

STANISŁAW ORZEŁ, JAROSŁAW SOCHA

Smukłość świerka w sześćdziesięcioletnich drzewostanach Beskidów Zachodnich

Slenderness feature in 60-year-old spruce stands of the Western Beskidy Mountains

Abstract. The slenderness feature in the quotient of tree height and dbh. Basing on an abundant statistical material there was a study undertaken on distribution and variability of that feature. A relationship was found between the slenderness feature and tree height and dbh. A decrease of slenderness feature figures was found along the rise of tree stand location altitudes.

Key words: slenderness feature, spruce

Wstęp

W podręcznikach dendrometrii smukłość wymieniana jest jako jedna z trzech cech kształtu przekroju podłużnego strzały [2, 4]. Cechę tę Thren przyjął w prowadzonych badaniach za czynnik decydujący o wyborze drzew próbnych [7]. Gerecke zwraca uwagę na zmniejszanie się smukłości jodeł zarówno ze wzrostem wysokości ich położenia nad poziomem morza jak i wzrostem względnej długości koron [3]. Według Abetza drzewa o mniejszej smukłości okazały się bardziej odporne na niedobór wody [1].

Smukłość uważana jest za miernik stabilności drzew, a jej przeciętna wartość za miernik stabilności drzewostanu [5, 6]. Zagadnienie stabilności ma szczególne znaczenie w przypadku świerka, wytwarzającego płaski system korzeniowy. Poznanie rozkładu tej cechy jest cenne zwłaszcza w jego górskich monokulturach.

Celem pracy jest określenie smukłości i jej zależności od wybranych cech biometrycznych drzew w 60-letnich drzewostanach świerkowych Beskidów Zachodnich. Określono również wpływ położenia drzewostanu nad poziomem morza na smukłość rosnących drzew, a także siłę związku pomiędzy średnią smukłością drzewostanu i niektórymi jego cechami.

Materiał i metodyka badań

Badania oparto na materiale pomiarowym pochodzącym z pięćdziesięciu czterech stałych powierzchni badawczych, założonych w drzewostanach świerkowych w Beskidach Zachodnich w następujących nadleśnictwach: Jeleśnia, Ustroń, Ujszoły, Węgierska Górka oraz Wisła. Kryterium wyboru drzewostanu stanowił jego wiek oraz położenie. Wybrano około 60-letnie lite drzewostany świerkowe, bądź z wyraźną przewagą świerka, położone na wzniesieniu około 600 (11 pow.), 800 (26 pow.), 1000 (13 pow.) oraz 1200 (4 pow.) m n.p.m. W każdym założono jedną powierzchnię badawczą. W czterdziestu pięciu drzewostanach jej obszar wynosił po 0,50 ha, w siedmiu po 0,25 ha, w jednym 0,30 ha i w jednym 0,45 ha. Wszystkie żywe drzewa na powierzchni trwale ponumerowano i zaznaczono na nich miejsce i kierunek pomiaru pierśnic. Na każdej powierzchni wykonano podstawowe pomiary dendrometryczne rosnących drzew. Pomiarom wysokości objęto 25% ich liczby. Jako zasadę przyjęto pomiar drzew o numerach: 4, 8, 12, ... itd. Zasady tej nie przestrzegano jedynie w przypadku dwóch powierzchni położonych w wyższych partiach gór, gdzie wierzchołki znacznej liczby drzew były uszkodzone. Na podstawie wykonanych pomiarów określono podstawowe cechy taksacyjne badanych drzewostanów. Smukłość, stanowiącą iloraz wysokości drzewa wyrażonej w metrach i jego pierśnicy wyrażonej w centymetrach, obliczono dla każdego drzewa, którego wysokość została pomierzona. Ogółem określono ją dla 3710 drzew, z których 748 położonych było na wysokości około 600 m n.p.m., 1884 na wysokości około 800 m n.p.m., 965 na około 1000 m n.p.m., oraz 199 na wysokości 1200 m n.p.m. (tab. 1).

Dla każdego drzewostanu określono podstawowe parametry rozkładu smukłości a także jej korelacyjny związek z pierśnicą i wysokością. Testem Duncana sprawdzono istotność różnic pomiędzy smukłością drzew w drzewostanach położonych na tej samej wysokości nad poziomem morza, zaś metodą analizy wariancji wpływ położenia drzewostanu na smukłość rosnących drzew. Określono również związek pomiędzy średnią smukłością a wybranymi cechami drzewostanu.

Wyniki badań

Charakterystyka smukłości drzew badanych drzewostanów

Smukłość drzew badanych drzewostanów przyjmuje wartości z dość szerokiego zakresu. Minimalna jej wartość wynosiła 0,391 zaś maksymalna 1,939 (tab. 1). W obrębie pojedynczych drzewostanów zakres ten był tym większy im drzewostan położony był niżej. Największa różnica pomiędzy maksymalną i minimalną smukłością drzew wynosiła bowiem 1,293 na wysokości 600 m n.p.m., 1,206 na 800 m n.p.m., 0,939 na 1000 m n.p.m. oraz 0,725 na 1200 m n.p.m. Smukłość jest cechą o dość dużej zmienności. Dla poszczególnych drzewostanów współczynnik zmienności przyjmował wartość z zakresu od 10,6 do 19,2%. Jego wielkość nie zależy od położenia drzewostanu. Średnia wartość współczynnika zmienności określona dla drzewostanów położonych w obrębie poszczególnych wzniesień niewiele bowiem odbiega od 15,0% (tab. 1).

Średnia wartość smukłości drzew obliczona dla drzewostanów położonych w obrębie poszczególnych wzniesień wynosiła od 0,568 do 0,704 na wysokości 1200 m n.p.m., od

TABELA I
Charakterystyka smukłości drzew w badanych drzewostanach

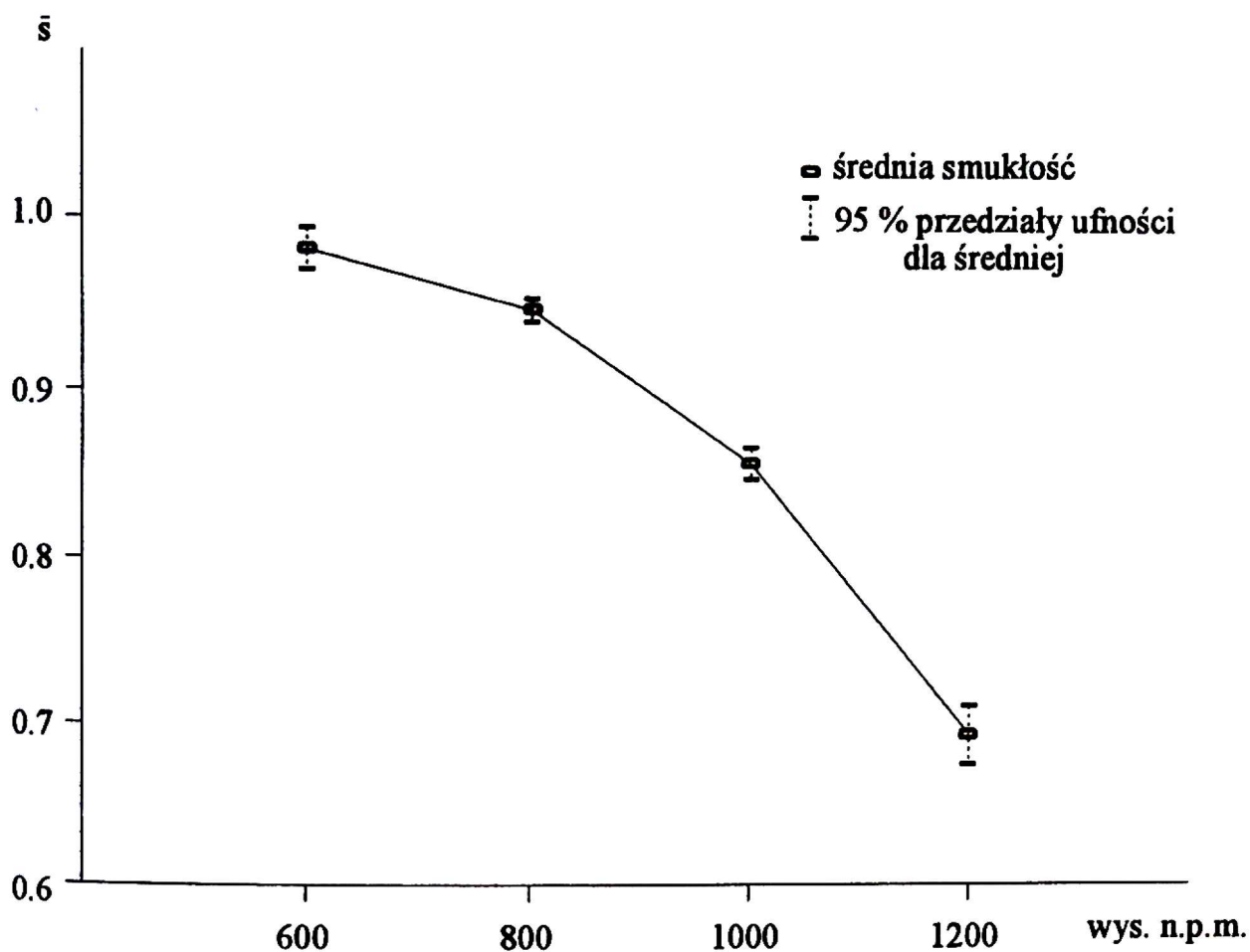
Wys n.p.m.	Liczba pow. próbnych	Wiek drze- wostanów [lat]	Liczba drzew o określonej smukłości		Smukłość (s) pojedynczych drzew			Współczynnik zmienności smukłości
			na 1 pow.	ogółem	min.	max.	średnia	
600	11	64 (60-69)	68 (37-95)	748	0,540	1,939	0,987 (0,846-1,079)	14,8 (12,2-19,2)
800	26	64 (58-69)	72 (29-157)	1884	0,519	1,818	0,944 (0,724-1,048)	13,9 (10,6-18,0)
1000	13	62 (56-64)	74 (26-148)	965	0,474	1,626	0,852 (0,720-0,976)	15,0 (12,4-18,2)
1200	4	64 (62-66)	50 (19-108)	199	0,391	1,116	0,689 (0,568-0,704)	15,6 (13,5-18,4)
Średnio								
		64 (56-69)	69 (19-157)				0,911 (0,568-1,079)	14,6 (10,6-19,2)

W nawiasach podano przedział wartości cech dla badanych drzewostanów występujących na tym samym wzniesieniu.

TABELA 2
Wartości współczynnika korelacji pomiędzy smukłością a pierśnicą i wysokością drzew w badanych drzewostanach

Wysokość n.p.m.	Współczynnik korelacji liniowej		Współczynnik korelacji cząstkowej		Współczynnik korelacji wielorakiej R_{s-h-d}
	$r_{s,d}$	$r_{s,h}$	$r_{s,d-h}$	$r_{s,h-d}$	
600	-0,863 (-0,661 -0,964) (0,155 -0,755)	-0,428	-0,954 (-0,904 -0,977) (0,660 0,940)	0,757	0,968 (0,923 0,982)
800	-0,837 (-0,651 -0,942) (0,040 -0,718)	-0,377	-0,961 (-0,911 -0,981) (0,702 0,966)	0,874	0,969 (0,942 0,982)
1000	-0,804 (-0,723 -0,887) (0,207 -0,616)	-0,211	-0,966 (-0,935 -0,985) (0,847 0,953)	0,907	0,970 (0,943 0,986)
1200	-0,824 (-0,678 -0,913) (0,125 -0,404)	-0,180	-0,969 (-0,949 -0,982) (0,853 0,933)	0,900	0,971 (0,954 0,985)
Średnio	-0,833 (-0,651 -0,964) (0,040 -0,755)	-0,332	-0,961 (-0,904 -0,985) (0,660 0,966)	0,860	0,969 (0,923 0,986)

W nawiasach podano przedział wartości współczynników korelacji dla badanych drzewostanów występujących na tym samym wzniesieniu

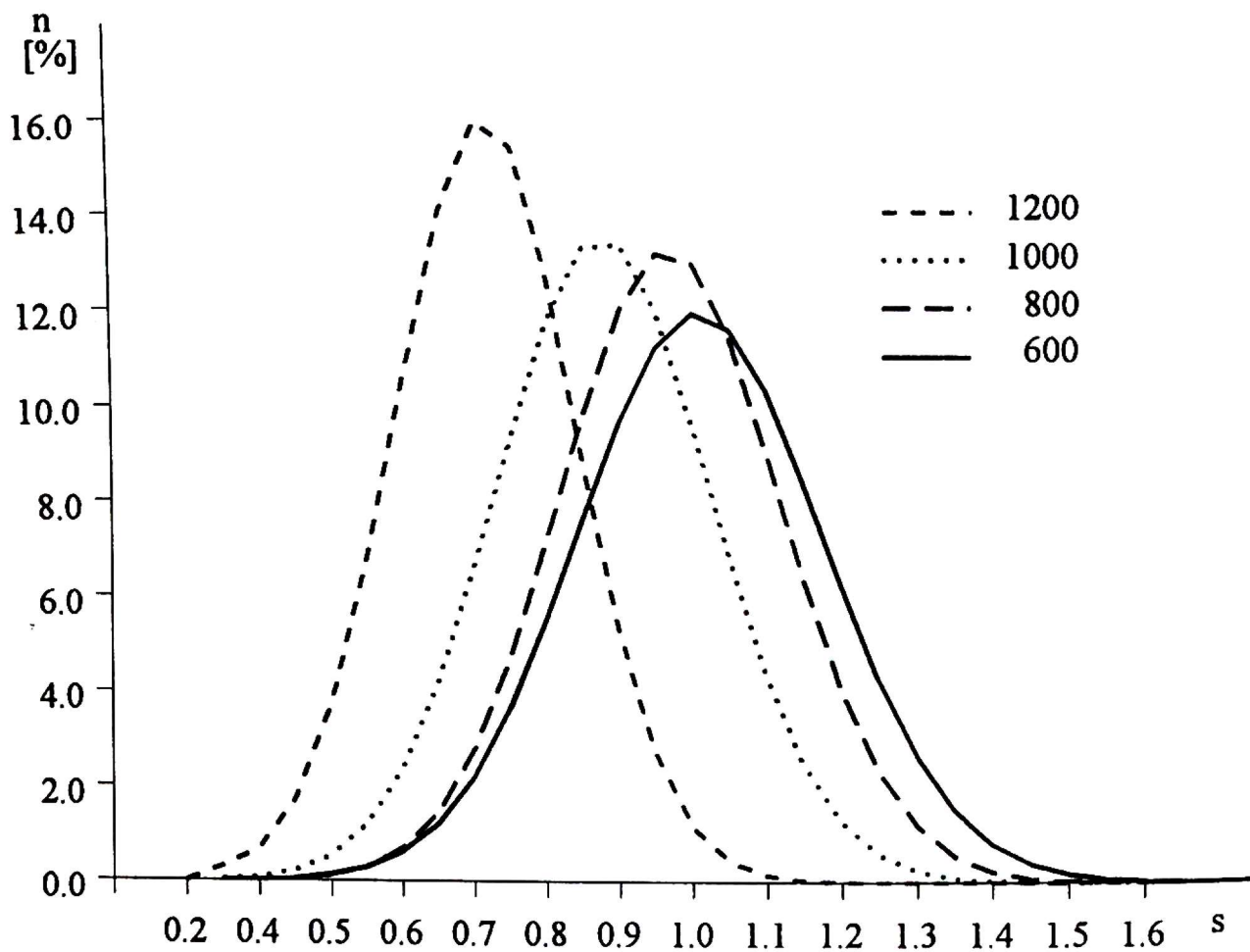


RYC. 1. Średnia wartość smukłości drzew na poszczególnych wysokościach n.p.m. i jej 95% przedział ufności

0,720 do 0,976 na 1000, od 0,724 do 1,048 na 800 oraz od 0,846 do 1,079 na 600 m n.p.m. (tab. 1). Różnice pomiędzy otrzymanymi wartościami średnimi w obrębie tego samego wzniesienia były więc dość znaczne. Ich istotność w dużej liczbie przypadków potwierdzono testem Duncana (na poziomie $\alpha=0,05$).

Smukłość badanych świerków istotnie zmienia się również w zależności od ich położenia nad poziomem morza. Drzewa rosnące w niższych partiach gór, w porównaniu z wyżej położonymi, cechują się na ogół większą smukłością (tab. 1). Stwierdzone różnice są każdorazowo statystycznie istotne. Rezultat ten wskazuje jednoznacznie na odmienną dynamikę przyrostu grubości i przyrostu wysokości drzew, zależną od wysokości położenia drzewostanu n.p.m. Szczególnie duży spadek smukłości drzew wraz ze wzrostem wysokości ich położenia ma miejsce pomiędzy wzniesieniami 1000 i 1200 m (ryc. 1). Odmiennosc dynamiki przyrostu grubości i przyrostu wysokości drzew w tym przedziale wysokościowym wynika prawdopodobnie z naturalnego ich przystosowania się do gwałtownie pogarszających się warunków wzrostu.

Smukłość jest cechą, której rozkład opisuje dwuramienna krzywa frekwencji. Testem Kołmogorowa wykazano, że na ogół nie różni się on istotnie (przy $\alpha=0,05$) od rozkładu normalnego. Stwierdzenie to pozwoliło na opracowanie modelowych rozkładów smukłości



RYC. 2. Wpływ wysokości położenia n.p.m. drzewostanu na rozkład smukłości drzew

drzew na poszczególnych wzniesieniach (ryc. 2). Zgodnie z oczekiwaniem, krzywe frekwencji opracowane dla drzewostanów niżej położonych są przesunięte w kierunku wyższych wartości a także obejmują większą liczbę stopni smukłości w porównaniu z opracowanymi dla drzewostanów z wyższych partii gór.

Smukłość jest ilorazem wysokości i pierśnicy drzewa. Z definicji jest więc cechą, której wielkość zależy wprost proporcjonalnie od wysokości zaś odwrotnie proporcjonalnie od pierśnicy drzewa. Zależność tą w odniesieniu do grubości w pełni potwierdzają współczynniki korelacji oceniające siłę związku pomiędzy smukłością i pierśnicą drzew. Są one bowiem każdorazowo ujemne, statystycznie istotne nawet na poziomie istotności $\alpha=0,001$ i wysokie, bo dla poszczególnych drzewostanów przyjmują wartości z zakresu od $-0,651$ do $-0,964$ (tab. 2). Okazało się jednak, że również współczynniki korelacji pomiędzy smukłością i wysokością są przeważnie ujemne. Miało to bowiem miejsce w 48 przypadkach na 54 badane drzewostany. Przyjmując wartość współczynnika korelacji za miarę siły związku pomiędzy analizowanymi cechami, należy stwierdzić, że w badanych drzewostanach smukłość drzew jest znacznie silniej zależna od ich pierśnicy niż wysokości.

Podane przez Rymer-Dudzińską wyjaśnienie ujemnej korelacji między smukłością i wysokością drzew w drzewostanach sosnowych, większą intensywnością wzrostu pierśnicy

drzew wysokich w porównaniu ze wzrostem ich wysokości [5], wydaje się być w pełni słuszne również w przypadku badanych 60-letnich drzewostanów świerkowych. Po wyłączeniu bowiem wpływu pierśnicy, współczynnik korelacji pomiędzy smukłością i wysokością drzew przyjmuje wartości dodatnie. Na ogół są one także wysokie, bo w 46 przypadkach większe od 0,800. Również po wyłączeniu wpływu wysokości wzrasta i tak wysoka, ujemna korelacja pomiędzy smukłością i pierśnicą drzew. Dla czterdziestu pięciu drzewostanów współczynnik korelacji przekroczył wartość -0,950.

Zmienność smukłości drzew badanych drzewostanów od 85,2 do 97,2% wyjaśniona jest zmiennością tych dwóch cech, tj. pierśnicy i wysokości drzew. Współczynnik korelacji wielorakiej oceniający siłę związku pomiędzy smukłością oraz pierśnicą i wysokością równocześnie wynosi bowiem od 0,923 do 0,986.

Związek średniej smukłości z wybranymi cechami drzewostanu

Współczynnik korelacji pomiędzy średnią smukłością i przeciętną wysokością badanych drzewostanów jest ponad trzykrotnie wyższa od współczynnika korelacji pomiędzy średnią smukłością i przeciętną pierśnicą. W pierwszym przypadku wynosi bowiem 0,742 i jest istotny na poziomie $\alpha=0,001$ zaś w drugim tylko 0,244 i w badanej próbie okazał się statystycznie nieistotny dla $\alpha=0,05$ (tab. 3a). Średnia smukłość nie zależy także od zagęszczenia, wyrażonego w tym przypadku liczbą drzew w przeliczeniu na powierzchnię 1 ha.

TABELA 3a
Współczynnik korelacji liniowej i cząstkowej pomiędzy średnią smukłością a wybranymi cechami badanych drzewostanów

Cecha		Cechy wyłączone			
		H	D	N	P
H	0,742	0,957	0,957	0,907	0,539
D	0,244	-0,907	-	0,499	-0,043
N	0,065	0,778	0,453	-	0,389
P	-0,647	-0,289	-0,620	-0,711	-

H - przeciętna wysokość drzewostanu,
D - przeciętna pierśnica drzewostanu,
N - liczba drzew na 1 ha,
P - wysokość położenia drzewostanu nad poziomem morza.

Wyjątkowo niska korelacja między średnią smukłością i zagęszczeniem drzew ($r = 0,065$) wynika z wpływu wysokości położenia drzewostanu nad poziomem morza zarówno na smukłość rosnących drzew jak i na liczbę. Na ogół bowiem, im drzewostan położony wyżej, tym więcej w nim rośnie drzew w przeliczeniu na jednostkę powierzchni (tab. 1) i są one mniej smukłe (ryc. 1 i 2). Wyłączenie wpływu położenia drzewostanu n.p.m. w znacznym stopniu wpływa na wzrost korelacyjnej zależności pomiędzy średnią smukłością i zagęszczeniem drzew ($r_{S,N.P.} = 0,389$).

TABELA 3b

Współczynnik korelacji wielorakiej pomiędzy średnią smukłością a cechami badanych drzewostanów

Cechy	Współczynnik korelacji wielorakiej
H, D	0,959
H, N	0,907
H, P	0,766
D, N	0,502
D, P	0,648
N, P	0,712

Objaśnienia użytych symboli podano w tabeli 3a.

Zmienność smukłości drzewostanu w 92,0% wyjaśnia zmienność przeciętnej pierśnicy i przeciętnej wysokości. Odpowiedni współczynnik korelacji wielorakiej wynosi bowiem 0,959 (tab. 3b).

Podsumowanie i wnioski

- Smukłość jest cechą o dużej zmienności. Wielkość współczynnika zmienności, wynosząca od 10,6 do 19,2% nie zależy od położenia drzewostanu nad poziomem morza. Rozkład tej cechy opisuje krzywa dwuramienna, na ogół nie różniąca się istotnie od krzywej rozkładu normalnego.
- Zarówno korelacja pomiędzy smukłością i wysokością jak i smukłością i pierśnicą drzew jest ujemna. Siła tego związku określona za pomocą współczynnika korelacji jest znacznie silniejsza w przypadku pierśnicy niż wysokości.
- Po wyłączeniu wpływu pierśnicy zależność pomiędzy smukłością drzew i ich wysokością zmienia swój charakter z ujemnej na dodatnią, a współczynnik korelacji osiąga wartości wysokie, przeważnie powyżej 0,800.
- Na smukłość drzew istotny wpływ wywiera ich położenie nad poziomem morza. Drzewa z wyższych partii gór są znacznie mniej smukłe od niżej rosnących.
- Nie stwierdzono istotnego związku pomiędzy smukłością drzewostanu i liczbą rosnących w nim drzew. Korelacja między smukłością i przeciętną wysokością drzewostanu jest natomiast wysoka. Współczynnik korelacji osiągnął wartość kilka razy większą od współczynnika korelacji między smukłością i przeciętną pierśnicą drzewostanu.

*Z Zakładu Dendrometrii
Akademii Rolniczej w Krakowie*

Literatura

1. **Abetz P.:** Untersuchungen zum Wachstum von Buchen auf der Schwäbischen Alb. *Allgem. Forst.- und Jagdzeitung*, 159, Jg., 11/12, 215-223, 1988.
2. **Bruchwald A.:** *Dendrometria*. Wyd. SGGW, Warszawa 1995.
3. **Gerecke K.-L.:** Zuwachsuntersuchungen an vorherrschenden Tannen aus Baden-Württemberg. *Allgem. Forst.- und Jagdzeitung*, 157, Jg., 3/4, 59-68, 1985.
4. **Grochowski J.:** *Dendrometria*. PWRiL, Warszawa 1973.
5. **Rymer-Dudzińska T.:** Smukłość drzew w drzewostanach sosnowych. *Sylvan* 11, 35-44, 1992.
6. **Rymer-Dudzińska T.:** Zależność średniej smukłości drzew w drzewostanach sosnowych od różnych cech taksacyjnych drzewostanu. *Sylvan* 12, 19-25, 1992.
7. **Thren M.:** Erste Ergebnisse von Wachstumsanalysen an vorherrschenden und herrschenden Kiefern in Südwestdeutschland. *Allgem. Forst.- und Jagdzeitung*, 156, Jg., 11, 215-224, 1985.

Summary

The research was based on a measurement material from 54 permanent study plots established mainly in single-species spruce stands of the Western Beskidy Mts. Those were about 60-year-old spruce woods located at 600, 800, 1000, and 1200 m a.s.l. altitudes. The slenderness feature, being the quotient of tree height in meters and of dbh in centimetres, was calculated for 3710 trees in total. The research done allows to formulate the following findings:

The slenderness feature is the trait of considerable variability. The variability index size being between 10.6 and 19.2 does not depend on the above-sea-level stand location altitude. A two-slope curve depicts the slenderness feature distribution that does not differ significantly from the normal distribution curve. Two correlations are negative: slenderness - height, and slenderness - dbh. The strength of this relationship, as determined using correlation coefficient, is greater for dbh than for the height.

After excluding the dbh impact, the relationship between slenderness of the tree and its height changes its character from negative to positive, and the correlation coefficient reaches high figures, mainly over 0.800.

Above-sea-level altitude of tree location influences significantly the tree slenderness. Trees from higher mountain parts are much less slender than those from lower locations.

No significant relationship was found between the tree stand slenderness and stand density (number of trees per stand). The correlation between slenderness and mean stand height was however significant. The correlation coefficient reached there the value several times greater than the correlation coefficient for the relationship between slenderness and mean stand dbh.