

TERESA RYMER-DUDZIŃSKA

Statystyczna charakterystyka dziesięcioletniego przyrostu wysokości drzew w drzewostanach sosnowych

Statistical Characteristics of Ten-year Increment
of the Tree Height in Pine Stands

Wstęp

Pracą nawiązuje do badań przeprowadzonych wcześniej przez autorkę nad 5-letnim przyrostem wysokości i jest ich kontynuacją (Rymer-Dudzińska T. 1997).

Celem tych badań jest poznanie wielkości, zmienności i zależności dziesięcioletniego przyrostu wysokości od różnych cech drzewa w drzewostanach sosnowych, a także porównanie jego charakterystyk z odpowiednimi charakterystykami dla przyrostu pięcioletniego.

Badania te mogą się przyczynić do trafniejszego określania wielkości przyrostu wysokości drzewostanu na podstawie drzew próbnych, a także do bardziej precyzyjnej oceny dokładności jego wyznaczania.

Dotychczasowe badania nad przyrostem wysokości sosny w Polsce, oprócz wymienionych wyżej badań przeprowadzonych przez autorkę, skupiały się głównie nad zmianą jego wielkości z wiekiem drzewa (2,12), rytmiką i długością trwania przyrostu w okresie wegetacyjnym (13), wpływem warunków meteorologicznych (13,14) i gradacji owadów na przyrost (14), wielkością i zmiennością przyrostu w klasach biosocjalnych (6,12), opracowywaniem nowych sposobów określania przyrostu na drzewach stojących (3,5,8) oraz oceną ich dokładności (5,7,9,10,11).

Materiał empiryczny

Badania opierają się na materiale empirycznym zebrany na 7 zrębach badawczych położonych w większych kompleksach leśnych Polski, przeważnie na siedliskach typowych dla sosny. Charakterystykę powierzchni zawiera tabela 1. Na zrębach poddano

TABELA 1
Charakterystyka powierzchni badawczych

Powierzchnia badawcza	Siedlisko	Wiek	Liczba drzew	Pow. [ha]	Średnia wys. Loreya [m]	Przec. wg pierśn. [cm]	Klasa bonitacji wg Schwappacha
		W	N				
Puszcza Augustowska (PA)	BMśw	29	646	0,12	10,5	8,3	II
Puszcza Notecka (PN)	Bśw	44	806	0,36	13,3	13,1	II
Bory Dolnośląskie (BD)	Bśw	51	539	0,36	14,6	14,9	III
Puszcza Biała (PB)	Bśw	63	500	0,75	21,3	23,8	I
Rogów (R)	LM	80	537	1,50	24,7	34,0	I
Puszcza Sandomierska (PS)	Bśw	87	561	1,25	23,9	29,6	II
Puszcza Piska (PP)	Bśw	94	507	1,3125	25,5	30,8	I

pomiaram wszystkie drzewa. Na drzewach stojących zmierzono pierśnicę oraz przeprowadzono klasyfikację biosocjalną Krafta (na 4 pow.). Na drzewach ściętych zmierzono długość (przyjęto ją za wysokość drzewa), 5 i 10-letni przyrost wysokości i pierśnicy, długość korony oraz pierśnicę bez kory.

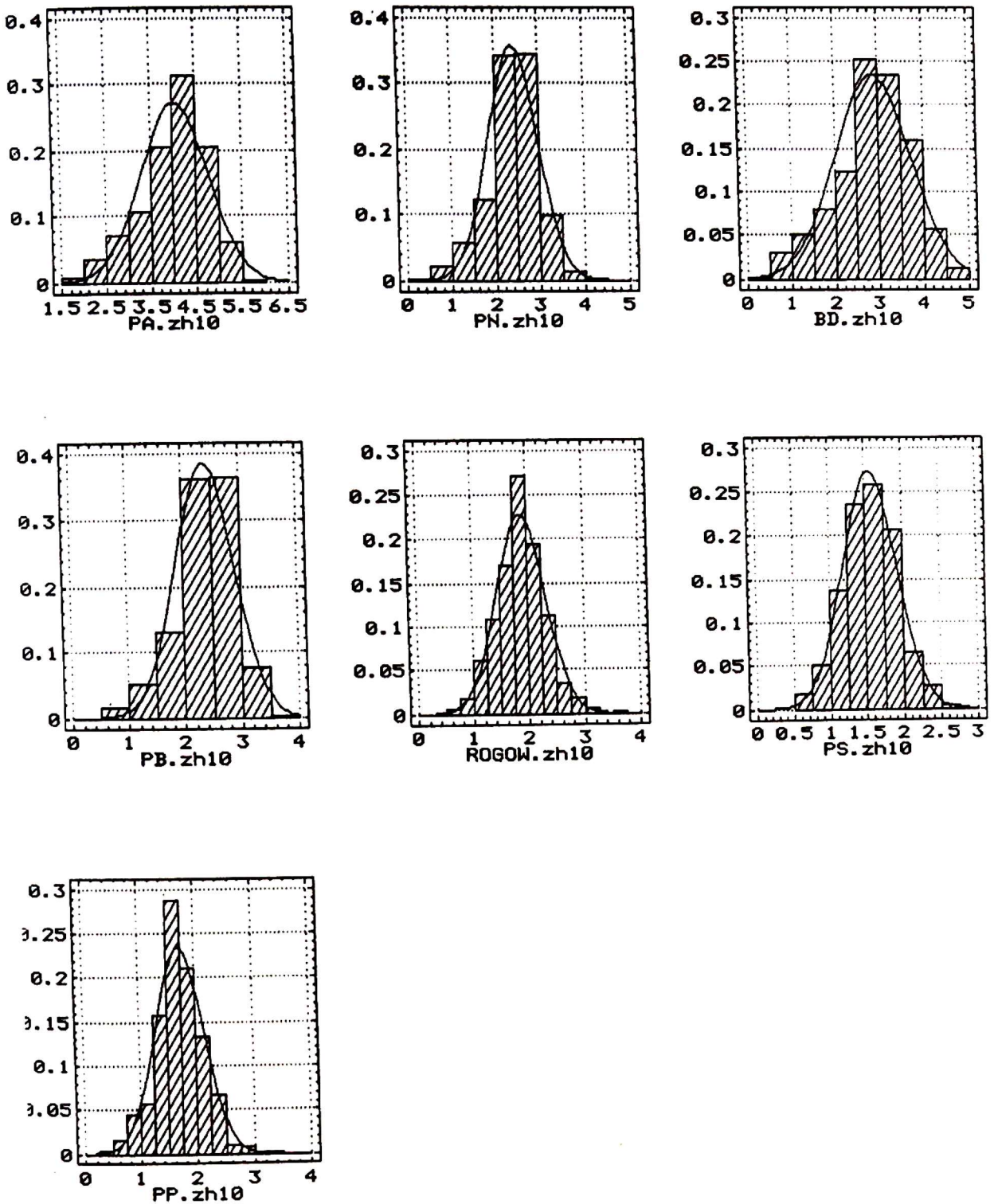
Na podstawie dokonanych pomiarów obliczono niektóre cechy drzew: procent grubości kory na pierśnicy (grubość kory na wysokości pierśnicy wyrażona w procentach pierśnicy w korze), procent długości korony (długość korony wyrażona w procentach długości drzewa), współczynnik smukłości (iloraz wysokości drzewa w m do pierśnicy w cm).

Wyniki badań

Analiza tabeli 2 oraz rycin 1 i 2 pozwala stwierdzić, że dziesięcioletni przyrost wysokości (Zh10) w badanych drzewostanach waha się w szerokich granicach. Na ogół w młodszych drzewostanach osiąga on większe wartości niż w starszych.

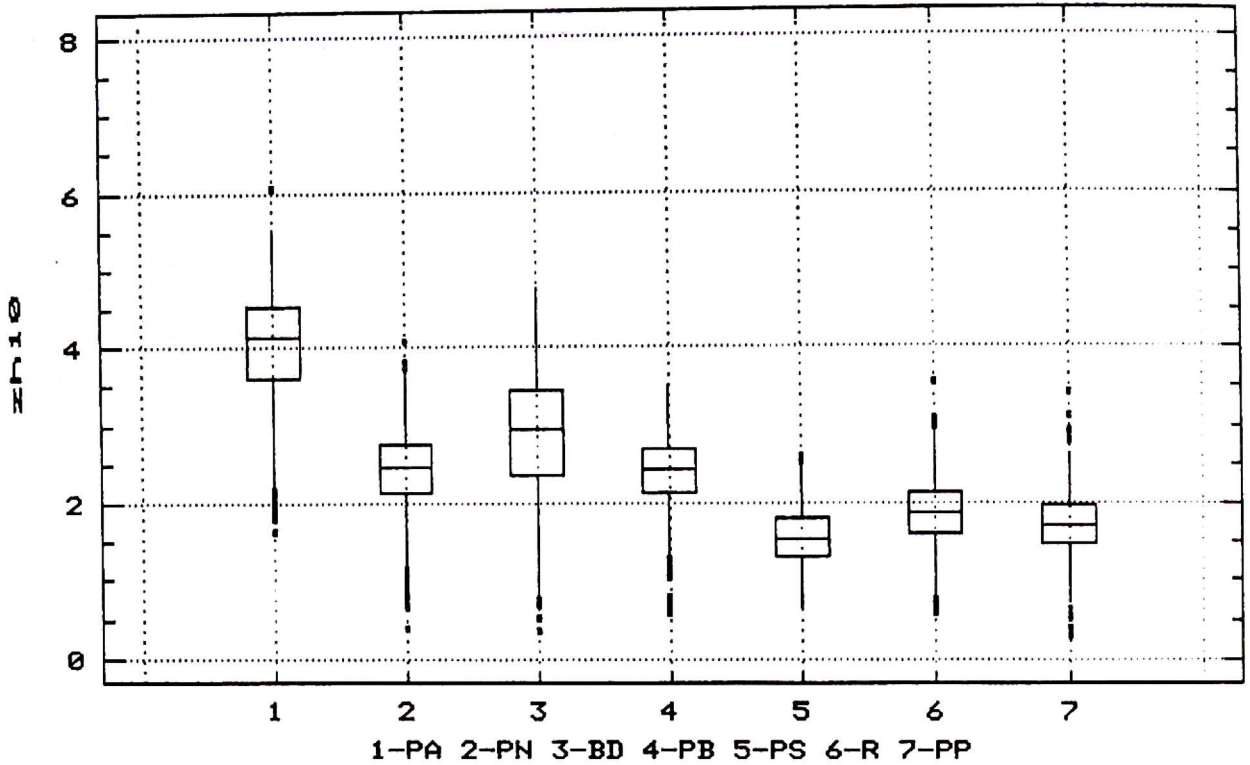
TABELA 2
Charakterystyka wielkości i zmienności Zh10

Pow.	W	N	min.	max.	\bar{x}	x_c	kwartyl 1	kwartyl 3	δ	V
PA	29	646	1,63	6,05	4,02	4,13	3,60	4,55	0,734	18,3
PN	44	805	0,40	4,06	2,40	2,46	2,12	2,76	0,557	23,2
BD	51	536	0,37	4,77	2,86	2,94	2,37	3,45	0,850	29,8
PB	63	500	0,58	3,53	2,38	2,43	2,14	2,70	0,517	21,7
R	80	509	0,57	3,55	1,87	1,88	1,59	2,14	0,436	23,3
PS	87	559	0,61	2,59	1,55	1,55	1,31	1,80	0,365	23,5
PP	94	508	0,30	3,41	1,71	1,72	1,46	1,98	0,425	24,9



RYC. 1. Porównanie empirycznego rozkładu 10-letniego przyrostu wysokości z rozkładem normalnym w poszczególnych drzewostanach

Największy przyrost zaobserwowano w najmłodszym drzewostanie (PA), a najmniejszy w jednym z najstarszych (PS). W PA u poszczególnych drzew Zh10 waha się on od 1,63 do 6,05 m, a przeciętnie wynosi 4,02 m. W PS przyrost zawiera się w granicach od 0,61 do 2,59 m, ze średnią równą 1,55 m. W drzewostanie o największych przyrostach wysokości



RYC. 2. "Pudełka z wąsami" dla poszczególnych drzewostanów

(PA) wartość mediany (x_e) wynosi 4,13 m, co oznacza, że u pięćdziesięciu procent drzew przyrost kształtuje się na poziomie niższym od 4,13 m i jednocześnie u takiego samego odsetka drzew na poziomie wyższym od tej wartości. Wielkość środkowa (mediana) w PS jest dużo niższa i wynosi 1,55 m.

Najbardziej typowymi wielkościami przyrostu w poszczególnych drzewostanach są wartości zawarte między trzecim i pierwszym kwartylem (wysokość "pudełek" na ryc.2). Stanowią one pięćdziesiąt procent wszystkich spostrzeżeń skupionych wokół wartości środkowej.

Z porównania wielkości średniej arytmetycznej i mediany wynika, że prawie we wszystkich drzewostanach wartość mediany jest nieco większa od średniej arytmetycznej. W młodszych drzewostanach różnice między obu miarami są większe, a w trzech najstarszych znikome. Świadczy to o niewielkiej ujemnej skośności rozkładu Zh_{10} .

Zgodność rozkładu dziesięcioletniego przyrostu wysokości z rozkładem normalnym zbadano za pomocą testu Kołmogorowa-Smirnowa. Wyniki tych badań wskazują na to, że w trzech najstarszych drzewostanach (R, PS, PP) nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej o zgodności rozkładów przy poziomie istotności 0,01 i 0,05, natomiast w czterech młodszych drzewostanach rozkład empiryczny istotnie różni się od normalnego przy obu poziomach istotności.

Dodatkowo jeszcze na ryc. 1 przeprowadzono porównanie empirycznego rozkładu przyrostu wysokości z rozkładem normalnym. Analiza ta potwierdza dużą zgodność obu rozkładów w starszych drzewostanach. Upoważnia ona również do stwierdzenia, że w młodszych

TABELA 3
Średnie arytmetyczne i współczynniki zmienności Zh10 w klasach Krafta

Klasa Krafta	PA			PN		
	n	Zh10	V	n	Zh10	V
1	72	4,81	6,5	107	2,94	13,3
2	166	4,51	8,8	284	2,63	13,5
3	141	4,22	9,2	227	2,36	15,1
4a	111	3,82	9,4	105	1,98	22,8
4b	80	3,42	14,8	45	1,74	24,2
5a	76	2,77	16,8	37	1,28	37,4
W całym drzewostanie	646	4,02	18,3	805	2,40	23,2

Klasa Krafta	BD			PP		
	n	Zh10	V	n	Zh10	V
1	66	3,64	14,0	56	1,82	22,6
2	209	3,26	16,0	255	1,77	22,8
3	96	2,99	17,0	149	1,67	25,2
4a	62	2,55	13,3	41	1,41	27,6
4b	46	1,95	24,3	5	1,40	21,1
5a	57	1,33	38,0	2	0,59	69,5
W całym drzewostanie	536	2,86	29,8	508	1,71	24,9

drzewostanach (PA, PN, BD, PB), w których rozkład empiryczny statystycznie istotnie różni się od normalnego, rozbieżności między rozkładami nie są tak duże, aby do przybliżonych obliczeń nie można było przyjąć rozkładu Zh10 za zbliżony do rozkładu normalnego.

Zmienność dziesięcioletniego przyrostu wysokości jest duża. Współczynnik zmienności w poszczególnych drzewostanach wynosi od 18,3 do 29,8 %. Największą zmienność stwierdzono w drzewostanie z BD. Jest ona najprawdopodobniej spowodowana zmianami w przyroście wywołanymi wystąpieniem na tym terenie gradacji brudnicy mniszki (Pawlik 1968). Gradacja miała miejsce w latach 1947-49, a 8-6 lat przed początkiem okresu objętego niniejszymi badaniami. Przeciętna wielkość współczynnika zmienności z siedmiu badanych drzewostanów wynosi 23,5%. Po odrzuceniu wyniku z BD, jako wyraźnie odbiegającego od pozostałych, średnia z sześciu drzewostanów jest trochę mniejsza i wynosi 22,5%.

Zbadano również kształtowanie się wielkości oraz zmienności Zh10 w klasach biosocjalnych Krafta (tab.3). Ze wzrostem numeru klasy wielkość przyrostu maleje. Najbardziej zbliżoną wartość do średniej dla całego drzewostanu osiąga na ogół III klasa Krafta, tylko w jednym drzewostanie jest to przeciętna z klasy III i IVa.

TABELA 4
Zależności Zh10 od różnych cech drzewa

Współczynniki korelacji między Zh10 a cechami:							
Pow.	d	h	Zd10	S	pk	plk	K
PA	0,721	0,860	0,798	-0,573	0,189	0,663	-0,826
PN	0,640	0,786	0,701	-0,406	0,154	0,558	-0,724
BD	0,681	0,861	0,748	-0,494	-0,207	0,654	-0,799
PB	0,415	0,638	0,556	-0,302	0,052	0,374	
R	0,098	0,217	0,260	-0,048	-0,100	0,177	
PS	0,220	0,441	0,346	-0,089	0,011	0,192	
PP	0,096	0,406	0,455	-0,049	-0,077	0,069	-0,274
Śred. dla całości	0,410	0,601	0,552	-0,237	0,113	0,384	
Śred. od PA do BD	0,681	0,836	0,749	-0,491	0,183	0,625	-0,783
Śred. od R do PP	0,138	0,355	0,354	-0,062	0,063	0,146	

Zmienność przyrostu wysokości w klasach biosocjalnych zależy od wieku drzewostanu. W młodych drzewostanach zmienność ta mierzona współczynnikiem zmienności jest na ogół mniejsza niż w całym drzewostanie. Szczególnie wyraźnie jest to widoczne w drzewostanie najmłodszym (PA). W miarę wzrostu wieku drzewostanu liczba klas, w których zmienność jest mniejsza niż w całym drzewostanie maleje. W drzewostanie piątej klasy wieku (PP) jest ona mniejsza, nie licząc klasy IVb o małej liczbie spostrzeżeń, tylko w klasie I i II.

Generalnie we wszystkich drzewostanach najmniejsza jest zmienność Zh10 w klasie I oraz II, i ze wzrostem numeru klasy rośnie. Wyniki otrzymane dla drzewostanu z PP (V klasa wieku) są zbliżone do wyników otrzymanych przez Lemkego (6) dla drzewostanu sosnowego o tym samym wieku. Zbieżność wielkości Zh10 III klasy Krafta z przeciętną dla całego drzewostanu może być wykorzystana w praktyce przy wyborze drzew próbnych służących do określania przeciętnej wartości tej cechy dla drzewostanu.

W dalszej części pracy przeprowadzono badania nad zależnością przyrostu wysokości od różnych cech drzewa: pierśnicy (d), wysokości (h), dziesięcioletniego przyrostu pierśnicy (Zd10), smukłości drzew (s), procentu grubości kory na pierśnicy (pk), procentu długości korony (plk) i klasy biosocjalnej Krafta (K). Dziesięcioletni przyrost wysokości rośnie ze wzrostem d, h, Zd10, plk, a ze wzrostem pozostałych wymienionych cech na ogół maleje (tab. 4). Związek przyrostu wysokości z badanymi cechami jest znacznie silniejszy w drzewostanach młodych.

Najsilniejszy związek spośród badanych stwierdzono między przyrostem wysokości i wysokością. Wielkość współczynnika korelacji oceniającego siłę tego związku, w zależności od wieku drzewostanu wynosi: dla młodszych drzewostanów 0,836, średniowieko-

TABELA 5
Korelacja wielokrotna między Zh10 a różnymi cechami drzew

Pow. badawcza	Współczynnik korelacji wielokrotnej (R) i współ. zmienności Zh10 przy wyłączonym wpływie cech (V)							
	h, Zd10		h, K		h, Zd10, d		h, Zd10, K	
	R	V	R	V	R	V	R	V
PA	0,873	8,9	0,873	8,9	0,890	8,3	0,879	8,7
PN	0,804	13,8	0,799	14,0	0,808	13,7	0,808	13,7
BD	0,867	14,8	0,865	15,0	0,889	13,6	0,868	14,8
PB	0,657	16,4	-	-	0,689	15,7	-	-
R	0,287	22,3	-	-	0,313	22,1	-	-
PS	0,469	20,8	-	-	0,482	20,6	-	-
PP	0,504	21,5	-	-	0,640	19,1	0,521	21,3

wego 0,638, a najstarszych 0,355. Odpowiednie wielkości współczynników determinacji kształtują się na poziomie 0,700; 0,407; 0,135. Oznacza to, że w drzewostanach sosnowych należących do wyróżnionych grup wiekowych odpowiednio 70,0%, 40,7%, 13,5% zmienności przyrostu wysokości wynika ze zmienności wysokości. Jednak duża jej część, szczególnie w najstarszych drzewostanach, wywołana jest innymi przyczynami.

Drugą cechą, od której Zh10 w dużym stopniu zależy jest 10-letni przyrost pierśnicy. Wielkość współczynnika korelacji dla tego związku wynosi odpowiednio: 0,749, 0,556, 0,354, a współczynnika determinacji 0,563; 0,309; 0,131, to znaczy, że tylko 56,3%, 30,9%, 13,1% zmienności Zh objaśnia zmienność Zd10.

W młodych drzewostanach przyrost wysokości dość silnie powiązany jest ze stanowiskiem biosocjalnym drzewa. Współczynnik korelacji oceniający jego moc wynosi średnio -0,783, a współczynnik determinacji 0,615.

Kolejną cechą, w szeregu cech o malejącej sile związku z Zh, jest pierśnica. Dla tego związku otrzymano współczynniki korelacji z uwzględnieniem wieku drzewostanu: 0,681, 0,415 i 0,138, a odpowiednie współczynniki determinacji 0,464, 0,172, 0,022.

Przeciętnie słabszy od poprzednich jest związek Zh10 z procentem długości korony drzewa. Charakteryzują go współczynniki korelacji wynoszące dla odpowiednich grup wiekowych drzewostanów 0,625, 0,374, 0,146 i współczynniki determinacji na poziomie 0,393; 0,140; 0,024.

Wyraźnie słabszy od tego związku jest związek Zh ze smukłością drzew. Współczynniki korelacji wynoszą: -0,491, -0,302 i -0,062. Dla tego ostatniego przypadku korelacja jest nieistotna.

Najsłabszy, spośród badanych związków, jest związek Zh z procentem grubości kory na pierśnicy. W średniowiekowych i starszych drzewostanach jest on statystycznie nieistotny.

TABELA 6
Zmienność Zh10 przy wyłączonym wpływie różnych cech

Pow. badawcza	Wiek	Współczynnik zmienności Zh10 przy wyłączonym wpływie						
		d	h	Zd	S	pk	plk	K
PA	29	12,7	9,3	11,0	15,0	18,0	13,7	10,3
PN	44	17,8	14,3	16,5	21,2	22,9	19,3	16,0
BD	51	21,8	15,2	19,8	25,9	29,2	22,5	17,9
PB	63	19,7	16,7	18,0	20,7	21,7	20,1	
R	80	23,2	22,7	22,5	23,3	23,2	22,9	
PS	87	22,9	21,1	22,0	23,4	23,5	23,1	
PP	94	24,8	22,8	22,2	24,9	24,8	24,8	23,9

W dalszej analizie powiązań cech uwzględniona została korelacja wielokrotna (tab.5). Dla uzyskania lepszej przejrzystości zestawiono dwie i trzy cechy według największego powiązania z Zh10. Przy dwu cechach jest to wysokość i przyrost pierśnicy, a w młodych drzewostanach (do 50 lat) również wysokość i klasa biosocjalna. Współczynniki korelacji wielokrotnej między Zh10 a h i Zd10 oraz Zh10 a h i K w młodych drzewostanach są prawie identyczne.

Jeżeli zestaw zmiennych niezależnych w pierwszym przypadku rozszerzy się o pierśnicę, a w drugim o przyrost pierśnicy, współczynniki korelacji wielokrotnej są trochę większe dla związku Zh z h, Zd i d.

Zbadano również kształtowanie się wielkości współczynników zmienności Zh10 przy wyłączonym wpływie badanych cech (tab.6) w porównaniu ze współczynnikami zmienności w całym drzewostanie (bez wyłączonego wpływu). Współczynniki zmienności przy wyłączonym wpływie cech są mniejsze. Jednak stopień ich obniżenia się jest różny w zależności od cechy i wieku drzewostanu. Ogólnie można stwierdzić, że istotny wpływ na zmniejszenie się zmienności Zh10 miała wysokość, przyrost pierśnicy oraz klasa Krafra (przy wyłączonym wpływie pojedynczych cech), a także wysokość, przyrost pierśnicy i pierśnica, przy równoczesnym uwzględnieniu tych cech. Spadek zmienności Zh pod wpływem wymienionych cech jest bardziej widoczny w młodszych drzewostanach. W celu zilustrowania w jakim stopniu przyczyni się on do zmniejszenia wielkości próby potrzebnej do oszacowania przeciętnej wartości Zh10 z założoną dokładnością, w tabeli 7 podano ilorazy liczby drzew próbnych pobieranych losowo i wybieranych jako przeciętne pod względem niektórych cech. W następnej tabeli (8) podano ilorazy liczby drzew próbnych wybieranych jako przeciętne pod względem samej tylko wysokości i wybieranych jako przeciętne pod względem wysokości oraz innych cech. Pozwoli to na ocenę czy wybierając drzewa próbne przeciętne pod względem kilku cech m. in. i wysokości uzyskamy duże zmniejszenie ich liczby w stosunku do liczby drzew próbnych wybieranych jedynie pod względem h.

TABELA 7

Iloraz liczby drzew próbnych, niezbędnych do określenia Zh10 z założoną dokładnością, pobieranych losowo i wybieranych jako przeciętne pod względem różnych cech

Pow. badawcza	Wiek	Drzewa próbne wybierane jako przeciętne pod względem cech					
		d	h	Zd	h, Zd10	h, K	h, Zd10, d
PA	29	2,1	3,9	2,8	4,2	4,2	4,9
PN	44	1,7	2,6	2,0	2,7	2,8	2,9
BD	51	1,9	3,8	2,3	3,9	4,1	4,8
PB	63	1,2	1,7	1,5	1,8	-	1,9
R	80	1,0	1,1	1,1	1,1	-	1,1
PS	87	1,1	1,2	1,1	1,3	-	1,3
PP	94	1,0	1,2	1,3	1,3	-	1,7

TABELA 8

Iloraz liczby drzew próbnych, niezbędnych do określenia z założoną dokładnością średniej wartości Zh10 drzewostanu, wybieranych jako przeciętne pod względem wysokości do liczby drzew próbnych wybieranych jako przeciętne pod względem wysokości i innych cech

Powierzchnia badawcza	h, Zd10	h, K	h, Zd10, d	h, Zd10, K
PA	1,09	1,09	1,26	1,14
PN	1,07	1,04	1,09	1,09
BD	1,05	1,03	1,25	1,05
PB	1,04	-	1,13	-
R	1,04	-	1,06	-
PS	1,03	-	1,05	-
PP	1,12	-	1,42	1,14

Z danych tych wynika, że określając średnią wartość Zh10 na podstawie drzew próbnych można znacznie zmniejszyć ich liczbę poprzez wybór pod względem odpowiednich cech np. wysokości, przyrostu pierśnicy, pierśnicy czy z uwzględnieniem wszystkich tych cech razem. Ma to jednak miejsce tylko w młodych i średniowiekowych drzewostanach sosnowych. W starszych drzewostanach spadek liczby drzew próbnych jest stosunkowo mały.

Największy jest spadek liczby drzew próbnych przy wyborze ich na podstawie trzech cech: h, Zd i d. Niewiele mniejszy spadek występuje przy wyborze drzew próbnych z uwzględnieniem tylko samej wysokości. Biorąc pod uwagę pracochłonność obu sposobów, do stosowania w praktyce należałoby zalecić sposób drugi tzn. z uwzględnieniem samej wysokości.

Porównanie dziesięcioletniego przyrostu wysokości z pięcioletnim

- Zmienność Zh_{10} jest mniejsza niż zmienność Zh_5 . Współczynnik zmienności Zh_{10} wynosi 22,5%, a Zh_5 26,7%. W obu wypadkach zmienność jest jednak duża.
- W większości badanych drzewostanów (4 na 7) rozkład Zh_{10} zgodnie z testem Kołmogorowa-Smirnowa istotnie różni się od rozkładu normalnego. W takiej samej liczbie drzewostanów (4 na 7), chociaż nie tych samych, nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej o zgodności rozkładu Zh_5 z rozkładem teoretycznym. Nawet w tych drzewostanach, w których stwierdzono statystycznie istotne odbieganie rozkładu empirycznego (Zh_{10} lub Zh_5) od teoretycznego różnice między częstościami w obu rozkładach (empirycznym i teoretycznym) są małe.
- Wielkość dziesięcioletniego i pięcioletniego przyrostu zależy od wieku drzewostanu. W młodych drzewostanach przyrost jest znacznie wyższy niż w starszych.
- Dziesięcioletni przyrost wysokości, podobnie jak pięcioletni, zależy od wysokości drzew, przyrostu pierśnicy, pierśnicy, klasy biosocjalnej i procentowej długości korony. Związek Zh_{10} z wymienionymi cechami jest silniejszy niż związek Zh_5 . W obu przypadkach przyrost wysokości w największym stopniu spośród badanych cech zależy od wysokości. Na drugim miejscu pod względem siły stoi związek z przyrostem pierśnicy, a w młodych drzewostanach z klasą biosocjalną Krafra oraz względną długością korony.
Przy jednoczesnym uwzględnieniu wpływu kilku cech na przyrost wysokości, zarówno Zh_{10} jak i Zh_5 najbardziej zależy od h i Zd oraz od h , Zd i d . Wspomniane zależności są silniejsze z dziesięcioletnim przyrostem wysokości.
- Współczynnik zmienności przyrostu wysokości (Zh_{10} i Zh_5) przy wyłączonym wpływie dwu i trzech cech (h i Zd oraz h , Zd i d) są niewiele niższe niż przy wyłączonym wpływie samej wysokości. Zatem przy określaniu średniej wielkości przyrostu wysokości na podstawie drzew próbnych wybieranych jako przeciętne pod względem h i Zd , a nawet h , Zd i d osiąga się niewiele większą dokładność niż na podstawie drzew wybieranych o przeciętnej wysokości. Tak samo liczba drzew próbnych potrzebnych do osiągnięcia założonej dokładności oszacowania Zh niewiele maleje przy uwzględnianiu dwu i trzech wymienionych cech w porównaniu z liczbą drzew potrzebnych przy uwzględnieniu tylko wysokości.
- Przeciętnie 5 i 10-letni przyrost wysokości drzew III klasy Krafra ma zbliżoną wartość do średniego w całym drzewostanie.

Wnioski

- Zmienność dziesięcioletniego przyrostu wysokości w drzewostanach sosnowych jest duża. Przeciętna wartość współczynnika zmienności wynosi około 23%. Zatem określając średnią wartość przyrostu wysokości drzewostanu sosnowego na podstawie małej liczby losowo pobranych drzew próbnych można popełnić dosyć duży błąd.

- Dokładność określania średniej wartości przyrostu wysokości szczególnie w drzewostanach młodych i średniowiekowych można podnieść przez wybór drzew próbnych przeciętnych pod względem wysokości, przyrostu pierśnicy i pierśnicy. Niewiele mniejszą dokładność określania przeciętnej wartości Zh_{10} można osiągnąć wybierając drzewa próbne przeciętne tylko pod względem wysokości.
- Ze względu na wyraźnie mniejszą pracochłonność i niewielki spadek dokładności określania średniej wartości Zh na podstawie drzew próbnych wybieranych jedynie pod względem wysokości (bez uwzględniania dwu dodatkowych cech Zd i d) ten sposób pomiaru można polecić do stosowania w praktyce.
- Wskazane jest również, aby wybierane drzewa próbne pochodziły z trzeciej klasy Krafra, ponieważ przeciętnie przyrost tych drzew jest zbliżony do średniego dla drzewostanu.
- Wymienione wnioski (1-3) odnoszą się również do pięcioletniego przyrostu wysokości, z tym, że jego zmienność jest większa od zmienności przyrostu dziesięcioletniego, a zależność od różnych cech drzewa słabsza.

Literatura

1. **Borowski M.**, 1970: Krytyczna ocena zastosowania przyrostu przeciętnego do określania przyrostu bieżącego. *Sylvan*, 12: 37-45.
2. **Borowski M., Grochowski J.**, 1969: Wyniki analizy pni drzewostanu sosnowego Lasów Rogowa. *FFP, s.A*, 15: 9-55.
3. **Bruchwald A.**, 1977: Change in top height of pine forest stands with age. *Bull. Acad. Pol. Sci. ser. biol.* 5: 335-342.
4. **Bruchwald A.**, 1995: *Dendrometria*. II wyd., Wyd SGGW, Warszawa.
5. **Gieruszyński T.**, 1961: Oznaczanie przyrostu wysokości drzew na pniu. *Acta Agr. et Silv. s. Leś.* vol. 2-19.
6. **Lemke J.**, 1964: Struktura i zmienność przyrostu i drzew w klasach biologicznych drzewostanu sosnowego. *Rocz. WSR w Poznaniu*, t XXIII: 13-26.
7. **Lemke J., Meixner J.**, 1967: Badania nad dokładnością określania przyrostu wysokości drzew w drzewostanie sosnowym według sposobu T. Gieruszyńskiego. *FFP, s.A*, 13: 291-305.
8. **Meixner J.**, 1977: Sposoby szacowania przyrostu wysokości drzew. *PTPN, WNRiL*, t.XLIV: 109-113.
9. **Meixner J.**, 1978: Ocena dokładności sposobów szacowania przyrostu wysokości drzew stojących. *PTPN, WNRiL*, t.XLVI: 81-88.
10. **Meixner J.**, 1979: Dalsze badania nad dokładnością wzorów do szacowania przyrostu wysokości drzew stojących. *PTPN, WNRiL*, t.XLVIII: 85-93.

11. **Meixner J.**, 1981: Dokładność szacowania przyrostu wysokości drzew drzewostanu dębowego według wzorów T. Gieruszyńskiego i J. Meixnera. PTPN, WNRiL, t.LII: 101-108.
12. **Michalak K.**, 1970: Wzrost i przyrost wysokości w drzewostanie sosnowym z Puszczy Augustowsko-Suwalskiej w zależności od stanowiska biosocjalnego drzew. ZN SGGW-AR, Leśn. 15: 91-115.
13. **Michalak K.**, 1977: Rytmika przyrostu wysokości w okresie wegetacji ważniejszych gatunków drzew leśnych i jej zależność od elementów meteorologicznych. ZN SGGW-AR, Leśn. 25: 19-44.
14. **Pawlik J.**, 1968: Próba wyjaśnienia wpływu żerowania brudnicy mniszki na przyrost wysokości drzew w drzewostanie sosnowym. Maszynopis w Katedrze Produkcyjności Lasu.
15. **Rymer-Dudzińska T.**, 1997: Badania nad pięcioletnim przyrostem wysokości w drzewostanach sosnowych. Sylwan, 10: 21-34.

*Z Katedry Produkcyjności Lasu
SGGW w Warszawie*

Summary

Statistical characteristics of ten-year increment of the tree height in pine stands

The paper bases on a large empirical material collected on 7 study clearcuts set out in pine stands from II to V age classes (Tab. 1) located in major forest tracts of Poland.

On the basis of investigations carried out it was stated as follows:

- Ten-year increment in pine height is specific for its great variability. The variability coefficient in the stands under study is about 23% on the average.
- The tree height increment size depends to a considerable extent on the stand age. In young stands it reaches substantially greater values than in middle-aged and older stands.
- The Z_{h10} distribution in the majority of stands (4 to 7) is discordant with the normal distribution. However, the differences between frequencies in both distributions are not great. It can be accepted for approximate estimations that the Z_{h10} distribution is close to the normal one.
- From among the features investigated the Z_{h10} depends to the greatest extent on height (h), d.b.h. increment (Z_d), and on the Kraft's biosocial class (K) in young stands, as well as on the relative length of crown (plk). When a simultaneous account on the influence of several features is made, then Z_{h10} depends mostly on h and Z_d , as well as on h , Z_d , and d . This is shown in correlation coefficient sizes and variability coefficients at the excluded influence of the features under study.

- The Zh10 variability coefficients, at the excluded impact of two and three features (h and Zd; and h, and d) are slightly lower than at the excluded impact of the height only.
- When assessing the average value of the stand height increment as grounded on sample trees, it is most efficient to take into account only the height at their selection. Additional consideration given to the dbh increment and to the precision of the estimation, but its increase in relation to the labour input connected with selection of sample trees with three traits may not be cost-effective.
- The Zh10 variability in comparison to Zh5 is lesser, and the dependence on the tree traits under study is stronger.