

JAN BANAŚ

Drzewostanowa metoda inwentaryzacji i kontroli lasów różnowiekowych

Stand-level inventory and control method for uneven-aged forests

ABSTRACT

Banaś J. 2005. Drzewostanowa metoda inwentaryzacji i kontroli lasów różnowiekowych. Sylwan 11: 18-24.

The paper presents a stand-level inventory and control method which can be useful in the inventory of uneven-aged forests. The method describes the variation in stem diameter and species structure in a specified stand and allows to define the intensity of processes: loss, ingrowth and increment and to analyse relationships between them.

KEY WORDS

uneven-aged forest, control sample plots, statistical-mathematical inventory system

ADDRESSES

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

Wstęp

W inwentaryzacji lasu, przeprowadzanej w trakcie okresowych prac urzędniowych, wykorzystuje się różne metody na jej poszczególnych etapach. Na poziomie obrębu leśnego stosowana jest statystyczna metoda reprezentacyjna oparta na losowaniu warstwowym [Bruchwald 2000; Bruchwald, Zajączkowski 2002], a na poziomie drzewostanu taksacja, podczas której szacowana jest jego zasobność wyrównywana następnie do miąższości określonej dla całych klas i podklas wieku [Instrukcja... 2003].

Inwentaryzacja lasów różnowiekowych wymaga jednak innych rozwiązań metodycznych. Zastosowane metody powinny umożliwiać ujęcie zróżnicowania wieku, struktury grubościowej oraz składu gatunkowego w pojedynczym drzewostanie. Do regulacji użytkowania rębego w tego typu lasach niezbędne jest również określenie przyrostu bieżącej miąższości, a utrzymanie trwałości lasu wymaga często analizy zmian i relacji pomiędzy procesami: przyrastania, ubywania i dorastania. Wymienione wymagania może spełnić drzewostanowa metoda inwentaryzacji i kontroli lasu należąca do systemu statystyczno-matematycznego. W Polsce system ten został po raz pierwszy wprowadzony w latach siedemdziesiątych ubiegłego stulecia przez pracowników Katedry Urządzania Lasu Akademii Rolniczej w Krakowie [Rutkowski i in. 1972; Przybylska 1977]. Wdrażanie tego systemu inwentaryzacji w nowych obiektach, okresowe powtarzanie pomiarów kontrolnych, a przede wszystkim jego doskonalenie, jest jednym z głównych kierunków badawczych Katedry. Obszerny materiał pomiarowy z wielu obiektów badawczych, często składający się z kilku okresów kontrolnych, umożliwia weryfikację nowych rozwiązań metodycznych.

Celem artykułu jest przedstawienie metody inwentaryzacji i kontroli lasu oraz wykonanie przykładu inwentaryzacji tą metodą w drzewostanach różnowiekowych.

Podstawy metodyczne

Drzewostanowa metoda inwentaryzacji i kontroli lasów różnowiekowych należy do statystyczno-matematycznego systemu inwentaryzacji. System ten wykorzystuje teorię statystyki matematycznej, a szczególnie metody reprezentacyjnej [Bracha 1996]. Las jako przedmiot inwentaryzacji stanowi populację generalną. Pomiarowi podlega natomiast tylko pewna (na ogół niewielka) grupa elementów wylosowanych z populacji generalnej. Uzyskane wyniki pomiarów i obliczeń przeprowadzonych na wylosowanej populacji próbnej przenosi się następnie na całą populację generalną, zawsze jednak z podaniem błędu takiego uogólnienia.

Dla lasów różnowiekowych oprócz inwentaryzacji stanu lasu w danym czasie istotne jest również poznanie intensywności procesów rozwojowych: przyrastania, ubywania i dorastania oraz wzajemnych relacji pomiędzy tymi procesami. W celu określenia wielkości: ubytku, dorostu oraz przyrostu, pomiary należy powtarzać okresowo na tych samych powierzchniach próbnych z możliwością identyfikacji poszczególnych drzew (kontrolne powierzchnie próbne). Podlegające pomiarowi cechy zbioru drzew na powierzchni próbnej stanowią zmienną losową [Rutkowski 1989]. Może nią być: liczba drzew, pole pierśnicowego przekroju, suma miąższości drzew na powierzchni próbnej, a przy pomiarach kontrolnych również wielkość: ubytku, dorostu oraz przyrostu.

Wartości danej zmiennej losowej na kolejnych powierzchniach próbnych różnią się między sobą, oscylują jednak wokół wartości średniej określonej wzorem:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} x_i$$

gdzie:

n – liczba powierzchni próbnych,

x_i – wartość zmiennej losowej na i -tej powierzchni próbnej.

Zróżnicowanie danej cechy w drzewostanie (pomiędzy powierzchniami próbnymi) wyrażane jest w jednostkach bezwzględnych za pomocą odchylenia standardowego:

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

oraz w wartościach względnych (%) przez współczynnik zmienności:

$$S_{x\%} = \frac{S_x}{\bar{x}}$$

Średni błąd (z jakim określana jest inwentaryzowana cecha x) obliczany jest według wzoru:

$$\Delta x = \frac{S_x}{\sqrt{n}} \quad \text{lub} \quad \Delta x_{\%} = \frac{S_{x\%}}{\sqrt{n}}$$

Powtarzając wielokrotnie losowanie i pomiar tej samej liczby powierzchni próbnych, uzyskany wynik za każdym razem będzie nieco inny, mieszczący się jednak z określonym prawdopodobieństwem (P) w przedziale wyznaczonym przez wielkość błędu średniego. Przedział ten określa się za pomocą formuły:

$$P = [(\bar{x} - t_q \cdot \Delta \bar{x}) < m_x < (\bar{x} + t_q \cdot \Delta \bar{x})] = q$$

gdzie:

m_x – prawdziwa wartość cechy x ,

t_q – statystyka Studenta odczytana z rozkładu Studenta.

USTALENIE WIELKOŚCI I LICZBY POWIERZCHNI PRÓBNYCH. Dokładność wyników inwentaryzacji zależy od współczynnika zmienności inwentaryzowanej cechy w drzewostanie oraz liczby powierzchni próbnych. Zmienność cech w drzewostanach młodszych jest na ogół mniejsza niż w starszych, dlatego wielkość powierzchni próbnych różnicuje się w zależności od fazy rozwoju drzewostanu w następujący sposób: 0,01 ha w fazie inicjalnej, 0,025 ha w fazie optymalnej młodszej, 0,04 ha w optymalnej starszej oraz 0,05 ha w terminalnej.

Określenie liczby powierzchni próbnych jest zawsze kompromisem pomiędzy względami ekonomicznymi (im mniej powierzchni próbnych tym mniejsze koszty) a wymaganą dokładnością inwentaryzacji (im więcej powierzchni tym mniejszy błąd). Znając wielkość współczynnika zmienności ($S_{v\%}$) oraz przyjętą dopuszczalną wielkość błędu ($\Delta v_{\%}$) liczbę powierzchni próbnych oblicza się ze wzoru:

$$n = \left(\frac{S_{v\%}}{\Delta v_{\%}} \right)^2$$

W celu wyznaczenia położenia powierzchni próbnych w terenie na mapę gospodarstwa z zaznaczonymi granicami drzewostanów nakłada się siatkę kwadratów o boku 100 m. Następnie dla każdego drzewostanu losuje się liczbę węzłów odpowiadającą liczbie powierzchni próbnych jaką należy założyć w tym drzewostanie. Wylosowane punkty należy ponumerować, stanowiąc one będą środki powierzchni próbnych.

ZAKRES POMIARÓW NA POWIERZCHNIACH PRÓBNYCH. Na każdej powierzchni próbnej pomiarowi i rejestracji podlegają [Rutkowski 1989]:

- współrzędne biegunowe drzewa (azymut i odległość drzewa od środka powierzchni próbnej),
- pierśnica oraz gatunek wszystkich drzew powyżej przyjętego progu (od 7 cm),
- wysokość drzew na mniejszym współśrodkowym kole,
- liczba i gatunek drzew w podroście na mniejszym współśrodkowym kole,
- skład gatunkowy i stopień pokrycia nalotu i podszytu (w zasięgu wzroku),
- forma typu lasu (nazwa przewodniej – najliczniejszej rośliny runa w zasięgu wzroku).

ALGORYTM OBLICZEŃ. Sporządzenie taryfy miąższości. Dla drzew z pomierzoną wysokością (na małym kole) określa się ich miąższość, a następnie na podstawie miąższości i pierśnicy tych drzew obliczane są współczynniki: a, b, c empirycznej krzywej miąższości (taryfy) o postaci:

$$v = a \cdot d^2 + b \cdot d + c$$

gdzie:

- v – miąższość drzewa,
- d – pierśnica drzewa.

Taryfy takie sporządzane są osobno dla gatunku lub grup gatunków (w przypadku małej liczby drzew z pomierzoną wysokością) dla zbioru jednostek obliczeniowych o podobnych warunkach wzrostu – na przykład ten sam lub zbliżony siedliskowy typ lasu.

Obliczenia dla poszczególnych powierzchni próbnych. Miąższość pojedynczego drzewa na powierzchni próbnej obliczana jest przez podstawienie pierśnicy tego drzewa do krzywej miąższości (taryfy). Dla każdej powierzchni próbnej oblicza się: liczbę drzew oraz miąższość na początku i na końcu okresu, jak również liczbę i miąższość: ubytków (drzewa, które w okresie kontrolnym wydzieliły się lub zostały wycięte), dorostu (drzewa, które w okresie kontrolnym osiągnęły próg pierśnicowania 7 cm). Przyrost miąższości w okresie kontrolnym Z_v obliczany jest za pomocą wzoru [Rutkowski 1989]:

$$Z_V = V_2 - V_1 + V_U - V_D$$

gdzie:

V_1 – miąższość drzew na początku okresu kontrolnego,

V_2 – miąższość drzew na końcu okresu,

V_U – miąższość ubytków,

V_D – miąższość dorostów.

Na podstawie wyników pomiarów z wszystkich powierzchni próbnych w danej jednostce obliczeniowej określone są następujące charakterystyki statystyczne zmiennych losowych: wartość średnia na powierzchni próbnej, odchylenie standardowe oraz współczynnik zmienności według wzorów podanych wcześniej.

Obliczenie cech drzewostanu. Miąższość oraz liczba drzew, przyrost miąższości, wielkość ubytku i dorostu z wszystkich powierzchni próbnych przeliczane są na 1 hektar za pomocą wzoru:

$$\bar{V}_{ha} = \frac{1}{n \cdot p} \sum_{j=1}^k v_j$$

Średni błąd zasobności (i innych cech drzewostanu) obliczany jest według wzoru:

$$\Delta v_{1ha} = \frac{1}{p} \frac{S_V}{\sqrt{n}}$$

gdzie:

n – liczba powierzchni próbnych,

p – wielkość powierzchni próbnej,

v_j – miąższość na j -tej powierzchni próbnej,

S_V – odchylenie standardowe.

Obliczenia wykonywane są z uwzględnieniem gatunków i podziałem na stopnie i klasy grubości. Rezultatem obliczeń jest rozkład liczby drzew i miąższości w stopniach grubości oraz tabela klas grubości dla drzewostanu. Wielkość przyrostu bieżącego miąższości oraz ubytków i dorostu, po przeliczeniu na 1 ha, dzieli się następnie przez długość okresu kontrolnego uzyskując wartości średnio na 1 ha i 1 rok. Miąższość całego drzewostanu (zapas) uzyskuje się przez pomnożenie zasobności na 1 ha i powierzchni tego drzewostanu.

Materiał i wyniki badań

Drzewostanową metodę inwentaryzacji i kontroli lasu zastosowano w wybranych jednostkach kontrolnych: 154 i 155 Leśnego Zakładu Doświadczalnego w Krynicy. Badania przeprowadzono w sześciu drzewostanach o łącznej powierzchni 67,37 ha. Materiał badawczy stanowią wyniki pomiarów na 65 powierzchniach próbnych z okresu 1992-2002. Powierzchnie te rozmieszczone są w regularnej siatce kwadratów o boku 100 m, a ich wielkość jest zmienna, uzależniona od fazy rozwoju drzewostanu w następujący sposób: 0,025 ha dla fazy optymalnej młodszej, 0,04 ha dla optymalnej starszej oraz 0,05 ha dla fazy terminalnej.

W składzie gatunkowym według liczby drzew w 4 drzewostanach przeważa świerk, w pozostałych natomiast jodła lub buk (tab. 1). Liczba drzew na początku okresu wynosiła od 1128 \pm 69 szt. ha⁻¹ (jednostka 155 O_{mi}) do 546 \pm 60 szt. ha⁻¹ (jednostka 155 T₁). W ciągu 10-letniego okresu proces ubywania mierzony liczbą drzew przeważał nad procesem dorastania w większości drzewostanów. W rezultacie takiego kierunku zmian w 2002 r. średnia liczba drzew w tych drzewostanach uległa obniżeniu.

W udziale miąższościowym jodła przeważa w 4 drzewostanach, a w pozostałych świerk (tab. 2). Zasobność w roku 1992 kształtowała się na poziomie od 172 \pm 23 m³ ha⁻¹ (w jednostce

Tabela 1.

Wyniki inwentaryzacji i kontroli liczby drzew w jednostkach kontrolnych 154 i 155 Leśnego Zakładu Doświadczalnego w Krynicy w okresie 1992-2002

Results of inventory and control of the number of trees in control units 154 and 155 of the Forest Experimental Station in Krynica in the period 1992-2002

Jednostka kontrolna	Faza rozwoju*)	Skład gatunkowy wg liczby drzew w 2002 r	Liczba drzew [szt. ha ⁻¹]			
			1992 r	ubytki	dorost	2002 r
154	O _{ml}	8Św, 1Jd, 1Bk	893 ±157	300 ±59	80 ±41	673 ±92
	O _{st}	5Jd, 3Św, 2Bk	700 ±80	167 ±50	33 ±15	567 ±54
	T	5Św, 4Jd, 1Bk	749 ±87	199 ±32	77 ±17	628 ±72
155	O _{ml}	6Św, 3Bk, 1Jd	1128 ±69	296 ±41	92 ±70	924 ±87
	T	4Bk, 3Jd, 2Jw, 1Św	546 ±60	121 ±26	127 ±30	552 ±49
	T	5Św, 2Jd, 2Bk, 1Iwa	634 ±68	164 ±19	44 ±11	514 ±59

O_{ml} – faza rozwoju optymalna młodsza; O_{st} – optymalna starsza; T – terminalna

O_{ml} – young optimal phase of development; O_{st} – older optimal; T – terminal

Tabela 2.

Wyniki inwentaryzacji i kontroli miąższości drzew w jednostkach 154 i 155 Leśnego Zakładu Doświadczalnego w Krynicy w okresie 1992-2002

Results of inventory and tree volume control in control units 154 and 155 of the Forest Experimental Station in Krynica in the period 1992-2002

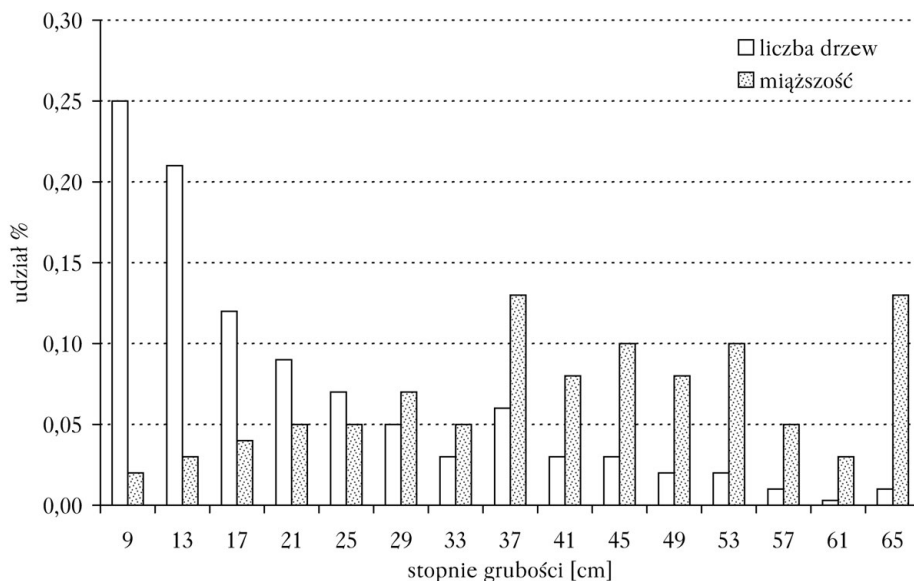
Jednostka kontrolna	Faza rozwoju	Skład gatunkowy wg miąższości w 2002 r	Miąższość drzew w [m ³ ha ⁻¹]				
			1992 r	ubytek	dorost	przyrost	2002 r
154	O _{ml}	6Św, 3Jd, 1So	200 ±29	60 ±14	3 ±2	94 ±10	237 ±27
	O _{st}	7Jd, 2Św, 1Bk	303 ±30	42 ±19	2 ±1	122 ±15	384 ±47
	T	7Jd, 3Św	202 ±22	54 ±11	5 ±2	96 ±8	250 ±25
155	O _{ml}	4Św, 4Bk, 1Jd, 1Dg	172 ±23	30 ±8	3 ±2	83 ±8	228 ±25
	T	6Jd, 2Bk, 1Jw, 1Św	266 ±30	56 ±18	7 ±2	103 ±8	321 ±29
	T	5Jd, 3Św, 1Bk, 1Md	205 ±20	41 ±19	5 ±2	91 ±10	260 ±17

155 O_{ml}) do 303 ±30 m³ ha⁻¹ (w jednostce 154 O_{st}). Wielkość dorostu w wymiarze miąższościowym, z uwagi na małą miąższość drzew osiągniętych próg pierśnicowania, stanowi na ogół niewielki udział w ogólnej zasobności drzewostanu. W objętych pomiarach drzewostanach wielkość dorostu w 10-letnim okresie wynosiła od 2 ±1 do 7 ±2 m³ ha⁻¹. Wielkość ubytków w tym okresie wahała się od 30 ±8 m³ ha⁻¹ do 60 ±14 m³ ha⁻¹.

Przyrost bieżący miąższości w 10-letnim okresie wynosił od 83 ±8 do 122 ±15 m³ ha⁻¹. Proces przyrastania przeważał nad procesem ubywania (w wymiarze miąższościowym) we wszystkich drzewostanach. Taki kierunek zmian spowodował wzrost średniej zasobności, która w 2002 roku wynosiła od 228 ±25 m³ ha⁻¹ (w jednostce 155 O_{ml}) do 384 ±47 m³ ha⁻¹ (w jednostce 155 O_{st}).

Rozkład liczby drzew i miąższości w stopniach grubości dla drzewostanu w fazie terminalnej (jednostka kontrolna 155) przedstawiono na rycinie. Rozkład liczby drzew jest zbliżony do rozkładu wykładniczego, z największym udziałem drzew cienkich i stopniowo zmniejszającym się w kolejnych stopniach grubości. Odmienną postać przyjmuje rozkład miąższości z kulminacją w stopniu 35-38 cm i przewagą udziału drzew w wyższych stopniach grubości.

W przedstawionym przykładzie nie opisano wszystkich informacji uzyskiwanych w drzewostanowej metodzie inwentaryzacji i kontroli lasu. Pominięto między innymi dane o najmłodszym pokoleniu lasu – nalocie i podroście, które pozwalają dokładnie opisać proces odnawiania lasu różnowiekowego.



Ryc.

Rozkład liczby drzew i miąższości w stopniach grubości wielogatunkowego drzewostanu z przewagą jodły w fazie terminalnej jednostki kontrolnej 155

Distribution of tree number and volume in diameter classes in the multi-species stand with prevalence of fir in the terminal phase in control unit 155

Podsumowanie

- ✦ Drzewostanowa metoda inwentaryzacji i kontroli lasu oparta jest na teorii statystyki matematycznej, a szczególnie metody reprezentacyjnej.
- ✦ Metoda ta może znaleźć szczególne zastosowanie do inwentaryzacji lasów różnowiekowych, ponieważ opisuje zróżnicowanie struktury grubościowej i gatunkowej w pojedynczym drzewostanie oraz pozwala określić intensywność procesów: ubywania, dorastania i przyrastania.
- ✦ Wyniki inwentaryzacji podawane są wraz z określonym błędem średnim. Dokładność inwentaryzacji można zwiększyć przede wszystkim przez założenie większej liczby powierzchni próbnych.
- ✦ Dla stałej gęstości powierzchni próbnych w drzewostanie – 1 powierzchnia na 1ha, zasobność, przyrost miąższości oraz średnią liczbę drzew określono z błędem na ogół poniżej 15%.
- ✦ Wielkość ubytku oraz dorostu w pojedynczym drzewostanie określono z błędem od 20 do 70%. Wydaje się, że w miarę dokładne określenie intensywności procesów ubywania i dorastania możliwe jest na poziomie warstw, a nie pojedynczych drzewostanów.

Literatura

- Bracha Cz. 1996. Teoretyczne podstawy metody reprezentacyjnej. PWN, Warszawa.
- Bruchwald A. 2000. Wielkopowierzchniowa metoda określania miąższości obiektu leśnego oparta na losowaniu warstwowym. Sylwan 3: 5-17.
- Bruchwald A., Zajączkowski S. 2002. Obrębowa metoda inwentaryzacji lasu oparta na losowaniu warstwowym. Sylwan 10: 13-23.
- Instrukcja urządzania lasu. 2003. Centrum Informacyjna Lasów Państwowych. Warszawa.
- Przybylska K. 1977. Wyniki statystyczno-matematycznej metody kontroli zapasu i przyrostu w jedlinach Lasu pod Huzarami. Acta Agr. et Silv. Ser. Silv. t XVII, 66-80.

Rutkowski B., Poznański R., Przybylska K. 1972. Wstępne wyniki zastosowania statystyczno-matematycznego kontrolnego sposobu inwentaryzacji i kontroli w rezerwacie Turbacz im. Wł. Orkana w Gorcach. Zesz. Nauk. WSR Kraków, Leśn. 7: 45-65.

Rutkowski B. 1989. Urządzanie Lasu. Cz. I. Skrypty dla Szkół Wyższych AR, Kraków.

SUMMARY

Stand-level inventory and control method for uneven-aged forests

- ✦ Stand-level inventory and control method is based on the mathematical theory statistics and specifically on a representative method.
- ✦ This method can be useful in inventorying uneven-aged forests because it describes the variation in stem diameter and species structure in a specified stand and allows to define intensity of processes such as: loss, ingrowth and increment.
- ✦ Inventory results are provided with the given mean error. The inventory accuracy can be increased first of all by establishing greater number of sample plots.
- ✦ With the constant density of sample plots in a stand – 1 plot per 1 hectare, the growing stock, volume increment and mean number of trees could be determined with the error on average below 15%.
- ✦ The volume of mortality and ingrowth in a stand was determined with the error ranging from 20 to 70%. It is likely that quite the intensity of loss, ingrowth and increment processes can be quite precisely determined at the strata and not at the stand level.