

STANISŁAW ORZEŁ

Ocena udziału części składowych wzoru na przyrost miąższości drzew stojących na przykładzie strzał sosny

Assessing the share of component parts of the formula
on standing tree volume increment on the example of pine logs

Wstęp i cel pracy

Powiększanie się z wiekiem wymiarów drzew oraz zmiana ich kształtu to rezultat corocznego przyrostu na grubość i na wysokość. Wielkość tego przyrostu drzew określonego gatunku i fazy wzrostu uzależniona jest wyłącznie od warunków w jakich wzrastają [1,2,4,10]. Przyrost miąższości zależy natomiast funkcyjnie zarówno od przyrostu wymienionych już cech biometrycznych, jak i wymiarów jakie drzewa posiadały na początku okresu przyrostowego. Szczegółowe teoretyczne rozważania dotyczące tego zagadnienia przeprowadził Borowski (3), który podał równocześnie i matematycznie uzasadnił niezbędne warunki jakie muszą być spełnione aby wystąpiła kulminacja bieżącego przyrostu miąższości.

Według tegoż autora [4] bieżący przyrost miąższości, będący różnicą między miąższością drzewa na końcu ($v_2 = g_2 \cdot hf_2$) i na początku okresu przyrostowego ($v_1 = g_1 \cdot hf_1$), można obliczyć jako sumę dwóch iloczynów, a mianowicie:

$$z_v = g_2 \cdot z_{hf} + z_g \cdot hf_1 \quad (1)$$

powierzchni pierścicowego przekroju określonej na końcu okresu (g_2) i przyrostu wysokości kształtu (z_{hf}) oraz przyrostu powierzchni pierścicowego przekroju (z_g) i wysokości kształtu drzewa (hf_1) z początku okresu przyrostowego. Udział tych iloczynów nie jest wielkością stałą lecz ulega zmianie z wiekiem drzew. Informacji na ten temat nie jest zbyt dużo. Można je bowiem uzyskać tylko na podstawie badań opartych o dużą liczbę wykonanych analiz strzał.

Celem pracy jest podjęcie próby uzupełnienia tej luki, a w szczególności określenie wielkości iloczynów $z_1 = g_2 \cdot z_{hf}$ oraz $z_2 = z_g \cdot hf_1$ i ich udziału w przyroście miąższości strzał pobranych z drzewostanu głównego starodrzewi sosnowych.

Materiał i metodyka badań

Materiał badawczy stanowią wyniki pełnej analizy strzał 164 sosen. Pobrano je z drzewostanu głównego 56 litych sośnin w wieku powyżej 80 lat. Na ogół z jednego drzewostanu pochodzą trzy drzewa. Ich wymiary obliczono zgodnie z zasadami rozdziału drzew próbnych w metodzie Uricha II [6], dzieląc szereg rozdzielczy pierśnic, pomierzonych na założonych powierzchniach badawczych, na trzy klasy o równej liczbie drzew. Wybrane drzewa, po ich ścięciu, podzielono na sekcje dwumetrowej długości; za wyjątkiem sekcji pierwszej, której długość wyniosła jeden metr. Ze środków poszczególnych sekcji oraz dodatkowo z podstawy i wysokości 1,3 m pobrano krążki w celu przeprowadzenia analizy strzał. Na każdym krążku pomiar szerokości słoju rocznych wykonano z dokładnością do 0,01 mm na czterech promieniach, zgodnych z podstawowymi kierunkami geograficznymi. Tak zebrany materiał pozwolił na określenie cech biometrycznych analizowanych drzew dla każdego roku ich życia.

Biorąc pod uwagę wiek drzewostanów oraz sposób wyboru drzew próbnych można przyjąć, że pochodzą one z drzewostanu głównego, a wybrane z najcieńszej klasy Uricha są reprezentantami drzew współpanujących (3 kl. Krafta), środkowej klasy Uricha pochodzą z warstwy drzew panujących (2 kl. Krafta) zaś wybrane z najgrubszej klasy Uricha stanowią warstwę drzew górujących (1 kl. Krafta).

Przyrost miąższości strzał oraz poszczególne jego części składowe (wzór 1) określono dla trzynastu pięcioletnich okresów przyrostowych. Pierwszy analizowany przyrost odłożony został w okresie od 16 do 20 roku życia drzew, drugi od 21 do 25, zaś ostatni od 76 do 80 roku ich życia.

Udział poszczególnych iloczynów wzoru (1) wyrażono w procentach przyrostu miąższości analizowanych strzał (z_v):

$$k_1 = \frac{z_1}{z_v} \cdot 100 \quad (2)$$

$$k_2 = \frac{z_2}{z_v} \cdot 100 \quad (3)$$

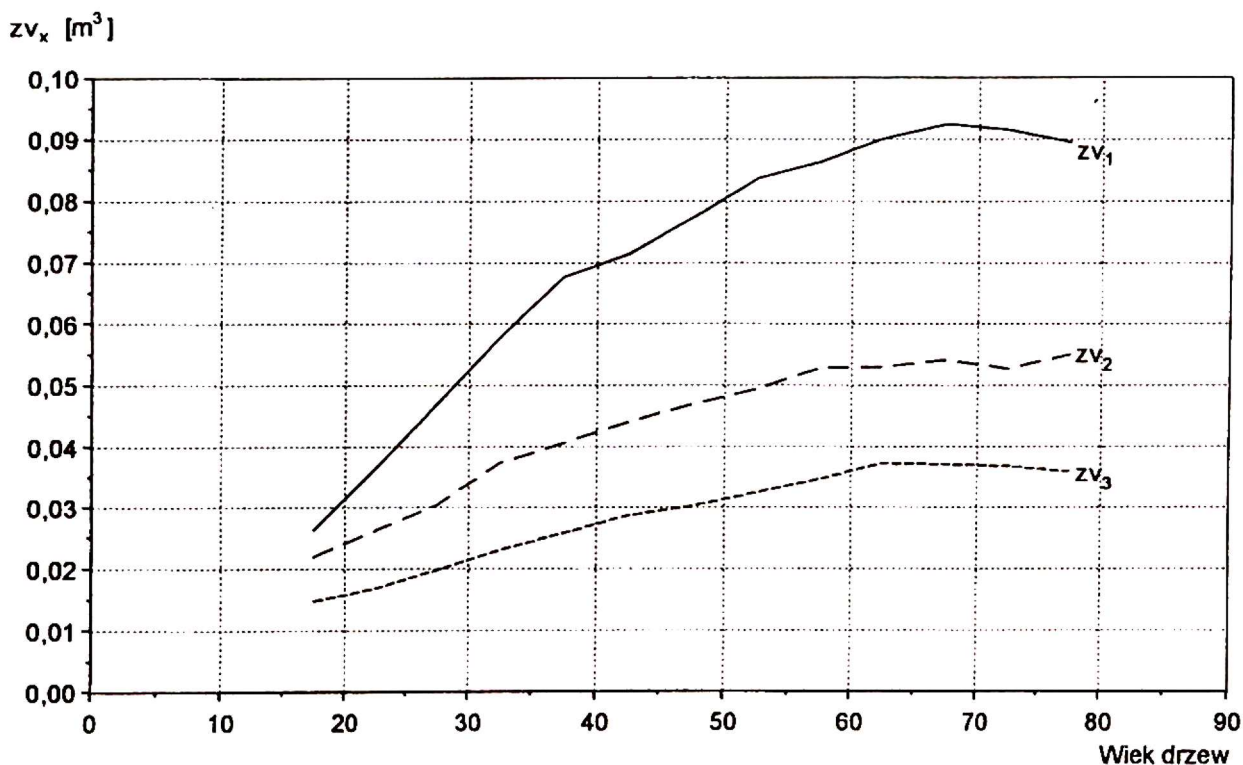
Określono również procentowy udział składnika z_1 w wielkości składnika z_2 :

$$k_3 = \frac{z_1}{z_2} \cdot 100 \quad (4)$$

Dla tak określonych wielkości (k_1 , k_2 , k_3) w każdym okresie przyrostowym obliczono podstawowe statystyki, zarówno dla całości materiału łącznie, jak i oddzielnie dla drzew zaliczonych do poszczególnych klas.

Wyniki badań

Przyrost miąższości drzew zajmujących niższe stanowiska biosocjalne może być wielokrotnie mniejszy w porównaniu z uprzywilejowanymi pod tym względem. Z przeprowadzonych badań wynika bowiem, że nawet w przypadku drzew tworzących drzewostan główny (drzewa 1, 2, i 3 klasy Krafra) różnice w przyroście odłożonym w tych samych latach ich życia są znaczne (ryc. 1). Za wyjątkiem bowiem okresów obejmujących od 16 do 20 oraz od 21 do 25 roku ich życia, przyrost miąższości drzew 3 kl. Krafra był w pozostałych 5-leciach prawie 2,5 razy mniejszy w porównaniu z wielkością przyrostu drzew górujących. Stanowił bowiem od 38,1 do 42,2% jego wielkości (tabela). Średni przyrost miąższości drzew panujących (2 kl. Krafra) odłożony w tych samych okresach wynosił od 57,7 do 64,7% średniego przyrostu miąższości drzew 1 kl. Krafra. W wartościach bezwzględnych największą różnicę między średnim przyrostem miąższości drzew zaliczonych do 1 i 3 kl. Krafra (ryc. 1) stwierdzono w okresie od 66 do 70 roku życia drzew ($0,05541 \text{ m}^3$), zaś w przypadku drzew 1 i 2 klasy w okresie od 71 do 75 roku ich życia ($0,03873 \text{ m}^3$).



RYC. 1. Średnia wartość pięcioletniego przyrostu miąższości drzew 1 (zV_1), 2 (zV_2) i 3 (zV_3) kl. Krafra

Przyrost miąższości należy do najbardziej zmiennych cech biometrycznych drzew [4,8,9]. Również w przypadku analizowanych drzew współczynnik zmienności osiągał wysokie wartości, bo dla całości materiału badawczego jego wielkość zawierała się w granicach od 56,3 do 75,1% (tabela). Zmienność tej cechy drzew na ogół maleje ze wzrostem ich wieku. Zależy także od stanowiska biosocjalnego zajmowanego przez drzewa. Współczynnik zmienności przyrostu miąższości drzew górujących osiąga bowiem na ogół mniejsze

TABELA

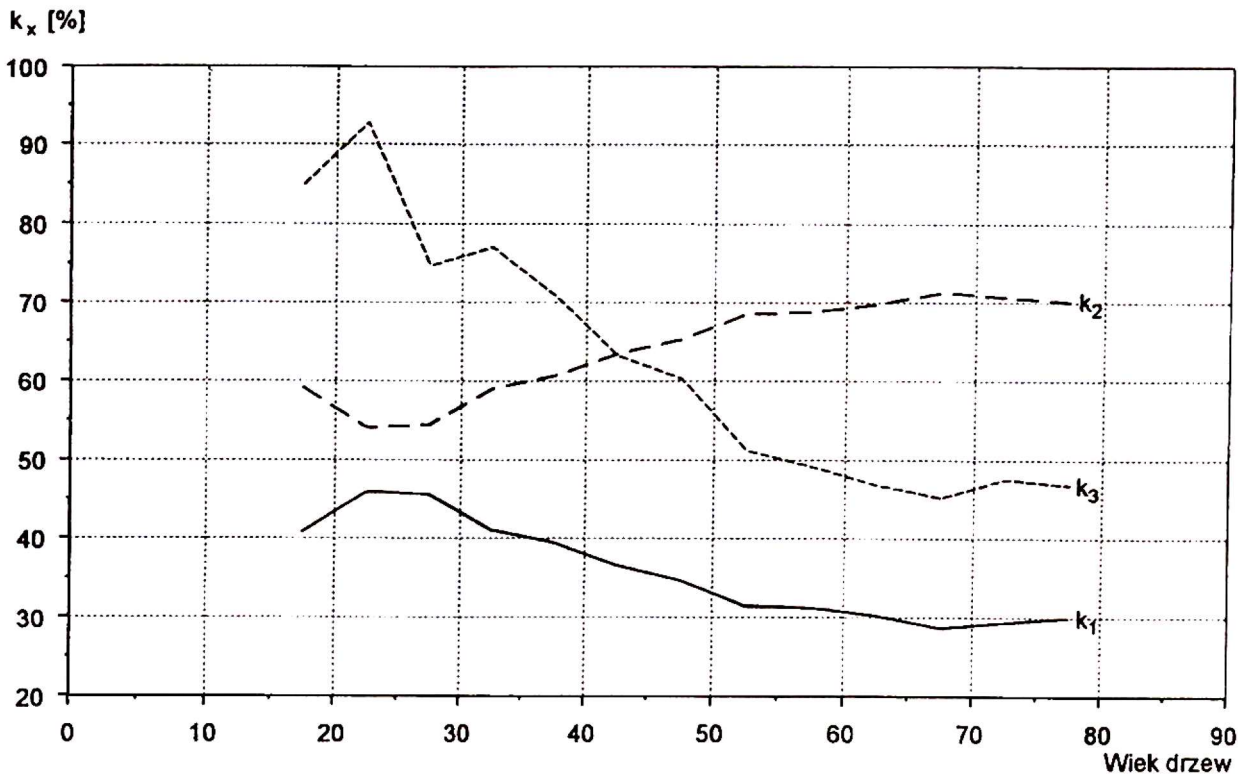
Zmiana z wiekiem współczynnika zmienności 5-letniego przyrostu miąższości drzew 1, 2 i 3 klasy Krafta oraz średniego procentowego udziału przyrostu drzew współpanujących i panujących w przyroście miąższości drzew górujących

Okres przyrostowy [lata]	Współczynnik zmienności przyrostu miąższości drzew w klasach Krafta				Udziału przyrostu drzew 3 i 2 klasy Krafta w przyroście drzew górujących	
	3 klasa	2 klasa	1 klasa	ogółem	3 klasa	2 klasa
16-20	73,1	76,4	67,8	75,1	56,6	83,9
21-25	62,5	65,6	62,6	71,4	46,4	72,1
26-30	61,1	64,2	58,2	70,5	42,2	64,7
31-35	62,6	53,6	55,0	67,3	39,9	64,7
36-40	67,0	56,4	56,1	70,5	38,1	60,0
41-45	63,9	52,5	54,6	67,5	40,1	61,7
46-50	72,2	54,9	48,3	65,1	39,0	60,6
51-55	71,1	57,1	50,4	67,1	38,8	59,1
56-60	65,0	52,4	44,4	61,2	40,1	61,3
61-65	56,8	47,9	42,8	59,0	41,4	58,8
66-70	52,1	45,0	43,3	59,0	40,1	58,6
71-75	53,3	37,4	43,4	60,3	40,2	57,7
76-80	52,0	34,2	41,9	56,3	40,2	61,5

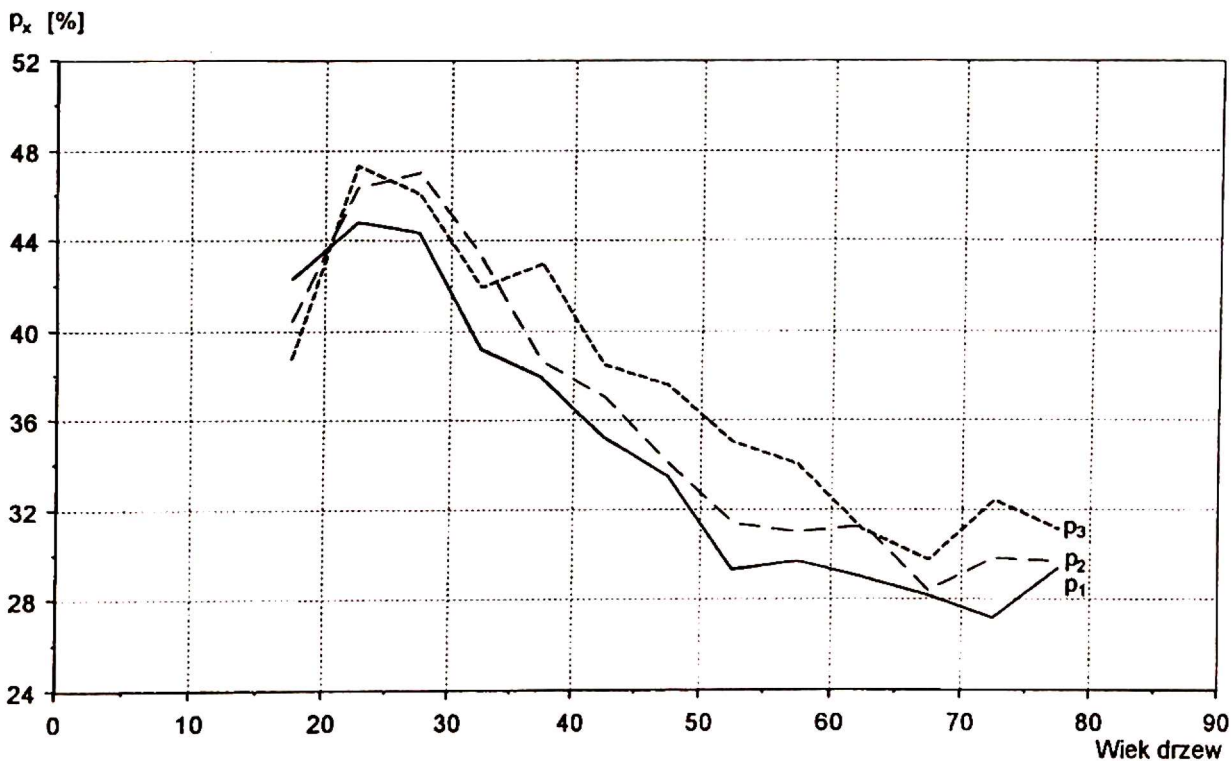
wartości w porównaniu ze współczynnikiem zmienności przyrostu miąższości drzew panujących i współpanujących.

Rachunkowo (wzór 1) przyrost miąższości drzewa jest sumą dwóch iloczynów: $z_1 = g_2 \cdot z_{hf}$ oraz $z_2 = z_g \cdot hf_1$. Z ryciny 2 wynika, że w rozpatrywanych pięcioletnich okresach przyrostowych udział pierwszego iloczynu (z_1) w całkowitym przyroście miąższości analizowanych drzew był zawsze wyraźnie mniejszy niż iloczynu drugiego (z_2). Wynosił bowiem średnio od 28,7% do 45,9%. Najmniejsza różnica pomiędzy wielkościami z_1 i z_2 wynosząca zaledwie 8,2% całkowitego średniego przyrostu miąższości analizowanych drzew, wystąpiła w drugim okresie przyrostowym obejmującym od 21 do 25 roku życia. Największa zaś, 42,6% całkowitego przyrostu, w okresie od 66 do 70 roku ich życia. W tym ostatnim pięcioletnim okresie udział iloczynu $z_2 = z_g \cdot hf_1$ w przyroście miąższości drzew wynosił bowiem aż 71,3%.

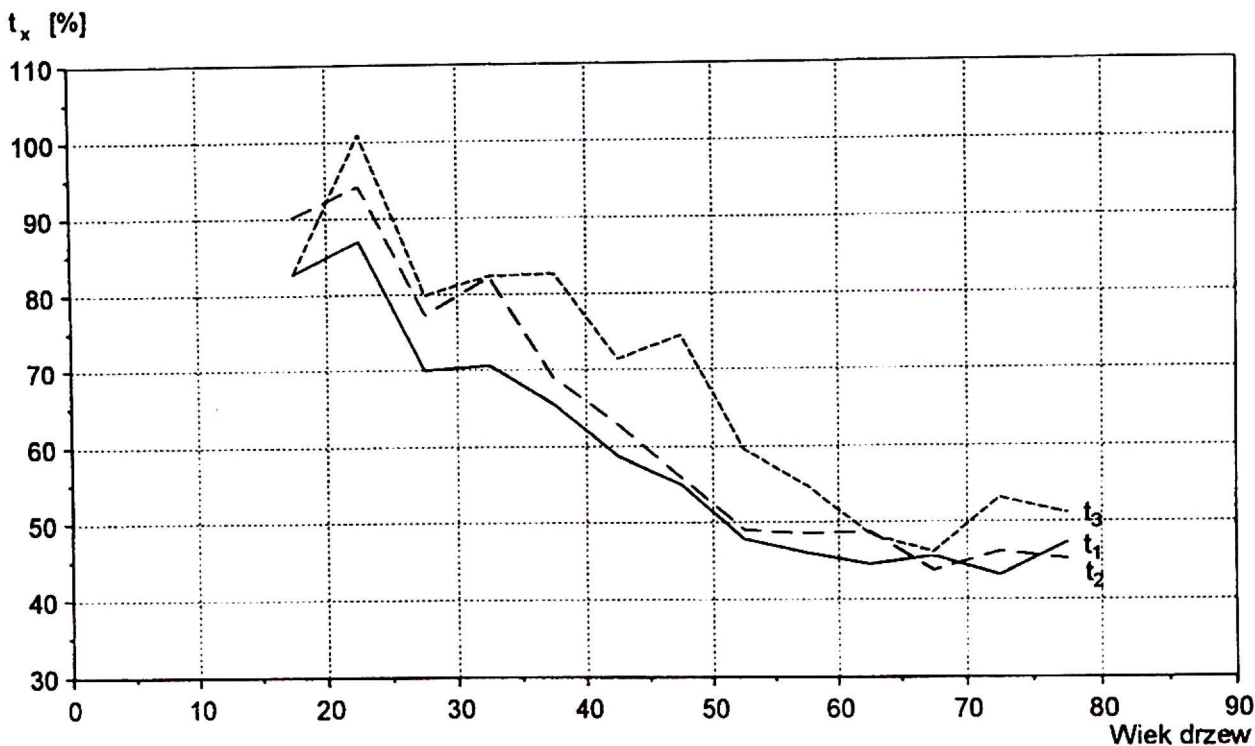
Z ryciny 2 widać ponadto, że z wiekiem drzew udział pierwszego składnika (z_1) w wartości składnika drugiego (z_2) na ogół się zmniejsza. Dla całości materiału pomiarowego maksymalną jego wartość wynoszącą 92,8% średniej wielkości iloczynu $z_g = hf_1$ stwierdzono w 5-leciu obejmującym okres od 21 do 25 roku życia drzew. Począwszy od dziewiątego okresu przyrostowego, tj. od 56 do 60 roku życia analizowanych drzew, wartość z_1 nie przekracza 50,0% wartości z_2 . Najmniejszy udział iloczynu z_1 w wielkości iloczynu z_2 (45,2%) miał miejsce w okresie od 66 do 70 roku życia drzew.



RYC. 2. Zmiana z wiekiem procentowego udziału iloczynu z_1 (k_1) i z_2 (k_2) w przyroście miąższości drzew oraz udziału iloczynu z_1 w wielkości iloczynu z_2 (k_3)



RYC. 3. Zmiana z wiekiem procentowego udziału iloczynu $z_1 = g_2 \cdot z_{hf}$ w przyroście miąższości drzew 1 (p_1), 2 (p_2) i 3 (p_3) kl. Krafta



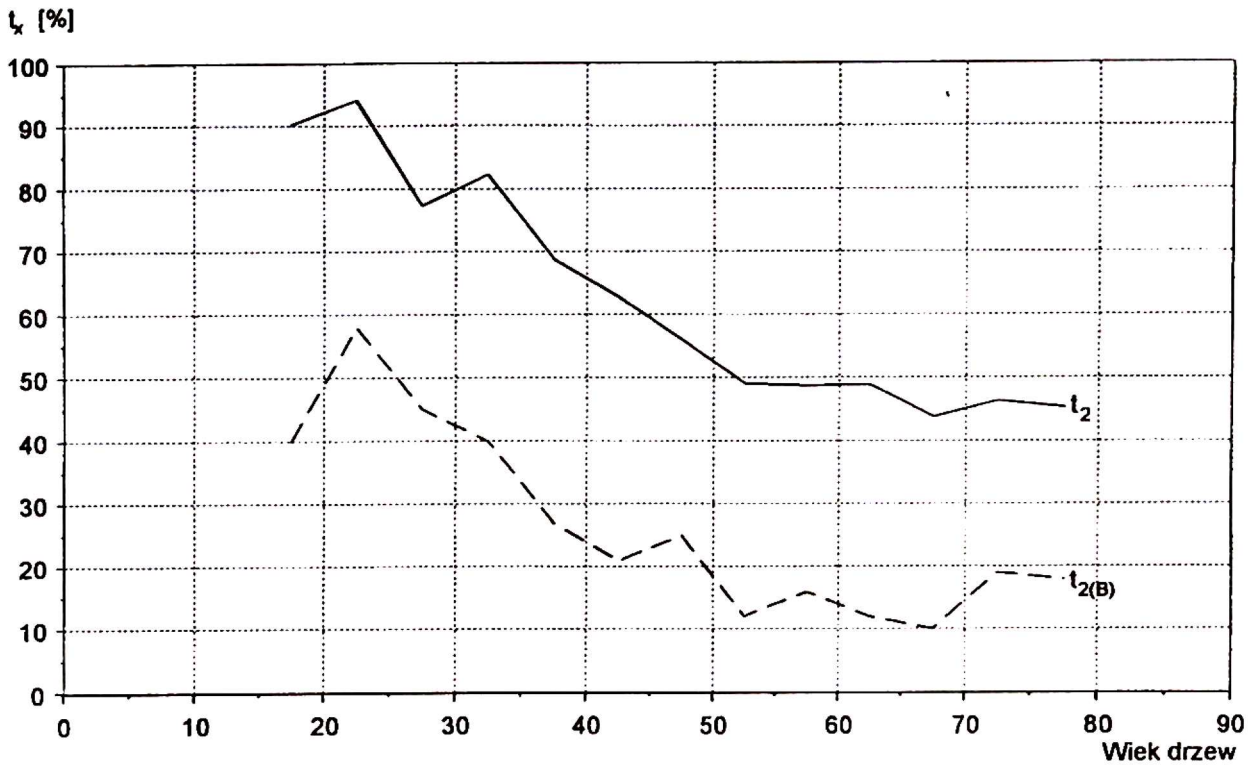
RYC. 4. Zmiana z wiekiem procentowego udziału iloczynu $z_1 = g_2 \cdot z_{hf}$ w wielkości iloczynu $z_2 = z_g \cdot hf_1$ drzew 1 (t_1), 2 (t_2) i 3 (t_3) kl. Krafta

Udział omawianych części składowych wzoru (1) w całkowitym przyroście miąższości drzew zależy nie tylko od wieku (ryc. 2), ale także od zajmowanego przez nie stanowiska biosocjalnego. Na rycinie 3 można zaobserwować pewną prawidłowość polegającą na tym, że im drzewa zajmują niższe stanowiska biosocjalne w drzewostanie, tym większy jest udział pierwszego iloczynu (z_1) w całkowitym ich przyroście miąższości. Wynosi on bowiem od 29,8 do 47,3% w przypadku drzew współpanujących, od 28,4 do 47,0% dla drzew panujących oraz od 27,2 do 44,4% w przypadku drzew górujących. Wprawdzie stwierdzone różnice w poszczególnych okresach przyrostowych są niezbyt duże, bo na ogół nie przekraczają 6,0%, to jednak prawidłowość tutaj opisana utrzymuje się począwszy od piątego do ostatniego (trzynastego) okresu przyrostowego. Odstępstwa, występujące w młodym wieku, wynikają prawdopodobnie z przynależności wówczas niektórych drzew do innych klas biosocjalnych od zajmowanych w momencie ścięcia.

Podobną prawidłowość stwierdzono w przypadku udziału iloczynu z_1 w wartości iloczynu z_2 . Wynosi on bowiem średnio od 46,2 do 101,0% w przypadku drzew współpanujących, od 43,8 do 94,2% dla drzew panujących oraz od 43,1 do 87,0% w przypadku drzew górujących (ryc. 4).

Dyskusja

Ogólny przebieg przyrostu miąższości analizowanych drzew w poszczególnych klasach biosocjalnych jest na ogół zgodny z rytmem zmian tej cechy z wiekiem drzew [1, 4] i



RYC. 5. Zmiana z wiekiem procentowego udziału iloczynu $z_1 = g_2 \cdot z_{hf}$ w wielkości iloczynu $z_2 = z_g \cdot hf_1$ drzew panujących (t_2) na tle wyników Borowskiego (1974) ($t_{2(B)}$).

potwierdza wyniki badań Lemkego (8). Znaczne różnice występują natomiast w samej wielkości średniego przyrostu w przyjętych pięcioletnich okresach, zwłaszcza w porównaniu z rezultatami badań Borowskiego (3). Główną przyczyną większych wartości uzyskanych przez Borowskiego należy upatrywać w żyzności siedliska oraz w sposobie odnowienia drzewostanów, w których prowadzono badania. Materiał badawczy niniejszej pracy stanowią drzewa pobrane z 56 równowiekowych drzewostanów powstałych z odnowienia sztucznego, wzrastających przeważnie w warunkach boru mieszanego świeżego. Borowski prowadzi je natomiast w jednym drzewostanie powstałym z naturalnego odnowienia (wiek od 74 do 105 lat) na siedlisku lasu mieszanego.

Wyniki badań są w dużej mierze zbieżne z uzyskanymi przez Lemkego, a dotyczącymi zależności pomiędzy średnim przyrostem miąższości drzew z poszczególnych klas Krafta. W 50-letnim drzewostanie wzrastającym w warunkach boru mieszanego świeżego był on w przypadku strzał 3 kl. Krafta mniejszy o 38 do 68%, zaś z 2 klasy o 28 do 42% od średniego przyrostu w 1 klasie. W porównywalnych okresach, przyrost analizowanych drzew współpanujących był natomiast mniejszy o 43,4 do 61,9%, zaś panujących o 16,1 do 40,0% od przyrostu drzew górujących.

W piśmiennictwie leśnym informacje na temat udziału poszczególnych części składowych wzoru (1) w całkowitym przyroście miąższości strzał w różnych okresach życia drzew są raczej skąpe. Tendencja tych zmian z wiekiem analizowanych drzew (ryc. 2) jest na ogół zgodna z opisaną przez Borowskiego (4). Uderza jednak, trudna do wyjaśnienia, znaczna

różnica w samych wartościach (ryc. 5). Według badań Borowskiego: "... w okresie od 50 do 80 roku życia drzew iloczyn $g_2 \cdot z_{hf}$ nie przekracza 10-20% iloczynu $z_g \cdot hf_1$ ". Z przeprowadzonych badań wynika natomiast, że w przypadku drzew panujących udział ten wynosi od 44 do 49%. Również w przypadku świerka jest on znacznie większy bo stanowi około 42% wielkości iloczynu z_2 [7]. Okazało się ponadto, że procentowy udział czynnika z_1 w całkowitym przyroście miąższości, odłożonym w tych samych latach życia analizowanych przez Lacha świerków zwiększa się ze wzrostem wysokości ich położenia nad poziomem morza.

W analizowanym wzorze (1) na przyrost miąższości iloczyn $z_1 = g_2 \cdot z_{hf}$ przyjmuje w niektórych okresach przyrostowych wartości ujemne. Jest to spowodowane spadkiem wysokości kształtu drzew w niektórych okresach ich życia. Ma to miejsce wówczas, gdy w rozpatrywanym okresie przyrost powierzchni pierścnicowego przekroju jest nieproporcjonalnie duży w porównaniu z przyrostem pola przekroju w innych miejscach na strzale. Taki rozkład przyrostu powoduje znacznie większy wzrost pola pierścnicowego przekroju w porównaniu ze wzrostem miąższości drzewa. Przyczyną nierównomiernego rozkładu przyrostu wzdłuż strzały może być reakcja drzewa na gwałtowne rozluźnienie zwarcia [5].

Wnioski

- Przyrost miąższości drzew współpanujących stanowi około 40%, zaś drzew panujących około 60% wartości przyrostu odkładanego w tych samych latach życia przez drzewa górujące.
- Procentowy udział iloczynu $z_1 = g_2 \cdot z_{hf}$ w przyroście miąższości maleje z wiekiem drzew i jest na ogół tym większy im zajmują niższe stanowiska biosocjalne.
- Znaczne rozbieżności uzyskanych wyników z danymi literaturowymi dotyczące zwłaszcza relacji między wielkością iloczynu $z_1 = g_2 \cdot z_{hf}$ i $z_2 = z_g \cdot hf_1$ wymagają wyjaśnienia i dalszych, szczegółowych analiz.

Literatura

1. Assmann E., 1968. Nauka o produktywności lasu. PWRiL, Warszawa.
2. Borowski M., 1968. Udział klas biosocjalnych w przyroście drzewostanu sosnowego. Folia Forst. Pol. ser. A, 14: 117-134.
3. Borowski M., 1972. Wpływ stanowiska biosocjalnego na przebieg przyrostu pola przekroju poprzecznego i miąższości drzew. Folia Forest. Pol. ser. A, 19: 51-71.
4. Borowski M., 1974. Przyrost drzew i drzewostanów. PWRiL, Warszawa.
5. Borowski M., Kołosowski K., 1971. Wpływ prześwietlenia drzewostanu sosnowego na rozkład przyrostu grubości wzdłuż pni drzew. Sylwan 115, 5: 13-23.
6. Gieruszyński T., 1949. Dendrometria. IBL, Warszawa.

7. **Lach M.**, 1998. Ocena udziału części składowych wzoru na przyrost miąższości strzał na przykładzie świerka z Beskidów Zachodnich. Praca magisterska wykonana w Zakładzie Dendrometrii AR w Krakowie.
8. **Lemke J.**, 1972. Retrospektywna analiza wzrostu i przyrostu drzew w 50-letnim drzewostanie sosnowym. *Folia Forest. Pol. ser. A*, 19: 5-23.
9. **Orzeł S.**, 1984. Biometryczna charakterystyka przyrostu drzewostanów sosnowych znajdujących się pod wpływem skażeń przemysłowych Tarnobrzeskiego Kombinatoru Siarkowego. *Acta Agr. et Silv., ser. Silv.*, 24: 81-96.
10. **Orzeł S.**, 1999. Związek bieżącego przyrostu miąższości sosny z wybranymi cechami biometrycznymi. W druku w *Acta Agr. et Silv., ser. Silv.*

*Z Zakładu Dendrometrii Wydziału Leśnego
AR w Krakowie*

Summary

Assessing the share of component parts of the formula on standing tree volume increment on the example of pine logs

The current standing tree volume increment is the difference between tree volume at the end ($v_2 = g_2 h f_2$) and the beginning ($v_1 = g_1 h f_1$) of the increment period. It can also be calculated as a sum of two products, namely $z_1 = g_2 z h f$ and $z_2 = z g h f_1$. The work goal consisted in defining the size of the products mentioned and their share in tree volume increment. A reciprocal relation between them was also determined, not only for all logs altogether but also as distributed by Krafts classes. The measurement material consisted of the results of analyses of 164 logs taken from the main storey of 56 pine oldgrowths (of Vth and older age classes).

The findings were as follows:

- the volume increment of co-dominant trees equals to about 40% and that of dominant trees – about 60% of the increment being laid out by superior trees in the same period,
- the percentage share of the product $z_1 = g_2 z h f$ in the volume increment goes down along the tree age, and it is generally as greater as lower positions occupy those trees,
- interpretation of considerable differences in the results gained, and the results of studies concerning especially the relation between the size of the product $z_1 = g_2 z h f$ and $z_2 = z g h f_1$ require further detailed analyses.