYCH, O KTÓRYCH MOWA W ART. 219 UST. 1. PKT 2 USTAWY

2. Cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych, zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt 2b Ustawy

1. Bronisz K. 2019. Modelowanie cech drzew i drzewostanów z wykorzystaniem modeli efektów mieszanych. Sylwan 163 (7): 564-575. https://doi.org/10.26202/sylwan.2019007 (MNiSW = 40, IF = 0,624) (udział 100%, rola: samodzielna realizacja wszystkich zadań)

2. Bronisz K., Mehtätalo L. 2020. Mixed-effects generalized height-diameter model for young silver birch stands on post-agricultural lands. Forest Ecology and Management 460. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.117901 (MNiSW = 200, IF = 3,17) (udział 70%, rola: twórca hipotezy badawczej, przeprowadzenie badania, analiza i opracowanie wyników, przygotowanie tekstu publikacji oraz przygotowanie odpowiedzi na recenzje).

3. Bronisz K., Mehtätalo L. 2020. Seemingly Unrelated Mixed-Effects Biomass Models for Young Silver Birch Stands on Post-Agricultural Lands. Forests 11(4) 381. https://doi.org/10.3390/f11040381 (MNiSW = 100, IF = 2,221) (udział 60%, rola: przeprowadzenie badania, analiza i opracowanie wyników, przygotowanie tekstu publikacji oraz przygotowanie odpowiedzi na recenzje)

4. Bronisz K., Zasada M. 2020. Comparison of Fixed- and Mixed-e□ects Approaches to Taper Modeling for Scots Pine in West Poland. Forests 10(11) 975. https://doi.org/10.3390/f10110975 (MNiSW = 100, IF = 2,221) (udział 70%: rola: twórca hipotezy badawczej, pomysłodawca badań, przeprowadzenie badania, analiza i opracowanie wyników, przygotowanie tekstu publikacji oraz przygotowanie odpowiedzi na recenzje)

5. Bronisz K., Zasada M. 2020. Taper models for black locust in west Poland. Silva Fennica 54(5). https://doi.org/10.14214/sf.10351 (MNiSW = 70, IF = 1,683) (udział 70%: rola: twórca hipotezy badawczej, pomysłodawca badań, przeprowadzenie badania, analiza i opracowanie wyników, przygotowanie tekstu publikacji oraz przygotowanie odpowiedzi na recenzje)

W przypadku prac dwu- lub wieloautorskich wymagane są oświadczenia habilitanta oraz współautorów wskazujące na ich merytoryczny (a NIE procentowy) wkład w powstanie każdej pracy [np. twórca hipotezy badawczej, pomysłodawca badań, wykonanie specyficznych badań (np. przeprowadzenie konkretnych doświadczeń, opracowanie i zebranie ankiet, itp.), wykonanie analizy wyników, przygotowanie manuskryptu artykułu, i inne]. Określenie wkładu danego autora, w tym habilitanta, powinno być na tyle precyzyjne, aby umożliwić dokładną ocenę jego udziału i roli w powstaniu każdej pracy.

II. INFORMACJA O AKTYWNOŚCI NAUKOWEJ ALBO ARTYSTYCZNEJ

1. Wykaz opublikowanych monografii naukowych (z zaznaczeniem pozycji niewymienionych w pkt I.1).

BRAK

2. Wykaz opublikowanych rozdziałów w monografiach naukowych.

okres przed uzyskaniem stopnia doktora

6. Bronisz A., Bronisz K., Bijak Sz., Tomusiak R., Wojtan R., Zasada M. 2010. Dendroclimatological investigation on radial growth of silver fir from inside and outside distribution range in Poland (w:) Levanic T. i in. (eds.) TRACE – Tree Rings in Archeology, Climatology and Ecology 8. ISSN 1610-0956

okres pomiędzy uzyskaniem stopnia doktora a uzyskaniem stopnia doktora habilitowanego

7. Zasada M., Bronisz K., Gruchała A., Drozdowski S. 2017. Forest research and policy interactions in Poland. [w:] Päivinen, R. i Käär, L. (eds). 2017. From Forest Research to Forestry Practice – Approaches in Leveraging Forest Research in Northern and Central European Countries. Tapio Report NR 20. ISBN 978-952-5632-54-5, ISSN 2342-804X

8. Bronisz K., Zasada M., Gruchała A., Drozdowski S. 2019. Tools for improving science-policy interaction in forestry – Poland. [w:] Päivinen, R. i Käär, L. (eds). 2019. Tools for improving science-policy interaction in forestry - Approaches in Leveraging Forest Research in Northern and Central European Countries. Tapio Report NR 36. ISBN 978-952-5632-73-6, ISSN ISSN 2342-804X

3. Informacja o członkostwie w redakcjach naukowych monografii.

BRAK

4. Wykaz opublikowanych artykułów w czasopismach naukowych (z zaznaczeniem pozycji niewymienionych w pkt I.2).

okres przed uzyskaniem stopnia doktora - pozycje niewymienione w pkt I.2

Prace w czasopismach z IF

9. Bronisz K., Bijak Sz. 2012. Fazy wzrostu wysokości jodły pospolitej z Gór Świętokrzyskich. Sylwan 156(7): 511-517. https://doi.org/10.26202/sylwan.2012054 [IF=0,263]

10. Bronisz A., Bijak Sz., Bronisz K. Zasada M. 2012. Climate influence on radial increment of oak (*Quercus* sp.) in Central Poland. Geochronometria 39(4) 276-284. https://doi.org/10.2478/s13386-012-0011-7 [IF = 1,653]

11. Wojtan R., Tomusiak R., Zasada M., Dudek A., Michalak K., Wróblewski L., Bijak Sz., Bronisz K. 2011. Współczynniki przeliczeniowe suchej biomasy drzew i ich części dla sosny pospolitej (*Pinus sylvestris* L.) w zachodniej Polsce. Sylwan 155(4): 236-243. https://doi.org/10.26202/sylwan.2010103 [IF = 0,159]

12. Bronisz A., Bijak Sz., Bronisz K. 2010. Dendroklimatologiczna charakterystyka jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) na terenie Gór Świętokrzyskich. Sylwan 154(7): 463–470. https://doi.org/10.26202/sylwan.2010026 [IF = 0,155]

Pozostałe czasopisma - - pozycje niewymienione w pkt I.2

13. Bijak Sz., Bronisz A., Bronisz K. 2012. Wpływ ekstremalnych warunków klimatycznych na przyrost radialny dębu czerwonego (*Quercus rubra*) w LZD Rogów. Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej R. 14. Zeszyt 4: 160-167

14. Bijak Sz., Bronisz A., Bronisz K. 2012. Wpływ czynników klimatycznych na przyrost radialny dębu szypułkowego i czerwonego w LZD Rogów. Studia i Materiały CEPL w Rogowie R. 14. Zeszyt 1 (30): 121-128

15. Kittel P., Petera-Zganiacz J., Dzieduszyńska D., Twardy J., Krąpiec M., Bijak Sz., Bronisz K., Zasada M., Płaza D. 2012. Badania „kopalnego lasu" ze schyłku vistulianu w dolinie Warty (Kotlina Kolska, środkowa Polska). Studia i Materiały CEPL w Rogowie R. 14. Zeszyt 1 (30): 238-245

16. Zasada M., Bronisz K., Bijak Sz., Dudek A., Bruchwald A., Wojtan R., Tomusiak R., Bronisz A., Wróblewski L., Michalak K. 2009. Effect of the cutting age and thinning intensity on biomass and carbon sequestration - the Gubin Forest District case study. Folia Forestalia Polonica ser. A, 51 (2): 18-24

17. Bronisz K., Bronisz A., Zasada M., Bijak S., Wojtan R., Tomusiak R., Dudek A., Michalak K., Wróblewski L. 2009. Biomasa aparatu asymilacyjnego w drzewostanach sosnowych zachodniej Polski. Sylwan 153(11): 758-767. https://doi.org/10.26202/sylwan.2009033

18. Zasada M., Bronisz K., Bijak Sz., Wojtan R., Tomusiak R. Dudek A., Michalak K., Wróblewski L. 2008. Wzory empiryczne do określania suchej biomasy nadziemnej części drzew i ich komponentów. Sylwan 152(3): 27-39. https://doi.org/10.26202/sylwan.2006170

Okres pomiędzy uzyskaniem stopnia doktora a uzyskaniem stopnia doktora habilitowanego

Prace w czasopismach z IF - - pozycje niewymienione w pkt I.2

19. Stereńczak K., Mielcarek M., Wertz B., Bronisz K., Zajączkowski G., Jagodziński A., Ochał W., Skorupski M. 2019. Factors influencing the accuracy of ground-based tree-height measurements for major European tree species. Journal of Environmental Management. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.09.100 [IF=4,865]

20. Härkönen S., Neumann M., Mues V., Berninger F., Bronisz K., Cardellini G., Chirici G., Hasenauer H., Koehl M., Lang M., Merganicova K., Mohren F., Moiseyev A., Moreno A., Mura M., Muys B., Olschofsky K., Del Perugia B., Rørstad P.K., Solberg B., Thivolle-Cazat A., Trotsiuk V., Mäkelä A. 2019. A climate-sensitive forest model for assessing impacts of forest management in Europe. Environmental Modelling & Software 115, 128–143. https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2019.02.009 [IF=4,552]

21. Bronisz K., Gruchała A., Zasada M. 2019. Modelowanie grubości kory wzdłuż pnia za pomocą modeli zbieżystości. Sylwan 163(6): 469 – 478. https://doi.org/10.26202/sylwan.2018166 [IF=0,691]

22. Jamińska J., Bronisz K., Bijak Sz. 2018. Wielkość i wartość zasobów surowca drzewnego robinii akacjowej i daglezji zielonej w Lasach Państwowych. Sylwan 162(9): 737–744. https://doi.org/10.26202/sylwan.2018068 [IF=0,691]

23. Jagodziński A.M., Zasada M., Bronisz K., Bronisz A., Bijak Sz. 2017. Biomass conversion and expansion factors for a chronosequence of young naturally regenerated silver birch (Betula pendula Roth) stands growing on post-agricultural sites. Forest Ecology and Management 384: 208-220. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.10.051 [IF=3,169]

24. Lang M., Lilleleht A., Neumann M., Bronisz K., Rolim S.G., Seedre M., Uri V., Kiviste A. 2016. Estimation of above-ground biomass in forest stands from regression on their basal area and height. Forestry Studies 64: 70-92. https://doi.org/10.1515/fsmu-2016-0005 [IF= 0,083]

25. Neumann M., Moreno A., Thurnher Ch., Mues V., Härkönen S., Mura M., Bouriaud O., Lang M., Cardellini G., Thivolle-Cazat A., Bronisz K., Merganic J., Alberdi I., Astrup R., Mohren F., Zhao M., Hasenauer H. 2016. Creating a Regional MODIS Satellite-Driven Net Primary Production Dataset for European Forests. Remote Sensing 8(554). https://doi.org/10.3390/rs8070554 [IF=3,244]

26. Neumann M., Moreno A., Mues V., Härkönen S., Mura M., Bouriaud O., Lang M., Achten W.M.J., Thivolle-Cazat A., Bronisz K., Merganic J., Decuyper M., Alberdi I., Astrupm R., Mohren F., Hasenauer H. 2016. Comparison of carbon estimation methods for European forests. Forest Ecology and Management 361: 397 – 420. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.11.016 [IF=3,064]

27. Bronisz K., Zasada M. 2016. Uproszczone wzory empiryczne do określania suchej biomasy nadziemnej części drzew i ich komponentów dla sosny zwyczajnej. Sylwan 160(4): 277-283. https://doi.org/10.26202/sylwan.2015130 [IF=0,481]

28. Bronisz K., Strub M., Cieszewski C., Bijak Sz., Bronisz A., Tomusiak R., Wojtan R., Zasada M. 2016. Empirical equations for estimating aboveground biomass of *Betula pendula* growing on former farmland in central Poland. Silva Fennica 50 (4) 1559. https://doi.org/10.14214/sf.1559 [IF=1,495]

29. Magnuszewski M., Bijak Sz., Orozumbekow A., Howe B., Musuraliev K., Zasada M., Bronisz K., Bronisz A. 2015. Different growth patterns of *Picea schrenkiana* subsp. tianshanica (Rupr.) Bykov and Juglans regia L. coexisting under the same ecological conditions in the Sary-Chelek Biosphere Reserve in Kyrgyzstan. Dendrobiology 73: 11-20. http://dx.doi.org/10.12657/denbio.073.002 [IF=0,643]

30. Zasada M., Bijak Sz., Bronisz K., Bronisz A., Gawęda T. 2014. Biomass dynamics in young silver birch stands on post-agricultural lands in central Poland. Drewno. Prace Naukowe. Doniesienia. Komunikaty. 57(192): 29-39 [IF=0,3]

31. Tomusiak R., Ludwisiak Ł., Bronisz K., Baran E., Bronisz A., Wojtan R., Bijak Sz., Czajkowski M., Zasada M. 2014. Tabele wiekowe dla drzew z wczesnosukcesyjnych drzewostanów brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth) na gruntach porolnych. Sylwan 158(8): 579-589. https://doi.org/10.26202/sylwan.2014035 [IF=0,322]

32. Bijak Sz., Bronisz K., Szydłowska P., Wojtan R. 2014. Wpływ jakości siedliska na dynamikę wydzielania brzozy na gruntach porolnych. Sylwan 158(6): 423-430. https://doi.org/10.26202/sylwan.2013140 [IF=0,322]

33. Bijak Sz., Zasada M., Bronisz A., Bronisz K., Czajkowski M., Ludwisiak Ł., Tomusiak R., Wojtan R. 2013. Estimating coarse roots biomass in young silver birch (*Betula pendula*) stands on post-agricultural lands in central Poland. Silva Fennica 47(2) 963. https://doi.org/10.14214/sf.963 [IF=1,47]

Pozostałe czasopisma - - pozycje niewymienione w pkt I.2

34. Bijak Sz., Bronisz A., Bronisz K. 2016. Wpływ warunków klimatycznych na reakcję przyrostową trzech gatunków jodły rosnących w Rogowie (centralna Polska). Studia i Materiały CEPL w Rogowie 48: 7-16.

5. Wykaz osiągnięć projektowych, konstrukcyjnych, technologicznych (z zaznaczeniem pozycji niewymienionych w pkt I.3).

Wykaz osiągnięć projektowych - pozycje niewymienionych w pkt I.3

1. 2018 – 2019 Charakterystyka korony i przyrostu radialnego jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) w odniesieniu do zmian warunków klimatycznych. Projekt finansowany przez Narodowe Centrum Nauki. Rola w projekcie – kierownik projektu

2. 2016 – 2020 Techniques and Technologies for Effective Wood Procurement (TECH4EFFECT). Projekt finansowany w ramach Programu Ramowego Unii Europejskiej Horizon 2020, Bio-Based Industries Joint Undertaking (BBI JU) rola w projekcie – koordynator wyodrębnionego zadania: Identifying and extending key silvicultural systems.

3. 2014 – 2017 Teledetekcyjne określanie biomasy drzewnej i zasobów węgla w lasach (REMBIOFOR). Projekt współfinansowany ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju, w ramach programu „Środowisko naturalne, rolnictwo i leśnictwo" BIOSTRATEG. Rola w projekcie – wykonawca wyodrębnionych zadań: (i) The development of a method of localized correction to the dendrometric formulas based on data obtained with the help of terrestrial laser scanning (TLS) technology, (ii) The development of the merchantable volume conversion factors into biomass and carbon.

4. 2013 Studying Tree Responses to extreme Events: a SynthesiS (STReESS) projekt finansowany w ramach akcji FPS COST FP1106. Rola w projekcie – wykonawca.

5. 2012-2016 FORest management strategies to enhance the MITigation potential of European forests (FORMIT). Projekt finansowany w ramach 7 Programu Ramowego Unii Europejskiej. Rola w projekcie - wykonawca wyodrębnionych zadań: (i) Assessment of total carbon storage in European forests, (ii) Effect of forest management strategies on carbon storage and other forest functions, (iii) Scenarios for forest management strategies for carbon storage & mitigation in Europe.

6. 2011-2012 Badania kopalnego lasu ze schyłku vistulianu w dolinie Warty (Kotlina Kolska, środkowa Polska). Projekt finansowany przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Rola w projekcie – wykonawca wyodrębnionego zadania: zidentyfikowanie gatunku drzew na podstawie karp powalonych drzew stanowiących relikt kopalnego lasu rosnącego w przedziale 12 760-11 765 lat temu.

7. 2010-2013 Zastosowanie terenowego skanowania laserowego do pomiaru wybranych cech ekosystemów Leśnych. Projekt finansowany przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Rola w projekcie – wykonawca.

8. 2010 – 2013 Ekologiczne konsekwencje sukcesji wtórnej brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth.) na gruntach porolnych finansowany przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Rola w projekcie – wykonawca.

9. 2010 - 2012 Wpływ warunków klimatycznych na przyrost oraz aktywność kambialną rodzimych i obcych gatunków drzew w LZD Rogów. Projekt finansowany przez finansowany przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Rola w projekcie – wykonawca.

10. 2007 - 2013 Opracowanie transgranicznego systemu wspomagania procesów decyzyjnych dla zdalnej i modelowej oceny biomasy drzewnej w lasach obszaru wsparcia Pomerania. Projekt realizowany w ramach obszaru wsparcia Pomerania Forseen POMERANIA współfinansowanego ze Środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Celu 3 Europejska Współpraca Terytorialna – Współpraca Transgraniczna Krajów Meklemburgia - Pomorze Przednie Brandenburgia i Rzeczpospolitej Polskiej (Województwo Zachodniopomorskie) Rola w projekcie – wykonawca wyodrębnionego zadania: opracowanie allometrycznych wzorów biomasowych

11. 2005 - 2008 Oszacowanie akumulacji węgla przez sosnowe kompleksy leśne w zachodniej Polsce i określenie wpływu różnych alternatyw gospodarowania na dynamikę wiązania węgla. Projekt finansowany przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Rola w projekcie – wykonawca.

6. Wykaz publicznych realizacji dzieł artystycznych (z zaznaczeniem pozycji niewymienionych w pkt I.3).

BRAK

7. Informacja o wystąpieniach na krajowych lub międzynarodowych konferencjach naukowych lub artystycznych, z wyszczególnieniem przedstawionych wykładów na zaproszenie i wykładów plenarnych.

Informacja o wystąpieniach na międzynarodowych konferencjach naukowych

Referaty:

1. 2019 Forests in Science, Practice and Education - – 100 years of the Faculty of Forestry in Warsaw, Warszawa, Polska. Referat: Height-Diameter modelling for young silver birch stands on post-agricultural lands in central Poland.

2. 2018 10th World Dendro Conference, Thimphu, Bhutan. Referat: Silver fir response to changing climatic conditions from inside and outside distribution range in Poland.

3. 2018 Joint Southern And Northeastern Mensurationists And IUFRO 4.01 Conference, Blacksburg, USA. Referat: Taper equations for Scots pine based on terrestrial laser scanner data for Poland.

4. 2017 IUFRO 125th Anniversary Congress, Freiburg, Niemcy. Referat: The economic and social consequences of introduced tree species silviculture - in the case of Douglas fir, red oak and black locust in Central Europe. Referat: The FORMIT integrated evaluation of forest management impact simulations on carbon stocks and socio economic and environmental attributes of European forests in the period from 2010 to 2100.

5. 2016 Międzynarodowy Kongres Bioekonomii, Łódź, Polska. Referat: TECH4EFFECT Knowledge and Technologies for Effective Wood Procurement. **Wykład na zaproszenie w ramach sesji plenarnej: Bio-based industries in the regions.**
6. 2016 Dzień informacyjny dotyczycący Wyzwania Społecznego (SC2) Bezpieczeństwo żywnościowe, zrównoważone rolnictwo i leśnictwo, badania mórz i wód śródlądowych oraz biogospodarka organizowanego przez Krajowy Punkt Kontaktowy Programów badawczych UE Referat: Doświadczenia w realizacji projektu realizowanego w ramach programu Horyzont 2020, Bio-Based Industries Joint Undertaking (BBI JU):TECH4EFFECT. **Wykład na zaproszenie.**

7. 2014 IUFRO World Congress, Salt Lake City, USA. Referat: Site index models for young trees in multilayer silver fir stands in southern Poland.

8. 2013 Forest Biomass Conference, Mierzęcin, Polska. Referat: Empirical equations for dry biomass of trees and their components for Scots pine growing in various stocking.

9. 2009 Eurodendro 2009: Developments, Advances, Challenges, The Tree ring research group at Swansea University and the Dendrochronology Laboratory at Manchester Metropolitan University, Cala Millor, Majorka, Hiszpania. Referat: Silver fir (*Abies alba* Mill.) recovery from the decline inside and outside the natural distribution range in Poland.

10. 2009 TRACE (Tree-rings in Archeology, Climatology and Ecology), Otocec, Słowenia, Association for Tree-rings Research. Referat: Diameter growth of silver fir (*Abies alba* Mill.) trees in multi-storied stands in Świętokrzyskie Mountains.

Postery:

11. 2019 A century of national forest inventories – informing past, present and future decisions, Oslo, Norwegia. Poster: Comparison of various approaches of forest carbon estimation using National Forest Inventory data from Poland.

12. 2017 IUFRO 125th Anniversary Congress, Freiburg, Niemcy. Poster: Assessing carbon storage potential of black locust in Poland basing on data from National Forest Inventory

13. 2014 IUFRO World Congress, Salt Lake City, USA. Poster: Estimating carbon storage in forest ecosystems in Poland basing on data from national forest inventory

14. 2014 II Międzynarodowa Konferencja Leśnictwo w Górach i Rejonach Przemysłowych, Kraków, Polska. Poster: Modelowanie rozkładów pierśnic złożonych drzewostanów jodłowych z Gór Świętokrzyskich.

15. 2014 9th International Conference on Dendrochronology. Melbourne, Australia. Poster: Dendroecological characteristics of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) and sessile oak (*Quercus petraea* Liebl.) in Poland.

16. 2010 TRACE (Tree-rings in Archeology, Climatology and Ecology), Freiburg, Niemcy, Association for Tree-rings Research. Poster: Influence of climate on tree growth in multi-storied silver fir (*Abies alba* Mill.) stands in the Świętokrzyskie Mountains.

17. 2009 Eurodendro 2009: Developments, Advances, Challenges, The Tree ring research group at Swansea University and the Dendrochronology Laboratory at Manchester Metropolitan University, Cala Millor, Majorka, Hiszpania. Poster: Dendrochronological characteristics of oak (*Quercus* sp.) from central Poland.

18. 2009 TRACE (Tree-rings in Archeology, Climatology and Ecology), Otocec, Słowenia, Association for Tree-rings Research. Poster: Dendrochronological characteristics of silver fir (*Abies alba* Mill.) from the Świętokrzyskie Mountains.

19. 2008 World Conference on Natural Resource Modeling. Wydział Leśny SGGW w Warszawie, Warszawa, Polska. Poster: The application of forest growth models in determination of intermediate and final cutting in Poland.

Informacja o wystąpieniach na krajowych konferencjach naukowych

Referaty:

20. 2018 IV Konferencja Dendrochronologów Polskich, Warszawa, Polska. Referat: Pochodne słojów rocznych w skali drzewostanu - czyli zmiana z wiekiem grubości, pola przekroju i wysokości robinii akacjowej z trzech nadleśnictw zachodniej Polski.

21. 2016 III Konferencja Dendrochronologów Polskich, Rogów, Polska. Referat: Wpływ warunków klimatycznych na reakcję przyrostową trzech gatunków jodły rosnących w Rogowie.

22. 2012 Metody analizy wzrostu promieniowego drzew w badaniach dendrochronologicznych. Mikołów, Polska. Referat: Identyfikacja słojów rocznych u rozpierzchłonaczyniowych (brzoza brodawkowata *Betula pendula* Roth.) i pierścieniowonaczyniowych (dąb szypułkowy *Quercus robur* L) gatunków drzew.

Postery:

23. 2018 IV Konferencja Dendrochronologów Polskich, Warszawa, Polska. Poster: Klimatyczne przyczyny lat wskaźnikowych obcych gatunków drzew w LZD Rogów

24. III Konferencja Dendrochronologów Polskich, Rogów, Polska. Poster: Analiza dendroklimatyczna litych i mieszanych drzewostanów świerkowo-sosnowych w Puszczy Rominckiej

8. Informacja o udziale w komitetach organizacyjnych i naukowych konferencji krajowych lub międzynarodowych, z podaniem pełnionej funkcji.

Udział w komitetach organizacyjnych konferencji krajowych

1. Członek komitetu organizacyjnego cyklicznej Konferencji Dendrochronologów Polskich (5 edycji w latach: 2012, 2014, 2016, 2018, 2020)

Udział w komitetach organizacyjnych konferencji międzynarodowych

2. Członek komitetu organizacyjnego konferencji: The 2008 World Conference on Natural Resource Modeling

3. Członek komitetu organizacyjnego konferencji: EFI 2007 Annual Conference

9. Informacja o uczestnictwie w pracach zespołów badawczych realizujących projekty finansowane w drodze konkursów krajowych lub zagranicznych, z podziałem na projekty zrealizowane i będące w toku realizacji, oraz z uwzględnieniem informacji o pełnionej funkcji w ramach prac zespołów.

Informacja o uczestnictwie w pracach zespołów badawczych realizujących projekty finansowane w drodze konkursów zagranicznych – projekt będący w toku realizacji

Międzynarodowe konsorcjum złożone z 19 partnerów w tym uczelni wyższych, jednostek badawczych jak i małych i średnich firm z 7 krajów (Norwegia, Włochy, Austria, Finlandia, Dania, Niemcy, Polska) stanowiło zespół badawczy, stworzony do realizacji projektu *Techniques and Technologies for Effective Wood Procurement* (TECH4EFFECT) finansowanego w ramach Programu Ramowego Unii Europejskiej Horizon 2020, Bio-Based Industries Joint Undertaking (BBI JU). Koordynatorem zespołu badawczego jest *The Norwegian Institute of Bioeconomy Research* (NIBIO). W ramach prac zespołu pełnię funkcję koordynatora wyodrębnionego zadania *Identifying and extending key silvicultural systems* ponadto biorę udział w realizacji zadań w ramach: *WP2 - Increasing access to wood resources.* Efektami uczestnictwa w pracach tego zespołu badawczego były referaty w międzynarodowych konferencjach naukowych (nr. 5 i 6).

Informacja o uczestnictwie w pracach zespołów badawczych realizujących projekty finansowane w drodze konkursów zagranicznych – projekt zrealizowany

W skład zespołu badawczego powołanego w celu realizacji projektu *FORest management strategies to enhance the MITigation potential of European forests* (FORMIT) – 7 program ramowy UE składało się 12 zarówno uczelni wyższych jak i jednostek badawczych z 12 krajów (Holandia, Austria, Niemcy, Włochy, Finlandia, Belgia, Czechy, Norwegia, Francja, Rumunia, Estonia i Polska).

Podczas prac zespołu uczestniczyłem w realizacji zadań związanych z: *(i) Assessment of total carbon storage in European forests, (ii) Effect of forest management strategies on carbon storage and other forest functions, (iii) Scenarios for forest management strategies for carbon storage & mitigation in Europe.* Efektami uczestnictwa w pracach tego zespołu badawczego są: publikacje artykułów naukowych (nr. 20, 24, 25 oraz 26), referat w międzynarodowej konferencji naukowej (nr. 4) oraz postery w międzynarodowych konferencjach naukowych (nr. 11, 12 oraz 13).

Kolejny międzynarodowy zespół badawczy, złożony z 6 partnerów z 2 krajów (Niemcy i Polska) powołany został w celu realizacji projektu *Opracowanie transgranicznego systemu wspomagania procesów decyzyjnych dla zdalnej i modelowej oceny biomasy drzewnej w lasach obszaru wsparcia Pomerania* realizowanego w ramach obszaru wsparcia Pomerania Forseen POMERANIA współfinansowanego ze Środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Celu 3 Europejska Współpraca Terytorialna – Współpraca Transgraniczna Krajów Meklemburgia - Pomorze Przednie Brandenburgia i Rzeczpospolitej Polskiej (Województwo Zachodniopomorskie). Podczas prac zespołu odpowiedzialny byłem za opracowanie i walidację allometrycznych wzorów biomasowych. Efektem uczestnictwa w pracach tego zespołu badawczego jest referat w międzynarodowej konferencji naukowej (nr. 8).

Informacja o uczestnictwie w pracach zespołów badawczych realizujących projekty finansowane w drodze konkursów krajowych – projekt zrealizowany

Przykładem krajowego zespołu badawczego jest konsorcjum naukowe złożone z 8 partnerów w skład, którego wchodzą zarówno uczelnie wyższe jak i jednostki badawcze powołane w celu realizacji projektu *Teledetekcyjne określanie biomasy drzewnej i zasobów węgla w lasach (REMBIOFOR).* Projekt ten był współfinansowany ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju, w ramach programu *Środowisko naturalne, rolnictwo i leśnictwo BIOSTRATEG.* Podczas prac zespołu badawczego brałem udział w zadaniach związanych z: *(i) The development of a method of localized correction to the dendrometric formulas based on data obtained with the help of terrestrial laser scanning (TLS) technology, (ii) The development of the merchantable volume conversion factors into biomass and carbon.* Efektami uczestnictwa w pracach tego zespołu badawczego są: publikacja artykułu naukowego (nr. 19), oraz referat w międzynarodowej konferencji naukowej (nr. 3).

Brałem również udział w pracach zespołu badawczego powołanego do realizacji projektu *Badania kopalnego lasu ze schyłku vistulianu w dolinie Warty (Kotlina Kolska, środkowa Polska).* Prace zespołu koordynowane były przez Katedrę Badań Czwartorzędu, Instytut Nauk o Ziemi, Uniwersytet Łódzki. W ramach aktywności w tym zespole skupiałem się na zidentyfikowaniu

gatunku drzew na podstawie karp powalonych drzew stanowiących relikt kopalnego lasu rosnącego w przedziale 12760-11765 lat temu. Efektami uczestnictwa w pracach tego zespołu badawczego jest publikacja artykułu naukowego (nr. 15).

W ramach projektu badawczego *Ekologiczne konsekwencje sukcesji wtórnej brzozy brodawkowatej (Betula pendula Roth.) na gruntach porolnych* finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego uczestniczyłem w pracach międzynarodowego zespołu badawczego złożonego z moich współpracowników (Zakład Dendrometrii i Produkcyjności Lasu, Katedra Urządzania Lasu Dendrometrii i Ekonomiki Leśnica, Instytut Nauk Leśnych, SGGW w Warszawie) oraz pracowników Warnell School of Forestry and Natural Resources University of Georgia w Stanach Zjednoczonych. Efektem współpracy była publikacja artykułu naukowego (nr. 28).

Przyznanie stypendium z Własnego Funduszu Stypendialnego SGGW umożliwiło mi udział w pracach zespołu badawczego złożonego z pracowników University of Eastern Finland, Faculty of Science and Forestry, School of Computing. Efektami współpracy były: (i) publikacje wyników uzyskanych podczas realizacji projektu badawczego *Ekologiczne konsekwencje sukcesji wtórnej brzozy brodawkowatej (Betula pendula Roth.) na gruntach porolnych* finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (artykuły nr. 2 i 3), (ii) oraz referat w międzynarodowej konferencji naukowej (nr. 1).

Najważniejszy zespół badawczy stanowią moi współpracownicy (Zakład Dendrometrii i Produkcyjności Lasu, Katedra Urządzania Lasu Dendrometrii i Ekonomiki Leśnica, Instytut Nauk Leśnych, SGGW w Warszawie). Praca tego zespołu umożliwiła realizację projektów badawczych finansowanych z różnych źródeł. Przykładem może być projekt pt. *Ekologiczne konsekwencje sukcesji wtórnej brzozy brodawkowatej (Betula pendula Roth.) na gruntach porolnych* oraz *Oszacowanie akumulacji węgla przez sosnowe kompleksy leśne w zachodniej Polsce i określenie wpływu różnych alternatyw gospodarowania na dynamikę wiązania węgla.* Oba projekty badawcze finansowane były przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. W obu przypadkach uczestniczyłem we wszystkich etapach prac począwszy od przygotowania treści projektów, realizacji wszystkich etapów (od pomiarów terenowych do przygotowania końcowego raportu), po przygotowanie wspólnych publikacji naukowych przedstawiających uzyskane wyniki (np. 23 i 33). Ponadto praca w tym zespole badawczym umożliwiła mi realizację prezentowanego osiągnięcia naukowego.

10. Członkostwo w międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych wraz z informacją o pełnionych funkcjach.

Członkostwo w międzynarodowych organizacjach i towarzystwach naukowych

1. Członek międzynarodowej organizacji naukowej „Resource Modeling Association" (RMA) zajmującej się oraz promującej zagadnienia na pograniczu modelowania matematycznego, badań środowiskowych oraz zarządzania zasobami naturalnymi.

2. Członek międzynarodowej organizacji naukowej „Association for Tree-Ring Research" (ATR), której celem jest promowanie badań w zakresie analiz słojów rocznych, edukacji oraz działań społecznych.

3. Członek sieci SNS (Nordic Forest Research) - EFINORD, która m.in. zajmuje się możliwościami poprawy interakcji pomiędzy nauką a polityką.

11. Informacja o odbytych stażach w instytucjach naukowych lub artystycznych, w tym zagranicznych, z podaniem miejsca, terminu, czasu trwania stażu i jego charakteru.

1. 01.04.2010 – 30.06.2010 trzymiesięczny staż naukowy w University of Freiburg, Niemcy (program ERASMUS). Podczas realizacji stażu prowadziłem analizy dendrochnologiczne jodły pospolitej rosnącej w Górach Świętokrzyskich. Uzyskana wiedza była pomocna podczas realizacji pracy doktorskiej dotyczącej prognozy rozwoju drzewostanów jodłowych.

2. 09.03.2015 – 09.06.2015 trzymiesięczny staż naukowy w Institute of Forestry and Rural Engineering, Estonian University of Life Sciences, Tartu, Estonia (Własny Fundusz Stypendialny SGGW w Warszawie). W ramach realizacji stażu: (i) zapoznałem się z technikami analizy danych stosowanymi podczas badania wzrostu drzewostanów w docelowej jednostce badawczej, (ii) analizowałem zależności pomiędzy wzrostem wysokości i grubości różnych gatunków drzew oraz (iii) prowadziłem badania związane z alokacją biomasy i akumulacją węgla różnych gatunków drzew rosnących w odmiennych warunkach środowiskowych. Efektem stażu było m. in. opublikowanie w 2016 roku artykułu naukwoego (nr. 24).

3. 03.04.2019 – 03.07.2019 trzymiesięczny staż naukowy w School of Computing, University of Eastern Finland, Joensuu, Finlandia (Własny Fundusz Stypendialny SGGW w Warszawie).

Podczas stażu realizowałem badania dotyczące cech wzrostu brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth.) w świetle metod statystyczno-analitycznych. Efektem stażu jest opublikowanie czterech artykułów naukowych stanowiących kluczowy element prezentowanego osiągnięcia naukowego (nr. 2, 3, 4 oraz 5). Ponadto dzięki uzyskanej wiedzy przedstawiłem referat podczas międzynarodowej konferencji naukowej (nr. 1).

12. Członkostwo w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism wraz z informacją o pełnionych funkcjach (np. redaktora naczelnego, przewodniczącego rady naukowej, itp.).

1. Członek komitetu redakcyjnego czasopisma naukowego Forestry Studies.

13. Informacja o recenzowanych pracach naukowych lub artystycznych, w szczególności publikowanych w czasopismach międzynarodowych.

Informacja o recenzowanych pracach naukowych publikowanych w czasopismach międzynarodowych

1. Forests – 7 recenzji artykułów naukowych
2. Austrian Journal of Forest Science – 1 recenzja artykułu naukowego
3. Dendrobiology - 1 recenzja artykułu naukowego
4. Plants – 1 recenzja artykułu naukowego
5. Sustainability - 1 recenzja artykułu naukowego
6. Forestry: An International Journal of Forest Research - 1 recenzja artykułu naukowego

Informacja o recenzowanych pracach naukowych publikowanych w czasopismach krajowych

7. Leśne Prace badawcze - 1 recenzja artykułu naukowego
8. ACTA SCIENTIARUM POLONORUM Seria: Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria – 1 recenzja artykułu naukowego

14. Informacja o uczestnictwie w programach europejskich lub innych programach międzynarodowych.

1. Horyzont 2020 Bio-Based Industries Joint Undertaking (BBI JU). Projekt: *Techniques and Technologies for Effective Wood Procurement (TECH4EFFECT)*
2. 7 Program Ramowy Unii Europejskiej. Projekt: FORest management strategies to enhance the MITigation potential of European forests (FORMIT)

3. COST - European Cooperation in Science and Technology. Projekt: *Studying Tree Responses to extreme Events: a SynthesiS (STReESS)*

15. Informacja o udziale w zespołach badawczych, realizujących projekty inne niż określone w pkt. II.9.

Takim zespołem badawczym było konsorcjum naukowe w skład, którego wchodził Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu (lider konsorcjum), Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Instytut Technologii Drewna, Instytut Badawczy Leśnictwa oraz Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. Celem aktywności zespołu była realizacja projektu badawczego pt. *Repozytorium dendrometryczne, modelowanie grubości kory drewna dłużycowego oraz wzory do obliczania miąższości drewna kłodowanego i średniowymiarowego (Kora)* finansowanego przez Generalną Dyrekcję Lasów Państwowych. Uczestniczyłem we wszystkich etapach prac zespołu badawczego począwszy od współtworzenia treści projektu, realizacji wszystkich etapów (od pomiarów terenowych do przygotowania końcowego raportu), po przygotowanie wspólnej publikacji naukowej przedstawiającej uzyskane wyniki (nr. 21).

16. Informacja o uczestnictwie w zespołach oceniających wnioski o finansowanie badań, wnioski o przyznanie nagród naukowych, wnioski w innych konkursach mających charakter naukowy lub dydaktyczny.

Udział w komisji przyznającej stypendia naukowe w ramach studiów doktoranckich realizowanych na Wydziale Leśnym SGGW w Warszawie.

III. INFORMACJA O WSPÓŁPRACY Z OTOCZENIEM SPOŁECZNYM I GOSPODARCZYM

1. Wykaz dorobku technologicznego.

BRAK

2. Informacja o współpracy z sektorem gospodarczym.

1. Współpraca z organizacją *Bio-Based Industries Joint Undertaking (BBI JU)* jako Partnerstwem Publiczno Prywatnym (PPP) pomiędzy Komisją Europejską Unii Europejskiej a *Bio-based Industries Consortium (BIC)* poprzez realizację projektu badawczego: *Techniques and Technologies for Effective Wood Procurement (TECH4EFFECT)*

2. Współpraca z Narodowym Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR) w ramach realizacji projektu badawczego pt. *Teledetekcyjne określanie biomasy drzewnej i zasobów węgla w lasach (REMBIOFOR)*

3. Współpraca z PGL LP - Państwowe Gospodarstwo Leśne Lasy Państwowe w ramach realizacji projektów: *Ekologiczne, gospodarcze i urządzeniowe konsekwencje występowania wybranych gatunków drzew obcych w Polsce* oraz *Repozytorium dendrometryczne, modelowanie grubości kory drewna dłużycowego oraz wzory do obliczania miąższości drewna kłodowanego i średniowymiarowego (Kora)*

4. Współpraca z Lasami Miejskimi w Warszawie w ramach wykonania pracy naukowej pt. *Wykonanie badań dotyczących oceny stanu zdrowotnego i sanitarnego lasów pod kątem głównych czynników wpływających na zachowanie trwałości ekosystemów leśnych oraz ocena populacji dzika, w tym jego rozmieszczenia, w celu zoptymalizowania prowadzonego odłowu.*

5. Współpraca z firmą *CO2 Reduction Poland* w ramach wykonania ekspertyzy pt. *Prognoza zmian biomasy, ilości pochłoniętego węgla i jednostek pochłaniania CO2 w okresie 40 lat dla obszarów zalesionych.*

6. Współpraca z Estońskim Związkiem Zrzeszeń Leśnych w ramach koordynacji organizacji Wizyty członków tego związku na Wydziale Leśnym SGGW w Warszawie

3. Uzyskane prawa własności przemysłowej, w tym uzyskane patenty, krajowe lub międzynarodowe.

BRAK

4. Informacja o wdrożonych technologiach.

BRAK

5. Informacja o wykonanych ekspertyzach lub innych opracowaniach wykonanych na zamówienie instytucji publicznych lub przedsiębiorców.

1. Współudział w opracowaniu ekspertyzy pt. *Prognoza zmian biomasy, ilości pochłoniętego węgla i jednostek pochłaniania CO2 w okresie 40 lat dla obszarów zalesionych* wykonana na zamówienie firmą CO2 Reduction Poland

2. Współudział w opracowaniu ekspertyzy pt. *Wykonanie badań dotyczących oceny stanu zdrowotnego i sanitarnego lasów pod kątem głównych czynników wpływających na zachowanie trwałości ekosystemów leśnych oraz ocena populacji dzika, w tym jego rozmieszczenia, w celu zoptymalizowania prowadzonego odłowu* wykonana na zlecenie Lasów Miejskich w Warszawie

3. Współudział w przygotowaniu opracowania pt. *Ekologiczne, gospodarcze i urządzeniowe konsekwencje występowania wybranych gatunków drzew obcych w Polsce* wykonane na zlecenie PGL LP - Państwowe Gospodarstwo Leśne Lasy Państwowe

4. Współudział w przygotowaniu opracowania pt. *Repozytorium dendrometryczne, modelowanie grubości kory drewna dłużycowego oraz wzory do obliczania miąższości drewna kłodowanego i średniowymiarowego (Kora)* wykonane na zlecenie PGL LP - Państwowe Gospodarstwo Leśne Lasy Państwowe

6. Informacja o udziale w zespołach eksperckich lub konkursowych.

BRAK

7. Informacja o projektach artystycznych realizowanych ze środowiskami pozaartystycznymi.

BRAK

IV. INFORMACJE NAUKOMETRYCZNE

1. Informacja o punktacji Impact Factor (w dziedzinach i dyscyplinach, w których parametr ten jest powszechnie używany jako wskaźnik naukometryczny).

Łączny Impact Factor (według daty publikacji): 37,354

2. Informacja o liczbie cytowań publikacji wnioskodawcy, z oddzielnym uwzględnieniem autocytowań.

Liczba cytowań (wg. Web of Science): 250

Liczba cytowań bez autocytowań (wg. Web of Science): 205

3. Informacja o posiadanym indeksie Hirscha.

Posiadany indeks Hirscha (wg. Web of Science): 9

4. Informacja o liczbie punktów MNiSW.

Łączna liczba punktów MNiSW: 1172

Liczba punktów MNiSW wg wykazu z dnia 31 lipca 2019r.: 790

Informacje zawarte w pkt. IV powinny wskazywać również na bazę danych, na podstawie której zostały podane. Przy wyborze tej bazy należy zwracać uwagę na specyfikę dziedziny i dyscypliny naukowej, w której kandydat ubiega się o nadanie stopnia doktora habilitowanego.
Rada Doskonałości Naukowej informuje, że podawanie danych naukometrycznych – w opinii Rady Doskonałości Naukowej – jest wskazane i zalecane, wynika to także ze stosowanej powszechnie praktyki przez samych kandydatów ubiegających się o awans naukowy. Należy jednak podkreślić, że podane we wnioskach o wszczęcie postępowania awansowego dane naukometryczne nie mogą stanowić kryterium oceny dorobku naukowego Kandydata dla podmiotów doktoryzujących, habilitujących oraz samej Rady Doskonałości Naukowej, organów prowadzących postępowania w sprawie nadania stopnia lub tytułu. Zadaniem tych organów jest przede wszystkim ocena ekspercka dorobku naukowego Kandydata ubiegającego się o awans naukowy, zaś decyzja o nadaniu stopnia lub tytułu nie powinna być uzależniona od podania tych danych.

.....
(podpis wnioskodawcy)

Załącznik nr 3 – Autoreferat

1. Imię i nazwisko.

Karol Bronisz

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.

- 2005 - Magister inżynier leśnictwa; Wydział Leśny, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie; tytuł pracy magisterskiej: „*Ocena dokładności wybranych sposobów określania miąższości drzewa leżącego na przykładzie drzewostanów świerkowych*"; promotor: prof. dr hab. Teresa Dudzińska
- 2013 - Doktor nauk leśnych; Wydział Leśny, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie; tytuł pracy doktorskiej: „*Prognoza rozwoju drzewostanów jodłowych Obrębu Samsonów Nadleśnictwa Zagnańsk*; promotor: prof. dr hab. Arkadiusz Bruchwald

3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych.

- 2012-2014 - samodzielny leśnik w Samodzielnej Pracowni Dendrometrii i Nauki o Produkcyjności Lasu, Wydział Leśny, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
- 2014 – adiunkt w Katedrze Urządzania Lasu, Dendrometrii i Ekonomiki Leśnictwa, Instytut Nauk Leśnych, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie (do 2019 roku Samodzielna Pracownia Dendrometrii i Nauki o Produkcyjności Lasu, Wydział Leśny, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie)

4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy.

4.1 tytuł osiągnięcia naukowego składającego się cyklu powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych:

Modelowanie wybranych cech drzew i drzewostanów w układach hierarchicznych przy ograniczonym dostępie do danych empirycznych z wykorzystaniem modeli efektów mieszanych

4.2. Wykaz artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych

Ozn.	Artykuł naukowy	Punkty		Udział
		MNiSW	IF	
A1	**Bronisz K.** 2019. Modelowanie cech drzew i drzewostanów z wykorzystaniem modeli efektów mieszanych. Sylwan 163 (7):564-575. https://doi.org/10.26202/sylwan.2019007 Udział: samodzielna realizacja wszystkich zadań.	40	0,624	100%
A2	**Bronisz K.**, Mehtätalo L. 2020. Mixed-effects generalized height-diameter model for young silver birch stands on post-agricultural lands. Forest Ecology and Management 460. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.117901	200	3,17	70%

	Udział: przeprowadzenie badania, analiza i opracowanie wyników, przygotowanie tekstu publikacji oraz przygotowanie odpowiedzi na recenzje.			
A3	**Bronisz K.**, Mehtätalo L. 2020. Seemingly Unrelated Mixed-Effects Biomass Models for Young Silver Birch Stands on Post-Agricultural Lands. Forests 11(4) 381. https://doi.org/10.3390/f11040381 Udział: przeprowadzenie badania, analiza i opracowanie wyników, przygotowanie tekstu publikacji oraz przygotowanie odpowiedzi na recenzje	100	2,221	60%
A4	**Bronisz K.**, Zasada M. 2020. Comparison of Fixed- and Mixed-e□ects Approaches to Taper Modeling for Scots Pine in West Poland. Forests 10(11) 975. https://doi.org/10.3390/f10110975 Udział: twórca hipotezy badawczej, pomysłodawca badań, przeprowadzenie badania, analiza i opracowanie wyników, przygotowanie tekstu publikacji oraz przygotowanie odpowiedzi na recenzje.	100	2,221	70%
A5	**Bronisz K.**, Zasada M. 2020. Taper models for black locust in west Poland. Silva Fennica 54 (5). https://doi.org/10.14214/sf.10351 Udział: twórca hipotezy badawczej, pomysłodawca badań, przeprowadzenie badania, analiza i opracowanie wyników, przygotowanie tekstu publikacji oraz przygotowanie odpowiedzi na recenzje	70	1,683	70%
Suma punktów:		**510**	**9,919**	

4.3 Wstęp do zagadnień poruszanych w ramach cyklu powiązanych tematycznie artykułów naukowych

Analiza regresji jest jednym z najpowszechniej stosowanych narzędzi modelowania statystycznego. Zyskuje ona wciąż na znaczeniu, ponieważ pozwala opisać związki między zmienną zależną (objaśnianą) a zmiennymi niezależnymi (objaśniającymi) (Biecek, 2013). Metoda ta znajduje szerokie zastosowanie w opisie i modelowaniu dendrometrycznych cech drzew i drzewostanów. Przykładem ilustrującym to wykorzystanie może być modelowanie wysokości drzew. Cecha ta jest kluczową informacją stosowaną do opisu struktury/budowy pionowej drzewostanów, określania miąższości i biomasy różnych komponentów drzew (Bruchwald, 1999; Burkhart i in., 2018), czy też wykorzystywana jest w inwentaryzacji stanu lasu oraz zarządzaniu zasobami leśnymi (Hasenauer, 2006). Jednak pomiar wysokości drzewa jest stosunkowo praco- i czasochłonny.

Dlatego w celu uzyskania wysokości drzew, które nie podlegają pomiarowi tej cechy, tworzy się modele regresyjne – lokalne krzywe wysokości (Näslund, 1936). Są to modele regresyjne opisujące zależność wysokości drzew (zmienna zależna) od pierśnicy drzew (zmienna niezależna). To rozwiązanie jednak ma ograniczone zastosowanie, ponieważ wykorzystanie takich modeli możliwe jest tylko w danych lokalnych warunkach. W celu zwiększenia zakresu stosowania modeli regresyjnych oraz zwiększenia dokładności szacowania wysokości istnieje możliwość opracowania rozwiązań ogólnych, czyli stałych krzywych wysokości, które uwzględniają również przeciętne cechy drzewostanu (Lang, 1938; Curtis, 1967). W Polsce po raz pierwszy takie równania powstały w 1951 roku (Trampler, 1951). Od tamtego czasu na podstawie funkcji Näslunda (Näslund, 1936) opracowano stałe krzywe wysokości wykorzystujące dla różnych gatunków drzew w tym sosny (Rymer-Dudzińska, 1978), czy brzozy (Zasada, 2000). Modele te, jako cechy drzewostanu, wykorzystują przeciętną pierśnicę przekrojową oraz średnią wysokość.

Wysokość i pierśnica drzew jako zmienne niezależne, są również wykorzystywane m.in. podczas tworzenia empirycznych wzorów do określania biomasy drzew (Socha i Wężyk, 2004; Zianis i in., 2005; Jagodziński i in., 2019). Rozwiązanie to pozwala uzyskać informację o zawartości suchej biomasy w nadziemnych i podziemnych komponentach drzew (Bijak i in., 2013; Neumann i in., 2016). Tak opracowane modele zyskują coraz większe znaczenie, zwłaszcza w świetle obserwowanych zmian klimatycznych i konieczności raportowania ilości związanego w biomasie węgla. Empiryczne modele służące do szacowania biomasy stanowią ponadto narzędzie służące do analizy wpływu różnych scenariuszy postępowania na sekwestrację CO_2 (Härkönen i in., 2019).

Natomiast modele zbieżystości (kształtu podłużnego) są to narzędzia regresyjne, które pozwalają na matematyczne odwzorowanie kształtu podłużnego drzew poprzez określenie grubości w dowolnym miejscu na drzewie stojącym, a co za tym idzie pozwalają na szacowanie miąższości całego drzewa lub jego dowolnego fragmentu. W ten sposób można uzyskać informację o miąższości sortymentów możliwych do uzyskania po ścięciu drzew lub użytkowaniu drzewostanu (Dudzińska, 2003). Modele zbieżystości mogą być także wykorzystywane do określania grubości kory wzdłuż pnia (Bronisz i in., 2019). Stanowią również narzędzia wykorzystywane w tworzeniu modeli symulacyjnych i modeli wzrostu (Pukkala i in., 2005), inwentaryzacji lasu czy w systemach wspomagania decyzji (Siekierski, 1995; Kozak, 2004; Kublin i in., 2013). Jedną z grup modeli zbieżystości są modele liniowe (Socha, 2002). Modelem liniowym, opracowanym na podstawie 15 względnych wysokości drzewa określanych z wykorzystaniem udziału w miąższości drzewa 15 sekcji, jest pierwszy polski model zbieżystości opracowany przez Bruchwalda (1980), zmodyfikowany następnie przez Siekierskiego (1992) i Dudzińską (2003).

Modele nieliniowe stanowią oddzielną obszerną grupę metod, gdzie matematyczny opis kształtu podłużnego strzały tworzy się w różny sposób. Jedną z możliwości jest zastosowanie prostego równania matematycznego zakładającego stałość formy (kształtu) pnia, czyli stały wykładnik kształtu, w różnych jego częściach (Kozak i in., 1969; Demaerschalk, 1972). Istnieje również możliwość zastosowania równania o zmiennym kształcie (Arias-Rodil i in., 2015), przy założeniu, że kształt podłużny zmienia się wzdłuż drzewa (Muhairwe, 1999; Lee i in., 2003). W literaturze można również znaleźć modele zbieżystości złożone z kilku połączonych (sklejanych) funkcji matematycznych (np. Max i Burkhart, 1976).

Funkcja regresji to matematyczny obraz przyporządkowania średnich wartości zmiennej zależnej konkretnym wartościom zmiennej niezależnej, którego efekty wskazane są przez wartości parametrów estymowanej funkcji (Stanisz, 2007). Najczęściej stosowanym rozwiązaniem jest uwzględnienie efektów stałych (klasyczny model regresyjny), czyli charakterystycznych i niezmiennych dla całej badanej populacji (Biecek, 2013). W przypadku danych empirycznych wykorzystywanych w badaniach leśnych często zdarza się, że mamy do czynienia z hierarchiczną strukturą danych cechującą się występowaniem grup oraz jednostek wewnątrz grup. Może to być struktura na poziomie powierzchni próbnych występujących jako grupy oraz pojedynczych drzew zdefiniowanych jako jednostki wewnątrz grup. Istnieje również możliwość zdefiniowania hierarchii na poziomie pojedyncze drzewo – cecha drzewa. Ponadto dane empiryczne (często trudno dostępne) stanowią tylko część ocenianej populacji. W modelach efektów stałych współczynniki modelu estymowane są dla wszystkich grup zawartych w danych, bez uwzględnienia wstępującej hierarchii. Jednak podczas modelowania zależności pomiędzy zmiennymi istnieje również możliwość uwzględnienia efektów losowych co w konsekwencji prowadzi do tworzenia modeli efektów mieszanych zawierających zarówno efekty stałe jak i losowe. W zależności od modelowanych zależności mogą to być zarówno liniowe jak i nieliniowe modele, gdzie efekt grupowania traktowany jako efekt losowy (Pinheiro i Bates, 2013). Ponadto podczas tworzenia modeli efektów mieszanych przyjmuje się założenie, że posiadane informacje stanowią próbę z prawdopodobnie nieskończonej populacji zawierającej układ hierarchiczny (grupy oraz jednostki). W celu uchwycenia struktury hierarchicznej danych w modelach efektów mieszanych odchylenia resztowe obserwacji dzielone są na odchylenia występujące wewnątrz grupy (np. powierzchni próbnej) oraz pomiędzy grupami (powierzchniami próbnymi) (Mehtätalo i Lappi, 2020). Uzyskanie podczas modelowania zarówno efektów stałych jak i losowych umożliwia elastyczne podejście do predykcji. W przypadku braku danych empirycznych istnieje możliwość predykcji wyłącznie na podstawie efektów stałych. Natomiast choćby niewielka ilość dostępnych pomiarów zmiennej zależnej dla grupy (np. powierzchni próbnej/drzewa) nie uwzględnionej w danych empirycznych wykorzystanych do opracowania modelu umożliwia wykorzystanie informacji wynikającej z

hierarchicznej struktury modelowanej populacji i zwiększenie dokładności predykcji poprzez uwzględnienie również efektu losowego (Pinheiro i Bates, 2013; Mehtätalo i Lappi, 2020). Parametry modeli efektów mieszanych estymowane są najczęściej za pomocą metody największej wiarygodności (ang. *maximum likehood*, ML) i resztowej metody największej wiarygodności (ang. *restricted/residual maximum likehood*, REML) (Pinheiro i Bates, 2013). Podsumowując uwzględnienie efektów mieszanych w modelowaniu zależności występujących w drzewostanach umożliwia (i) poznanie zależności zachodzących na różnych poziomach hierarchii (np. cecha drzewa, pojedyncze drzewo, powierzchnie próbne) (Pinheiro i Bates, 2013), oraz (ii) predykcję cech drzew i drzewostanów w przypadku ograniczonego dostępu do danych empirycznych (Mehtätalo i Lappi, 2020).

Biorąc pod uwagę powyższe zagadnienia celem przyświecającym stworzeniu prezentowanego osiągnięcia naukowego było modelowanie wybranych cech drzew i drzewostanów w układach hierarchicznych, przy ograniczonym dostępie do danych empirycznych, z wykorzystaniem modeli efektów mieszanych poprzez: (i) ocenę możliwości modelowania cech drzew i drzewostanów z wykorzystaniem modeli efektów mieszanych (A1); (ii) wykorzystanie modeli efektów mieszanych do opracowania stałej krzywej wysokości oraz predykcja wysokości drzew (A2); (iii) uzyskanie systemu allometrycznych równań umożliwiających określenie suchej biomasy całego drzewa oraz poszczególnych jego komponentów, w tym: strzały, gałęzi, liści oraz korzeni (A3); (iv) opracowanie modeli zbieżystości umożliwiających określenie grubości wzdłuż strzały oraz predykcję miąższości drzew biorąc pod uwagę różne poziomy hierarchii tj. pojedynczego drzewa (A4) oraz drzewa i powierzchni próbnej (A5).

4.4. Metodyka

Podstawą do wykonania badań wchodzących w skład osiągnięcia naukowego były dane empiryczne zebrane podczas realizacji projektów badawczych prowadzonych w Zakładzie Dendrometrii i Produkcyjności Lasu (dawniej: Samodzielna Pracowania Dendrometrii i Nauki o Produkcyjności Lasu). Przykład możliwości stosowania modeli efektów mieszanych w badaniach leśnych w postaci modelu definiującego zależność podwójnej grubości kory na pierśnicy od pierśnicy (A1) oraz model zbieżystości (A4) zrealizowany został na podstawie pomiarów 90 ściętych sosen pochodzących z 18 drzewostanów zachodniej Polski (Zasada i in., 2008; Bronisz i Zasada, 2016). Walidacja modelu zbieżystości (A4) przeprowadzona została na podstawie niezależnych danych empirycznych pochodzących z pomiarów 24 ściętych sosen pochodzących z drzewostanów rosnących w zachodniej Polsce. Również z tego regionu kraju pochodzi 48 ściętych drzew próbnych, które umożliwiły modelowanie kształtu podłużnego oraz predykcję miąższości pni robinii akacjowej (A5). Stała krzywa wysokości (A2) opracowana została na podstawie pomiarów

3577 drzew pochodzących z 80 powierzchni próbnych założonych w młodych drzewostanach brzozowych naturalnego pochodzenia rosnących na gruntach porolnych. Podczas pomiarów powyższych powierzchni próbnych ścięto 148 drzew modelowych, które były podstawą utworzenia systemu równań do określania biomasy (A3, Bijak i in., 2013; Bronisz i in., 2016).

Zależność podwójnej grubości kory na wysokości pierśnicy od pierśnicy (A1) zdefiniowana została za pomocą liniowego modelu efektów mieszanych. Jako efekt losowy uznano wpływ powierzchni próbnej (Fehrmann i in., 2008). Uzyskany model porównano z klasycznym liniowym modelem uwzględniającym wyłącznie efekty stałe. Zależność wysokości od pierśnicy (A2) analizowana była z wykorzystaniem 11 funkcji pochodzących z literatury zdefiniowanych jako lokalne krzywe wysokości uwzględniające tylko efekty stałe. Każda z funkcji została dopasowana do danych empirycznych za pomocą metody najmniejszych kwadratów. Funkcja najlepiej obrazująca ocenianą zależność przedstawiona została w postaci stałej krzywej wysokości. W tym celu we wzorze jako cechy drzewostanu nie wymagające dodatkowych pomiarów uwzględniono przeciętną pierśnicę przekrojową oraz pole przekroju. Finalna stała krzywa wysokości została opracowana z zastosowaniem efektów mieszanych z powierzchnią próbną jako czynnikiem grupującym. W ramach analiz oceniono możliwość predykcji wysokości drzew zarówno na podstawie efektów stałych jak i losowych. Podczas predykcji wysokości na podstawie efektów losowych, poprzez uwzględnienie różnej liczby dostępnych drzew z dodatkowymi pomiarami zmiennej zależnej – wysokości drzew, oceniono wpływ ilości dostępnych danych empirycznych na dokładność uzyskiwanych wyników. W tym przypadku brano pod uwagę dostępność 2, 4, 6, oraz 8 drzew. Ocenie podano również różne strategie wyboru drzew z dodatkowymi pomiarami zmiennej zależnej. W tym wypadku uwzględniono pierśnicę jako kryterium wyboru i pod uwagę wzięto m.in. drzewa: losowe, skrajne (najgrubsze i najcieńsze), najgrubsze oraz najcieńsze.

We wstępnej fazie modelowania suchej biomasy (A3) uzyskano indywidualne modele wyjściowe, w których poszczególne komponenty biomasy drzew (strzała, gałęzie, liście i korzenie) oraz wysokość drzew stanowiły zmienne zależne, natomiast pierśnica drzew zdefiniowana została jako zmienna niezależna. Następnie, uwzględniając efekty mieszane oraz powierzchnię próbną jako czynnik grupujący, zbudowano system modeli do określania biomasy zawierający równania pozornie niezależne (SUR - *Seemingly Unrelated Regression*, Parresol, 1999). Metoda ta polega na wykorzystaniu modelu wielorównaniowego, w którym zakłada się, że składniki poszczególnych równań układu są między sobą skorelowane, a parametry składowych równań są estymowane łącznie (Zellner, 1962). Również w tym przypadku przeprowadzono predykcję zmiennych zależnych z wykorzystaniem efektów stałych i losowych. W przypadku efektów stałych zmienne zależne określane były na podstawie pierśnicy. Natomiast dzięki uzyskaniu systemu modeli

biomasy do predykcji zmiennych zależnych z wykorzystaniem efektów losowych wykorzystano jedną z nich – wysokość drzew. Podobnie jak w przypadku modelowania wysokości drzew (A2) również tutaj oceniono także wpływ różnej liczby dostępnych drzew do pomiaru zmiennej zależnej (wysokości) na dokładność predykcji. Takie podejście było możliwe dzięki uwzględnieniu wariancji wewnątrz powierzchni próbnych i pomiędzy nimi oraz korelacji efektów losowych występujących wewnątrz systemu modeli (Mehtätalo i Lappi, 2020).

Podczas modelowania kształtu podłużnego sosny (A4) jako model wyjściowy przyjęto nieliniową funkcję opracowaną przez Kozaka (1997). Funkcja ta oprócz zmiennych niezależnych takich jak pierśnica, wysokość, wysokość względna oraz względna pierśnica zawiera 8 estymowanych parametrów. Model Kozaka został dopasowany do danych zarówno z uwzględnieniem efektów stałych (klasyczny model regresyjny), jak i efektów mieszanych, definiując trzy estymowane parametry jako efekt losowy. W przypadku analizowanego modelu czynnikiem grupującym było pojedyncze drzewo. Tak przyjęta strategia z jednej strony umożliwiła uchwycenie zmienności pomiędzy drzewami w dolnej środkowej oraz wierzchołkowej części drzewa, a drugiej pozwoliła uniknąć problemów związanych z konwergencją estymowanych parametrów (de-Miguel i in., 2012). W początkowym etapie obliczeń dotyczących modelu zbieżystości dla robinii akacjowej (A5) pod uwagę wzięto siedem dostępnych w literaturze i cechujących się różną postacią (od prostych rozwiązań po bardziej złożone) modeli zbieżystości. Modele te dopasowano do danych z wykorzystaniem modeli z efektami stałymi. Model najlepiej definiujący ocenianą zależność został dopasowany do danych również przy uwzględnieniu efektów mieszanych. W odróżnieniu do modelu kształtu podłużnego sosny (A4) w tym wypadku uwzględniono dwa losowe czynniki grupujące: drzewo oraz powierzchnię próbną. W przypadku modeli zbieżystości (A4 i A5) zmienną zależną jest grubość (w przypadku A5 analizowano również grubość bez kory) na dowolnej wysokości drzewa. Biorąc pod uwagę typowe dane empiryczne, cecha ta w przypadku drzew stojących jest trudno dostępna. Dlatego też przeprowadzając predykcję miąższości drzew, oraz oceniając jej dokładność na podstawie uzyskanych modeli z efektami mieszanymi przyjęto założenie, że efekty losowe wynoszą 0. Ponadto obliczona miąższość drzew w obu przypadkach (A4 i A5) umożliwiła porównanie dokładności wyników uzyskanych za pomocą klasycznego modelu z efektami stałymi jak i modelu z efektami mieszanymi.

W ramach analiz dotyczących poszczególnych rozwiązań regresyjnych (A1-A5) brano pod uwagę statystyczne miary dopasowania takie jak: współczynnik determinacji (R^2), średni błąd kwadratowy (RMSE), błąd średni (ME), statystykę AIC (ang. *Akaike Information Criterion*, kryterium informacyjne Akaikego), błąd absolutny (AE) oraz błąd procentowy wtórny (RE). Ponadto wykonano analizę odchyleń resztowych modeli, w ramach której oceniano ich zgodność z

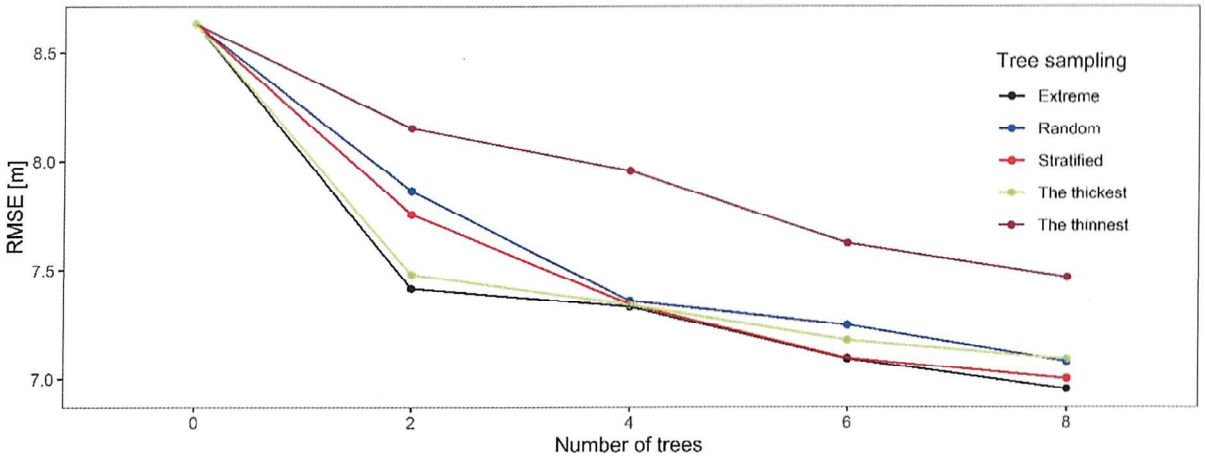
rozkładem normalnym (test Shapiro–Wilka) oraz przebieg względem wartości przewidywanych (wykres *residuals vs fitted*). Podczas dopasowania modeli badano również ewentualne występowanie heteroskedastyczności wariancji uzyskanych odchyleń resztowych (A2 i A5). Wszystkie analizy przeprowadzone zostały za pomocą otwartego środowiska R (R Core Team, 2020) oraz RStudio (RStudio team, 2015) przy zastosowaniu bibliotek: *ggplot2* (Wickham, 2016), *nlme* (Pinheiro i in., 2020) i *lmfor* (Mehtätalo, 2017).

4.5 Wyniki

W przypadku modelu definiującego zależność podwójnej grubości kory na wysokości pierśnicy od pierśnicy (A1) współczynnik determinacji (R^2) dla modelu z efektami losowymi jest większy (0,7253) od klasycznego modelu regresyjnego (0,5757), a jednocześnie średni błąd kwadratowy (RMSE) jest mniejszy (odpowiednio: 4,4792 i 5,2151). Mniejsza jest również wartość statystyki AIC (odpowiednio: 551 i 556). Porównanie modeli względem uzyskiwanych odchyleń resztowych nie daje jednoznacznej odpowiedzi dotyczącej dopasowania modeli do danych. Z jednej strony odchylenia resztowe modelu z efektami losowymi w odniesieniu do wartości przewidywanych cechują się większym skupieniem względem zera, niż w modelu klasycznym, natomiast z drugiej, w przeciwieństwie do modelu klasycznego, nie są zgodne z rozkładem normalnym (wartość p-value na podstawie testu Shapiro-Wilka wyniosła odpowiednio 0,076 i 0,014).

Porównanie lokalnych krzywych wysokości dla młodych brzóz (A2) za pomocą miar dopasowania oraz analizy uzyskanych odchyleń resztowych wykazało, że najlepiej dopasowanym modelem jest funkcja opracowana przez Schumachera (1939). Błąd średni (ME) tego modelu wyniósł 0,004, natomiast średni błąd kwadratowy (RMSE) równał się 0,6985. RMSE stałej krzywej wysokości uzyskanej poprzez uwzględnienie w modelu przeciętnej pierśnicy przekrojowej wynosił 0,703, natomiast statystyka AIC 7 503. Zastosowanie pola przekroju jako drugiej cechy drzewostanowej pozwoliło uzyskać lepsze dopasowanie stałej krzywej wysokości (AIC = 7 487). Podczas analiz zaobserwowano heteroskedastyczność wariancji uzyskanych odchyleń resztowych, dlatego podczas dopasowania stałej krzywej wysokości do ważenia uzyskiwanych reszt zastosowano funkcję potęgową uwzględniającą pierśnicę drzew. Opracowana stała krzywa wysokości umożliwiła porównanie dokładności predykcji wysokości z wykorzystaniem efektów losowych i stałych składających się na model efektów mieszanych. Mniejszy średni błąd kwadratowy (RMSE) uzyskany został podczas wykorzystania efektów losowych, niż dla efektów stałych. Uzyskane wyniki ponadto wskazują, że w przypadku predykcji wysokości z wykorzystaniem efektów losowych liczba dostępnych dodatkowych pomiarów zmiennej niezależnej (wysokości drzew) wpływa na dokładność - im większa jest liczba pomiarów tym uzyskuje się większą dokładność

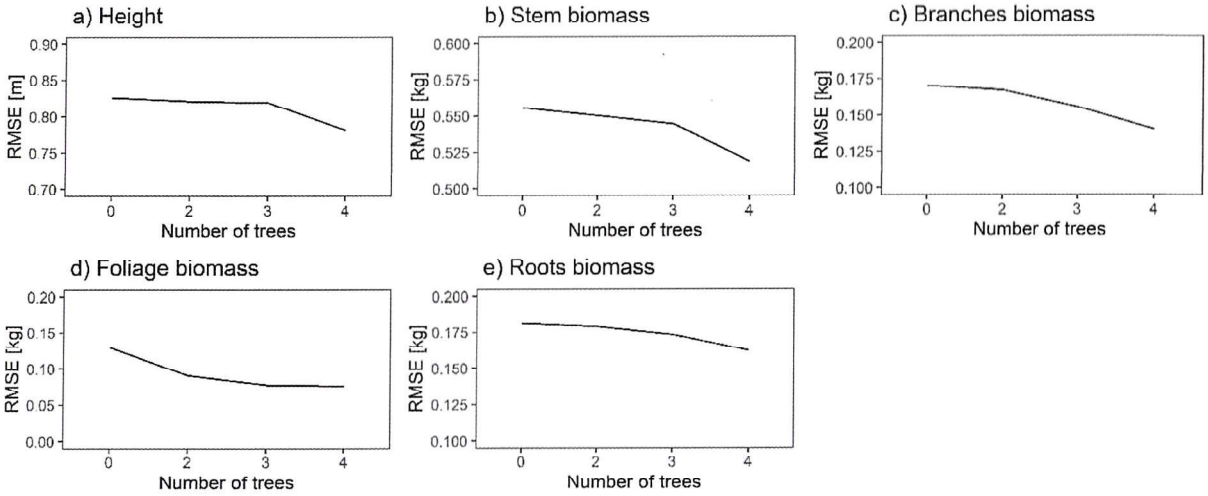
predykcji. Dodatkowo należy zwrócić uwagę, że największa dokładność uzyskana została przy wyborze drzew skrajnych pod względem pierśnicy czyli zarówno najcieńszych jak i najgrubszych (Ryc. 1).



Ryc. 1. Średni błąd kwadratowy (RMSE) predykcji wysokości na postawie opracowanej stałej krzywej wysokości z wykorzystaniem efektów stałych i losowych. Linia czarna oznacza drzewa skrajne (najgrubsze i najcieńsze), linia niebieska drzewa losowe, linia czerwona drzewa wybierane warstwowo, linia zielona oznacza najgrubsze drzewa a szara linia oznacza drzewa najcieńsze. (źródło: A2).

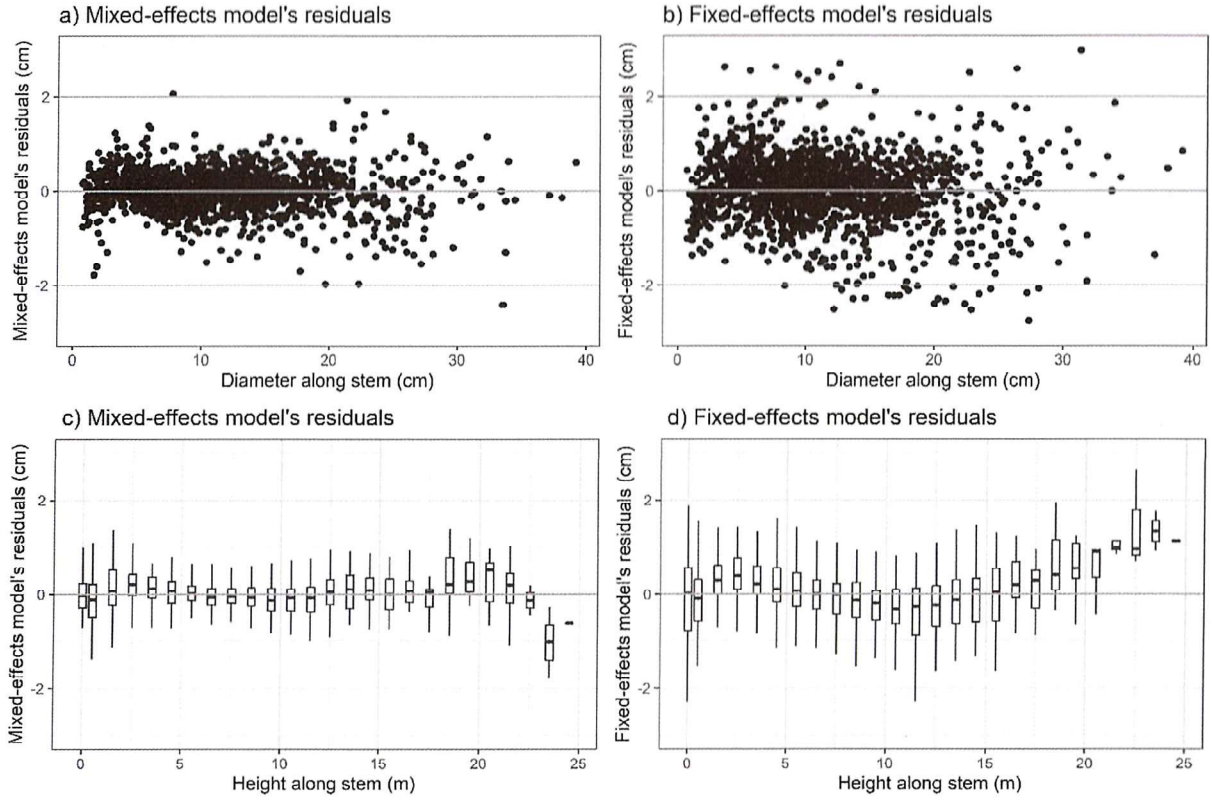
Indywidualne funkcje definiujące poszczególne zmienne zależne w opracowanym systemie modeli biomasowych (A3) cechowały się różną wartością statystyki AIC. Najmniejsza jej wartość, wskazująca na najlepsze dopasowanie, uzyskana została w przypadku wysokości drzew (9,7), a największa dla biomasy liści (303,6). Dla biomasy strzały AIC równała się 113,9, biomasy gałęzi 249,38, a dla biomasy korzeni 188,2. Korelacja efektów losowych wewnątrz systemu modeli zdefiniowana przy pomocy współczynnika korelacji mieściła się w zakresie od 0,08 od 0,995. Efekty losowe uzyskane dla wysokości drzew były silnie związane z komponentami biomasy, dzięki czemu możliwe jest uzyskanie dokładniejszych wyników podczas predykcji. Korelacja pomiędzy uzyskanymi odchyleniami resztowymi natomiast zależy od analizowanych zmiennych zależnych. Najsilniejsza korelacja występuje pomiędzy biomasą gałęzi i liści (współczynnik korelacji wynosi 0,638). Silny związek pojawia się również pomiędzy biomasą korzeni pozostałymi komponentami biomasy. Oznacza to, że opracowany system modeli umożliwia w perspektywie zmianę podejścia do wykorzystania efektów losowych np. poprzez predykcję biomasy korzeni na podstawie danych o pozostałych komponentach biomasy. Podobnie jak w przypadku modelowania wysokości drzew (A2) również tutaj analizowano wpływ różnej liczby dostępnych pomiarów zmiennej zależnej (wysokości drzew) na dokładność predykcji. Wykorzystanie wysokości skrajnych (najcieńszych i najgrubszych) drzew do predykcji pozostałych zmiennych zależnych umożliwia uzyskanie mniejszego średniego błędu kwadratowego (RMSE) niż w przypadku

wykorzystania efektów stałych. Błąd ten zmniejsza się przy zwiększającej się liczbie pomierzonych drzew (Ryc. 2). W przypadku predykcji wysokości wykorzystanie pomiarów czterech drzew zmniejsza RMSE o 0,045 m (5,4%). Natomiast dla komponentów biomasy największa różnica (zwiększenie) w dokładności uzyskana została dla biomasy liści (41,1%), a najmniejsza dla biomasy strzały (6,7%).



Ryc. 2. Średni błąd kwadratowy (RMSE) dla opracowanego systemu modeli dla wszystkich analizowanych zmiennych zależnych (źródło: A3).

Uwzględnienie efektów losowych podczas modelowania grubości wzdłuż pnia sosen (A4) pozwoliło uzyskać lepsze miary dopasowania, niż w przypadku klasycznego modelu regresyjnego zawierającego tylko efekty stałe. Współczynnik determinacji (R^2) równał się odpowiednio 0,9954 i 0,984, średni błąd kwadratowy (RMSE) 0,4522 i 0,8453, natomiast błąd średni (ME) wynosił −0,00006 oraz 0,00019. Uzyskane odchylenia resztowe dla modelu z efektami mieszanymi cechowały się większym skupieniem wokół zera w odniesieniu do przewidywanej grubości wzdłuż pnia niż w przypadku modelu z efektami stałymi (Ryc. 3).



Ryc. 3. Odchylenia resztowe grubości wzdłuż pnia dla modelu kształtu podłużnego uwzględniającego efekty mieszane (a, c) oraz klasycznego uwzględniającego tylko efekty stałe (b, d) w odniesieniu do grubość wzdłuż drzewa (górna część) oraz wysokości wzdłuż drzewa (dolna część). (Źródło: A4).

Najmniejsza średnia, mediana oraz odchylenie standardowe błędu absolutnego uzyskanego podczas predykcji miąższości opracowanym modelem zbieżystości uzyskana została na podstawie modelu uwzględniającego efekty mieszane (odpowiednio 0,0047 m^3, 0,0032 m^3 i 0,0279 m^3). Ponadto średnia arytmetyczna uzyskanych błędów wskazuje na brak błędy systematycznego. W przypadku błędu procentowego wtórnego wyniki były niejednoznaczne. Średnia wartość tego parametru była mniejsza dla klasycznego podejścia, uwzględniającego tylko efekty stałe (0,11%), podczas gdy mediana była mniejsza dla modelu z efektami mieszanymi (-0,46%). W obu przypadkach rozkład obu analizowanych błędów był zgodny z rozkładem normalnym.

W przypadku modelowania kształtu podłużnego pni robinii akacjowej (A5) najlepszym modelem zbieżystości okazała się funkcja opracowana przez Kozaka (1997). Uzyskane miary dopasowania wskazują, że uwzględnienie efektów mieszanych umożliwia lepsze dopasowanie modelu do grubości wzdłuż pnia niż w przypadku modelu z efektami stałymi. Dla grubości w korze Statystyka AIC dla modelu z efektami mieszanymi wynosiła 10279 natomiast dla modelu z efektami stałymi 10872. Warto również zaznaczyć, że wyniki dotyczące oceniany wpływu dwóch poziomów hierarchii (pojedyncze drzewo oraz powierzchnia próbna) są niejednoznaczne. W przypadku

predykcji grubości wzdłuż pnia w korze należy uwzględnić oba poziomy grupowania, natomiast dla grubości wzdłuż pnia bez kory znaczenie miał tylko poziom pojedynczego drzewa. Dodatkowo najniższy błąd średni błąd kwadratowy (RMSE) predykcji miąższości drzewa w korze uzyskany został dla modelu zawierającego tylko efekty stałe (0,0476). Błąd ten dla modelu zawierającego efekty mieszane wyniósł 0,0489.

4.6 Dyskusja i wnioski

Modele efektów mieszanych zawierają zarówno efekty stałe jak i losowe. Efekt stały stanowi element klasycznego modelu regresyjnego, natomiast efekt losowy uwzględnia wpływ występującego w analizowanych danych empirycznych układu hierarchicznego (Pinheiro i Bates, 2013; Mehtätalo i Lappi, 2020). W zależności od modelowanych zależności ta sama zmienna może być uwzględniona w jednym modelu jako efekt stały, a w innym jako losowy (A1). Wykorzystanie w modelowaniu hierarchicznej struktury danych przekłada się na możliwość modelowania cech drzew i drzewostanów poprzez: opracowanie stałej krzywej wysokości umożliwiającej predykcję wysokości drzew (A2, Mehtätalo i in., 2015), predykcję biomasy różnych komponentów drzew (A3, Ung i in., 2008), ocenę możliwości produkcyjnych drzewostanów poprzez modelowanie wskaźnika bonitacji (Yang i Huang, 2011), tworzenie modeli zbieżystości (A4, A5, Arias-Rodil i in., 2015, określanie miąższości drzewostanu (Hall i Clutter, 2004), modelowanie gęstości drewna (Guilley i in. 2004), ocenę wpływu zabiegów hodowlanych (Mehtätalo i in. 2014; Liziniewicz i in. 2016) czy analizę zawartości martwego drewna (Sakai i in. 2013) oraz grubości kory (Li, Weiskittel 2011).

Uzyskane w prezentowanym osiągnieciu naukowym wyniki wskazują, że uwzględnienie układu hierarchicznego danych empirycznych poprzez wykorzystanie efektu losowego w modelowaniu cech drzew i drzewostanów zwiększa dokładność predykcji (A1-A3). Należy jednak pamiętać, że wymaga to przeprowadzenia dodatkowych pomiarów zmiennej zależnej, a im większa liczba dostępnych dodatkowych pomiarów zmiennej zależnej tym większa dokładność predykcji (A2, A3). Ponadto, okazuje się, że nie tylko liczba dodatkowo pomierzonych drzew wpływa na dokładność predykcji. Istotną rzeczą jest również sposób ich wyboru (Calama i Montero, 2004). W przypadku predykcji wysokości drzew wybór drzew skrajnych pod względem pierśnicy umożliwia uzyskanie najdokładniejszej wysokości dla młodej brzozy rosnącej na gruntach porolnych. Również inni autorzy zwracają uwagę na znaczenie wyboru drzew podczas predykcji wysokości. Crecente-Campo i in. (2010), w odróżnieniu do wyników uzyskanych w ramach przedstawianego osiągnięcia naukowego, wskazują, że w przypadku stałej krzywej wysokości opracowanej dla *Eucalyptus globulus* L. w północnej Hiszpanii najmniejszy średni błąd kwadratowy uzyskany został

podczas wyboru najcieńszych drzew. Potwierdzają to wyniki uzyskane przez Calamę i Montero (2004) oraz Castedo Dorado i in. (2006). Z kolei w przypadku badań Temesgena i in. (2008) najdokładniejszą predykcję wysokości drzew uzyskano biorąc pod uwagę drzewa najgrubsze.

W kontekście strategii dotyczącej możliwości wykorzystania efektów losowych warto odnieść się do wyników uzyskanych podczas predykcji zmiennych zależnych na podstawie systemu modeli służących do określania biomasy (A3). W tym wypadku, dzięki uwzględnieniu kowariancji wewnątrz powierzchni próbnych i pomiędzy nimi oraz korelacji efektów losowych występujących wewnątrz systemu modeli (Mehtätalo i Lappi, 2020), możliwe było przeprowadzenie predykcji wszystkich zmiennych zależnych (tj. wysokości, biomasy strzały, gałęzi, liści, oraz korzeni) przy wykorzystaniu jednej z nich, najłatwiej osiągalnej, czyli wysokości drzew. Takie rozwiązanie stanowi nowe podejście do wykorzystania pierśnicy i wysokości drzew w modelowaniu oraz umożliwia wykorzystanie różnych źródeł danych zmniejszając trudności w dostępnie do danych empirycznych, w tym lotniczego skanowania laserowego (Maltamo i in., 2012). Równania pozornie niezależne (SUR) wykorzystane były również do tworzenia kanadyjskich wzorów umożliwiających określenie biomasy nadziemnej dla sześciu gatunków drzew (Ung i in., 2008). Jednakże w tym wypadku, w odróżnieniu do podejścia przyjętego podczas realizacji prezentowanego osiągnięcia naukowego, autorzy opracowali dwa warianty wzorów: (i) wzory z pierśnicą jako zmienną niezależną, oraz (ii) wzory z pierśnicą i wysokością jako zmiennymi niezależnymi. System wzorów umożliwiających predykcję komponentów nadziemnej biomasy opracowany został również dla ośmiu głównych gatunków drzew w Niemczech (Vonderach i in., 2018). W tym wypadku rozważane były dwa zbiory zmiennych niezależnych. Pierwszy zbiór stanowiła pierśnica i wysokość drzewa. W skład drugiego zbioru wchodziły: pierśnica, wysokość, wiek, wysokość nad poziomem morza, grubość na 30% wysokości drzewa oraz długość korony.

Konieczność uzyskania dodatkowych pomiarów w celu wykorzystania efektów losowych nabiera innego wymiaru w przypadku modelowania kształtu podłużnego pnia. W tym wypadku w celu określenia miąższości drzewa koniecznym jest pomiar grubości na różnych wysokościach pnia, co jest trudne w przypadku drzew stojących. Jedną z możliwości rozwiązania pojawiającego się ograniczenia w dostępie do danych empirycznych, nie wymagającego dodatkowych pomiarów, jest predykcja miąższości drzew z wykorzystaniem estymowanego rozkładu efektów losowych (de-Miguel i in., 2012). Innym rozwiązaniem jest wykorzystanie tylko części modeli efektów mieszanych – predykcja na podstawie efektu stałego. Jednak w tym przypadku zgodnie z uzyskanymi w prezentowanym osiągnieciu naukowym (A5) część autorów wskazuje na przewagę klasycznego rozwiązania – modelu zawierającego tylko efekty stałe (Arias-Rodil i in., 2015; Pukkala i in., 2019). Kolejną możliwością jest uzyskanie dodatkowych pomiarów za pomocą

alternatywnych narzędzi pomiarowych takich jak średnicomierze laserowe (Cao i Wang, 2011) czy system pomiarowy Field-Map (Brach i in. 2013). W świetle modelowania kształtu podłużnego drzew warto również odnieść się do zjawiska wieloliniowości (ang. *multicollinearity*), czyli skorelowania zmiennych niezależnych – grubości wzdłuż pnia (Rojo i in., 2005). Z jednej strony Kozak (1997) twierdzi, że zasadniczo nie wpływa to na zdolność predykcyjną modelu zbieżystości, ale z drugiej strony zastosowanie podejścia wykorzystującego modele efektów mieszanych z losowymi efektami na poziomie drzewa (de-Miguel i in., 2012) umożliwia uwzględnienie tego zjawiska. Przy definiowaniu efektów losowych należy jednak wziąć pod uwagę parsymonię modelu oraz charakter modelowanej zależności (Cieszewski i Strub, 2018).

W odniesieniu do modeli zbieżystości warto zaznaczyć, że modele efektów mieszanych używane są głównie z dwóch powodów: (i) wzięcie pod uwagę zależności obserwacji z grup (poziomów hierarchii) wchodzących w skład modelowanych danych empirycznych, (ii) umożliwienie predykcji na poziomie danej grupy. Mając na uwadze powyższe aspekty w analizach dotyczących modelu kształtu podłużnego (A5) zawierającego efekty mieszane uwzględniono dwa poziomy hierarchii: powierzchnię próbną oraz drzewo (Lappi 1986). Okazało się, że tylko w przypadku grubości wzdłuż pnia w korze korzystne jest połączenie obu poziomów w celu opracowania dwupoziomowego modelu efektów mieszanych (A5). Natomiast Arias-Rodil i in. (2015), oceniając w swoich badaniach oba poziomy grupowania wskazuje, że poziom drzewa w zdecydowanie większym stopniu wyjaśnia zależności występujące w danych empirycznych niż poziom powierzchni próbnej, co odzwierciedla się w przypadku uzyskanych wyników dla grubości bez kory (A5).

Modele efektów mieszanych, umożliwiające poznanie zależności zachodzących na różnych poziomach hierarchii empirycznych danych wykorzystywanych do modelowania cech drzew i drzewostanów, pozwalają na elastyczne podejście do predykcji. W przypadku braku dostępu do dodatkowych danych empirycznych dotyczących modelowanej zmiennej zależnej istnieje możliwość wykorzystania wyłącznie efektów stałych (A1, A4 i A5) stanowiących składową modelu efektów mieszanych. Natomiast nawet niewielka ilość dostępnych dodatkowych pomiarów zmiennej zależnej umożliwia zwiększenie dokładności predykcji poprzez uwzględnienie efektów losowych (A2 i A3). Uzyskane wyniki wskazują, że istnieje możliwość wykorzystania modeli efektów mieszanych w predykcji różnych dendrometrycznych cech zarówno dla pojedynczych drzew, jak i dla drzewostanów przy ograniczonym dostępie do danych empirycznych (A1-A5).

4.7. Literatura

Arias-Rodil, M., Castedo-Dorado, F., Cámara-Obregón, A., Diéguez-Aranda, U., 2015. Fitting and Calibrating a Multilevel Mixed-Effects Stem Taper Model for Maritime Pine in NW Spain. PLOS ONE 10, e0143521. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0143521.

Biecek, P., 2013. Analiza danych z programem R Modele liniowe z efektami stałymi, losowymi i mieszanymi, II. Wydawnictwo Naukowe PWN.

Bijak, Sz., Zasada, M., Bronisz, A., Bronisz, K., Czajkowski, M., Ludwisiak, Ł., Tomusiak, R., Wojtan, R., 2013. Estimating coarse roots biomass in young silver birch stands on post-agricultural lands in central Poland. Silva Fennica 47, 1–14. https://doi.org/10.14214/sf.963.

Brach, M., Bielak, K., Drozdowski, S., 2013. Dokładność pomiaru wybranymi dalmierzami laserowymi w środowisku leśnym. Sylwan 157 (9), 671-677. https://doi.org/10.26202/sylwan.2013012.

Bronisz, K., Gruchała, A., Zasada, M., 2019. Modelowanie grubości kory wzdłuż pnia za pomocą modeli zbieżystości. Sylwan 163 (6), 469–478. https://doi.org/doi.org/10.26202/sylwan.2018166

Bronisz, K., Strub, M., Cieszewski, C., Bijak, Sz., Bronisz, A., Tomusiak, R., Wojtan, R., Zasada, M., 2016. Empirical equations for estimating aboveground biomass of Betula pendula growing on former farmland in central Poland. Silva Fennica 50. https://doi.org/10.14214/sf.1559

Bronisz, K., Zasada, M., 2016. Uproszczone wzory empiryczne do określania suchej biomasy nadziemnej części drzew i ich komponentów dla sosny zwyczajnej. Sylwan 160 (4), 277–283. https://doi.org/10.26202/sylwan.2015130.

Bruchwald, A., 1999. Dendrometria, III. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.

Bruchwald, A., 1997. Statystyka matematyczna dla leśników, III. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.

Bruchwald, A., 1980. Wykorzystanie badań nad pełnością strzał do budowy tablic zbieżystości dla drzewostanów sosnowych. Folia Forestalia Polonica. Seria A, Forestry 24, 101–109.

Bruchwald, A., Żybura, H., 2002. Stałe krzywe wysokości dla drzewostanów modrzewia europejskiego (*Larix decidua* Mill.). Sylwan 146 (12), 5–9.

Burkhart, H.E., Avery, T.E., Bullock, B.P., 2018. Forest Measurements, Waveland Pr Inc.

Burkhart, H.E., Tomé, M., 2012. Modeling Forest Trees and Stands. Springer Netherlands, Dordrecht.

Calama, R., Montero, G., 2004. Interregional nonlinear height-diameter model with random coefficients for stone pine in Spain. Canadian Journal of Forest Research 34, 150–163. https://doi.org/10.1139/x03-199.

Cao, Q.V., Wang, J., 2011. Calibrating fixed- and mixed-effects taper equations. Forest Ecology and Management 262, 671–673. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.04.039

Castedo Dorado, F., Diéguez-Aranda, U., Barrio Anta, M., Sánchez Rodríguez, M., von Gadow, K., 2006. A generalized height–diameter model including random components for radiata pine plantations in northwestern Spain. Forest Ecology and Management 229, 202–213. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.04.028

Cieszewski, C.J., Strub, M., 2018. Comparing properties of self-referencing models based on nonlinear-fixed-effects versus nonlinear-mixed-effects modeling approaches. Mathematical and Computational Forestry & Natural-Resource Sciences 10, 46–57.

Crecente-Campo, F., Soares, P., Tomé, M., Diéguez-Aranda, U., 2010. Modelling annual individual-tree growth and mortality of Scots pine with data obtained at irregular measurement intervals and containing missing observations. Forest Ecology and Management 260, 1965–1974. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.08.044.

Curtis, R.O., 1967. Height-diameter and height-diameter-age equations for second-growth Douglas-fir. For. Sci. 13, 365–375.https://doi.org/10.1093/forestscience/13.4.365.

de-Miguel, S., Mehtätalo, L., Shater, Z., Kraid, B., Pukkala, T., 2012. Evaluating marginal and conditional predictions of taper models in the absence of calibration data. Canadian Journal of Forest Research 42, 1383–1394. https://doi.org/10.1139/x2012-090

Demaerschalk, J.P., 1972. Conversions of Taper and Volume Equations From the English to the Metric System. Canadian Journal of Forest Research 2, 372–374. https://doi.org/10.1139/x72-056

Dudzińska, M., 2003. Model udziałów miąższości poszczególnych części strzały dla buka górskiego i nizinnego. Sylwan, 147 (4), 28–37. https://doi.org/10.26202/sylwan.2003038

Fehrmann, L., Lehtonen, A., Kleinn, C., Tomppo, E., 2008. Comparison of linear and mixed-effect regression models and a k-nearest neighbor approach for estimation of single-tree biomass. Canadian Journal of Forest Research 38, 1–9. https://doi.org/10.1139/X07-119.

Guilley, E., Hervé, J.-C., Nepveu, G., 2004. The influence of site quality, silviculture and region on wood density mixed model in Quercus petraea Liebl. Forest Ecology and Management 189, 111–121. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2003.07.033.

Gómez-García, E., Fonseca, T.F., Crecente-Campo, F., Almeida, L.R., Diéguez-Aranda, U., Huang, S., Marques, C.P., 2015. Height-diameter models for maritime pine in Portugal: a

comparison of basic, generalized and mixed-effects models. iForest - Biogeosciences and Forestry 9, 72. https://doi.org/10.3832/ifor1520-008

Hall, D.B., Bailey, R.L., 2001. Modeling and Prediction of Forest Growth Variables Based on Multilevel Nonlinear Mixed Models. for sci 47, 311–321. https://doi.org/10.1093/forestscience/47.3.311

Hall, D.B., Clutter, M., 2004. Multivariate multilevel nonlinear mixed effects models for timber yield predictions. Biometrics 60, 16–24.

Hasenauer, H., 2006. Sustainable Forest Management Growth Models for Europe. Springer, Berlin Heidelberg.

Härkönen, S., Neumann, M., Mues, V., Berninger, F., Bronisz, K., Cardellini, G., Chirici, G., Hasenauer, H., Koehl, M., Lang, M., Merganicova, K., Mohren, F., Moiseyev, A., Moreno, A., Mura, M., Muys, B., Olschofsky, K., Del Perugia, B., Rørstad, P.K., Solberg, B., Thivolle-Cazat, A., Trotsiuk, V., Mäkelä, A., 2019. A climate-sensitive forest model for assessing impacts of forest management in Europe. Environmental Modelling & Software 115, 128–143. https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2019.02.009

Jagodziński, A.M., Dyderski, M.K., Gęsikiewicz, K., Horodecki, P., 2019. Tree and stand level estimations of *Abies alba* Mill. aboveground biomass. Annals of Forest Science 76, 56. https://doi.org/10.1007/s13595-019-0842-y.

Kozak, A., 2004. My last words on taper equations. The Forestry Chronicle 80, 507–515.

Kozak, A., 1997. Effects of multicollinearity and autocorrelation on the variable-exponent taper functions. Canadian Journal of Forest Research 27, 619–629. https://doi.org/10.1139/x97-011

Kozak, A., Munro, D.D., Smith, J.H.G., 1969. Taper Functions and their Application in Forest Inventory. The Forestry Chronicle 45, 278–283. https://doi.org/10.5558/tfc45278-4

Kublin, E., Breidenbach, J., Kändler, G., 2013. A flexible stem taper and volume prediction method based on mixed-effects B-spline regression. European Journal of Forest Research 132, 983–997. https://doi.org/10.1007/s10342-013-0715-0.

Lang, A., 1938. Bestandeseinheitshöhenkurven der Württembergischen Forsteinrichtungsanstalt. Allg Forst Jagdztg 168–176.

Lappi, J., 1986. Mixed linear models for analyzing and predicting stem form variation of Scots pine. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae.

Lappi, J., Bailey, R.L., 1988. A Height Prediction Model with Random Stand and Tree Parameters: An Alternative to Traditional Site Index Methods. Forest Science 34, 907–927. https://doi.org/10.1093/forestscience/34.4.907.

Lee, W.-K., Seo, J.-H., Son, Y.-M., Lee, K.-H., von Gadow, K., 2003. Modeling stem profiles for Pinus densiflora in Korea. Forest Ecology and Management 172, 69–77. https://doi.org/10.1016/S0378-1127(02)00139-1.

Li, R., Weiskittel, A.R., 2011. Estimating and predicting bark thickness for seven conifer species in the Acadian Region of North America using a mixed-effects modelling approach: comparison of model forms and subsampling strategies. European Journal of Forest Research 130, 219–233. https://doi.org/10.1007/s10342-010-0423-y.

Liziniewicz, M., Andrzejczyk, T., Drozdowski, S., 2016. The effect of birch removal on growth and quality of pedunculate oak in a 21-year-old mixed stand established by row planting. Forest Ecology and Management 364, 165–172. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.01.011

Maltamo, M., Mehtätalo, L., Vauhkonen, J., Packalén, P., 2012. Predicting and calibrating tree attributes by means of airborne laser scanning and field measurements. Canadian Journal of Forest Research 42, 1896–1907. https://doi.org/10.1139/x2012-134.

Max, T.A., Burkhart, H.E., 1976. Segmented Polynomial Regression Applied to Taper Equations. Forest Science 22, 283–289. https://doi.org/10.1093/forestscience/22.3.283.

Mehtätalo, L., Peltola, H., Kilpeläinen, A., Ikonen, V.-P., 2014. The Response of Basal Area Growth of Scots Pine to Thinning: A Longitudinal Analysis of Tree-Specific Series Using a Nonlinear Mixed-Effects Model. Forest Science 60, 636–644. https://doi.org/10.5849/forsci.13-059

Mehtätalo, L., de-Miguel, S., Gregoire, T.G., 2015. Modeling height-diameter curves for prediction. Canadian Journal of Forest Research 45, 826–837. https://doi.org/10.1139/cjfr-2015-0054.

Mehtätalo, L., 2017. Package lmfor: Functions for Forest Biometrics.

Mehtätalo, L, Lappi, J., 2020. Forest Biometrics with examples in R. Chapman & Hall/CRC.

Muhairwe, C.K., 1999. Taper equations for *Eucalyptus pilularis* and *Eucalyptus grandis* for the north coast in New South Wales, Australia. Forest Ecology and Management 113, 251–269. https://doi.org/10.1016/S0378-1127(98)00431-9.

Neumann, M., Moreno, A., Mues, V., Härkönen, S., Mura, M., Bouriaud, O., Lang, M., Achten, W.M.J., Thivolle-Cazat, A., Bronisz, K., Merganič, J., Decuyper, M., Alberdi, I., Astrup, R., Mohren, F., Hasenauer, H., 2016. Comparison of carbon estimation methods for European forests. Forest Ecology and Management 361, 397–420. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.11.016.

Näslund, M., 1936. Skogsförsöksanstaltens gallringsförsök i tallskog. Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt.

Parresol, B.R., 1999. Assessing tree and stand biomass: a review with examples and critical comparisons. Forest science 45, 573–593.

Pinheiro, J., Bates, D., 2013. Mixed-Effects Models in S and S-PLUS. Springer, New York.

Pinheiro, J., Bates, D., Saikat, D., Deepayan, S., 2020. nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models.

Pukkala, T., Hanssen, K.H., Andreassen, K., 2019. Stem taper and bark functions for Norway spruce in Norway. Silva Fennica 53, 15. https://doi.org/10.14214/ sf.10187

Pukkala, T., Möykkynen, T., Thor, M., Rönnberg, J., Stenlid, J., 2005. Modeling infection and spread of Heterobasidion annosum in even-aged Fennoscandian conifer stands. Canadian Journal of Forest Research 35, 74–84. https://doi.org/10.1139/X04-150

R Core Team, 2020. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Wiedeń, Austria.

Rojo, A., Perales, X., Sánchez-Rodríguez, F., Álvarez-González, J.G., Gadow, K. von, 2005. Stem taper functions for maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) in Galicia (Northwestern Spain). European Journal of Forest Research 124, 177–186. https://doi.org/10.1007/s10342-005-0066-6

RStudio team, 2015. RStudio: Integrated Development for R. RStudio Inc., Boston.

Rymer-Dudzińska, T., 1978. Równania stałych krzywych wysokości dla drzewostanów sosnowych. Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego Akademii Rolniczej w Warszawie, Leśnictwo 26, 37–68.

Sakai, Y., Ishizuka, S., Takenaka, C., 2013. Predicting deadwood densities of Cryptomeria japonica and Chamaecyparis obtusa forests using a generalized linear mixed model with a national-scale dataset. Forest Ecology and Management 295, 228–238. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.01.030

Schumacher, F.X., 1939. New Growth Curve and Its Application to Timber-Yield. Studies. Journal of Forestry 37, 819–820.

Siekierski, K., 1995. Zastosowanie modeli wzrostu w regulacji użytkowania rębnego drzewostanów. Fundacja Rozwój SGGW, Warszawa.

Siekierski, K., 1992. Model zbieżystości strzał sosen. Sylwan 136 (10) 43–51.

Sirkiä, S., Heinonen, J., Miina, J., Eerikäinen, K., 2015. Subject-Specific Prediction Using a Nonlinear Mixed Model: Consequences of Different Approaches. Forest Science 61, 205–212. https://doi.org/10.5849/forsci.13-142

Socha, J., 2002. A taper model for Norway spruce (*picea abies* (l.) Karst.). Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Forestry 5.

Socha, J., Wężyk, P., 2004. Empirical formulae to assess the biomass of the above-ground part of pine trees. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Forestry 7.

Stanisz, A., 2007. Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem STATISTICA PL na przykładach z medycyny. StatSoft Polska, Kraków.

Temesgen, H., Monleon, V.J., Hann, D.W., 2008. Analysis and comparison of nonlinear tree height prediction strategies for Douglas-fir forests. Canadian Journal of Forest Research 38, 553–565. https://doi.org/10.1139/X07-104.

Trampler, T., 1951. Tablice do obliczania miąższości drzewostanów. IBL, Warszawa.

Ung, C.-H., Bernier, P., Guo, X.-J., 2008. Canadian national biomass equations: new parameter estimates that include British Columbia data. Canadian Journal of Forest Research 38, 1123–1132. https://doi.org/10.1139/X07-224.

Vonderach, C., Kändler, G., Dormann, C.F., 2018. Consistent set of additive biomass functions for eight tree species in Germany fit by nonlinear seemingly unrelated regression. Annals of Forest Science 75, 49. https://doi.org/10.1007/s13595-018-0728-4

Wickham, H., 2016. ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer, New York.

Zasada, M., 2000. Stałe krzywe wysokości dla brzozy. Sylwan 144, 27–31.

Zasada, M., Bronisz, K., Bijak, Sz., Wojtan, R., Tomusiak, R., Dudek, A., Michalak, K., Wróblewski, L., 2008. Wzory empiryczne do określania suchej biomasy nadziemnej części drzew i ich komponentów. Sylwan 152 (3), 27–39. https://doi.org/10.26202/sylwan.2006170

Zellner, A., 1962. An efficient method of estimating seemingly unrelated regressions and tests for aggregation bias. Journal of American Statistical Association 57, 348–368. https://doi.org/10.2307/2281644

Zianis, D., Muukkonen, P., Mäkipää, R., Mencuccini, M., 2005. Biomass and stem volume equations for tree species in Europe, Silva Fennica Monographs. Finnish Society of Forest Science, Finnish Forest Research Institute, Tampere, Finland.

Yang, Y., Huang, S., 2011. Estimating a Multilevel Dominant Height–Age Model from Nested Data with Generalized Errors. for sci 57, 102–116. https://doi.org/10.1093/forestscience/57.2.102.

5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

1. W ramach aktywności naukowej w uczelni zagranicznej w 2010 roku uczestniczyłem w trzymiesięcznym stażu w University of Freiburg, Niemcy (program ERASMUS). Podczas realizacji stażu prowadziłem analizy dendrochnologiczne jodły pospolitej rosnącej w Górach Świętokrzyskich. Uzyskana wiedza była pomocna podczas realizacji pracy doktorskiej dotyczącej prognozy rozwoju drzewostanów jodłowych.

2. W 2015 roku uzyskałem środki finansowe w ramach Własnego Funduszu Stypendialnego SGGW w Warszawie. Dzięki czemu miałem możliwość odbycia trzymiesięcznego stażu naukowego w Institute of Forestry and Rural Engineering, Estonian University of Life Sciences, Tartu, Estonia. W ramach realizacji stażu: (i) zapoznałem się z technikami organizacji, przetwarzania i analizy danych stosowanymi podczas badania wzrostu drzewostanów, (ii) analizowałem zależności pomiędzy wzrostem wysokości i grubości różnych gatunków drzew, oraz (iii) prowadziłem badania związane z alokacją biomasy i akumulacją węgla różnych gatunków drzew rosnących w odmiennych warunkach środowiskowych. Efektem stażu było m. in. opublikowanie w 2016 roku w Forestry Studies pracy pt. „Estimation of above-ground biomass in forest stands from regression on their basal area and height", a nawiązana współpraca umożliwiła mi w 2019 roku zostanie członkiem redakcji naukowej czasopisma Forestry Studies.

3. W 2019 roku ponownie wziąłem udział w stażu naukowym w ramach Własnego Funduszu Stypendialnego SGGW. Ten kolejny trzymiesięczny staż odbyłem w School of Computing, University of Eastern Finland, Joensuu, Finlandia. Podczas stażu realizowałem badania dotyczące cech wzrostu brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth.) w świetle metod statystyczno-analitycznych. Efektem stażu było opublikowanie czterech artykułów naukowych: (i) "Mixed-effects generalized height-diameter model for young silver birch stands on post-agricultural lands" w czasopiśmie Forest Ecology and Management, (ii) "Seemingly Unrelated Mixed-E□ects Biomass Models for Young Silver Birch Stands on Post-Agricultural Lands" w czasopiśmie Forests, (iii) "Comparison of Fixed- and Mixed-e□ects Approaches to Taper Modeling for Scots Pine in West Poland", również w czasopiśmie Forests, oraz (iv) "Taper models for black locust in west Poland" w czasopiśmie Silva Fennica. Ponadto, dzięki uzyskanej wiedzy, przedstawiłem referat pt. „Height-Diameter modelling for young silver birch stands on post-agricultural lands in

central Poland" podczas międzynarodowej konferencji naukowej „Forests in Science, Practice and Education", zorganizowanej podczas obchodów 100-lecia Wydziału Leśnego SGGW w Warszawie.

6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.

6.1 Informacja o osiągnięciach dydaktycznych

1. Od 2006 roku prowadziłem zajęcia dydaktyczne (ćwiczenia i ćwiczenia terenowe) ze studentami studiów jednolitych magisterskich w trybie stacjonarnym i niestacjonarnym na kierunku leśnictwo z przedmiotów: statystyka matematyczna, dendrometria i nauka o produkcyjności lasu.
2. W latach 2013–2016 prowadziłem ćwiczenia z technologii informacyjnych dla studentów w trybie zaocznym oraz dziennym dla studentów I stopnia na kierunkach leśnictwo i gospodarka przestrzenna.
3. W 2014, 2018 i 2019 roku prowadziłem zajęcia ze statystyki w doświadczalnictwie dla studentów II stopnia na Wydziale Technologii Drewna.
4. Od 2016 roku prowadzę ćwiczenia ze statystyki dla studentów studiów II stopnia na specjalności w języku angielskim „Forest Information Technology".
5. Od 2018 roku prowadzę wszystkie zajęcia (wykłady, ćwiczenia oraz ćwiczenia terenowe) z dendrometrii dla studentów niestacjonarnych studiów I stopnia na kierunku leśnictwo.
6. Od 2016 roku zaangażowałem się w stworzenie i prowadzenie zajęć z przedmiotów fakultatywnych „Biomass assessment and modeling", „Forest growth and yield models" oraz „Forest inventory and biomass" dla studentów studiów II stopnia na specjalności w języku angielskim „Forest Information Technology".
7. Kolejnymi zajęciami fakultatywnymi były „Podstawy przetwarzania leśnych baz danych" prowadzone dla studentów II stopnia w trybie dziennym na kierunku leśnictwo.
8. Dla studentów studiów stacjonarnych II stopnia kierunku gospodarka przestrzenna prowadzę zajęcia dotyczące relacyjnych baz danych oraz analiz przestrzennych w środowisku R. Dla przedmiotów tych przygotowałem również szczegółowe programy.
9. Ponadto w ramach podnoszenia kwalifikacji w 2010 roku ukończyłem studia podyplomowe „Systemy Informacyjne i Analiza Danych" realizowanych na Wydziale Zastosowań Informatyki i Matematyki w SGGW w Warszawie.

10. Podczas realizacji stażu naukowego w ramach Własnego Funduszu Stypendialnego SGGW w Warszawie w 2015 roku prowadziłem ćwiczenia na temat „World Forestry - introduction to forests in Poland" w Institute of Forestry and Rural Engineering, Estonian University of Life Sciences.

11. W ramach działalności dydaktycznej w 2016 roku brałem również udział w przygotowaniu wniosku o finansowanie projektu w ramach konkursu POWR.03.01.00-IP.08-00-PRK/16, pt. „Praktyczne kompetencje kluczem sukcesu zawodowego leśników i odpowiedzią na potrzeby gospodarki, społeczeństwa i środowiska".

12. W latach 2016 -2020 byłem promotorem 12 prac inżynierskich i magisterskich dla studentów kierunku leśnictwo.

6.2 Informacja o osiągnięciach organizacyjnych

1. Od 2012 roku jestem członkiem komitetu organizacyjnego cyklicznej Konferencji Dendrochronologów Polskich (w 2020 roku odbyła się V edycja).

2. W 2015 roku otrzymałem nagrodę Rektora Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie zespołową stopnia III za osiągnięcia organizacyjne.

3. W latach 2015 i 2016 byłem opiekunem roku studentów studiów I stopnia na kierunku leśnictwo.

4. W latach 2016-2019 byłem członkiem Rady Wydziału Leśnego SGGW w Warszawie.

5. Od 2016 roku jestem członkiem Senackiej Komisji ds. Współpracy z Zagranicznej SGGW w Warszawie, oraz wziąłem udział w targach edukacyjnych „Education and Career" w Kijowie.

6. Od 2019 roku pełnię funkcję Koordynatora ds. Projektów Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w Instytucie Nauk Leśnych oraz jestem członkiem komitetu redakcyjnego czasopisma naukowego Forestry Studies.

7. W 2019 roku koordynowałem także organizację Wizyty Estońskiego Związku Zrzeszeń Leśnych na Wydziale Leśnym SGGW w Warszawie.

8. Od 2020 roku jest koordynatorem studiów II stopnia na specjalności w języku angielskim „Forest Information Technology" realizowanych na Wydziale Leśnym SGGW w Warszawie.

6.3 Informacja o osiągnięciach popularyzujących naukę

1. Od 2010 roku jestem członkiem międzynarodowej organizacji naukowej „Association for Tree-Ring Research" (ATR), której celem jest promowanie badań w zakresie analiz słojów rocznych, edukacji oraz działań społecznych.

2. Również do tego roku jestem członkiem międzynarodowej organizacji naukowej „Resource Modeling Association" (RMA) zajmującej się oraz promującej zagadnienia na pograniczu modelowania matematycznego, badań środowiskowych oraz zarządzania zasobami naturalnymi.

3. W 2016 roku przedstawiałem referat w sesji plenarnej pt. „Bio-based industries in the regions" podczas Międzynarodowego Kongresu Bioekonomii. Prezentacja dotyczyła promocji projektu badawczego TECH4EFFECT (Knowledge and Technologies for Effective Wood Procurement), realizowanego w ramach programu Horyzont 2020, Bio-Based Industries Joint Undertaking (BBI JU).

4. Wyniki uzyskane podczas realizacji tego projektu oraz samą ideę realizacji międzynarodowych projektów badawczych promowałem również podczas dnia informacyjnego dotyczycącego Wyzwania Społecznego (SC2) „Bezpieczeństwo żywnościowe, zrównoważone rolnictwo i leśnictwo, badania mórz i wód śródlądowych oraz biogospodarka" organizowanego przez Krajowy Punkt Kontaktowy Programów badawczych UE.

5. Od 2017 roku jestem członkiem sieci SNS (Nordic Forest Research) - EFINORD, która zajmuje się m.in. możliwościami poprawy interakcji pomiędzy nauką a polityką. W ramach funkcjonowania sieci brałem udział w dwóch konferencjach oraz jestem współautorem rozdziałów w dwóch monografiach: (i) „Forest research and policy interactions in Poland" oraz (ii) „Tools for improving science-policy interaction in forestry – Poland".

6. W 2019 roku, podczas konferencji przedstawiającej wyniki projektu REMBIOFOR (Teledetekcyjne określanie biomasy drzewnej i zasobów węgla w lasach), gdzie m.in. prezentowane i promowane były zagadnienia dotyczące wykorzystania technologii naziemnego skanowania laserowego w badaniach leśnych.

7. Oprócz kwestii wymienionych w pkt. 1-6, wnioskodawca może podać inne informacje, ważne z jego punktu widzenia, dotyczące jego kariery zawodowej.

7.1. Realizacja międzynarodowych projektów badawczych jako ważna informacja dotycząca kariery zawodowej

1. W latach 2016 – 2020 brałem udział w realizacji projektu finansowanego w ramach Programu Ramowego Unii Europejskiej Horizon 2020, Bio-Based Industries Joint Undertaking (BBI JU) pt. „Techniques and Technologies for Effective Wood Procurement (TECH4EFFECT)". W ramach realizacji projektu brałem udział w pracach międzynarodowego konsorcjum złożonego z 19 partnerów w tym uczelni wyższych, jednostek badawczych jak i małych i średnich firm z 7 krajów (Norwegia, Włochy, Austria, Finlandia, Dania, Niemcy, Polska). Podczas realizacji projektu pełniłem funkcję koordynatora wyodrębnionego zadania pt. „Identifying and extending key silvicultural systems" ponadto brałem udział w realizacji zadań w ramach: "WP2 - Increasing access to wood resources".
2. Natomiast w latach 2012-2016 współrealizowałem projekt badawczy finansowany w ramach 7 Programu Ramowego Unii Europejskiej pt. „FORest management strategies to enhance the MITigation potential of European forests (FORMIT)". Podczas realizacji projektu brałem udział w pracach międzynarodowego konsorcjum badawczego złożonego z 12 partnerów (zarówno uczelni wyższych jak i jednostek badawczych) z 12 krajów (Holandia, Austria, Niemcy, Włochy, Finlandia, Belgia, Czechy, Norwegia, Francja, Rumunia, Estonia i Polska). W ramach projektu byłem odpowiedzialny za realizację wyodrębnionych zadań: (i) "Assessment of total carbon storage in European forests", (ii) "Effect of forest management strategies on carbon storage and other forest functions", oraz (iii) "Scenarios for forest management strategies for carbon storage & mitigation in Europe". Efektem realizacji projektu badawczego jest publikacja trzech artykułów naukowych, w których jestem współautorem: (i) „Comparison of carbon estimation methods for European Forests" - czasopiśmo "Forest Ecology and Management", (ii) „Creating a Regional MODIS Satellite-Driven Net Primary Production Dataset for European Forests" - czasopismo "Remote Sensing", oraz (iii) "A climate-sensitive forest model for assessing impacts of forest management in Europe" – czasopismo Environmental Modelling & Software.

7.2 Realizacja krajowych projektów badawczych jako ważna informacja dotycząca kariery zawodowej

1. W latach 2018 -2019 byłem kierownikiem projektu badawczego finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki w ramach programu Miniatura 1. Projekt badawczy dotyczył charakterystyki korony i przyrostu radialnego jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) w odniesieniu do zmian warunków klimatycznych. W efekcie realizacji projektu podczas międzynarodowej konferencji „10th World Dendro Conference, Thimphu, Bhutan" w 2018 roku wygłosiłem referat pt. „Silver fir response to changing climatic conditions from inside and outside distribution range in Poland".
2. W latach 2014-2017 brałem udział w projekcie badawczym współfinansowanym ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju, w ramach programu „Środowisko naturalne, rolnictwo i leśnictwo" BIOSTRATEG. Pt. „Teledetekcyjne określanie biomasy drzewnej i zasobów węgla w lasach (REMBIOFOR)". Podczas prac konsorcjum naukowego złożonego z 8 partnerów (zarówno uczelnie wyższe jak i jednostki badawcze) brałem udział w zadaniach związanych z: (i) "The development of a method of localized correction to the dendrometric formulas based on data obtained with the help of terrestrial laser scanning (TLS) technology", oraz (ii) "The development of the merchantable volume conversion factors into biomass and carbon". Jednym z efektów realizacji projektu jest artykuł naukowy, w którym jestem współautorem opublikowany w czasopiśmie Journal of Environmental Management pt. „Factors influencing the accuracy of ground-based tree-height measurements for major European tree species".
3. W latach 2010-2013 oraz 2005-2008 brałem udział w dwóch projektach realizowanych przez Zakład Dendrometrii i Produkcyjności Lasu (dawniej: Samodzielna Pracownia Dendrometrii i Nauki o Produkcyjności Lasu) finansowanych przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego pt.: (i) „Ekologiczne konsekwencje sukcesji wtórnej brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth.) na gruntach porolnych", oraz (ii) „Oszacowanie akumulacji węgla przez sosnowe kompleksy leśne w zachodniej Polsce i określenie wpływu różnych alternatyw gospodarowania na dynamikę wiązania węgla". Udział w realizacji powyższych projektów badawczych umożliwiła publikację szeregu artykułów, które zarówno stanowią niniejsze osiągnięcie naukowe jak i wchodzą w skład mojego dorobku naukowego np.: „Biomass conversion and expansion factors for a chronosequence of young naturally regenerated silver birch (*Betula pendula* Roth) stands growing on post-agricultural sites" - czasopismo Forest Ecology and Management,

(ii) „Empirical equations for estimating aboveground biomass of Betula pendula growing on former farmland in central Poland" – czasopismo Silva Fennica, (iii) „Uproszczone wzory empiryczne do określania suchej biomasy nadziemnej części drzew i ich komponentów dla sosny zwyczajnej" - czasopismo Sylwan, czy (iv) „Wzory empiryczne do określania suchej biomasy nadziemnej części drzew i ich komponentów" - czasopismo Sylwan.

4. Ponadto w latach 2011-2012, 2010-2013 oraz 2010-2012 brałem udział również w innych projektach badawczych realizowanych przez Zakład Dendrometrii i Produkcyjności Lasu (dawniej: Samodzielna Pracownia Dendrometrii i Nauki o Produkcyjności Lasu) finansowanych przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego tj. odpowiednio: (i) „Badania kopalnego lasu ze schyłku vistulianu w dolinie Warty (Kotlina Kolska, środkowa Polska)", (ii) „Zastosowanie terenowego skanowania laserowego do pomiaru wybranych cech ekosystemów Leśnych" , oraz (iii) „Wpływ warunków klimatycznych na przyrost oraz aktywność kambialną rodzimych i obcych gatunków drzew w LZD Rogów". Udział w tych projektach badawczych również stanowił ważny element mojej kariery zawodowej.

.....
(podpis wnioskodawcy)