

JAN BANAŚ

Zastosowanie stratyfikacji w inwentaryzacji lasów różnowiekowych

Use of a stratification method in uneven-aged stands

ABSTRACT

Banaś J. 2005. Zastosowanie stratyfikacji w inwentaryzacji lasów różnowiekowych. Sylwan 12: 30-36.

The paper presents a posteriori stratification method which was used in inventorying uneven-aged stands in an area of 727.70 hectares in the Forest Experimental Station in Krynica. The average growing stock amounting to $291 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ was calculated with the error of 1.6%. Volume increment at the level of $9.39 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ per year was calculated with a similar accuracy as the growing stock. The loss volume of $5.33 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ and ingrowth volume $0.73 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ per year was determined with the error slightly above 5%.

KEY WORDS

forest inventory, stratification, stand developmental phase

ADDRESSES

Jan Banaś – Katedra Urządzania Lasu; Akademia Rolnicza;
Al. 29 Listopada 46; 31-425 Kraków; e-mail: rlbanaś@cyf-kr-edu.pl.

Wstęp

Wybór właściwej metody inwentaryzacji lasu zależy zarówno od czynników ekonomicznych jak i wymaganego zakresu informacji o lesie. Błędne lub niewystarczające informacje mogą przełożyć się na podejmowanie niewłaściwych decyzji gospodarczych. Wyniki inwentaryzacji urządzeniowej, której przedmiotem jest zawsze wiele drzewostanów w gospodarstwie (obrębnie), obciążone są pewnym błędem [Bruchwald i in. 2003; Rutkowski 1981]. Całkowite wyeliminowanie tego błędu nie jest możliwe, a zarazem nie jest konieczne. Istotne jest natomiast przyjęcie takiej dopuszczalnej wielkości błędu dla poszczególnych jednostek inwentaryzacji (drzewostanu, grupy drzewostanów, gospodarstwa), aby nie było to przyczyną podejmowania błędnych decyzji. Na etapie planowania, a później realizacji zabiegów gospodarczych, należy natomiast brać pod uwagę dokładność, z jaką wykonana została inwentaryzacja poszczególnych jednostek planistycznych.

W lasach różnowiekowych szczególnie przydatny jest statystyczno-matematyczny system inwentaryzacji i kontroli. Wyniki inwentaryzacji dla pojedynczych drzewostanów w systemie są jednak często obciążone znacznym błędem. Zwiększenie dokładności możliwe jest przez łączenie drzewostanów o podobnych cechach w większe jednostki obliczeniowe – warstwy [Przybylska 2002].

Celem artykułu jest przedstawienie i praktyczne zastosowanie w lasach różnowiekowych metody warstwowania a posteriori – gdy warstwy tworzone są po wykonaniu inwentaryzacji metodą drzewostanową.

Podstawy metodyczne

W pracy przyjęto następujące kryteria łączenia drzewostanów w warstwy:

– Zbliżone warunki siedliskowe.

- Podobny skład gatunkowy drzewostanów.
- Ta sama faza rozwoju drzewostanów.

Warunki siedliskowe. W ramach jednej warstwy powinny występować podobne warunki wzrostu drzewostanów. W drzewostanach różnowiekowych nie można do tego celu wykorzystać bonitacji z uwagi na trudności w określeniu wieku drzewostanu oraz często dużego urozmaicenia składu gatunkowego. Za kryterium zbliżonych warunków wzrostu należy przyjąć ten sam lub zbliżony siedliskowy typ lasu. Natomiast występowanie w jednym gospodarstwie drzewostanów o podobnym składzie gatunkowym na różniących się znacznie siedliskach (np. drzewostany świerkowe na borze górskim oraz drzewostany świerkowe na lesie mieszanym górskim) jest powodem do wyróżnienia odrębnych warstw siedliskowych.

Określenie kategorii składu gatunkowego drzewostanów. Cechą charakterystyczną lasów różnowiekowych jest często duże urozmaicenie składu gatunkowego. Występować mogą zarówno lite drzewostany jednogatunkowe jak i drzewostany dwu lub wielogatunkowe. Drzewostany o zbliżonym składzie gatunkowym zaliczane są do odpowiedniej kategorii składu gatunkowego. Podstawą zakwalifikowania drzewostanu do danej kategorii składu gatunkowego jest udział gatunku głównego w drzewostanie. W ramach tej samej kategorii gatunkowej różnica udziału danego gatunku nie powinna przekraczać 20%. Za drzewostany jednogatunkowe przyjmuje się takie, w których jeden gatunek stanowi co najmniej 80% miąższości drzew. Za drzewostany dwugatunkowe (kilkugatunkowe) przyjmuje się te, w których gatunek współpanujący zajmuje co najmniej 30% udziału. Pozostałe drzewostany zaliczamy do wielogatunkowych (tab. 1).

Skład gatunkowy w lesie różnowiekowym do potrzeb stratyfikacji, a później planowania, powinien być przyjmowany według udziału miąższościowego. Rozkład pierśnic wskazuje, że na ogół w tego typu drzewostanach najwięcej jest drzew cienkich, a najmniej drzew grubych, jednak największy udział w wypełnieniu przestrzeni oraz znaczenie zarówno gospodarcze jak i biologiczne w momencie inwentaryzacji mają drzewa grube. Intensywne wydzielanie się drzew cienkich może również powodować znaczne zmiany ilościowego składu gatunkowego w krótkim czasie. W metodzie kontroli określany jest również skład gatunkowy według liczby drzew, który w połączeniu z rozkładem pierśnic zawiera wiele dodatkowych informacji szczególnie przydatnych do prognozowania rozwoju drzewostanu.

OKREŚLENIE FAZY ROZWOJU DRZEWOSTANU. Występowanie obok siebie drzew w różnym wieku powoduje, że określenie wieku dla drzewostanu jest trudne i często zbyt upraszcza rzeczywiste

Tabela 1.

Zasady określania kategorii składu gatunkowego
Rules for defining species composition categories

Udział gatunku panującego	Udział gatunku współpanującego	Przykładowy skład gatunkowy	Nazwa kategorii
100-76%	do 20%	9Jd, 1Św	drzewostan jodłowy
75-56%	do 20	7Jd, 2Św, 1Bk	drzewostan wielogatunkowy z panującą jodłą
	30% i więcej	6Jd, 4Św	drzewostan świerkowo-jodłowy
poniżej 55%	do 20%	4Jd, 2Św, 2Bk, 2Jw	drzewostan wielogatunkowy z przewagą jodły
	30% i więcej	4Jd, 3Św, 3Bk	drzewostan bukowo-świerkowo-jodłowy

zróznicowanie wiekowe w tego typu lasach. Zamiast podziału na klasy wieku dla każdego drzewostanu określana jest faza rozwoju [Rutkowski 1984]. Drzewostany w inicyjalnej fazie rozwoju stanowią odsłonięte naturalne odnowienia i młodniki lub sztucznie założone uprawy. W tej fazie rozwoju drzewostany nie wykazują miąższości grubizny, gdyż drzewa na ogół nie osiągnęły jeszcze pierśnicy 7 cm.

Drzewostany w optymalnej fazie rozwoju cechuje duża liczba drzew o stosunkowo niewielkich, co najwyżej średnich wymiarach pierśnicy i wysokości oraz duży przyrost. Ze względu na grubość drzew tę fazę rozwoju dzieli się na: optymalną młodszą o przeciętnej pierśnicy drzew od 7 do 14 cm oraz optymalną starszą o przeciętnej pierśnicy od 15 do 35 cm. W drzewostanach fazy optymalnej prowadzone są cięcia pielęgnacyjne o charakterze trzebieży i intensywności mniejszej od bieżącego przyrost miąższości.

Drzewostany w terminalnej fazie rozwoju charakteryzują się mniejszą liczbą drzew, jednak zawsze znacznym udziałem drzew o pierśnicy powyżej 35 cm i na ogół mniejszym przyrostem bieżącym miąższości. Zabiegi gospodarcze mają charakter cięć rębnych powiązanych z inicjowaniem lub odsłanianiem istniejącego odnowienia podokapowego.

Jednostki obliczeniowe

Przedstawiona w pracy metoda stratyfikacji polega na warstwowaniu a posteriori, to znaczy, że warstwy tworzone są po wykonaniu inwentaryzacji metodą drzewostanową. Wyniki inwentaryzacji dla pojedynczych drzewostanów z uwagi na małą liczbę powierzchni próbnych mogą być obciążone znacznym błędem. W celu zwiększenia dokładności inwentaryzacji tworzy się jednostki obliczeniowe wyższego rzędu, którymi są warstwy drzewostanowe oraz w dalszej kolejności zbiór wszystkich drzewostanów znajdujących się w tej samej fazie rozwoju i wreszcie zbiór wszystkich drzewostanów w gospodarstwie. Jednostki te reprezentowane są przez powierzchnie próbne założone wcześniej w drzewostanach danej warstwy.

Zasobność oraz pozostałe cechy zbioru drzewostanów w warstwie oblicza się podobnie jak dla pojedynczych drzewostanów według wzorów podanych w pracy [Banaś 2005]. Wyniki inwentaryzacji dla warstwy są tym dokładniejsze, im więcej drzewostanów tworzy daną warstwę, reprezentowaną tym samym przez większą liczbę powierzchni próbnych.

W dalszej kolejności wykonuje się obliczenia dla zbioru wszystkich drzewostanów znajdujących się w tej samej fazie rozwoju, a następnie całego gospodarstwa. Średnia zasobność (oraz inne cechy) dla danej fazy rozwoju obliczana jest jako średnia ważona zasobności poszczególnych warstw drzewostanów tej fazy. Za wagę przyjmuje się udział powierzchniowy (frakcję) warstw.

Średni błąd (ΔV) określenia średniej zasobności dla fazy rozwoju obliczany jest za pomocą wzoru [Rutkowski 1972]:

$$\Delta V = \sqrt{\sum_{j=1}^k p_j^2 \cdot \Delta v_j^2}$$

gdzie:

p_j – frakcja warstwy o nr j ,

Δv_j – średni błąd zasobności warstwy o nr j .

Błąd zasobności średnio dla całego gospodarstwa obliczany jest również za pomocą powyższego wzoru, wtedy p_j oznacza frakcję powierzchniową danej fazy, a Δv_j błąd określenia zasobności fazy rozwoju.

Materiał i wyniki badań

Badania przeprowadzono w gospodarstwie lasów różnowiekowych o powierzchni 727,70 ha w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym w Krynicy. Objęte badaniami drzewostany położone są w następujących obiektach doświadczalnych Katedry Urządzania Lasu AR w Krakowie: Szczawiczne, Czarny Potok, Wojkowa, Przełom Muszynki. Warunki siedliskowe są zbliżone w całym gospodarstwie: las górski występuje na powierzchni 376,97 ha (52%), a las mieszany górski zajmuje 350,73 ha (48% powierzchni). Materiał badawczy stanowią wyniki pomiarów na 725 kontrolnych powierzchni próbnych o wielkości: 0,025 ha w fazie optymalnej młodszej, 0,04 ha w fazie optymalnej starszej oraz 0,05 ha w fazie terminalnej.

W pierwszym etapie wykonano inwentaryzację drzewostanową przyjmując stałą gęstość powierzchni próbnych rozmieszczonych w węzłach siatki kwadratów o boku 100 m.

Dla każdego drzewostanu określono kategorię składu gatunkowego oraz jego fazę rozwoju. W gospodarstwie przeważają drzewostany starsze: 35 drzewostanów (470,16 ha) znajduje się w terminalnej fazie rozwoju, 15 drzewostanów (172,35 ha) w fazie optymalnej starszej i tylko 6 drzewostanów (85,19 ha) znajduje się w fazie optymalnej młodszej.

Skład gatunkowy drzewostanów w gospodarstwie jest zróżnicowany. Największy udział zajmują wielogatunkowe drzewostany z przewagą jodły (16 drzewostanów o powierzchni 244,3 ha) oraz drzewostany jodłowe (16 drzewostanów – 172,2ha). Duży jest również udział drzewostanów wielogatunkowych z przewagą świerka (16 drzewostanów – 267,3 ha). Występują również wielogatunkowe drzewostany z przewagą sosny (5 drzewostanów – 59,48 ha) oraz buka (2 drzewostany – 10,03 ha).

Drzewostany o zbliżonym składzie gatunkowym oraz tej samej fazie rozwoju połączono w warstwy drzewostanowe. Z uwagi na znaczne zróżnicowanie składu gatunkowego drzewostanów wyróżniono 15 grup drzewostanów, z czego 9 w fazie terminalnej, 5 w optymalnej starszej

Tabela 2.

Wyniki inwentaryzacji zasobności dla warstw drzewostanowych
Results of the growing stock inventory for stand strata

Udział gatunku panującego; współpanującego	Faza rozwoju	Liczba drzewostanów	Powierzchnia [ha]	Liczba powierzchni próbnych	Zasobność [$m^3 \cdot ha^{-1}$]	Średni błąd zasobności [%]
Jd \geq 0,8	O _{ml.}	3	38,40	33	335	7
	O _{st.}	5	48,01	50	451	5
	T	8	85,80	96	385	4
Jd \leq 0,5	O _{st.}	3	52,97	56	235	5
	T	4	61,87	39	392	8
Jd \leq 0,5; Bk \geq 0,3	T	3	38,67	43	238	6
Jd \leq 0,5; Św \geq 0,3	T	5	61,76	67	290	4
So \leq 0,5	O _{st.}	2	19,40	20	222	11
	T	2	14,49	12	275	18
Św \leq 0,5	O _{st.}	2	22,67	23	272	6
	T	3	41,26	29	201	8
Św \leq 0,5; Bk \geq 0,3	T	2	30,95	51	247	6
Św \leq 0,5; Jd \geq 0,3	T	3	63,16	70	275	5
Św \leq 0,5; So \geq 0,3	O _{st.}	2	24,88	30	175	8
	T	4	66,59	49	223	7

i 1 w optymalnej młodszej. W całym gospodarstwie warstwowaniem objętych zostało 51 drzewostanów zajmujących 92% powierzchni, natomiast pozostałe 5 drzewostanów nie spełniało kryteriów warstwowania.

Średnią zasobność oraz zapas warstw drzewostanowych przedstawiono w tabeli 2. Największą zasobność osiągają drzewostany jodłowe: średnio $451 \pm 24 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ w fazie optymalnej starszej oraz $385 \pm 24 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ w terminalnej. Znacznie mniejszą zasobnością (poniżej $300 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) cechują się wielogatunkowe drzewostany z przewagą świerka lub sosny. Wielkość błędu średniego określenia zasobności w warstwach kształtuje się na poziomie od 4 do 8% z wyjątkiem warstw drzewostanów z przewagą sosny, dla których odpowiedni błąd średni wynosi 11% dla fazy optymalnej i 18% w fazie terminalnej. Większa wartość błędu średniego w tych warstwach spowodowana

jest dużym współczynnikiem zmienności miąższości oraz niewielkim udziałem drzewostanów sosnowych w gospodarstwie.

Intensywność przebiegu procesów: przyrastania, dorastania i ubywania w warstwach drzewostanowych przedstawiono w tabeli 3. Największy przyrost miąższości następował w drzewostanach jodłowych: $14,82 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}$ w fazie optymalnej młodszej, $12,82$ w optymalnej starszej oraz $10,51$ w terminalnej. Przyrost miąższości w wielogatunkowych drzewostanach z przewagą świerka lub sosny kształtował się na poziomie: od $5,04$ do $7,66 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}$. Średni błąd z jakim określono przyrost miąższości dla warstw jest nieco większy od błędu określenia zasobności, lecz na ogół nie przekracza poziomu 10%.

Wielkość ubytku miąższości kształtuje się na poziomie od $1,65$ do $8,67 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}$ i jest na ogół mniejsza w warstwach fazy optymalnej, a większa w terminalnej. Dokładność określenia miąższości ubytku jest mniejsza od dokładności określenia zasobności lub przyrostu. Średni błąd określenia

Tabela 3.

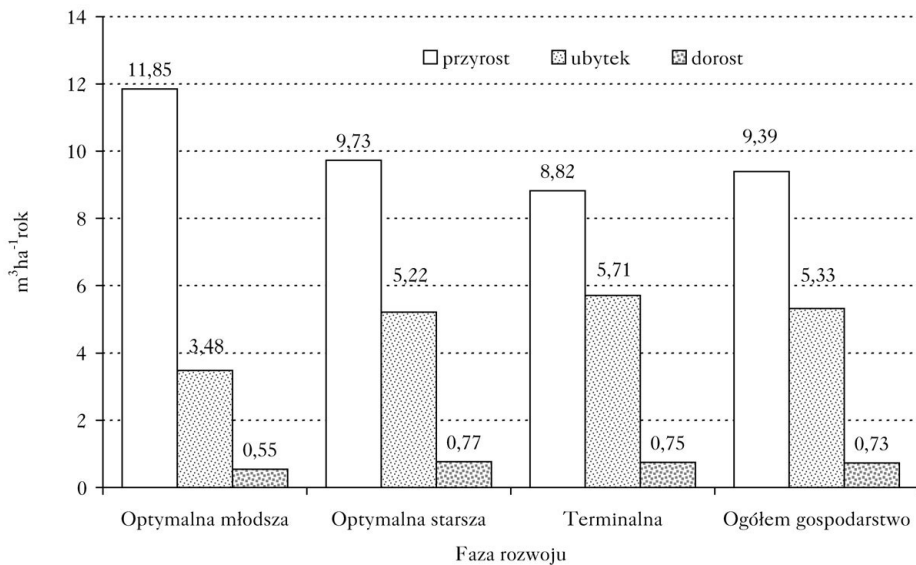
Intensywność przebiegu procesów rozwojowych lasu na poziomie warstw drzewostanowych
Intensity of stand developmental processes at the strata level

Udział gatunku panującego; współpanującego	Faza rozwoju	Przyrost [$\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}$]	Średni błąd przyrostu [%]	Ubytek [$\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}$]	Średni błąd ubytku [%]	Dorost [$\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}$]	Średni błąd ubytku [%]
Jd \geq 0,8	O _{ml.}	14,82	7	1,65	24	0,81	30
	O _{st.}	12,82	5	3,88	18	0,65	13
	T	10,51	3	3,87	14	0,25	27
Jd \leq 0,5	O _{sc.}	11,12	5	5,99	14	0,87	19
	T	12,44	7	8,42	20	0,8	17
Jd \leq 0,5; Bk \geq 0,3	T	8,49	10	5,41	19	1,19	14
	T	9,85	4	4,37	17	0,48	17
So \leq 0,5	O _{st.}	6,86	9	5,72	25	1,17	25
	T	5,97	21	2,92	49	0,3	42
Św \leq 0,5	O _{sc.}	7,66	8	6,81	21	0,68	44
	T	6,01	9	6,87	18	1,26	19
Św \leq 0,5; Bk \geq 0,3	T	7,53	6	3,24	15	0,67	18
	T	7,48	4	4,76	12	0,86	14
Św \leq 0,5; Jd \geq 0,3	O _{st.}	5,04	10	5,16	19	0,51	42
	T	7,02	7	8,76	17	1,1	17

miąższości ubytku wynosi od 12 do 25%, z wyjątkiem wielogatunkowych drzewostanów z przewagą sosny w fazie terminalnej, dla których wielkość ubytku określono z 50% błędem.

Wielkość dorostu w wymiarze miąższościowym wynosi od 0,25 do 1,26 m³·ha⁻¹·rok i jest również na ogół mniejsza w drzewostanach fazy optymalnej, a większa w terminalnej. Średni błąd określenia miąższości dorostu w warstwie kształtuje się na poziomie od 14 do 45%. Dokładność określenia miąższości dorostu jest najmniejsza w porównaniu z dokładnością określenia: zasobności, przyrostu miąższości oraz miąższości ubytków.

Wyniki inwentaryzacji dla zbioru wszystkich drzewostanów w danej fazie rozwoju (wraz z drzewostanami nie objętymi warstwowaniem) oraz razem dla całego gospodarstwa przedstawiono na rycinie oraz w tabeli 4. Łączny zapas gospodarstwa wyniósł ponad 212 tys m³ na powierzchni 727,7 ha i został określony z błędem 1,6%. Wielkość przyrostu miąższości w skali całego gospodarstwa kształtowała się średnio w ciągu roku na poziomie 6833 m³, wielkość ubytków wynosiła 3879 m³, a dorostu 532 m³. W rezultacie prawie dwa razy większej wielkości przyrostu i dorostu nad wielkością ubytku następowała akumulacja zapasu średnio na poziomie 3486 m³ rocznie.



Ryc.

Wielkość okresowego przyrostu miąższości oraz ubytku i dorostu dla faz rozwoju oraz całego gospodarstwa
Periodical increment, mortality and ingrowth volume for developmental phases and entire stand

Tabela 4.

Intensywność przebiegu procesów rozwojowych lasu dla faz rozwoju oraz całego gospodarstwa
Intensity of stand developmental processes for developmental phases and entire stand

Faza rozwoju	Proces przyrastania	Proces dorastania	Proces ubywania	Akumulacja zapasu
	m ³ ·rok ⁻¹			
O _{ml.}	1009 (±4,7%)	46 (±22%)	297 (±11,2%)	759
O _{st.}	1676 (±2,9%)	132 (±11%)	900 (±8,2%)	909
T	4148 (±2,1%)	353 (±6,3%)	2683 (±6,6%)	1818
Ogółem	6836 (±1,6%)	532 (±5,3%)	3879 (±5,0%)	3486

Podsumowanie

- ✦ W pracy przedstawiono metodę warstwowania a posteriori polegającą na łączeniu drzewostanów o zbliżonym składzie gatunkowym i fazie rozwoju po wykonaniu inwentaryzacji drzewostanowej.
- ✦ Inwentaryzację drzewostanową przeprowadzono za pomocą metody kontrolnych kołowych powierzchni próbnych w statystyczno-matematycznym systemie inwentaryzacji.
- ✦ Przykład inwentaryzacji wykonano dla gospodarstwa lasów różnowiekowych o powierzchni 727,70 ha w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym w Krynicy.
- ✦ Średnią zasobność gospodarstwa $291 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ obliczono z błędem 1,6%. Z podobnym błędem przyrost miąższości na poziomie $9,39 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ rocznie określono z podobną dokładnością jak zasobność. Miąższość ubytków $5,33 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ oraz dorostów $0,73 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ rocznie określono z błędem nieco powyżej 5%.
- ✦ Łączny zapas gospodarstwa wyniósł ponad 212 tys. m^3 , a w rezultacie przewagi procesu przyrastania i dorastania następowała akumulacja zapasu na poziomie prawie 3,5 tys. m^3 rocznie

Literatura

- Banaś J. 2005. Drzewostanowa metoda inwentaryzacji lasów różnowiekowych. Sylwan 11: 18-24.
- Bruchwald A., Wójcik R., Zajączkowski S. 2003. Analiza dokładności obrębowej metody inwentaryzacji lasu opartej na losowaniu warstwowym. Sylwan 5: 13-20.
- Przybylska K. 2002. Koncepcja planu urządzenia górskich lasów ochronnych. W: „Urządzenie lasu wielofunkcyjnego”. Fundacja Rozwój SGGW.
- Rutkowski B. 1972. Problemy inwentaryzacji i regulacji w urządzeniu lasu. Skrypty dla Szkół Wyższych AR, Kraków.
- Rutkowski B. 1981. Błędy i praktyczna dokładność statystyczno-matematycznych systemów inwentaryzacji lasu. Sylwan 1: 11-23.
- Rutkowski B. 1984. Eksperymentalne urządzenie lasów komunalnych Miejskiego Parku i Ogródu Zoologicznego w Krakowie. Sylwan 10: 1-13.

SUMMARY

Use of a stratification method in uneven-aged stands

- ✦ The paper presents a posteriori stratification method consisting in combining stands with similar species structure and developmental phase after the stand-level inventory.
- ✦ The stand-level inventory was conducted using a circular sample plot method under a statistical-mathematical inventory system.
- ✦ The inventory conducted in the uneven-aged stand in an area of 727.70 hectares in the Forest Experimental Station in Krynica served as the example.
- ✦ The average growing stock amounting to $291 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ was calculated with the error of 1.6%. Volume increment at the level of $9.39 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ per year was calculated with a similar accuracy as for the growing stock. The loss volume of $5.33 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ and ingrowth volume $0.73 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ per year was determined with the error slightly above 5%.
- ✦ The total growing stock was above 212,000 m^3 and as a result of the dominance of the increment and ingrowth over the mortality process the accumulation of the growing stock volume amounted to nearly 3,500 m^3 per year.