

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

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

#### 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; Burkhardt 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 biomase węgla. Empiryczne modele służące do szacowania biomasy stanowią ponadto narzędzie służące do analizy wpływu różnych scenariuszy postępowania na sekwestrację CO<sub>2</sub> (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 zbieżności 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 likelihood*, ML) i resztowej metody największej wiarygodności (ang. *restricted/residual maximum likelihood*, 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 Produkcijności Lasu (dawniej: Samodzielna Pracownia Dendrometrii i Nauki o Produkcijności 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