

JUSTYNA NOWAKOWSKA

Ocena zastosowanej metodyki obliczania zapasu sosny I klasy wieku, rosnącej w uprawie plantacyjnej w lasach LZD Rogów

Estimation of a Method Applied for Calculation of the Volume
of First Age Class Pine Plantation Growth
on the Rogów Forest Experiment Station Area

Wstęp i cel pracy

Na terenie LZD Rogów w latach 1971–1974 założono gospodarstwo plantacyjne szybko rosnących gatunków drzew leśnych (Brz, Św, Md, So) złożone z pięciu powierzchni badawczych. Efekty produkcyjne uzyskiwane przez testowane gatunki drzew wyrażone są zapasem oraz rocznym przyrostem miąższości na 1 ha. W celu określenia tych cech od 1981 roku rozpoczęto pomiary na poszczególnych powierzchniach powtarzane cyklicznie co pięć lat. Miąższość drzew poszczególnych gatunków, w ramach różnych wariantów badawczych i siedliskowych obliczana jest na podstawie frekwencji drzew w stopniach pierśnic oraz miąższości pojedynczego drzewa ustalonej dla każdego stopnia na podstawie funkcji miąższości Pollanschütza. Postać tej funkcji dla sosny jest następująca (4, 5):

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot h \cdot [-0,209860 \cdot d_{1,3}^2 + 0,814030 \cdot (d_{0,3h} \cdot d_{1,3}) + 0,000195795 \cdot h \cdot d_{1,3} + 0,0317280 \cdot d_{1,3}]$$

gdzie:

V — miąższość pojedynczego drzewa w dm^3

h — wysokość drzewa w dm

$d_{1,3}$ — pierśnica drzewa w dm

$d_{0,3h}$ — średnica drzewa na 0,3 wysokości w dm

Celem niniejszej pracy jest zbadanie dokładności określania zapasu sosny rosnącej w uprawie plantacyjnej na dwóch siedliskowych typach lasu (Lśw i Bśw-d), w ramach

różnych wariantów uprawowych i okresów pomiarowych przy wykorzystaniu wzoru Pollanschütza i zastosowanego sposobu zbierania materiałów.

Materiał badawczy

Sosna w uprawach plantacyjnych w Nadleśnictwie Rogów występuje na trzech powierzchniach badawczych:

- **nr I** — założonej w 1971 roku w uroczysku Zacywilki na siedlisku lasu świeżego w 3 wariantach:
 - przy zastosowaniu rozluźnionej więźby ($2,5 \times 0,7$ m), głębokiej orki i nawożenia mineralnego oraz organicznego (A),
 - przy zastosowaniu rozluźnionej więźby ($2,5 \times 0,7$ m) i głębokiej orki, bez nawożenia (B),
 - uprawa sposobem gospodarczym (więźba sadz. $1,3 \times 0,7$ m) (C);
 - **nr II** — założonej w 1971 roku w uroczysku Gutkowice na siedlisku zdegradowanego boru świeżego w 3 wariantach takich jak na powierzchni nr I;
 - **nr V** — założonej w 1974 roku w uroczysku Gutkowice na siedlisku zdegradowanego boru świeżego w 3 wariantach:
 - głęboka orka oraz nawożenie mineralne (A),
 - sadzenie w jamki z torfem oraz nawożenie mineralne (B),
 - uprawa sposobem gospodarczym (C).
- We wszystkich wariantach zastosowano więźbę sadzenia $2,5 \times 0,7$ m (3).

Materiał do oceny przydatności zastosowanej metodyki obliczania zapasu przy wykorzystaniu wzoru Pollanschütza pochodzi z pomiarów drzew wybranych przy okazji wykonywania cięć rozluźniających na poszczególnych powierzchniach (oddzielnie dla każdego wariantu badawczego). Dla powierzchni nr I pochodzi on z 3 okresów: 1978 roku (sosna 8-letnia), 1986 roku (16-letnia) i 1990 roku (20-letnia), dla powierzchni nr II — z 2 okresów: 1981 roku (11-letnia) i 1990 roku (20-letnia) i dla powierzchni nr V — z 2 okresów: 1985 roku (11-letnia) i 1990 roku (16-letnia).

Materiał pomiarowy we wszystkich okresach był zbierany w jednakowy sposób. Spośród wyciętych drzew wybierano do pomiarów sekcyjnych od kilkunastu do kilkudziesięciu drzew reprezentujących pełny zakres pierśnic występujących w danym okresie i wariantcie. Na ściętych drzewach pomierzono długości strzał taśmą stalową lub parcianą, wynik zaokrąglając do 5 cm; pierśnicę oraz grubość na 0,3 wysokości średnicomierzem z dokładnością do 0,1 cm. Następnie strzały podzielono na jednowętrowe sekcje i wykonano pomiar średnic w środku każdej pełnej sekcji oraz pomiar średnicy podstawy stożka tworzącego ostatnią niepełną sekcję, w dwóch prostopadłych do siebie kierunkach, z dokładnością do 0,1 cm. Przyjmując średnią arytmetyczną z dwóch pomiarów zaokrągloną do 0,1 cm za średnicę koła, obliczono sposobem sekcyjnym środkowego przekroju miąższość każdej strzały w korze, zaokrąglając wynik do $0,00001 \text{ m}^3$, którą uważano za miąższość rzeczywistą. Następnie obliczono miąższość każdej strzały pomierzonej sekcyjnie stosując wzór Pollanschütza, wynik zaokrąglając również do $0,00001 \text{ m}^3$.

Metodyka badań

Do obliczenia zapasu w poszczególnych wariantach i okresach pomiarowych potrzebna jest znajomość miąższości pojedynczego drzewa dla stopni pierśnic oraz liczby drzew występujących w danym stopniu. Podczas pomiarów okresowych mierzono pierśnice wszystkich drzew występujących w każdym wariacie grupując je w 1-centymetrowych stopniach grubości. Pozostałe elementy (wysokość i grubość na 0,3 wysokości drzewa) ustalano dla wariantu na podstawie próby. W tym celu dla każdego wariantu wybierano 60 drzew reprezentujących pełny zakres pierśnic, na których mierzono pierśnicę ($d_{1,3}$), wysokość (h) oraz grubość na 0,3 wysokości drzewa ($d_{0,3h}$). Na tej podstawie opracowano, stosując matematyczną metodę najmniejszych kwadratów, krzywe wysokości (w postaci równań regresji drugiego stopnia) i funkcje zależności $d_{0,3h}$ do pierśnicy (zależność prostoliniowa).

Aby otrzymać miąższość pojedynczego drzewa dla stopnia grubości do wzoru Pollanschütza podstawiano za:

- $d_{1,3}$ — wartość środka odpowiedniego stopnia (1, 2, 3....),
- h — wartość obliczoną na podstawie krzywej wysokości,
- $d_{0,3h}$ — wartość obliczoną na podstawie funkcji zależności tej cechy od pierśnicy.

Tak obliczona miąższość może być obarczona błędami wynikającymi z:

- zastosowania wzoru Pollanschütza,
- zastosowanej metodyki zbierania materiałów podczas pomiarów okresowych, gdzie wartości $d_{0,3h}$ oraz h określane są na podstawie próby,
- błędów pomiarowych.

Wszystkie obliczenia wykonywano dla poszczególnych wariantów uprawowych, powierzchni plantacyjnych i okresów pomiarowych. Na podstawie zbioru drzew wyciętych pomierzonych sekcyjnie, opracowano następujące funkcje miąższości:

- miąższości “rzeczywistej” — zależność miąższości pojedynczego drzewa obliczonej wzorem sekcyjnym środkowego przekroju od pierśnicy,
- miąższości obliczonej wzorem Pollanschütza — zależność miąższości pojedynczego drzewa obliczonej wzorem Pollanschütza od pierśnicy.

Obie funkcje miąższości mają postać krzywych drugiego stopnia (paraboli). Wyrównania dokonano metodą najmniejszych kwadratów. Dla wszystkich funkcji miąższości obliczono stosunek korelacyjny, który przyjmuje wartości w przedziale 0,99–0,95, a więc świadczy o właściwym doborze funkcji.

Na podstawie liczby drzew występujących w poszczególnych stopniach pierśnic i miąższości pojedynczego drzewa określonej dla każdego stopnia obliczono zapas trzema sposobami:

- według przyjętej metodyki stosowanej w pomiarach okresowych — miąższość obliczona wzorem Pollanschütza (pierśnica — środek stopnia grubości, wysokość oraz grubość na 0,3 wysokości — określone dla poszczególnych stopni z odpowiednich funkcji) (VPO),

- określonej na podstawie funkcji miąższości obliczonej wzorem Pollanschütza (V_{PF}),
- obliczonej na podstawie funkcji miąższości rzeczywistej (V_{RZ}).

Obliczono błąd absolutny zapasu (α) jako różnicę zapasu badanego i rzeczywistego oraz błąd procentowy wtórny (p), który jest błędem absolutnym wyrażonym w procentach wielkości rzeczywistej. Porównano zapas określony na podstawie funkcji miąższości obliczonej wzorem Pollanschütza (V_{PF}) z zapasem określonym na podstawie funkcji miąższości rzeczywistej (V_{RZ}). Otrzymane wielkości błędów będą świadczyć o przydatności wzoru Pollanschütza do określania zapasu sosny I klasy wieku rosnącej w uprawie plantacyjnej. Następnie porównano zapas określony na podstawie pomiarów okresowych przy zastosowaniu wzoru Pollanschütza (V_{PO}) z zapasem określonym na podstawie funkcji miąższości rzeczywistej (V_{RZ}). Otrzymane wielkości błędów będą świadczyć o przydatności zastosowanej w pomiarach okresowych metodyki do określania zapasu sosny rosnącej w uprawie plantacyjnej.

Dla poszczególnych wariantów, powierzchni plantacyjnych oraz okresów pomiarowych zbadano również istotności różnic pomiędzy średnimi przy zastosowaniu analizy wariancji (1, 2). Porównywano ze sobą średni zapas dla wariantu obliczony według metodyki zastosowanej w pomiarach okresowych (V_{PO}), na podstawie funkcji miąższości rzeczywistej (V_{RZ}) oraz na podstawie funkcji miąższości obliczonej wzorem Pollanschütza (V_{PF}).

Wyniki badań

Zestawienie błędów absolutnych oraz błędów procentowych wtórnych zapasu sosny, dla poszczególnych wariantów uprawowych, powierzchni plantacyjnych oraz okresów pomiarowych zawarte jest w tabeli. Na podstawie tych danych można stwierdzić, że:

- Dokładność określania zapasu sosny I klasy wieku rosnącej w uprawie plantacyjnej, zarówno na bogatym (Lśw) jak i na ubogim (Bśw-d) siedlisku, wzrasta wraz z wiekiem.
- Na powierzchni nr I (Lśw) dla drzew 8-letnich błąd procentowy wtórny określania zapasu wyniósł -7,98%, a dla drzew 20-letnich tylko +1,83%. Wartości błędów absolutnych przy określaniu zapasu na 1 ha w każdym z badanych okresów są niewielkie — nie przekraczają bowiem $0,6 \text{ m}^3$.
- Na powierzchni nr II (Bśw-d) w wariancie A (głęboka orka i nawożenie mineralne) błąd procentowy wtórny określania zapasu dla sosen 11-letnich wyniósł -6,51%, natomiast dla 20-letnich tylko +0,74%. Wartości błędów absolutnych wynoszą odpowiednio $-0,53 \text{ m}^3/\text{ha}$ i $+0,09 \text{ m}^3/\text{ha}$. Dla sosen 20-letnich w wariancie C (gospodarczym) otrzymano podobne wartości błędów. Błąd procentowy wtórny określania zapasu wyniósł -1,68%, a błąd absolutny $-0,05 \text{ m}^3/\text{ha}$. Natomiast w wariancie B (głęboka orka bez nawożenia) otrzymano na tej powierzchni największe błędy: +5,68% oraz $+1,90 \text{ m}^3/\text{ha}$.
- Na powierzchni nr V (Bśw-d) zarówno dla sosen 11- jak i 16-letnich otrzymano ujemne wartości błędów. Największe wartości bezwzględne błędów procentowych wtórnych uzyskano w wariancie gospodarczym (C) dla sosen 11-letnich

TABELA
Błędy absolutne (α) oraz procentowe wtórne (p) określania zapasu sosny

Nr pow. STL	Wiek drzew	Wariant	Porównanie V_{PF} z V_{RZ}		Porównanie V_{PO} z V_{RZ}	
			$\overline{\alpha}$ (m ³)	p (%)	$\overline{\alpha}$ (m ³)	p (%)
I Lśw	8 lat	A+B*	-0,58	-8,18	-0,57	-7,98
	16 lat	A+B	+0,20	+3,93	+0,35	+6,45
	20 lat	A+B	+0,14	+0,87	+0,29	+1,83
II Bśw-d	11 lat	A	-0,60	-7,32	-0,53	-6,51
	20 lat	A	+0,15	+1,23	+0,09	+0,74
	20 lat	B	+1,20	+3,58	+1,90	+5,68
	20 lat	C	+0,02	+0,55	-0,05	-1,68
V Bśw-d	11 lat	A	-2,30	-8,07	-1,91	-6,71
	16 lat	A	+0,37	+0,64	-0,05	-0,08
	11 lat	B	-3,37	-11,58	-2,72	-9,34
	16 lat	B	+0,33	+0,55	-4,54	-7,56
	11 lat	C	-2,68	-17,74	-2,32	-15,40
	16 lat	C	-0,10	-0,24	-1,28	-3,49

- * — warianty A i B na powierzchni nr I potraktowano łącznie ze względu na statystycznie nieistotne różnice w miąższości
 V_{PO} — zapas określony na podstawie pomiarów okresowych przy zastosowaniu wzoru Pollanschütza
 V_{FF} — zapas określony na podstawie funkcji miąższości obliczonej wzorem Pollanschütza
 V_{RZ} — zapas określony na podstawie funkcji miąższości rzeczywistej.

(15,40%), natomiast najmniejsze w wariancie A (głęboka orka i nawożenie mineralnej) dla sosen 16-letnich (0,08%).

- Na podstawie analizy wariancji (poza jednym przypadkiem wariantu gospodarczego — C na powierzchni nr V dla sosny 11-letniej) nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy zapasem obliczonym według zastosowanej metodyki w pomiarach okresowych, zapasem rzeczywistym i zapasem obliczonym wzorem Pollanschütza.

Wnioski

Na podstawie analizy błędów określania zapasu sosny I klasy wieku rosnącej w uprawie plantacyjnej można stwierdzić, że:

- Wzór Pollanschütza oraz przyjęta metodyka obliczania miąższości pojedynczego drzewa dla stopni grubości mogą być stosowane do określania zapasu sosny I klasy wieku rosnącej w uprawach plantacyjnych.
- Dokładność określania zapasu według przyjętej metodyki rośnie wraz z wiekiem — dla sosen 20-letnich otrzymane wyniki obarczone są bardzo małym błędem.
- Nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy zapasem obliczonym zgodnie z przyjętą metodyką, a zapasem rzeczywistym (dla poszczególnych wariantów uprawowych, siedliskowych typów lasu oraz okresów pomiarowych). Na tej podstawie

można przyjąć, że zapas sosny rosnącej w warunkach uprawy plantacyjnej, na różnych etapach wzrostu plantacji może być traktowany jako jeden ze wskaźników oceny efektów produkcyjnych oraz służyć do dalszych porównań i analiz.

*Z Katedry Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej
SGGW w Warszawie*

Literatura

1. **Borowski M.** 1979.: Statystyka matematyczna, wydanie IV. Warszawa: Skrypty SGGW.
2. **Bruchwald A.** 1989: Statystyka matematyczna dla leśników. Warszawa; Wydawnictwo SGGW.
3. Dokumentacja 1975: "Badania nad plantacyjną uprawą Brz, Św, Md, So na ubogim i bogatym siedlisku w Lasach Doświadczalnych SGGW w Rogowie", Warszawa: Maszynopis w Katedrze Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej SGGW.
4. Dokumentacja 1985: "Badania wymagań siedliskowych szybko rosnących gatunków leśnych (Md, Brz, So, Św) w uprawach plantacyjnych na powierzchni porównawczej w LZD Rogów". Warszawa: Maszynopis w Katedrze Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej SGGW.
5. **Rosa W., Stępień E.** 1978. Metodyka określania miąższości i przyrostu miąższości drzew oraz badania kształtowania się struktury sortymentowej drzew w uprawach plantacyjnych. Warszawa: Maszynopis w Katedrze Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej SGGW.

Summary

The growing stock of individual plantation variants on experimental plantation plots with the Rogów Forest Experiment Station area was identified on the basis of tree frequencies in dbh groups and of single tree volume values calculated for each group with the aid of the Pollanschütz's formula. The volume calculated in this way can bear errors resulting from: the formula itself, the method used (tree parameters included to the formula, i.e. height and diameter at one third of the height were calculated from relevant regression equations derived from the sample), and measurement errors.

No important differences between the stock calculated according to the method adopted and the real stock (for individual plantation variants, forest site types, and measuring periods) were found. It may then be assumed that the stock of pines growing in plantation conditions, at different stages of plantation growth, can be treated as one of indicators for the appraisal of production effects and it may well serve further comparisons and analyses.