

TERESA RYMER-DUDZIŃSKA

Empiryczne równania do wyznaczania grubości podstawy drzewa w drzewostanach świerkowych

Empirical equations for determining tree base diameter in spruce stands

Abstract. *Empirical equations for determining tree base diameter in spruce stands.* The studies were based on measurements of 2000 spruces from lowland stands and 150 trees from mountain stands. Empirical equations were developed permitting to determine the diameter at tree base under bark and over basing on dbh data. The equations are applicable for lowland and mountain spruce stands.

Key words: spruce, diameter at a base, over and (under bark), empirical equation

Wstęp

Stosowane w leśnictwie sposoby określania miąższości, przyrostu miąższości a także miąższości sortymentów drzewostanu na pniu opierają się na ogół na pomiarze pierśnic drzew. Do niektórych celów nauki i praktyki leśnej niezbędna jest również znajomość grubości położonych na innych wysokościach drzewa. Do takich wielkości należy grubość przy podstawie drzewa (na wysokości pniaka). Do wymiaru tej grubości można dojść przez bezpośredni pomiar, co ze względu na położenie przekroju jest bardzo niewygodne i pracochłonne, albo w sposób pośredni na podstawie pierśnicy drzewa. Ze względu na prostotę w praktyce znajdzie zastosowanie raczej sposób drugi. Wymaga on opracowania równań empirycznych wyrażających powiązanie grubości przy podstawie drzewa z pierśnicą. Taki sposób wyznaczania grubości podstawy drzewa bez kory dla sosny zastosował Bruchwald (1984).

Związek między pierśnicą i grubością podstawy drzewa jest silny. W Polsce badaniami tego związku zajmowali się Meixner z Szaj-Pawlakiem (1982) oraz z Sikorskim (1983), Bruchwald (1984), Rymer-Dudzińska z Dudkiem, Michalakiem i Wróblewskim (2000), Bruchwald ze współpracownikami (2002) oraz Rymer-Dudzińska (2002).

Celem wspomnianych badań, w większości przypadków, było opracowanie równań empirycznych służących do wyznaczania pierśnicy drzewa na podstawie grubości jego podsta-

wy, a w następnej kolejności opracowanie sposobów wyznaczania miąższości drzew zdefraudowanych.

W niniejszej pracy zostaną przedstawione wyniki badań nad związkiem między grubością podstawy drzewa w korze i bez kory a pierśnicą w korze oraz równania empiryczne pozwalające na wyznaczenie grubości podstawy świerka (w korze i bez kory) na podstawie pierśnicy.

Materiał badawczy

Materiał empiryczny został zebrany w 100 drzewostanach mieszanych sosnowo-świerkowych i świerkowo-sosnowych położonych w puszczech: Knyszyńskiej (30), Rominckiej (35) i Augustowskiej (35). Drzewostany te rosły na siedliskach Bśw (10), BMśw (69), BMw (3), Lśw (4), LMśw (13), LMw (1). W każdym drzewostanie założono powierzchnię próbną, na której dokonano pomiaru różnych cech drzew m. in. pierśnic. Prócz pomiarów wykonanych na drzewach stojących ścięto jeszcze po 20 drzew próbnych.

Dokonano na nich szeregu pomiarów dendrometrycznych m. in.: pomiaru pierśnicy w korze (przed ścięciem drzewa) oraz grubości przy podstawie drzewa w korze i bez kory. W sumie zmierzono około 2000 drzew. Wyniki tych pomiarów są podstawą niniejszego opracowania dotyczącego świerków nizinnych.

Zebrano również materiały w 46 górskich drzewostanach świerkowych położonych w Nadleśnictwach: Kowary, Zdroje, Złotoryja. Podobnie jak w nizinnych drzewostanach założono w każdym z nich powierzchnię próbną oraz ścięto po 3-5 drzew próbnych. W badaniach uwzględniono wyniki pomiarów pierśnic w korze i grubości przy podstawie drzewa w korze i bez kory.

Wyniki badań

Związek między grubością podstawy drzewa w korze i pierśnicą w korze

Opracowano równania regresji i oceniono moc związku między grubością podstawy drzewa w korze (d_{0k}) i pierśnicą w korze (d_k) dla drzew z puszczy: Knyszyńskiej(PK), Rominckiej (PR) i Augustowskiej(PA) oraz łącznie dla całości materiału (tab. 1). Związek między d_{0k} i d_k wyrównano do linii prostej ($y = a + bx$) oraz do linii krzywej ($y = ax^b$). Z wielkości współczynników i wskaźników korelacji wynika, że badany związek lepiej charakteryzuje linia krzywa. Na rycinie 1 przedstawiono przebieg linii regresji ($y = ax^b$) dla puszczy i całości materiału. Z porównania tego wynika, że różnice w wartościach d_{0k} wyznaczonych z linii regresji dla poszczególnych puszczy i dla całości materiału są małe. Zatem można przyjąć, że równanie ogólne, opracowane na podstawie całości materiału, jest odpowiednie do określania grubości podstawy drzewa w korze na podstawie pierśnicy, we wszystkich drzewostanach świerkowych położonych na niżu.

Równanie to ma postać:

$$d_{0k} = 1,3129d_k^{1,032} \quad (1)$$

TABELA 1

Zależność grubości podstawy drzewa w korze (d_{0k}) od pierśnicy w korze (d_k) w drzewostanach świerkowych

	Równanie regresji		r	r^2 100	$V_{dk,d0}$
	$y = a + bx$				
	Współczynniki równania				
	a	b			
PK	-1,845	1,6457	0,971	94,32	14,3
PR	-2,075	1,5291	0,975	95,12	12,6
PA	-1,755	1,5726	0,978	95,62	12,2
PK + PR + PA	-1,860	1,5761	0,972	94,55	13,4
drzewostany górskie	-3,125	1,5671	0,977	95,38	9,0

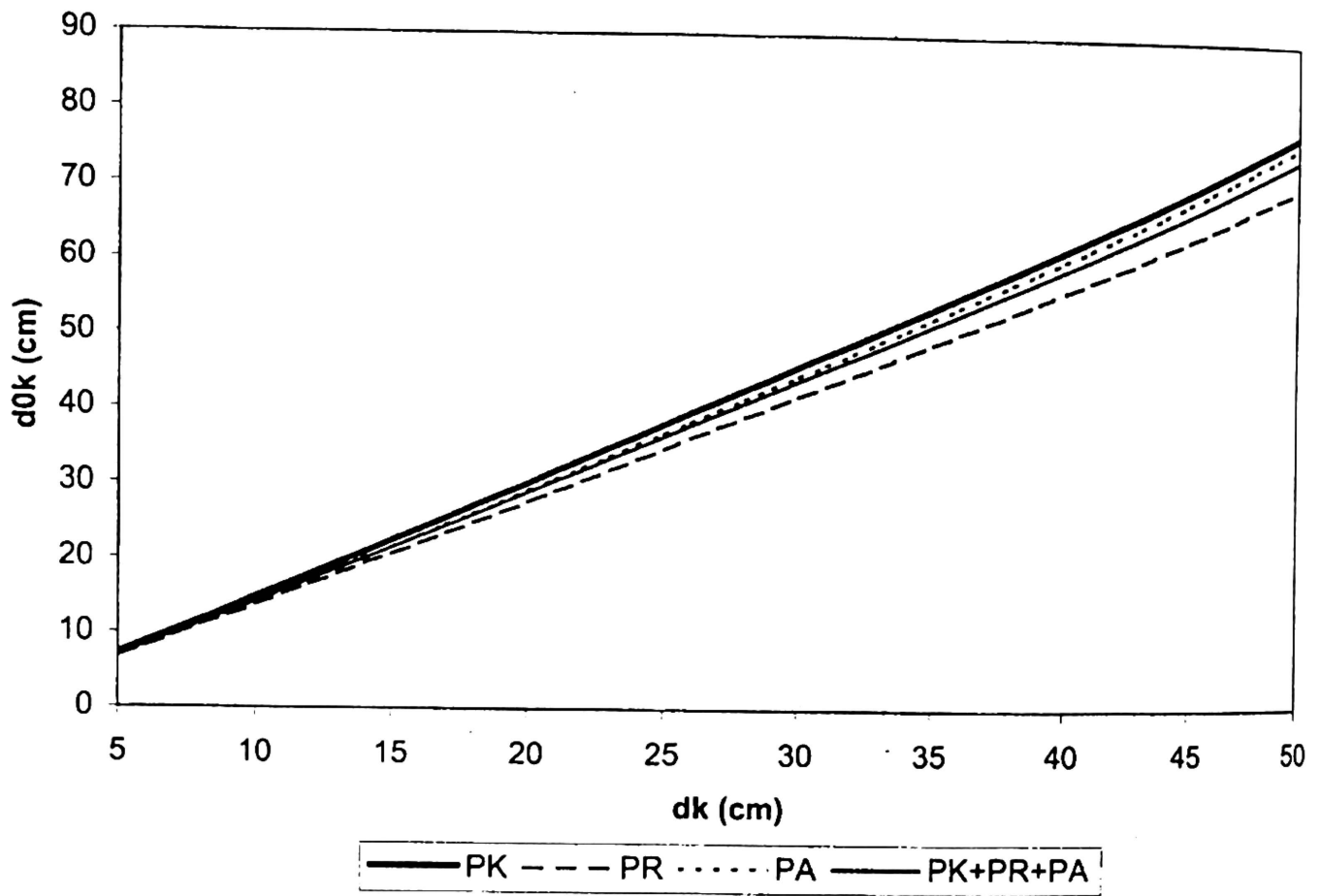
	Równanie regresji		R	R^2 100	$V_{dk,d0}$
	$y = a + ax^b$				
	Współczynniki równania				
	a	b			
PK	1,3753	1,031	0,982	96,40	11,3
PR	1,2980	1,021	0,983	96,59	10,4
PA	1,2484	1,051	0,986	97,22	9,7
PK + PR + PA	1,3129	1,032	0,982	96,41	11,0
drzewostany górskie	1,0640	1,091	0,988	97,58	6,5

 d_{0k} i d_k [cm]

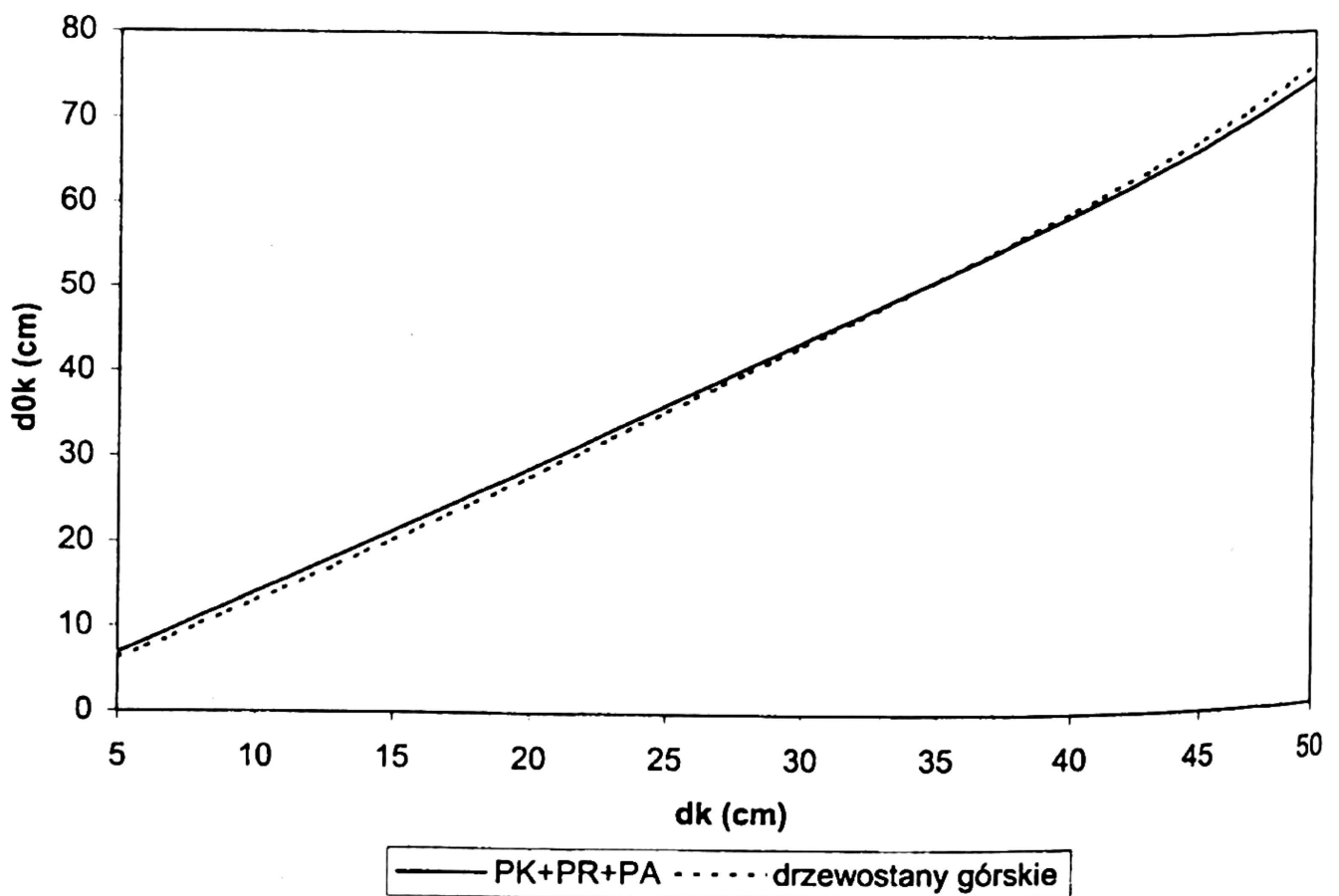
Procentowy błąd standardowy wyznaczania grubości podstawy pojedynczego drzewa z równania (1) wynosi 11,0%.

Moc związku między grubością podstawy drzewa a pierśnicą zarówno w poszczególnych puszcach jak i dla całości materiału jest bardzo duża (tab. 1). Wskaźnik korelacji dla całości materiału wynosi 0,982, a dla badanych puszc waha się od 0,982 do 0,986. Współczynniki determinacji również są bardzo duże. Wskazują one, że zmienność grubości podstawy drzewa w dużym stopniu (96,4% dla całości materiału) jest wyjaśniona zmiennością pierśnic drzew.

Opracowano również równanie regresji dla związku $d_{0k} - d_k$ w górskich drzewostanach świerkowych. Ze względu na małą liczbę drzew zmierzonych w badanych drzewostanach wyznaczono jedno równanie dla całości materiału. Podobnie jak w drzewostanach nizinnych równaniem lepiej charakteryzującym analizowany związek jest równanie linii krzywej. Równanie to ma postać:



RYC. 1. Porównanie linii regresji grubości w korze podstawy drzewa od pierśnicy



RYC. 2. Porównanie linii regresji grubości w korze podstawy drzewa od pierśnicy w nizinnych i górskich drzewostanach świerkowych

$$d_{0k} = 1,0640d_k^{1,091} \quad (2)$$

Przebieg równania (2) porównano z przebiegiem ogólnego równania dla drzewostanów nizinnych (ryc. 2). Obie linie położone są bardzo blisko siebie. Można zatem przyjąć, że równanie (1) jest odpowiednie do wyznaczania wartości grubości podstawy drzewa na podstawie pierśnicy w korze zarówno w drzewostanach świerkowych rosnących na nizinie jak i w górach.

Związek między grubością podstawy drzewa bez kory a pierśnicą w korze

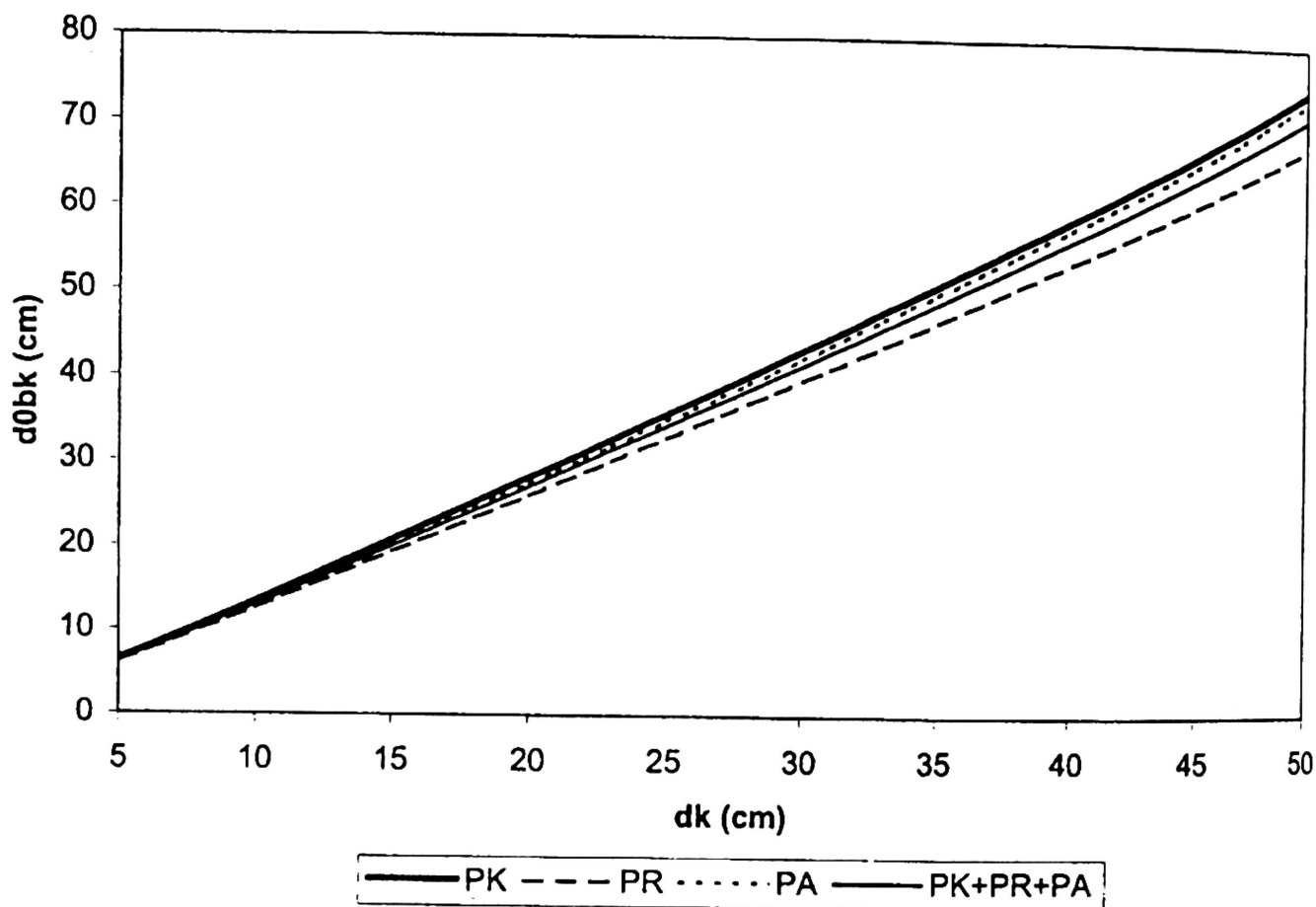
Podobnie jak przy badaniu związku między grubością podstawy drzewa w korze i pierśnicą, analizując związek między grubością podstawy bez kory (d_{0bk}) a pierśnicą wyznaczono równania regresji prostoliniowej ($y = a + bx$) i krzywoliniowej ($y = ax^b$) oraz oceniono moc związku na podstawie współczynników i wskaźników korelacji (tab. 2). Badania przeprowadzono oddzielnie dla PK, PR i PA oraz dla całości materiału z drzewostanów nizinnych.

We wszystkich grupach drzewostanów związek między d_{0bk} i d_k lepiej charakteryzuje równanie linii krzywej. Dalsza analiza przebiegu równań regresji (ryc. 3) doprowadziła do

TABELA 2

Zależność grubości bez kory podstawy drzewa (d_{0bk}) od pierśnicy w korze (d_k) w drzewostanach świerkowych

	Równanie regresji		r	r^2 100	$V_{dk,d0}$
	$y = a + bx$				
	Współczynniki równania				
	a	b			
PK	-2,417	1,5750	0,971	94,22	14,7
PR	-2,442	1,4620	0,974	94,82	13,1
PA	-2,141	1,5079	0,978	95,67	12,5
PK + PR + PA	-2,298	1,5092	0,972	94,48	14,0
drzewostany górskie	-4,392	1,5528	0,957	91,63	11,0
	Równanie regresji		R	R^2 100	$V_{dk,d0}$
	$y = a + ax^b$				
	Współczynniki równania				
	a	b			
PK	1,1554	1,066	0,982	96,41	11,6
PR	1,1151	1,051	0,983	96,72	10,6
PA	1,0815	1,079	0,987	97,37	9,6
PK + PR + PA	1,1240	1,062	0,983	96,57	11,0
drzewostany górskie	0,8860	1,133	0,977	95,53	8,1



RYC. 3. Porównanie linii regresji grubości bez kory podstawy drzewa od pierśnicy

wniosku, że przy wyznaczaniu wartości d_{0bk} na podstawie pierśnicy drzewa w drzewostanach świerkowych położonych na niżu, można oprzeć się na jednym, ogólnym równaniu. Równanie to ma postać:

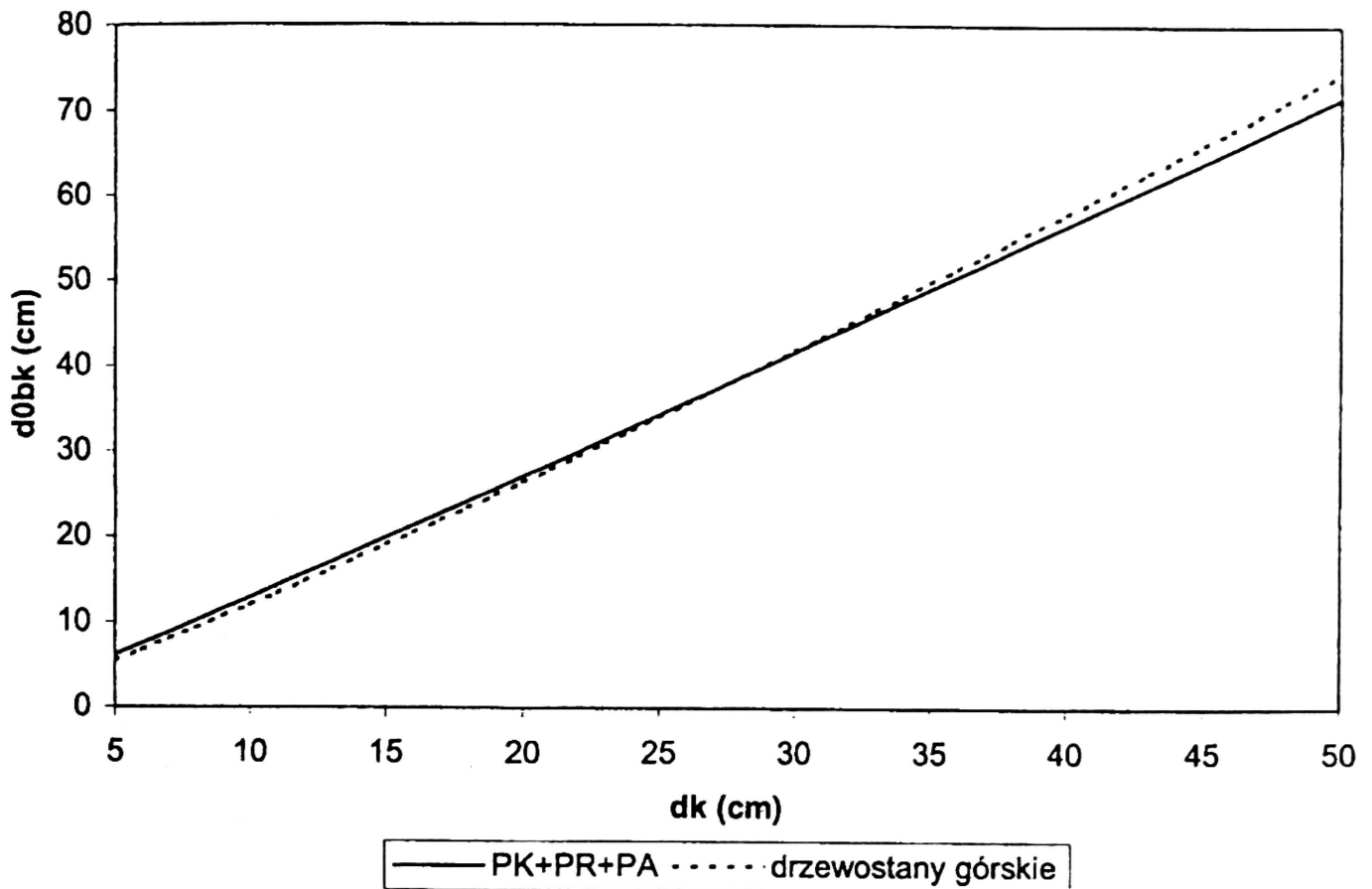
$$d_{0bk} = 1,1240d_k^{1,062} \quad (3)$$

Procentowy błąd standardowy wyznaczania d_{0bk} z tego równania wynosi 11,0%.

Związek między podstawą drzewa bez kory a jego pierśnicą w korze w drzewostanach świerkowych jest bardzo silny. Wskaźnik korelacji wyznaczony na podstawie całości materiału wynosi 0,983, a w poszczególnych puszcach waha się od 0,982 do 0,987.

Procentowe wartości współczynników determinacji równają się: dla całości materiału 96,6%, a dla pojedynczych puszc od 96,4 do 97,4%. Ich wysokie wartości dowodzą, że zmienność grubości podstawy drzewa bez kory w bardzo znacznym stopniu jest objaśniona zmiennością pierśnic drzew.

Opracowano także równanie regresji między d_{0bk} i d_k w drzewostanach górskich (tab. 2). Z porównania równań dla drzewostanów nizinnych i górskich (ryc. 4) można wysnuć wniosek, że równanie (3) jest odpowiednie również dla drzewostanów górskich.



RYC. 4. Porównanie linii regresji grubości bez kory podstawy drzewa od pierśnicy w nizinnych i górskich drzewostanach świerkowych

Podsumowanie i wnioski

- W drzewostanach świerkowych istnieje bardzo silny związek między grubością w korze podstawy drzewa i jego pierśnicą w korze. Związek ten dobrze charakteryzuje linia potęgowa ($y = ax^b$). Wskaźniki korelacji oceniające moc związku wynoszą około 0,98.
- Dla drzewostanów nizinnych opracowano jedno ogólne równanie do określania grubości podstawy drzewa na podstawie pierśnicy (1). Procentowy błąd standardowy wyznaczania grubości podstawy drzewa w oparciu o to równanie wynosi 11,0 %.
- Przedstawione równanie empiryczne (1) jest odpowiednie również dla górskich drzewostanów świerkowych.
- Związek między grubością podstawy drzewa bez kory i jego pierśnicą w korze jest równie silny jak związek d_{0k} i d_k . Wskaźniki korelacji wynoszą 0,98.
- Zaproponowano jedno równanie empiryczne (3) służące do wyznaczania grubości podstawy drzewa bez kory na podstawie jego pierśnicy w korze w nizinnych drzewostanach świerkowych. Procentowy błąd standardowy tego równania wynosi 11,0 %.

Literatura

- Bruchwald A.** 1984: Empirical formula for determining stump diameter of Scots pine trees. *Ann. Warsaw Agricult. Univ.-SGGW-AR, For. and Wood Technol.* 32: 13-14.
- Bruchwald A., Rymer-Dudzińska T., Dudek A., Michalak K., Wróblewski L., Zasada M., Tomusiak R.** 2002: Tablice miąższości grubizny drzewa oparte na średnicy pnia. *Sylvan* 1: 5-16.
- Meixner J., Szaj-Pawlak M.** 1982: Związek pomiędzy pierśnicą a grubością strzał sosny w miejscu ścięcia i u podstawy drzewa. *PTPN Prace Kom. Nauk Roln. i Kom. Nauk Leśnych*, t. LIV, 83-89.
- Meixner J., Sikorski A.** 1983: Dalsze badania nad związkiem pomiędzy pierśnicą a grubością strzał sosen w miejscu ścięcia i u podstawy drzewa. *PTPN Prace Kom. Nauk Roln. i Kom. Nauk Leśnych*, t. LVI, 75-78.
- Rymer-Dudzińska T., Dudek A., Michalak K., Wróblewski L.** 2000. Wzory empiryczne służące do wyznaczenia pierśnicy w korze na podstawie grubości bez kory podstawy drzewa w drzewostanach sosnowych Polski. *Sylvan* 7: 5-13.
- Rymer-Dudzińska T.** 2002. The relationship between DBH outside bark and stem basal diameter inside bark in Norway spruce stands. *Ann. Warsaw Agricult. Univ. – SGGW, For. And Wood Technol.* No 53 (w druku).

*Zakład Dendrometrii i Nauki o Produkcyjności Lasu SGGW
ul. Rakowiecka 26/30, 02-528 Warszawa
e.mail: les_kpl@delta.sggw.waw.pl*

Summary

Empirical equations for determining tree base diameter in spruce stands

The studies were based on empirical materials collected from 100 pine-spruce stands and spruce-pine stands of northwest Poland in the Knyszyńska (KP), Romincka (RP) and Augustowska Primeval Forests (AP). Twenty sample trees were felled in each Forest to measure dbh under bark (d_k) and tree base diameters under bark (d_{0k}) and over bark (d_{obk}). The same measurements were made on 140 sample trees from 46 mountain spruce stands. The results obtained allow for the following statements:

- In spruce stands there is a strong correlation between tree base diameter under bark and tree dbh under bark. This relationship is well characterised by power function ($y = ax^b$). The correlation coefficients assessing the strength of the relationship equal 0.98.
- A general equation developed to determine base diameter based on the dbh value (1). The standard error of tree base diameter determination from the equation equals 11.0%.
- The presented empirical equation (1) corresponds to that for mountain spruce stands.
- The correlation between tree base diameter over bark and tree dbh under bark is equally strong as correlation d_{0k} and d_k . The correlation coefficients equal 0.98.
- One empirical equation has been proposed (3) that serves to determine tree base diameter over bark based on its dbh under bark in lowland spruce forests. The standard error of this equation equals 11.0%.