

JAROSŁAW SOCHA

Zależność bonitacji drzewostanów świerkowych od wysokości położenia nad poziomem morza

The Dependence of Spruce Tree Stand Quality
on Altitudes above Sea Level

Wstęp

Klasa bonitacji wzrostowej określana funkcyjną zależnością wysokości drzewostanu od jego wieku uważana jest za dobry estymator produktywności siedliska [5]. Według tablic Schwappacha [4] bonitację drzewostanu określa się dla poszczególnych gatunków na podstawie wieku i przeciętnej wysokości drzewostanu. Taki sposób określania bonitacji, z uwagi na zależność przeciętnej wysokości drzewostanu od intensywności prowadzonych zabiegów hodowlanych jest krytycznie oceniany przez specjalistów z zakresu produktywności lasu [2, 4]. Jako właściwe rozwiązanie przyjmuje się wykorzystanie do tego celu wysokości górnej, niezależnej od prowadzonych cięć.

Pomimo wspomnianej wcześniej wady, wysokość przeciętna nadal jest powszechnie stosowana w praktyce, a ustalona na jej podstawie klasa bonitacji jest jedną z podstawowych cech taksacyjnych drzewostanów, stanowiącą ważną informację do formułowania strategicznych celów produkcji drzewnej [10].

Modyfikujący wpływ warunków wzrostu na kształtowanie się bonitacji drzewostanów w górach zauważono od dawna [1, 3]. Bonitacja drzewostanu jest tam wypadkową wielu czynników. Zaliczyć do nich można m.in.: typ gleby, podłoże geologiczne i warunki klimatyczne. Według Barana [3] kategoria żyzności gleby w terenach górskich nie jest równoznaczna z urodzajnością siedliska (bonitacją głównych gatunków lasotwórczych). Ta ostatnia zależy tu w dużym stopniu od warunków klimatycznych. Wysokość nad poziom morza, będąca jednocześnie czynnikiem modyfikującym zarówno dla typów gleb jak i klimatu, wpływa pośrednio zarówno na zmianę przebiegu wzrostu i przyrostu drzewostanów [12] jak i ich bonitacji [11]. Ilościowe ujęcie wpływu wzniesienia n.p.m. na bonitację stwierdził w swej pracy m.in. Keller [8] i Lindgren [11]. Wymienieni autorzy wykazali

spadek bonitacji pod wpływem wzniesienia n.p.m. Klasa bonitacji dla danego gatunku zależy także od szerokości geograficznej [11].

Celem niniejszych badań jest ujęcie zmian bonitacji drzewostanów świerkowych w zależności od ich położenia nad poziomem morza. Badania przeprowadzono na podstawie materiału pomiarowego, pochodzącego z drzewostanów świerkowych z Beskidów Zachodnich.

Materiał badawczy

Materiał badawczy stanowią wyniki pomiaru pierśnic i wysokości drzew wykonane na powierzchniach badawczych w 149 litych drzewostanach świerkowych Beskidu Śląskiego, Żywieckiego i Małego. Wielkość powierzchni wahała się w granicach od 0,1 do 1,0 ha zaś wiek drzewostanów wynosił od 47 do 129 lat. Badane drzewostany położone są na terenie nadleśnictw: Bielsko-Biała (37 pow.), Ujsoły (33 pow.), Węgierska Górka (61 pow.) i Wisła (18 pow.). Liczbę drzewostanów w rozbiciu na klasy wieku oraz grupy wzniesień n.p.m. zestawiono w tabeli 1.

TABELA 1
Zestawienie badanych drzewostanów

Nadleśnictwo	Liczba drzewo- stanów	Liczba drzewostanów w klasach wieku					Liczba drzewostanów na wzniesieniach n.p.m. [m]			
		III	IV	V	VI	VII	<600	<800	<1000	>1000
Bielsko-Biała	37	1	7	26	3		3	11	12	11
Ujsoły	33		24	4	5		4	19	8	2
Wisła	18	2	10	4	1	1	8	8	2	–
Węgierska Górka	61	3	28	19	10	1	1	19	21	20

Metodyka badań

Badane drzewostany różnią się znacznie pod względem wieku. W celu ułatwienia porównania ich bonitacji określono dla każdego przeciętną wysokość w wieku 100 lat (h_{L100}). Posłużono się przy tym wielomianami opisującymi zmianę przeciętnej wysokości drzewostanu wraz z wiekiem [15]. Opisany sposób postępowania wymagał przyjęcia założenia zgodności zmian z wiekiem przeciętnej wysokości poszczególnych drzewostanów ze zmianami zawartymi w tablicach zasobności i przyrostu drzewostanów [14]. Tak określona wysokość H_{L100} można uznać za liczbowy odpowiednik bonitacji a także bezpośrednio porównać dla drzewostanów wzrastających w różnych warunkach. Z badań Kellera [8] wynika, że zależność pomiędzy wysokością a wzniesieniem drzewostanu dobrze opisuje funkcja hiperboliczna postaci:

$$h_{dom50} = \frac{A}{x - B} + C + D \cdot x$$

gdzie:

h_{dom50} – wysokość górna drzewostanu,
 A, B, C, D – współczynniki równania,
 x – wzniesienie n.p.m.

Do opisu zmian przeciętnej wysokości w wieku lat 100 (h_{L100}) w zależności od wzniesienia n.p.m. posłużono się tą funkcją, którą zmodyfikowano przez zastąpienie wysokości górnej h_{dom50} wysokością przeciętną w wieku 100 lat (h_{L100}). Parametry funkcji obliczono stosując metodę iteracyjną Newtona [13]. Z uwagi na zróżnicowanie terenu badań, zarówno pod względem budowy geologicznej, genetyczno-żyźnościowych grup gleb jak i warunków klimatycznych [1, 3, 6], obliczenia wykonano dla każdego nadleśnictwa oddzielnie.

W celu zbadania siły związku pomiędzy wzniesieniem n.p.m. a przeciętną wysokością drzewostanu w wieku 100 lat, obliczono współczynniki korelacji krzywoliniowej (R) oraz stosunek korelacyjny η^2 [9]. Istotność współczynnika korelacji krzywoliniowej sprawdzono przy użyciu testu F.

Na podstawie opracowanych funkcji, dla każdego nadleśnictwa określono średni spadek wysokości przeciętnej w wieku 100 lat z gradientem wysokości n.p.m. Opierając się na modelu jakim są tablice zasobności i przyrostu drzewostanów, określono również zasobność i bieżący przyrost miąższości drzewostanów w wieku 100 lat oraz zmianę tych cech wraz ze wzniesieniem n.p.m.

Wyniki

Oszacowane parametry funkcji opisujących zmianę przeciętnej wysokości drzewostanów h_{L100} wraz ze wzniesieniem n.p.m. dla poszczególnych nadleśnictw zestawiono w tabeli 2.

Obliczone wartości współczynnika korelacji krzywoliniowej wynoszą od 0,74 w nadleśnictwach Wisła i Węgierska Górka do 0,83 w Ujsołach. Stosunki korelacyjne wahają się natomiast w granicach od 0,61 w Węgierskiej Górcie do 0,69 w Ujsołach (tab. 3). We wszystkich badanych nadleśnictwach stwierdzono podobną prawidłowość polegającą na tym, że wraz ze wzniesieniem n.p.m. wysokość przeciętna w wieku 100 lat (h_{L100})

TABELA 2

Parametry równania opisującego zależność przeciętnej wysokości drzewostanu w wieku 100 lat (h_{L100}) od wzniesienia n.p.m.

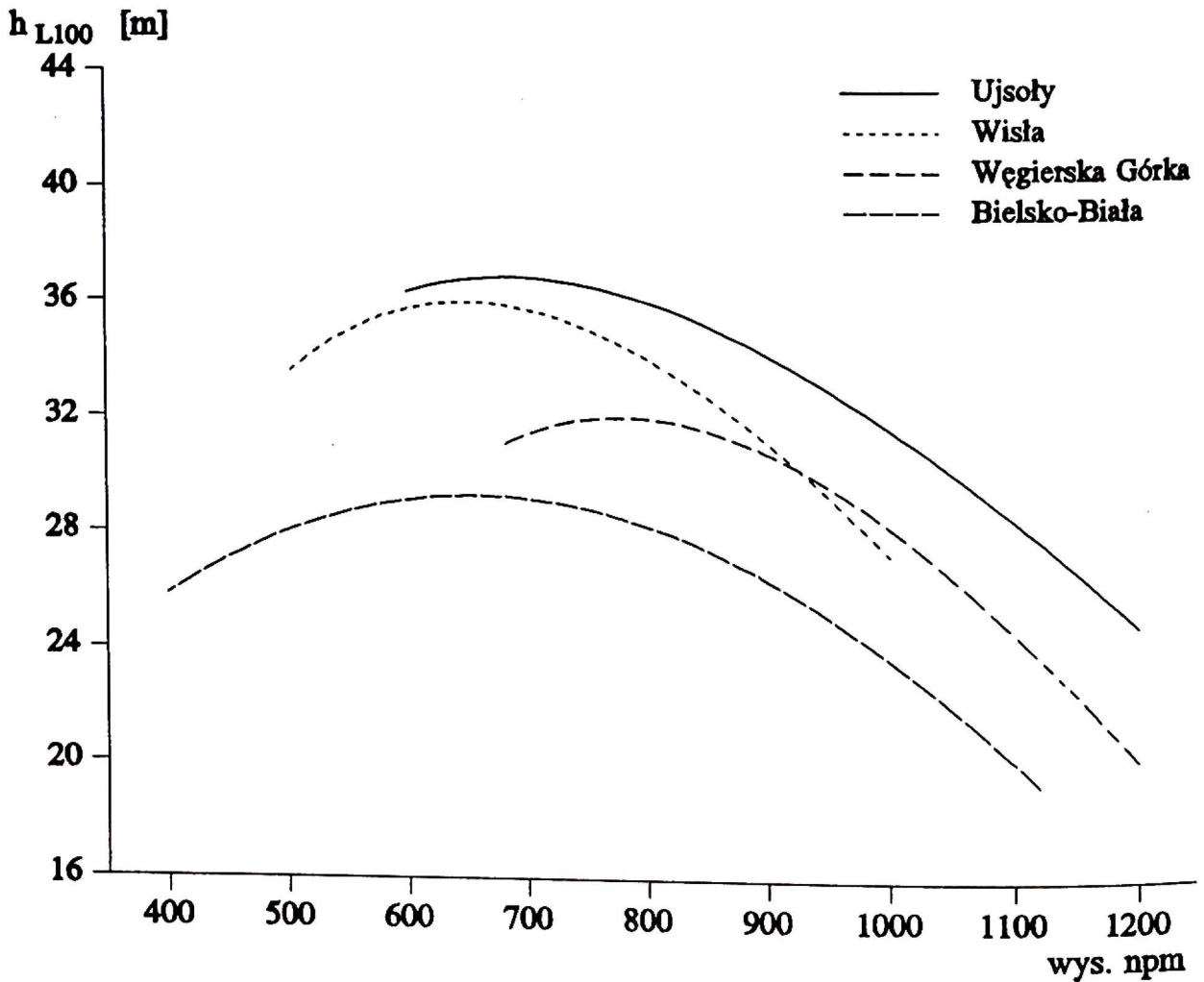
Nadleśnictwo	Parametry równania			
	A	B	C	D
Ujsoły	-71671,19	-337,4956	154,1178	-0,0689
Węgierska Górka	-122765,33	-324,0780	222,0998	-0,1012
Wisła	-89859,88	-333,8821	187,9333	-0,0933
Bielsko-Biała	-6310160,93	-4362,1311	1451,2049	-0,2507

TABELA 3

Wielkość współczynnika korelacji krzywoliniowej i stosunku korelacyjnego pomiędzy przeciętną wysokością drzewostanu w wieku 100 lat h_{L100} a wzniesieniem n.p.m.

Nadleśnictwo	Współczynnik korelacji [R]	Stosunek korelacyjny [η^2]	Wartość statystyki F [F]
Ujsoły	0,83*	0,69	68,65
Węgierska Górka	0,74*	0,61	71,42
Wisła	0,74*	0,65	19,37
Bielsko-Biała	0,81*	0,65	66,77

* współczynnik korelacji krzywoliniowej istotny przy poziomie istotności $\alpha = 0,001$



RYC. Zmiana przeciętnej wysokości h_{L100} wraz ze wzniesieniem n.p.m.

TABELA 4

Kształtowanie się przeciętnej wysokości w wieku 100 lat i bonitacji drzewostanu na różnych wzniesieniach n.p.m.

Wysokość n.p.m.	Ujsoły		Węgierska Górka		Wisła		Bielsko-Biała	
	h_{L100} [m]	bonit.	h_{L100} [m]	bonit.	h_{L100} [m]	bonit.	h_{L100} [m]	bonit.
400							25,84	II8
500					33,51	Ia9	28,02	II3
600	36,31	Ia2	28,54	II1	35,72	Ia4	29,10	II0
700	36,78	Ia1	31,40	I4	35,70	Ia4	29,15	II0
800	35,96	Ia3	31,94	I3	34,03	Ia8	28,23	II2
900	34,16	Ia8	30,75	I6	31,12	I5	26,38	II7
1000	31,60	I4	28,21	II2	27,25	II5	23,67	III3
1100	28,43	II2	24,60	III1			20,15	IV2
1200	24,78	III1	20,14	IV2				

początkowo nieznacznie rośnie, osiąga maksimum a następnie opada. Zależności te przedstawiono na rycinie.

Na podstawie równania (1) określono wysokość h_{L100} oraz odpowiadającą jej klasę bonitacji dla poszczególnych wzniesień n.p.m. w odstopniowaniu co 100 m. Uzyskane rezultaty podano w tabeli 4.

Przedstawione wyniki wskazują na wyraźne różnice w warunkach produkcji poszczególnych nadleśnictw. Największymi wartościami bonitacji charakteryzują się drzewostany Nadleśnictwa Ujsoły, nieco niższą bonitację wykazują kolejno drzewostany nadleśnictw: Wisła, Węgierska Górka i Bielsko-Biała.

Największe wysokości przeciętne, a co za tym idzie i bonitacje, badane drzewostany wykazują na wysokości ok. 600-700 m n.p.m. w Nadleśnictwach Wisła i Bielsko-Biała, 700 m n.p.m. w Nadleśnictwie Ujsoły i ok. 800 m n.p.m. w Nadleśnictwie Węgierska Górka. Od podanych wzniesień następuje spadek przeciętnej wysokości drzewostanów (h_{L100}) i ich bonitacji. Spadek ten wynosi średnio:

- w Nadleśnictwie Ujsoły – 2,40 m na 100 m wzniesienia,
- w Nadleśnictwie Węgierska Górka – 2,81 m na 100 m wzniesienia,
- w Nadleśnictwie Bielsko-Biała – 2,25 m na 100 m wzniesienia,

co stanowi przeciętnie około 0,6 klasy bonitacji na 100 m wzniesienia.

Obniżenie bonitacji pociąga za sobą obniżenie produktywności drzewostanów, ich zasobności i przyrostu. W dalszej części pracy przeanalizowano i liczbowo zilustrowano wpływ spadku bonitacji drzewostanów na spadek ich zasobności i przyrostu. W tym celu na podstawie obliczonych dla różnych wzniesień przeciętnych wysokości w wieku 100 lat z

TABELA 5

Oszacowana zasobność i przyrost drzewostanów w wieku 100 lat na różnych wzniesieniach n.p.m.

Wys. n.p.m.	Ujsoły		Węgierska Górka		Wisła		Bielsko-Biała	
	zasob. [m ³ /ha]	przyrost [m ³ /ha/rok]	zasob. [m ³ /ha]	przyrost [m ³ /ha/rok]	zasob. [m ³ /ha]	przyrost [m ³ /ha/rok]	zasob. [m ³ /ha]	przyrost [m ³ /ha/rok]
400							542,20	9,30
500					800,60	12,99	610,20	10,30
600	895,80	14,32	637,40	10,70	868,60	13,94	651,00	10,90
800	882,20	14,13	746,20	12,23	814,20	13,18	623,80	10,50
900	814,20	13,80	705,40	11,66	719,00	11,85	555,80	9,50
1000	732,60	12,04	623,80	10,50	483,00	9,9	476,30	8,39
1100	623,80	10,50	502,10	8,73			361,80	6,80
1200	502,10	8,73	361,80	6,80				

tablic Schwappacha [4] określono odpowiadająca im zasobność i przyrost (przy zadrzewieniu 1,0). Ponieważ tablice zawierają dane dla pełnych klas bonitacji a w pracy posługiwano się przeciętnymi zawartymi w całym zakresie szerokości klas bonitacji, określanie zasobności tabelarycznej i przyrostu wykonywano przez interpolację pomiędzy ich wartościami w wieku 100 lat odczytanymi w tablicach zasobności dla różnych klas bonitacji. Interpolacja, lub w przypadku utworzonej sztucznie Ia klasy bonitacji, ekstrapolacja pozwala na określenie zasobności i przyrostu dla dowolnej wysokości przeciętnej w wieku 100 lat. Zasobność tabelaryczną i przyrost miąższości drzewostanu odpowiadający przeciętnej wysokości h_{L100} na poszczególnych wzniesieniach zestawiono w tabeli 5. Na podstawie zamieszczonych w niej wyników możliwe jest określenie zmiany tabelarycznej zasobności i przyrostu drzewostanów wraz z gradientem wysokości.

Począwszy od wysokości, na których drzewostany poszczególnych nadleśnictw wykazują maksymalne wartości wysokości h_{L100} (optymalny wzrost) następuje spadek tabelarycznej zasobności i przyrostu drzewostanów wynoszący dla zasobności:

- 81 m³ na 100 m wzniesienia – w Nadleśnictwie Ujsoły,
- 96 m³ na 100 m wzniesienia – w Nadleśnictwie Węgierska Górka,
- 95 m³ na 100 m wzniesienia – w Nadleśnictwie Wisła,
- 72 m³ na 100 m wzniesienia – w Nadleśnictwie Bielsko-Biała.

Określony na podstawie tablic spadek bieżącego rocznego przyrostu miąższości grubizny drzewostanów wynosi:

- 1,16 m³/ha/rok na 100 m wzniesienia n.p.m. w Nadleśnictwie Ujsoły,
- 1,36 m³/ha/rok na 100 m wzniesienia n.p.m. w Nadleśnictwie Węgierska Górka,
- 1,35 m³/ha/rok na 100 m wzniesienia n.p.m. w Nadleśnictwie Wisła,
- 1,03 m³/ha/rok na 100 m wzniesienia n.p.m. w Nadleśnictwie Bielsko-Biała.

Podsumowanie i wnioski

- W pracy stwierdzono wyraźny związek pomiędzy przeciętną wysokością drzewostanu w wieku 100 lat a wzniesieniem n.p.m. Określone współczynniki korelacji krzywoliniowej wahają się w granicach od 0,74 do 0,83.
- Największe wartości badanych cech wykazują drzewostany nadleśnictw Wisła i Bielsko-Biała na wysokości ok. 600-700 m n.p.m., w Nadleśnictwie Ujsoły na wysokości 700 m n.p.m. zaś w nadleśnictwie Węgierska Górka 800 m n.p.m.
- Od podanych wzniesień następuje spadek przeciętnych wysokości drzewostanów w wieku 100 lat powodujący obniżenie bonitacji, zasobności i bieżącego rocznego przyrostu miąższości drzewostanu.
- Spadek wartości badanych cech drzewostanów w wieku 100 lat na każde 100 m wzniesienia n.p.m. wynosi średnio dla przeciętnej wysokości od 2,25-2,95 m, zasobności od 72 do 96 m³/ha zaś bieżącego rocznego przyrostu miąższości grubizny od 1,03 do 1,35 m³/ha/rok.

*Z Zakładu Dendrometrii
Wydziału Leśnego AR w Krakowie*

Literatura

1. **Aleksandrowicz W.B.:** O właściwą leśno-gospodarczą klasyfikację górskich gleb leśnych. Sylwan Nr 10, 1960.
2. **Assman E.:** Nauka o produktywności lasu. PWRiL, Warszawa 1968.
3. **Baran S.:** Gleby świerczyn Żywiecczyzny. Sylwan Nr 6, 1968 r.
4. **Bruchwald A.:** Dendrometria. Wyd. SGGW, Warszawa 1995.
5. **Hägglund B.:** Evaluation of forest site productivity. Forest Bastracts 42: 515-527, 1981.
6. **Hess M.:** Pietra klimatyczne w Karpatach Zachodnich. Zesz. Nauk. UJ, Prace Geogr., z. 11, 1965 r.
7. **Johansson T.:** Site index curves for Norway spruce plantations on farmland with different soil types. Studia Forestalia Suecica, No 198, 1995.
8. **Keller W.:** Określanie bonitacji na podstawie siedliska. Sylwan Nr 5, 1991 r.
9. **Krysicki W., Bartos J., Dyczka W., Królikowska K., Wasilewski M.J.:** Rachunek prawdopodobieństwa i statystyka matematyczna w zadaniach, cz. II Statystyka matematyczna. PWN, Warszawa 1986.
10. **Kukuła J., Miś R., Ważyński B., Żółciak E.:** Zagadnienia praktyczne z urządzania lasu. Wyd. AR Poznań, Poznań 1997.

11. **Lindgren D., Cheng C., Björn E., Lindgren K.:** Site index Variation with Latitude and Altitude in IUFRO Pinus contorta Provenance Experiments in Western Canada and Northern Sweden. *Scand. J. For. Res.* 9: 270-274, 1994.
12. **Neumann M.:** Zuwachsuntersuchungen an Fichte in verschiedenen Seehöhenstufen im österreichischen Zentralalpenbereich. *Jahrgang (1993), Heft 4, : 221-274.*
13. **Ralston A.:** Wstęp do analizy numerycznej. PWN, Warszawa 1975.
14. **Schwappach D.:** Ertragstafeln der wichtigeren Holzarten. Druckerei Merkur, Prag 1943.
15. **Socha J.:** Matematyczne ujęcie bonitacji siedliska. *Sylwan* Nr 2, 1997 r.

Summary

The dependence of spruce tree stand quality on altitudes above sea level

The report discusses the impact of the above-sea-level elevation on the quality of spruce stands in the Beskidy Zachodnie area. The research was carried out basing on the material originating from 149 stands from the forest districts of Bielsko-Biała, Ujsoły, Wisła and Węgierska Górka (Table 1). For to compare the quality of stands differing in age, there the mean height at the age of 100 years (h_{100}) was measured. The calculations pointed out to the existence of a distinct relationship between the mean height approximated for the age of 100 years and the above-sea-level altitude. That relationship was presented with the use of a hyperbolic curve. That function allowed to identify the quality of stands growing at various altitudes a.s.l. (Table 4) as well as tabled growing stock and current annual volume increment (Table 5). Under the influence of the altitude the mean tree stand height approximated for the age of 100 years (h_{L100}) at first rises slightly along the a.s.l. altitude rise, then it takes up its maximum and subsequently drops down. The regularity of such a kind was noted for all the forest districts under study (Fig. 1). The highest values of the features under study were reached in the stands of the Wisła and Bielsko-Biała forest districts at the altitude of about 600–700 m asl, and at the altitude of 700 m and 800 m a.s.l. in the Ujsoły and Węgierska Górka forest districts respectively. Starting up from the altitudes given above there a drop occurred at mean heights of 100-year-old stands, this resulting in a drop of the quality, growing stock, and current annual volume increment. The drop in the values of stand features under study, in 100-year-old stands, per each 100 m a.s.l. altitude, on the average, was as follows: for mean height – from 2.25 to 2.95 m, growing stock – from 72 to 96 m³/ha, and for current annual thickwood volume increment – from 1.03 to 1,35 m³/ha/year.