

JAN BANAŚ, MAREK DROZD, STANISŁAW ZIĘBA, LESZEK BUJOCZEK

Zwiększenie efektywności inwentaryzacji lasu metodą losowania warstwowego

Improving effectiveness of forest inventory by stratified sampling

ABSTRACT

Banaś J., Drozd M., Zięba S., Bujoczek L. 2017. Zwiększenie efektywności inwentaryzacji lasu metodą losowania warstwowego. Sylwan 161 (10): 804-811.

The purpose of the stratification is to group stands basing on the homogeneity of the measured feature. During periodic forest inventory in Poland, strata are created on the basis of age and the main species in stand within the boundary of forest district. In this work an improvement of distinguishing the strata during the forest inventory is presented. Three variants are considered: (1) distinguishing homogeneous strata in boundary of the whole forest district, not separately in forest subdistricts, (2) splitting species-aged strata into homogeneous substrata with respect to site quality, and (3) dividing strata of stands in the regeneration class with respect to stand density. Study was conducted in four mountain forest districts located in the Kłodzko Basin (SW Poland). Total area of these stands amounted to 43,052 ha, where 6,648 sample plots were established during the periodic inventory. ANOVA was used to test significance of the differences in tree volume and to assess variability reducing in distinguished substrata. Results indicated that in stands with age up to 70 years mean volume of trees on the sample plot does not differ significantly between sites, but in older stands difference was significant. Dividing age-species strata of stands older than 70 years into substrata according to site conditions influenced reduction of volume variability from 10 to 57% in newly created substrata. Dividing strata consisted of stands in regeneration class according to stand density index allowed to decrease the volume variability from 9 to 20%. Mean volume of trees in stands on similar sites does not differ significantly between subdistricts in the same forest district. Strata distinguished within the whole forest district are bigger and represented by more sample plots than on the subdistrict level, which significantly reduced standard error of volume and improved effectiveness of stratification in forest inventory.

KEY WORDS

sampling design, inventory precision, stratified sampling

ADDRESSES

Jan Banaś ⁽¹⁾ – e-mail: rlbanas@cyf-kr.edu.pl
Marek Drozd ⁽²⁾, Stanisław Zięba ⁽¹⁾, Leszek Bujoczek ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Zakład Urządzania Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie; al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków

⁽²⁾ Biuro Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej Oddział w Brzegu; ul. Piastowska 9, 49-300 Brzeg

Wstęp

Efektywność jest określana poprzez porównanie uzyskanych efektów do poniesionych nakładów. W inwentaryzacji lasu zwiększenie efektywności ma miejsce w przypadku zwiększenia dokładności oraz zakresu informacji przy tym samym poziomie ponoszonych nakładów lub w przypadku zmniejszenia kosztów inwentaryzacji przy tym samym zakresie i dokładności wyników.

Wykonywana na potrzeby planowania urzędzeniowego okresowa inwentaryzacja zasobów drzewnych stanowi największy udział w kosztach sporządzania operatów urzędzeniowych, z tego względu zwiększenie jej efektywności ma istotny wymiar ekonomiczny. Bruchwald i Zajązkowski [2002a, b], przedstawiając założenia stosowanej obecnie w praktyce obrębowej metody inwentaryzacji, zwracali uwagę, że jej doskonalenie wiąże się ze znalezieniem trzeciej cechy (oprócz wieku i gatunku) będącej podstawą tworzenia warstw, przy czym cecha taka powinna być silnie związana z miąższością drzewostanu. Wchodzące do praktyki modele wzrostu wymagają odpowiedniego zakresu informacji nie tylko o miąższości, ale również o strukturze pierśnic czy wysokości drzew [Bruchwald 1986; Bruchwald i in. 1999]. Przy znacznym zróżnicowaniu drzewostanów w ramach warstw gatunkowo-wiekowych zmienność cech biometrycznych może być duża, a ich uśrednione wartości dla całej warstwy mogą istotnie odbiegać od rzeczywistych wartości w poszczególnych drzewostanach. Szczególnie dużym zróżnicowaniem wyróżnia się warstwa drzewostanów klasy odnowienia. W drzewostanach Kotliny Kłodzkiej współczynnik zmienności miąższości drzew na powierzchniach próbnych tej warstwy przekraczał 50% i był znacznie wyższy niż w drzewostanach poza okresem odnowienia starszych niż 40 lat [Banaś i in. 2017]. W praktyce klasa odnowienia, w odróżnieniu od pozostałych warstw stratyfikacyjnych, obejmuje drzewostany znacznie zróżnicowane pod względem wieku, a przede wszystkim zagęszczenia drzew, gdyż zaliczane są do niej drzewostany znajdujące się w początkowych etapach odnowienia o wysokim wskaźniku zadrzewienia, jak i drzewostany w etapach końcowych, z planowanymi cięciami uprawnymi o niskich wartościach zadrzewienia. Na małą dokładność inwentaryzacji na poziomie pojedynczych drzewostanów wskazują między innymi wyniki badań prowadzonych przez Jabłońskiego [2012] oraz Nowakowską i in. [2010].

Celem pracy była ocena trzech sposobów zwiększenia efektywności stratyfikacji w okresowej inwentaryzacji lasu: (1) podział warstwy drzewostanów klasy odnowienia według wskaźnika zadrzewienia, (2) zastosowanie typu siedliskowego lasu, oprócz wieku i gatunku głównego, do grupowania drzewostanów oraz (3) wyróżnianie warstw stratyfikacyjnych w ramach całego nadleśnictwa bez podziału na obręby.

Materiał i metody

W pierwszym etapie testowano możliwość zmniejszenia zmienności miąższości drzew na powierzchniach próbnych w warstwie drzewostanów klasy odnowienia. Zaproponowano podział tej warstwy według kryterium wskaźnika zadrzewienia na dwie podwarstwy. Do pierwszej zaliczono drzewostany o wskaźniku zadrzewienia większym od 0,5, a do drugiej odpowiednio o wskaźniku równym lub niższym niż 0,5. Przedmiotem analizy było sprawdzenie, czy średnia suma miąższości drzew na powierzchniach próbnych różni się istotnie pomiędzy wyróżnionymi podwarstwami. W dalszym etapie badano istotność wpływu typu siedliskowego lasu na miąższość drzew na powierzchni próbnej, grupując powierzchnie według warstw wiekowo-gatunkowo-siedliskowych. Weryfikację hipotezy przeprowadzono za pomocą analizy wariancji. Założenie o jednorodności wariancji ze względu na nierówne liczebności grup sprawdzano testem Browna-Forsythea. Gdy wyniki analizy wariancji wskazywały na występowanie różnic, zastosowano test *post-hoc*

RIR Tukeya dla nierównych licznosci, w celu stwierdzenia, między którymi siedliskowymi typami lasu średnie sumy miąższości drzew różnią się istotnie.

W kolejnym etapie analizowano zasadność grupowania drzewostanów w ramach całego nadleśnictwa, a nie poszczególnych obrębów. Pod uwagę wzięto dane z trzech nadleśnictw, w których były po dwa obręby. Analizy przeprowadzono tylko w przypadku, gdy w każdej z warstw danego typu siedliskowego lasu w obu obrębach założonych było co najmniej 10 powierzchni próbnych. Postawiono hipotezę o braku różnic w średniej miąższości drzew na powierzchni próbnej założonej w drzewostanach rosnących na tych samych siedliskach między obrębami w danym nadleśnictwie. Założenie o jednorodności wariancji weryfikowano testem Browna-Forshtya. Jeżeli warunek jednorodności wariancji był spełniony, to istotność różnic średnich miąższości drzew sprawdzano testem t-Studenta, natomiast w przypadku braku jednorodności wariancji w porównywanych grupach zastosowano test Cochran-Coxa.

Materiał badawczy stanowiły wyniki pomiarów na 6648 powierzchniach próbnych przeprowadzonych w trakcie okresowej inwentaryzacji lasu w nadleśnictwach: Bystrzyca Kłodzka, Łądek-Zdrój, Międzylesie oraz Zdroje. Badaniami objęto drzewostany o łącznej powierzchni 43 051,8 ha. Ich bliższa charakterystyka została przedstawiona w pracy Banasia i in. [2015]. Do szczegółowych analiz na poziomie warstw wybrano drzewostany świerkowe dominujące w badanych lasach (84% powierzchni) i występujące we wszystkich klasach wieku. Porównanie dokładności inwentaryzacji na poziomie obrębów i nadleśnictw przeprowadzono, obejmując badaniami wszystkie drzewostany w danym nadleśnictwie. Analizy statystyczne wykonano w programie Statistica 12.

Wyniki

Wskaźnik zadrzewienia okazał się efektywnym kryterium grupowania drzewostanów klasy odnowienia w bardziej jednorodne grupy. Różnice pomiędzy średnimi sumami miąższości wyróżnionych grup wynosiły od 30 do 44% i były statystycznie istotne ($P < 0,001$) we wszystkich analizowanych obrębach (tab. 1). Największe różnice występowały w obrębie Strachocin, gdzie średnie sumy miąższości w warstwie KO1 ($W_z > 0,5$) wynosiły $22,58 \text{ m}^3/0,05 \text{ ha}$, natomiast w warstwie KO2 ($W_z \leq 0,5$) – $12,61 \text{ m}^3/0,05 \text{ ha}$. Istotnie zmniejszył się zakres zmienności wewnątrzwarstwowej miąższości drzew. Podział grup drzewostanów w klasie odnowienia według wskaźnika zadrzewienia pozwolił na istotne obniżenie zmienności miąższości drzew w wyróżnionych grupach. Udział zmienności międzywarstwowej (pomiędzy warstwami KO1 i KO2) w zmienności całkowitej klasy odnowienia wynosił od 9% w obrębie Duszniki do 20% w obrębie Strachocin.

Tabela 1.

Średnia miąższość drzew na powierzchni próbnej [$\text{m}^3/0,05 \text{ ha}$] po stratyfikacji drzewostanów klasy odnowienia (KO) według wskaźnika zadrzewienia (1 – wskaźnik zadrzewienia $> 0,5$, 2 – wskaźnik zadrzewienia $\leq 0,5$) dla poszczególnych obrębów

Mean volume of trees on the sample plot [$\text{m}^3/0.05 \text{ ha}$] after stratification of the stands in regeneration class (KO) according to stand density index (1 – density index > 0.5 , 2 – density index ≤ 0.5) for individual sub-districts

	B1	B2	L1	L2	M1	M2	Z
KO	19,38	16,87	19,79	19,61	20,09	18,74	19,87
KO1	23,46	19,64	22,58	21,60	22,55	21,35	21,21
KO2	13,54	13,71	12,61	13,97	15,57	14,36	14,24
F	77,5	23,0	81,5	35,6	22,8	32,6	30,8
Efekt [%] Effect	17,2	9,3	19,6	12,6	11,4	11,1	8,6

B1 – Bystrzyca Kłodzka, B2 – Pokrzywno, L1 – Strachocin, L2 – Stronie Śląskie, M1 – Międzylesie, M2 – Międzygórze, Z – Duszniki

Efektywność typu siedliskowego lasu jako kryterium podziału warstw gatunkowo-wiekowych była zróżnicowana i w znacznym stopniu zależała od wieku drzewostanów. W większości przypadków w młodszych drzewostanach średnie sumy miąższości drzew nie różniły się istotnie pomiędzy grupami wyróżnionymi ze względu na typ siedliskowy lasu (tab. 2). Statystycznie istotne różnice (co najmniej pomiędzy dwoma typami siedliskowymi) zostały natomiast potwierdzone w większości starszych drzewostanów (powyżej 70 lat). W klasie odnowienia istotny wpływ typu siedliskowego lasu na średnie sumy miąższości stwierdzono w grupie drzewostanów o wyższym wskaźniku zadrzewienia (KO1). Natomiast w grupie drzewostanów o niskim wskaźniku zadrzewienia (KO2) w czterech na siedem obrębów porównywane średnie nie różniły się istotnie w warstwach siedliskowych.

W rezultacie przeprowadzonych testów *post-hoc* stwierdzono, że wykazywane w tabeli 2 różnice wynikały głównie z istotnych różnic pomiędzy siedliskami borów górskich i mieszanych górskich a siedliskami lasu górskiego i lasu mieszanego górskiego. Nie stwierdzano natomiast istotnych różnic średnich sum miąższości pomiędzy lasem mieszanym górskim a lasem górskim. Jako przykład przedstawiono średnie wartości uzyskane na poszczególnych siedliskach w obrębie Międzygórze (ryc.).

Podział warstw gatunkowo-wiekowych (od IV klasy wieku) według typu siedliskowego lasu pozwolił na obniżenie zmienności wewnątrzwarstwowej i zwiększenie dokładności inwentaryzacji. Efektywność tego kryterium podziału określono poprzez obliczenie udziału zmienności międzywarstwowej w zmienności całkowitej sumy miąższości drzew na powierzchniach próbnych (tab. 3). W większości wyróżnionych warstw siedliskowych zmienność międzywarstwowa była statystycznie istotna, a jej udział w zmienności całkowitej wynosił od 10% w klasie IVb w obrębie Stronie Śląskie do 56% w VI klasie wieku obrębu Międzylesie. Stwierdzono też, że miąższość drzew na powierzchni próbnej założonej na tych samych siedliskach nie różni się istotnie pomiędzy obrębami nadleśnictwa (tab. 4).

W metodzie obrębowej błędy średnie wynosiły przeciętnie od 22,8% w IIa klasie wieku do 3,3% w klasie odnowienia (tab. 5). Na poziomie obrębu średnia zasobność określana była z dokładnością 1,6%. Wyróżnianie warstw w ramach całego nadleśnictwa, uwzględniające dodatkowe

Tabela 2.

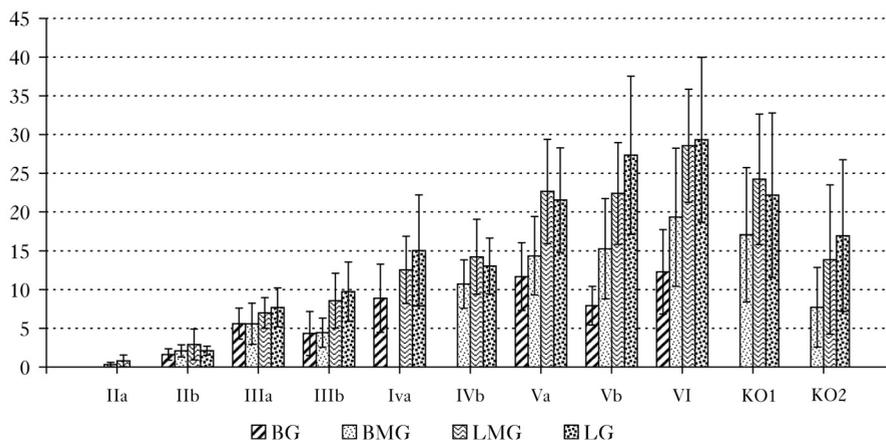
Wyniki analizy wariancji dla miąższości drzew na powierzchni próbnej z zastosowaniem typu siedliskowego lasu jako dodatkowego kryterium warstwowania według klas wieku

ANOVA results for volume of trees on sample plot with site type as additional criterion of stratification according to age classes (IIa – 21-30 years, IIb – 31-40 years, ..., VI – >100 years)

	A	B1	B2	L1	L2	M1	M2	Z
IIa	0,005	0,2	11,4 ⁺⁺	0,3	0,3	0,5	2,4	1,0
IIb	0,01	6,1 ⁺	5,0 ⁺	4,6 ⁺	0,1	1,1	0,6	0,8
IIIa	0,02	1,5	3,6	0,5	10,2 ⁺⁺	0,1	2,6	1,7
IIIb	0,02	0,2	0,2	3,2	2,7	1,2	19,3 ⁺⁺⁺	0,3
IVa	0,03	0,2	0,1	0,9	14,4 ⁺⁺⁺	7,2 ⁺	3,4	1,1
IVb	0,03	1,4	11,2 ⁺⁺⁺	8,3 ⁺⁺	3,1	5,5 ⁺⁺	4,0 ⁺	7,1 ⁺⁺
Va	0,04	1,4	16,6 ⁺⁺⁺	16,2 ⁺⁺⁺	14,5 ⁺⁺⁺	3,4 ⁺	9,7 ⁺⁺⁺	2,6
Vb	0,04	7,3 ⁺⁺	2,2	7,0 ⁺⁺⁺	15,6 ⁺⁺⁺	6,0 ⁺⁺	17,1 ⁺⁺⁺	4,7 ⁺
VI	0,05	0,7	9,1 ⁺⁺⁺	18,2 ⁺⁺⁺	23,5 ⁺⁺⁺	43,1 ⁺⁺⁺	70,0 ⁺⁺⁺	6,5 ⁺⁺
KO1	0,05	7,9 ⁺⁺⁺	2,4	6,4 ⁺⁺	4,0 ⁺	3,8 ⁺	4,7 ⁺⁺	17,1 ⁺⁺⁺
KO2	0,05	6,3 ⁺⁺⁺	1,1	3,5 ⁺	4,7 ⁺	2,8	2,7	0,6

⁺ p<0,05, ⁺⁺ p<0,01, ⁺⁺⁺ p<0,001

A – wielkość powierzchni próbnej [ha]; sample plot size [ha]
oznaczenia jak w tabeli 1; denotes as in table 1



Ryc.

Średnia (słupki) \pm błąd standardowy (wąsy) miąższość [m³] drzew na powierzchni próbnej założonej w drzewostanach obrębu Międzygórze na różnych siedliskach według klas wieku

Mean (bar) \pm standard error (whiskers) volume [m³] of trees on sample plot in stands in Międzygórze sub-district on different site types in age classes

Tabela 3.

Udział [%] zmienności międzywarstwowej w zmienności całkowitej po podziale warstw gatunkowo-wiekowych według siedlisk

Share [%] of inter-stratum variation in total variation after dividing age-species strata according to site type

	B1	B2	L1	L2	M1	M2	Z
IVb	6,3	17,0 ⁺⁺⁺	10,2 ⁺⁺	4,4	12,0 ⁺	12,0 ⁺	22,9 ⁺⁺
Va	2,8	21,8 ⁺⁺⁺	40,4 ⁺⁺⁺	14,8 ⁺⁺⁺	12,1 ⁺	29,6 ⁺⁺⁺	7,2
Vb	14,2 ⁺⁺	6,4	24,6 ⁺⁺⁺	30,6 ⁺⁺⁺	15,4 ⁺⁺	35,3 ⁺⁺⁺	11,4 ⁺
VI	1,5	17,1 ⁺⁺⁺	20,9 ⁺⁺⁺	30,1 ⁺⁺⁺	56,8 ⁺⁺⁺	55,7 ⁺⁺⁺	11,3 ⁺⁺
KO1	9,8 ⁺⁺⁺	4,0	5,1 ⁺⁺	4,3	4,5 ⁺	11,2 ⁺⁺	11,5 ⁺⁺⁺
KO2	11,1 ⁺⁺⁺	2,1	10,3 ⁺	13,2 ⁺	6,1	7,8	2,0

* p<0,05, ** p<0,01, ***p<0,001

oznaczenia jak w tabeli 1; denotes as in table 1

kryterium oparte o typ siedliskowy lasu, pozwoliło na istotne zwiększenie dokładności przy tej samej liczbie pomierzonych powierzchni próbnych. W ramach klas wieku średnia zasobność określana była z dokładnością od 16,3% w klasie IIa do 2,1% w klasie odnowienia. Na poziomie nadleśnictwa średnia zasobność określana była z dokładnością 1,0% (tab. 5).

Dyskusja

Zasadniczym elementem oceny danej metody inwentaryzacji jest jej efektywność, przy czym kryterium optymalizacji stanowi maksymalizacja dokładności wyników przy stałych kosztach lub minimalizacja kosztów przy założonym z góry, akceptowalnym poziomie dokładności [Saborowski i in. 2010]. Do inwentaryzacji większych obszarów leśnych (na poziomie obrębu czy nadleśnictwa) praktyczne zastosowanie mogą znaleźć metody cechujące się dostateczną dokładnością i jednocześnie małą pracochłonnością [Bruchwald 2000a, b]. Wymogi takie spełniają metody wykorzystujące łączenie drzewostanów w jednorodne warstwy. Cecha, według której grupowane są drzewostany, powinna być ściśle powiązana z główną cechą podlegającą inwentaryzacji – najczęściej jest nią miąższość. W stosowanej obecnie w praktyce obrębowej

Tabela 4.

Średnia miąższość drzew na powierzchni próbnej [m³] w drzewostanach na podobnych siedliskach (TSL) w obrębach danego nadleśnictwa według klas wieku

Mean volume [m³] of trees on sample plot in stands on similar site type (TSL) in subdistricts in particular forest districts according to age class

	TSL	B1	B2	L1	L2	M1	M2
I Ib	LMG			2,39	1,86	2,45	2,92
IIIa	BMG	8,87	7,03				
	LMG	7,58	7,89	6,31	7,26	7,68	6,99
IIIb	BMG	8,62	8,11			7,85*	4,44*
	LMG	9,19	8,44	10,05	9,15	9,23	8,57
IVa	BMG	15,24	14,01	11,04	8,65		
	LMG	16,11	14,26	12,88	14,85	15,67	12,56
IVb	BMG	13,42	12,62	10,87	12,30		
	LMG	16,40	16,72	15,29	14,49	15,49	14,23
Va	BMG	19,76*	15,94*	15,32	14,70		
	LMG	22,42	22,70	21,09	20,64	20,17	22,66
Vb	BMG	20,86	16,90	14,73	16,57		
	LMG	25,93*	20,52*	21,43	21,68	23,36	22,40
VI	BG			13,81	14,45	8,18*	12,29*
	BMG	25,02	23,68	19,97	18,78		
	LMG	26,50*	31,25*	26,24	25,84	28,11	28,55
KO1	BMG	18,98	18,37	18,06	18,04	19,56	17,07
	LMG	26,29*	21,39*	23,23	22,47	22,56	24,22
KO2	BMG	11,86	13,09				
	LMG	16,04	15,65	14,38	15,06	16,84	13,87
	LG	17,27	11,84			13,77	16,97

* – różnica istotna p<0,05; difference significant p<0,05

BG – montane coniferous forest, BMG – montane mixed coniferous forest, LG – montane broadleaved forest, LMG – montane mixed broadleaved forest

oznaczenia jak w tabeli 1; denotes as in table 1

Tabela 5.

Średni oraz najmniejszy i największy (w nawiasie) błąd [%] określania zasobności przy obrębowej stratyfikacji drzewostanów oraz w ramach nadleśnictwa dla klas wieku

Mean as well as minimum and maximum (in parentheses) error [%] of volume determination with stratification within the forest subdistrict (Obręb) and district (Nadleśnictwo) for age classes

	Obręb	Nadleśnictwo
I Ia	22,8 (15,0; 28,1)	16,3 (13,4; 21,4)
I Ib	12,3 (8,0; 16,5)	8,5 (6,6; 9,9)
IIIa	5,8 (5,3; 7,2)	4,2 (3,9; 4,3)
IIIb	5,7 (4,4; 7,7)	3,8 (3,8; 3,9)
IVa	6,9 (6,0; 7,9)	4,6 (4,5; 4,7)
IVb	4,5 (3,4; 5,4)	3,0 (2,7; 3,3)
Va	4,4 (3,3; 5,9)	2,8 (2,5; 3,2)
Vb	4,6 (3,8; 5,1)	2,9 (2,8; 3,0)
VI	3,9 (2,8; 5,0)	2,3 (1,8; 3,1)
KO	3,3 (2,8; 4,0)	2,1 (1,9; 2,2)
Razem		
Total	1,57 (1,41; 1,66)	1,02 (0,98; 1,07)

metodzie inwentaryzacji warstwy wyróżniane są ze względu na wiek i gatunek główny drzewostanu. Bruchwald [2000b] zwracał uwagę, że doskonalenie metody wiąże się z zastosowaniem trzeciej cechy będącej podstawą tworzenia warstw. Za rozwiązaniem takim przemawia również fakt, że liczba warstw jest mała w stosunku do liczebności próby [Bruchwald i in. 2003]. Jest więc możliwe zwiększenie liczby warstw przy zastosowaniu dodatkowych czynników pomocniczych, przy czym czynnik ten powinien być silnie powiązany z miąższością.

Jabłoński [2010] jako dodatkowe kryterium warstwowania zastosował bonitację, co wpłynęło na zwiększenie dokładności uzyskanych wyników dla inwentaryzowanego obiektu. W niniejszej pracy również analizowano możliwość zastosowania bonitacji drzewostanów jako dodatkowego kryterium wyróżniania warstw, uzyskując zbliżone rezultaty jak w przypadku tworzenia warstw według typu siedliskowego lasu (wyników analiz nie zamieszczono w artykule). W końcowym opracowaniu jako trzecie kryterium warstwowania, oprócz wieku i gatunku, wybrano typ siedliskowy lasu, gdyż jest to cecha bardziej stabilna, podlegająca mniejszym zmianom w czasie niż klasa bonitacji drzewostanów. Skwarek i Bijak [2015] do stratyfikacji drzewostanów podczas inwentaryzacji martwego drewna w lasach miejskich Warszawy wykorzystali oprócz wieku i gatunku głównego drzewostanu typ siedliskowy lasu.

Pomimo odpowiedniej dokładności inwentaryzacji starszych klas wieku (powyżej 70 lat) zmienność inwentaryzowanych cech w granicach tworzonych warstw gatunkowo-wiekowych jest znaczna [Banaś i in. 2017], co w dużej mierze przekłada się na niską dokładność określenia zasobności na poziomie pojedynczych drzewostanów. Dotyczy to zwłaszcza warstw o znacznym zróżnicowaniu siedlisk, co prowadzi do zawyżenia zasobności na ubogich siedliskach oraz ich zawyżenia na siedliskach żyznych.

Tworzenie warstw drzewostanowych w ramach całego nadleśnictwa sprzyja dalszemu podziałowi warstw gatunkowo-wiekowych na grupy drzewostanów jednorodnych pod względem siedliska (ewentualnie innej cechy) z uwagi na znacznie większą powierzchnię tych warstw i liczbę zakładanych w nich powierzchni próbnych. Wyróżniane w ten sposób warstwy charakteryzują się mniejszą zmiennością wewnątrzwarstwową, co w istotny sposób zwiększa dokładność inwentaryzacji.

Wnioski

- ✦ W obiektach leśnych o znacznym zróżnicowaniu siedlisk uśrednione zasobności dla warstw gatunkowo-wiekowych powodują znaczne zawyżenie zasobności dla drzewostanów rosnących na ubogich siedliskach i zaniżenie zasobności drzewostanów na siedliskach żyznych.
- ✦ Siedliskowy typ lasu jako kryterium wyróżniania warstw jest efektywny w drzewostanach starszych powyżej 70 lat. Udział zmienności miąższości związanej z siedliskiem w warstwach od IVb klasy wieku wynosi od 10 do 57% całkowitej zmienności miąższości. Zastosowanie tego czynnika jest uzasadnione, gdy na grupę drzewostanów o tym samym siedlisku przypada minimum 10 powierzchni próbnych.
- ✦ W drzewostanach klasy odnowienia efektywnym czynnikiem stratyfikacji jest wskaźnik zadrzewienia. Grupowanie drzewostanów o wskaźniku zadrzewienia większym od 0,5 oraz mniejszym bądź równym 0,5 pozwoliło w badanych drzewostanach na obniżenie całkowitej zmienności od 9 do 20%.
- ✦ Efektywność inwentaryzacji metodą warstwowania można znacznie zwiększyć, grupując drzewostany według siedliska w ramach całego nadleśnictwa bez podziału na obrębny. Średnie sumy miąższości drzew na powierzchniach próbnych założonych na zbliżonym siedlisku nie różnią się istotnie pomiędzy obrębami.

Literatura

- Banaś J., Drozd M., Bujoczek L., Zięba S., Zygmunt R. 2017. Dokładność określenia zasobności na poziomie warstw gatunkowo-wiekowych w obrębowej metodzie inwentaryzacji. *Sylwan* 161 (9): 715-722.
- Banaś J., Zięba S., Bujoczek L., Drozd M. 2015. Metoda określania średniego wieku gospodarstwa w przerębowo-zrębowym sposobie zagospodarowania. *Sylwan* 159 (9): 732-739.
- Bruchwald A. 1986. Simulation growth model MDI-1 for Scots pine. *Ann. Warsaw Agricult. Univ.-SGGW-AR, For. and Wood Technol.* 34: 47-52.
- Bruchwald A. 2000a. Wielkopowierzchniowa metoda określania miąższości obiektu leśnego opartej na losowaniu warstwowym. *Sylwan* 144 (3): 5-17.
- Bruchwald A. 2000b. Weryfikacja wielkopowierzchniowej metody określania miąższości obiektu leśnego opartej na losowaniu warstwowym. *Sylwan* 144 (6): 5-14.
- Bruchwald A., Dudek A., Dudzińska T., Michalak K., Wróblewski L., Zasada M. 1999. Model wzrostu dla drzewostanów świerkowych. *Sylwan* 143 (1): 19-31.
- Bruchwald A., Wójcik R., Zajączkowski S. 2003. Analiza dokładności obrębowej metody inwentaryzacji lasu opartej na losowaniu warstwowym. *Sylwan* 147 (5): 13-20.
- Bruchwald A., Zajączkowski S. 2002a. Obrębowa metoda inwentaryzacji lasu opartej na losowaniu warstwowym. *Sylwan* 146 (10): 13-23.
- Bruchwald A., Zajączkowski S. 2002b. Analiza porównawcza różnych sposobów inwentaryzacji lasu. *Sylwan* 146 (11): 5-13.
- Jabłoński M. 2010. Warstwowanie drzewostanów w statystycznej metodzie reprezentacyjnej pomiaru miąższości obrębu leśnego – praktyczna realizacja założeń. *Sylwan* 154 (6): 397-404.
- Jabłoński M. 2012. Dokładność szacowania miąższości drzewostanów sosnowych w trakcie prac urządzania lasu. *Sylwan* 157 (9): 643-649.
- Nowakowska J., Wójcik R., Sierdziński Z. 2010. Ocena dokładności określania zasobności drzewostanów w obrębowej metodzie inwentaryzacji zapasu. *Sylwan* 154 (8): 535-544.
- Saborowski J., Marx A., Nagel J., Böckmann T. 2010. Double sampling for stratification in periodic inventories – Infinite population approach. *Forest Ecology and Management* 260: 1886-1895.
- Skwarek K., Bijak S. 2015. Zasoby martwego drewna w lasach miejskich Warszawy. *Leśn. Pr. Bad.* 76 (4): 322-330.