

MAŁGORZATA DUDZIŃSKA, ARKADIUSZ BRUCHWALD

Wzory empiryczne pierśnicowej liczby kształtu strzały w korze i grubizny drzewa dla drzewostanów olszy czarnej (*Alnus glutinosa* L.)

Empirical equations for the determination of bh form factor

ABSTRACT

The objective of the study was to present empirical equations for determining the bh form factors of stems under bark and of merchantable timber of trees based on the rich empirical material (1496 trees). The sets of equations can be used for the determination of volume of alder stands. They were also used in a growth model algorithm for alder to calculate the stand volume.

KEY WORDS

alder, form factors, empirical equations

Wstęp

W praktyce leśnictwa tablice miąższości wypierane są przez wzory empiryczne. Posługiwanie się nimi jest bowiem znacznie łatwiejsze, szczególnie przy zastosowaniu techniki komputerowej. Wzory znalazły również zastosowanie w opracowanych dotychczas stochastycznych modelach wzrostu [Bruchwald 1986; Bruchwald, Dudzińska, Wirowski 1996, 1998, 2002; Bruchwald i in. 1999; Siekierski 1989; Zasada 1999].

Do określania miąższości drzewostanu potrzebne są wzory empiryczne różnych rodzajów pierśnicowych liczb kształtu drzewa i drzewostanu oraz wzory stałych krzywych wysokości. Wzory takie opracowano dla ważniejszych gatunków drzew. Wśród nich na pierwszy plan wysuwają się równania liczb kształtu pozwalające wyznaczyć miąższość grubizny drzewostanu, które opracowano dla sosny [Bruchwald 1996; Bruchwald, Rymer-Dudzińska 1984a], świerka [Bruchwald, Rymer-Dudzińska 1984b, 1996; Bruchwald, Wróblewski 1993], jodły [Bruchwald 1992], dębu [Bruchwald, Dudzińska, Wirowski 1994], brzozy [Bruchwald i in. 2001], buka górskiego i buka nizinnego [Dudzińska 2002, 2003]. Obszerny zestaw wzorów, również na stałe krzywe wysokości, dla podanych gatunków drzew, zaprezentowano już na łamach czasopisma „Sylwan” [Bruchwald i in. 2000].

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie wzorów empirycznych służących do określenia pierśnicowej liczby kształtu grubizny drzewostanu dla olszy czarnej. Dojście do nich poprzedziło opracowanie wzorów na pierśnicową liczbę kształtu strzały w korze drzewostanu. Przedstawiona zostanie również wstępna ocena dokładności opracowanych wzorów.

MAŁGORZATA DUDZIŃSKA

Zakład Urządzania i Monitoringu Lasu
Instytut Badawczy Leśnictwa
ul. Bitwy Warszawskiej 1920 r. nr 3
00-973 Warszawa
M.Dudzinska@ibles.waw.pl

ARKADIUSZ BRUCHWALD

Zakład Dendrometrii i Nauk o Produkcyjności Lasu
SGGW
ul. Rakowiecka 26/30
02-528 Warszawa
les_kpl@delta.sggw.waw.pl

Materiał badawczy

Badania oparto na materiale empirycznym zebranych w 136 drzewostanach olszowych położonych w nadleśnictwach: Podanin, Złotów, Spychowo, Rajgród, Białobrzegi, Czarna Białostocka, Supraśl, Krynki, Ciechanów, Drewnica, Sarnaki, Zwierzyniec, Ruda Maleniecka, Pińczów i Niepołomice. Były to drzewostany lite, niektóre z niewielką domieszką sosny, dębu, świerka, jesionu, grabu lub lipy.

Najmłodszy drzewostan miał 19 lat, najstarszy natomiast 110. Przeciętna pierśnica przekrojowa wahała się od 12,3 do 44,2 cm, a średnia wysokość określona wzorem Lorey'a od 10,9 do 29,7 m. Opracowanym dla olszy modelem wzrostu określono bonitację, która kształtowała się od 21 do 36 m [Bruchwald, Dudzińska, Wirowski 2002].

W poszczególnych drzewostanach założono próbne powierzchnie kołowe. Na każdej z nich zmierzono pierśnice wszystkich drzew oraz wysokości 25 olsz w celu sporządzenia krzywej wysokości. Z obrzeży powierzchni wybrano i ścięto pewną liczbę drzew, po 2 w 81 drzewostanach i po 10 w 45 drzewostanach. Ponadto w dziesięciu drzewostanach ścięto dość dużą liczbę drzew gdyż od 49 do 253 drzew. Do określania miąższości drzew leżących zastosowano wzór sekcyjny środkowego przekroju przy długości sekcji 1 lub 2 m. Na niewielkiej liczbie drzew zastosowano sekcje mieszane, do 4 m 1-metrowe, a powyżej 2-metrowe. Miąższość dotyczyła zarówno pnia w korze jak i bez kory oraz grubych gałęzi. Materiał empiryczny liczył łącznie 1496 olsz.

Wyniki badań

Uzyskane z pomiaru na drzewach stojących i ściętych grubości i wysokości drzew wprowadzono do pomiarowej bazy danych. Wykorzystując oryginalne oprogramowanie, obliczono dla każdego drzewa miąższość strzały w korze, miąższość grubizny pnia oraz miąższość grubizny gałęzi. Pozwoliło to na określenie dla każdego drzewostanu pierśnicowej liczby kształtu strzały w korze (F_k) i pierśnicowej liczby kształtu grubizny drzewa (F_g). Wzorem na średnią kwadratową obliczono również przeciętną pierśnicę drzewostanu, a wzorem Lorey'a średnią wysokość.

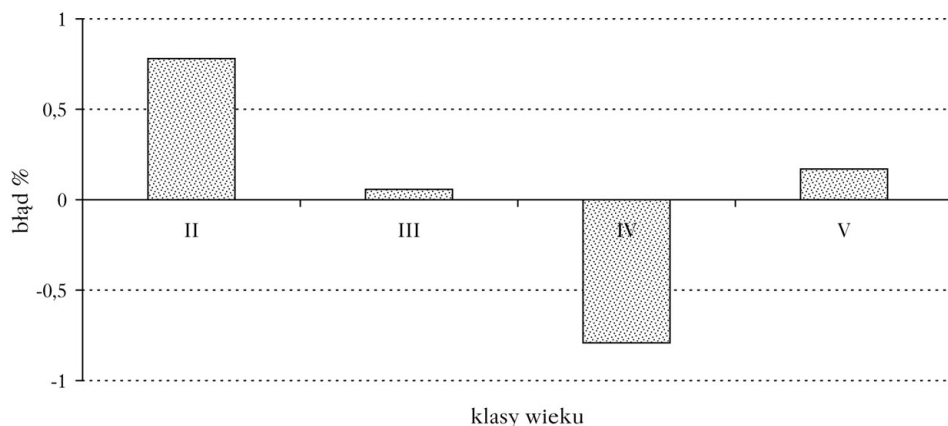
W pierwszej kolejności opracowano wzory empiryczne na pierśnicową liczbę kształtu strzały w korze dla drzewostanu. Do aproksymacji związku tej liczby kształtu z przeciętną pierśnicą drzewostanu (D), po analizie, wybrano funkcję potęgową, którą wcześniej doprowadzono do postaci liniowej transformacją logarytmiczną. Metodą najmniejszych kwadratów obliczono współczynniki tej funkcji i po pewnych przekształceniach otrzymano wzór empiryczny o postaci:

$$F_k = 0,5751 \cdot D^{-0,0607} \quad [1]$$

Moc związku między pierśnicową liczbą kształtu strzały i przeciętną pierśnicą drzewostanu oceniono stosunkiem korelacyjnym, otrzymując $R=0,398$. Związek między badanymi cechami okazał się istotny, jednak dość słaby. Wyznaczony błąd standardowy wzoru wyniósł $\pm 4,5\%$.

Opracowanym wzorem [1] obliczono dla każdego drzewostanu pierśnicową liczbę kształtu. Różnicę między nią i liczbą kształtu otrzymaną z drzew próbnych, wyrażono w procentach tej ostatniej. Średnia arytmetyczna procentowych różnic otrzymana dla wszystkich drzewostanów wyniosła $+0,1\%$, opracowany wzór nie daje więc błędów systematycznych. Identyczną średnią obliczono dla klas wieku (ryc. 1). Otrzymano wartości różnych znaków, w żadnej z klas nie przekraczające $\pm 1\%$.

Przy budowie równania liczby kształtu grubizny (F_g), w celu lepszego dopasowania



Ryc. 1.

Błędy wzoru [1] dla klas wieku

Equation errors [1] for the age classes

funkcji, posłużono się iloczynem liczby kształtu strzały w korze (F_g) i współczynnika będącego ilorzem sumy miąższości grubizny drzew próbnych i sumy miąższości strzał w korze (I_g).

$$F_g = F_1 \cdot I_g$$

Dysponując równaniem na pierśnicową liczbę kształtu strzały w korze [1], w dalszym etapie prac zajęto się opracowaniem funkcji dla ilorazu miąższości. Zbadano powiązanie ilorazu z przeciętną pierśnicą i wyrównano je funkcją hiperboli, otrzymując:

$$I_g = 1,0207 - \frac{16,6131}{D^2} \quad [2]$$

Związek badanych cech okazał się średniej mocy, bowiem oceniający go stosunek korelacyjny wyniósł $R=0,824$.

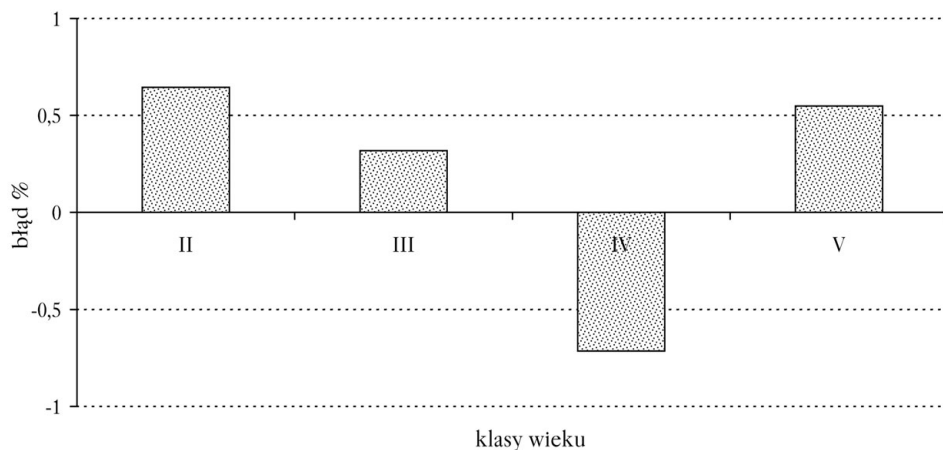
Wzór na drzewostanową liczbę kształtu grubizny drzewa przyjął ostateczną postać:

$$F_g = (0,5751 \cdot D^{-0,0607}) \cdot \left(1,0207 - \frac{16,6131}{D^2}\right) \quad [3]$$

Błąd standardowy oszacowania tej liczby kształtu wynosi $\pm 4,6\%$.

Dla każdego drzewostanu obliczono wzorem [3] pierśnicową liczbę kształtu grubizny drzewostanu, a następnie porównano ją z odpowiednią liczbą kształtu określoną na drzewach próbnych. Średnia arytmetyczna procentowych różnic tych liczb kształtu otrzymana dla wszystkich drzewostanów wyniosła $+0,12\%$. Pozwala to sądzić, że opracowany wzór nie daje błędów systematycznych. Identyczne obliczenia wykonano dla klas wieku (ryc. 2). Różnice w wartościach okazały się małe, różnych znaków.

W praktyce urządzania lasu miąższość drzewostanu wyznacza się najczęściej sposobem Bitterlicha, co nie wymaga pomiaru pierśnic drzew. W takim przypadku do określania pierśnicowych liczb kształtu zaleca się stosowanie wzorów empirycznych opartych na przeciętnej wysokości drzewostanu (H). Wzory takie opracowano stosując podobną metodykę, jak przy wyznaczaniu równań liczb kształtu powiązanych z przeciętną pierśnicą.



Ryc. 2.

Błędy wzoru [3] dla klas wieku
Equation errors [3] for the age classes

Poszukiwanie powiązań F_1 z przeciętną wysokością drzewostanu doprowadziło do opracowania równania empirycznego o postaci:

$$F_1 = 0,5514 \cdot H^{-0,0510} \quad [4]$$

Moc związku między analizowanymi cechami jest bardzo słaba, bowiem stosunek korelacyjny wyniósł tylko $R=0,225$. Błąd standardowy wzoru okazał się dość duży, równy $\pm 4,8\%$.

Opracowano również równanie drzewostanowej liczby kształtu grubizny drzewa, analizując związek ilorazu sumy miąższości grubizny drzew próbnych i sumy ich miąższości strzał w korze od przeciętnej wysokości drzewostanu. Wzór opisujący tę zależność przyjął postać:

$$I_g = 1,0705 - \frac{1,6319}{H} \quad [5]$$

Stosunek korelacyjny badanego związku jest średniej mocy i wynosi 0,704.

Pierśnicową liczbę kształtu grubizny drzewostanu wyznaczać się będzie z iloczynu wzorów [4] i [5]:

$$F_g = 0,5514 \cdot H^{-0,0510} \cdot \left(1,0705 - \frac{1,6319}{H}\right) \quad [6]$$

Błąd standardowy oszacowania drzewostanowej liczby kształtu F_g podanym wzorem wynosi $\pm 4,7\%$, a średnia arytmetyczna błędów $+0,1\%$.

Wnioski

1. W pracy przedstawiono wzory empiryczne na pierśnicowe liczby kształtu dla drzewostanów olszowych, oparte na przeciętnej pierśnicy. Mogą być one stosowane w takich metodach określania miąższości, w których wykonany jest pomiar pierśnic drzew na powierzchniach próbnych.
2. Zaprezentowano również zestaw wzorów empirycznych na pierśnicowe liczby kształtu na

podstawie średniej wysokości drzewostanu. Opracowano je z myślą o ich stosowaniu w metodach pomiaru lasu, w których pierścnicowe pole przekroju określa się sposobem Bitterlicha.

3. Przedstawione wzory empiryczne są pierwszym etapem na drodze do budowy tablic miąższości. Mogą być one również wykorzystane w algorytmie wstępnym modelu wzrostu dla olszy czarnej. Powinny także uzupełnić pakiet wzorów empirycznych stosowanych w okresowej i wielkopowierzchniowej inwentaryzacji lasów.

Literatura

- Bruchwald A. 1986. Simulation growth model MDI-1 for Scots pine. Ann. Warsaw Agricult. Univ. – SGGW-AR, For. and Wood Technol., 34: 47-52.
- Bruchwald A. 1992. Wzory empiryczne do określania miąższości drzewostanów jodlowych. Sylwan 7: 17-23.
- Bruchwald A. 1996. New empirical formulae for determination of volume of Scots pine stands. FFP, Seria A, 38: 5-10.
- Bruchwald A., Rymer-Dudzińska T. 1984a. Tables of thick wood volume of trees with bark for pine stands. Ann. Warsaw Agricult. Univ. – SGGW-AR, For. and Wood Technol., 32: 27-30.
- Bruchwald A., Rymer-Dudzińska T. 1984b. Empirical formulae for determination of thick wood volume for spruce. Ann. Warsaw Agricult. Univ. – SGGW-AR, For. and Wood Technol., 32: 53-55.
- Bruchwald A., Rymer-Dudzińska T. 1996. Nowy wzór empiryczny do określania pierścnicowej liczby kształtu grubizny drzewa dla świerka. Sylwan 12: 25-31.
- Bruchwald A., Wróblewski L. 1993. Wzory empiryczne do określania miąższości drzewostanów świerkowych. Sylwan 9: 15-20.
- Bruchwald A., Dudzińska M., Wirowski M. 1994. Wzory empiryczne do określania miąższości drzewostanów dębowych. Sylwan 2: 5-11.
- Bruchwald A., Dudzińska M., Wirowski M. 1996. Model wzrostu dla drzewostanów dębu szypułkowego. Sylwan 10: 35-44.
- Bruchwald A., Dudzińska M., Wirowski M. 1998. Model wzrostu dla liściastych gatunków drzew leśnych. Model wzrostu dla buka. Dokumentacja IBL, Warszawa.
- Bruchwald A., Dudzińska M., Wirowski M. 2002. Model wzrostu dla drzewostanów olszowych. Dokumentacja naukowa w Instytucie Badawczym Leśnictwa, Warszawa.
- Bruchwald A., Rymer-Dudzińska T., Dudek A., Michalak K., Wróblewski L., Zasada M. 1999. Model wzrostu dla drzewostanów świerkowych. Sylwan 1: 19-31.
- Bruchwald A., Rymer-Dudzińska T., Dudek A., Michalak K., Wróblewski L., Zasada M., 2000. Wzory empiryczne do określania wysokości i pierścnicowej liczby kształtu grubizny drzewa. Sylwan 10: 5-13.
- Dudzińska M. 2002. Wzory empiryczne do określania pierścnicowych liczb kształtu górskich drzewostanów bukowych. Sylwan 8: 31-39.
- Dudzińska M. 2003. Wzory empiryczne do określania pierścnicowych liczb kształtu drzewostanów buka nizinnego. Sylwan 1: 35-40.
- Siekierski K. 1989. Stochastyczny model wzrostu drzewostanów świerkowo-sosnowych i sosnowo-świerkowych północno-wschodniej Polski. Praca doktorska. Maszynopis w Zakładzie Dendrometrii i Nauki o Produkcyności Lasu.
- Zasada M. 1999. The growth model for fir (*Abies alba* Mill.) FFP, A, 41:37-46.

SUMMARY

Empirical equations for the determination of bh form factor

The objective of this study was to present empirical equations developed for the determination of the bh form factors for alder stands. The material used in the experiment was collected from 136 stands located in different regions in the country. The stands were pure alder stands or with some admixture of other species with the age ranging between 19 and 110.

Two sets of empirical equations: under bark (F_l) and merchantable (large) timber (F_g) have been developed. In the first set of equations the form factor is correlated with the mean dbh, in the second one – with the mean height of a stand. The described equations permit to determine the stand volume irrespective of the method used for calculating the stand basal area.

All the presented equations can be used in an individual tree growth model for alder. They should also be added to the set of empirical equations used in the periodical and large-scale inventory of forests.