

ARKADIUSZ BRUCHWALD, STANISŁAW MIŚCICKI, ELŻBIETA DMYTERKO,
KRZYSZTOF STEREŃCZAK, EMILIA WYSOCKA-FIJOREK

Porównanie sposobów określania składu gatunkowego drzewostanów obrębu leśnego*

Comparison of the methods of determining the tree species composition
of stands in a forest district

ABSTRACT

Bruchwald A., Miścicki S., Dmyterko E., Stereńczak K., Wysocka-Fijorek E. 2019. Porównanie sposobów określania składu gatunkowego drzewostanów obrębu leśnego. Sylwan 163 (5): 365-372. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2018159>.

In Polish forest management planning, the species composition of stands in a forest district is established by adding up the volumes of tree species from individual forest stands. These volumes are calculated according to the estimated share of species cover and the estimated volume of the entire forest stand. The species structure of stands in a forest district, established on the basis of such a method, may be different than that obtained from sample plots. The aim of the study was to compare three ways of determining the tree species structure of stands in a forest district. In Method 1, the species composition was estimated on the basis of the volume of trees measured on sample plots as part of a periodic forest inventory based on stratified sampling. The same data were used in Method 2, but the share of species was calculated on the basis of the basal area. In Method 3, the species structure was estimated according to the volume of trees estimated in each forest stand based on the cover of a given species. The empirical material was collected in 53 forest districts. In method 1 and 2, data from an average of 740 sample plots within the forest district were used. In Method 3, data from the forest stand descriptions contained in the database of the State Forests Information System were used. For each forest district, species composition was calculated, including 6 tree species and 8 groups of tree species. For all forest districts, the average shares of individual species and groups of species differed, depending on the applied method (tab. 1). In case of methods 1 and 2, the biggest difference was found for pine – the most numerous species – but it was also big for less numerous ones: birch and oak (tab. 2). In case of methods 1 and 3, the biggest difference in share was also found for pine (tab. 3). The greater the species diversity of a forest district (determined according to Simpson's index of diversity), the greater was the average difference in the estimated share of an individual species (figs. 1 and 2). The method of determining the species structure in a forest district used in forest management practice nowadays was considered insufficient. It was proposed to establish it in larger units (subclass, age class, forest district) only according to the volume of trees measured on the sample plots (without rounding and 'switching' of species), using the stratified sampling method.

KEY WORDS

basal area, cover, diversity, sample plot, survey, volume

*Publikacja powstała w ramach projektu REMBIOFOR „Teledetekcyjne określanie biomasy drzewnej i zasobów węgla w lasach” współfinansowanego ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach programu „Środowisko naturalne, rolnictwo i leśnictwo” BIOSTRATEG na podstawie umowy nr BIOSTRATEG1/267755/4/NCBR/2015.

ADDRESSES

Arkadiusz Bruchwald ⁽¹⁾ – e-mail: A.Bruchwald@ibles.waw.pl

Stanisław Miścicki ⁽²⁾ – e-mail: stanislaw_miscicki@sggw.pl

Elżbieta Dmyterko ⁽¹⁾ – e-mail: E.Dmyterko@ibles.waw.pl

Krzysztof Sterenczak ⁽³⁾ – e-mail: K.Sterenczak@ibles.waw.pl

Emilia Wysocka-Fijorek ⁽¹⁾ – e-mail: E.Wysocka-Fijorek@ibles.waw.pl

⁽¹⁾ Zakład Zarządzania Zasobami Leśnymi, Instytut Badawczy Leśnictwa; Sękocin Stary, ul. Braci Leśnej 3, 05-090 Raszyn

⁽²⁾ Katedra Urządzania Lasu i Ekonomiki Leśnictwa, SGGW w Warszawie; ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa

⁽³⁾ Zakład Geomatyki, Instytut Badawczy Leśnictwa; Sękocin Stary, ul. Braci Leśnej 3, 05-090 Raszyn

Wstęp

W praktyce leśnictwa bardzo ważna jest informacja o udziale gatunków drzew w jednostkach z szerokiego zakresu powierzchni – od drzewostanów po nadleśnictwa, a nawet jeszcze większe jednostki. Na poziomie poszczególnych drzewostanów porównanie fitocenozy wzorcowej z rzeczywistą jest jednym z najważniejszych czynników w planowaniu i realizacji prac hodowlanych. Podobne porównanie jest zalecane dla jednostek większych: administracyjnych (obrębów, nadleśnictw) lub geograficznych – nawet do poziomu krainy przyrodniczo-leśnej [Zielony 2001]. W tych przypadkach ocena służy średniookresowemu planowaniu urzędniowemu i kontroli zmian składu gatunkowego lasu, w tym dokonujących się w następstwie działań gospodarczych.

Niektóre badania wskazywały, że wykonywana w ramach prac urzędniowych ocena składu gatunkowego obrębu leśnego nie była dokładna. Utrudniało to ocenę bieżącego stanu lasu, a w przypadku określania okresowej zmiany udziału gatunków mogło wpłynąć na niepoprawne wyniki, a tym samym wnioski. W latach 1979-2003 strukturę gatunkową obrębu określano na podstawie sumy miąższości (zapasu) gatunków w drzewostanach objętych inwentaryzacją. Miąższość grubizny w danym drzewostanie, stanowiącym podstawową jednostkę inwentaryzacyjną, określano na podstawie pomiarów prób relaskopowych (w drzewostanach starszych niż 40 lat) lub szacowano wzrokowo (w drzewostanach w wieku 21-40 lat). Z powodu niewyróżniania gatunków domieszkowych oraz „zamiany” ich miąższości na rzecz gatunków podobnych lub głównych struktura gatunkowa obrębu lub parku narodowego różniła się od tej uzyskanej z pomiarów z użyciem powierzchni próbnych kołowych, w których nie dokonano „zamiany” gatunków nielicznych [Borecki i in. 1998; Miścicki 2012]. Po roku 2003 wprowadzono zmiany w sposobie inwentaryzacji lasu, na rzecz metody statystycznej opartej na losowaniu warstwowym [Zasępa 1972; Bracha 1996; Bruchwald, Zajączkowski 2002a, b]. Podstawową jednostką inwentaryzacyjną jest warstwa utworzona na podstawie wieku drzewostanów i panującego gatunku. Skład gatunkowy obrębu leśnego określa się przez sumowanie miąższości gatunków z poszczególnych drzewostanów [Instrukcja... 2003]. W drzewostanie miąższość danego gatunku drzewa jest określana na podstawie oszacowanego w terenie jego udziału, według tzw. pokrycia i oszacowanej (oraz wyrównanej w odniesieniu do danych z losowych kołowych powierzchni próbnych) miąższości całego drzewostanu. Struktura gatunkowa obrębu leśnego określona na podstawie takiego sposobu może być inna niż uzyskana z pomiarów losowych powierzchni próbnych.

Celem pracy było porównanie trzech sposobów określania struktury gatunkowej obrębu leśnego. W sposobie 1 skład gatunkowy ustalono na podstawie miąższości drzew zmierzonych na powierzchniach próbnych w ramach okresowej inwentaryzacji lasu opartej na losowaniu warstwowym [Bruchwald, Zajączkowski 2002a, b]. W sposobie 2 wykorzystano te same dane, ale udział

gatunków obliczono na podstawie pierścnicowego pola przekroju drzew. W sposobie 3 strukturę gatunkową określono według miąższości drzew oszacowanej w każdym drzewostanie na podstawie „pokrycia” danego gatunku.

Materiał i metody

Udział poszczególnych gatunków drzew w obrębie leśnym określono z uwzględnieniem specyfiki każdego z trzech wyróżnionych sposobów. W każdym z nich pominięto drzewostany I klasy wieku, bowiem nie podlegają one pomiarowi podczas prac z zakresu inwentaryzacji lasu.

Sposób 1. Przyjęto założenie, że miąższość drzewa może być wykorzystana do określenia udziału poszczególnych gatunków. Udział ten jest sumą miąższości gatunku drzewa w warstwie wyrażonej w procentach sumy miąższości warstw, a więc miąższości obrębu, i określa się go wzorem:

$$U_1 = 100 \cdot \frac{\sum Vg_i}{\sum V_i} \quad i = 3, 4, \dots, k \quad [1]$$

gdzie:

Vg_i – miąższość określonego gatunku lub grupy gatunków drzew w warstwie i ,

V_i – miąższość warstwy i ,

i – poszczególne warstwy od trzeciej do k (pominięto drzewostany I klasy wieku).

Sposób 2. Do określenia udziału poszczególnych gatunków drzew wykorzystuje się pierścnicową powierzchnię przekroju drzewa lub inaczej kwadrat jego pierśnicy. Udział gatunku lub grupy gatunków drzew określa się wzorem:

$$U_2 = 100 \cdot \frac{\sum dg_i^2}{\sum d_i^2} \quad i = 3, 4, \dots, k \quad [2]$$

gdzie:

dg_i – pierśnica drzewa określonego gatunku lub grupy gatunków drzew w warstwie i ,

d_j – pierśnica drzew należących do określonej warstwy i .

Sposób 3. Z bazy danych Systemu Informatycznego Lasów Państwowych (a na etapie prac urzędniowych z bazy programu Taksator) pozyskuje się dla każdego drzewostanu w obrębie leśnym: zapas grubizny, udział powierzchniowy (według rzutów koron) poszczególnych gatunków drzew oraz ich miąższość. Dla wybranego gatunku lub grupy gatunków drzew w obrębie określa się udział gatunku drzewa:

$$U_3 = 100 \cdot \frac{\sum Vg_i}{\sum V_i} \quad i = 3, 4, \dots, k \quad [3]$$

Wzór 3 ma taką samą postać jak wzór 1, ale w sposobie 1 wykorzystuje się dane z inwentaryzacji lasu (wyniki pomiarów na powierzchniach kołowych), a w sposobie 3 dane z taksacji lasu zawarte w bazie danych SILP. W sposobie 3 pominięto drzewostany I klasy wieku oraz drzewa opisane jako przestoje. Zestawiono wyniki dla gatunków (grup gatunków) drzew, które w opisie taksacyjnym miały wskazaną miąższość, a więc ich udział w składzie gatunkowym drzewostanu wynosił co najmniej 5%.

Dla każdego gatunku obliczono różnice udziału pomiędzy sposobami 1 i 2 oraz 1 i 3 w danym obrębie leśnym oraz średnio we wszystkich obrębach użytych w badaniach. Obliczono także średnią różnicę udziału dla pojedynczego gatunku występującego w składzie gatunkowym obrębu. Tę cechę wykorzystano do sprawdzenia, czy średnia różnica udziału gatunku zwiększa

się wraz ze zwiększaniem zróżnicowania gatunkowego obrębu. W tym celu obliczono zależność średniej różnicy udziału pojedynczego gatunku (między sposobami 1 i 2 oraz 1 i 3) od D – wskaźnika zróżnicowania Simpsona [Krebs 1994]:

$$D = 1 - \sum_{i=1}^S p_i^2 \quad [4]$$

gdzie:

- p_i – udział gatunku drzewa (ułamek dziesiętny),
- S – liczba gatunków drzew o udziale większym od 0.

W badaniach wykorzystano materiał empiryczny zebrany w 53 obrębach leśnych (dane źródłowe prac z zakresu urządzania lasu). Stosując metodę losowania warstwowego, w której warstwy utworzono na podstawie gatunku głównego i jego wieku, założono łącznie ponad 40 tysięcy powierzchni próbnych o wielkości 50-500 m². Średnia liczba powierzchni próbnych w obrębie wynosiła 740. Rozpatrywano 6 gatunków i 8 grup gatunków drzew. Pojedynczymi gatunkami drzew były: sosna zwyczajna, świerk pospolity, jodła pospolita, modrzew europejski, buk zwyczajny i grab pospolity, a grupami gatunków: dąb (szypułkowy, bezszypułkowy, czerwony), brzoza (broadkowata, omszona), olsza (czarna, szara), jesion (wyniosły, pensylwański), klon (jawor, zwyczajny, polny), topola (biała, czarna), pozostałe iglaste (cis, daglezja, różne gatunki sosen poza zwyczajną, żywotniki) i pozostałe liściaste (w tym: robinia, jarząb, kasztanowiec, lipa, osika, wierzby).

Wyniki

Średni udział poszczególnych gatunków i grup gatunków drzew różnił się w zależności od sposobu obliczenia (tab. 1). W przypadku sposobów 1 i 2 największa różnica dotyczyła sosny – gatunku

Tabela 1.

Średni udział [%] gatunków dla obrębu uzyskany trzema sposobami (1-3)
Average share [%] of tree species in a forest district obtained by three methods (1-3)

	1	2	3
So	66,25	63,65	68,35
Św	7,01	6,51	7,01
Md	1,32	1,47	0,99
Jd	0,80	0,79	0,91
igl	0,07	0,13	0,11
Db	6,94	8,05	6,57
Brz	5,69	8,02	5,82
Ol	5,06	4,87	4,76
Bk	3,73	4,33	3,39
Gb	0,64	0,31	0,17
Jw	0,47	0,21	0,15
Js	0,31	0,56	0,22
Tp	0,26	0,13	0,10
lsc	1,46	0,97	1,45

sposób 1 – miąższości drzew zmierzonych na powierzchniach próbnych w obrębie leśnym, sposób 2 – pierścnicowego pola przekroju drzew zmierzonych na powierzchniach próbnych w obrębie leśnym, sposób 3 – miąższości danego gatunku jako iloczynu oszacowanego wzrokowo udziału według „pokrycia” i zapasu danego drzewostanu i zsumowania danych ze wszystkich drzewostanów obrębu leśnego; igl – pozostałe iglaste, lsc – pozostałe liściaste

method 1 – volume of trees measured on sample plots located in a forest district, method 2 – basal area of trees measured on sample plots located in a forest district, method 3 – the volume of a given species in each forest stand obtained using data on the estimated share of the species cover and volume of the entire forest stand; So – Scots pine, Św – Norway spruce, Md – European larch, Jd – silver fir, igl – other conifers, Db – oaks, Brz – silver birch, Ol – alders, Bk – European beech, Gb – common hornbeam, Jw – sycamore, Js – European ash, Tp – poplars, lsc – other deciduous

najliczniejszego – ale była także duża dla gatunków mniej licznych: brzozy i dębu (tab. 2). W przypadku tych trzech gatunków odchylenie standardowe różnic udziału było duże – większe niż 2%. W niektórych obrębach różnica udziału sosny, dębu lub brzozy przekroczyła 10%. Średnia różnica udziału pojedynczego gatunku w danym obrębie leśnym wynosiła ponad 1,1%. W grupie gatunków iglastych wystąpiły dodatnie, jak i ujemne średnie różnice udziałów (tab. 2). To samo dotyczyło grupy gatunków liściastych.

W przypadku sposobów 1 i 3 największa różnica udziału także dotyczyła sosny i wynosiła ponad 2% (tab. 3). Jednak średni udział żadnego z pozostałych gatunków nie różnił się więcej niż o 0,6%. W przypadku większości gatunków mniejsze było także (w stosunku do sposobów 1 i 2) odchylenie standardowe różnic udziałów gatunków drzew. Tylko w przypadku świerka stwierdzono, że w jednym obrębie leśnym jego udział obliczony sposobami 1 i 3 różnił się więcej niż o 10%. Średnia różnica udziału pojedynczego gatunku w danym obrębie leśnym wynosiła 0,8%. Udział wszystkich gatunków liściastych (z wyjątkiem brzozy) określony sposobem 3 był mniejszy niż określony sposobem 1 (tab. 3). Większy udział brzozy (według sposobu 3) można tłumaczyć faktem znanym w taksacji, że z powodu jasnej barwy pnia jej udział bywa przeszacowany. Z kolei udział gatunków iglastych (z wyjątkiem modrzewia i świerka) określony sposobem 3 był większy niż określony sposobem 1. W przypadku modrzewia mogło to wynikać z zaniżania jego udziału podczas taksacji wzrokowej, gdy występował w zmieszaniu jednostkowym w towarzystwie gatunków iglastych, a zwłaszcza sosny.

Im większe było zróżnicowanie gatunkowe obrębu leśnego, tym większa była średnia różnica określenia udziału pojedynczego gatunku drzewa. Stwierdzono to w przypadku sposobów 1 i 2 (ryc. 1), jak i sposobów 1 i 3 (ryc. 2). W obu przypadkach siła związku była podobna – wartość współczynnika korelacji prostoliniowej wyniosła odpowiednio $r=0,55$ i $r=0,56$ i był to związek istotny ($p<0,001$).

Tabela 2.

Różnica udziału [%] gatunków uzyskanych sposobami 2 i 1: średnia dla wszystkich obrębów (Mtot) oraz średnia (M), odchylenie standardowe (SD), minimum i maksimum (odpowiednio Min i Max) dla obrębów z danym gatunkiem

Difference in the species share [%] estimated using method 2 and 1: mean for all studied forest districts (Mtot) as well as mean (M), standard deviation (SD), minimum and maximum (Min and Maks, respectively) for districts with given species

	Mtot	M	SD	Min	Maks
So	-2,59	-2,59	4,15	-12,7	9,2
Św	-0,49	-0,49	2,53	-12,4	7,1
Md	0,15	0,15	0,65	-1,2	1,8
Jd	-0,01	-0,01	1,31	-6,4	1,8
igl	0,06	0,08	0,26	-0,8	1,0
Db	1,11	1,11	2,71	-3,5	12,4
Brz	2,32	2,32	2,36	-3,5	14,1
Ol	-0,19	-0,19	1,23	-3,3	3,2
Bk	0,60	0,64	1,94	-8,4	5,7
Gb	-0,33	-0,35	0,47	-2,0	0,3
Jw	-0,26	-0,27	0,52	-2,5	0,3
Js	0,25	0,26	0,52	-1,6	1,9
Tp	-0,13	-0,24	0,81	-3,8	1,1
lsc	-0,49	-0,49	0,87	-2,4	3,0
m	-	1,14	0,57	0,4	3,0

m – średnio dla jednego gatunku w składzie gatunkowym obrębu; average for one species in the stand composition of a forest district

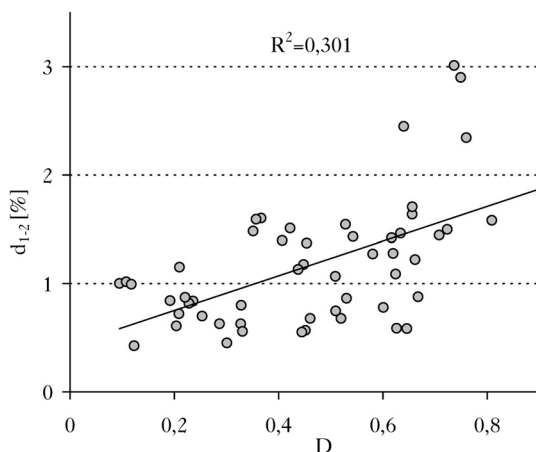
Tabela 3.

Różnica udziału [%] gatunków uzyskanych sposobami 3 i 1: średnia dla wszystkich obrębów (Mtot) oraz średnia (M), odchylenie standardowe (SD), minimum i maksimum (odpowiednio Min i Max) dla obrębów z danym gatunkiem

Difference in the species share [%] estimated using method 3 and 1: mean for all studied forest districts (Mtot) as well as mean (M), standard deviation (SD), minimum and maximum (Min and Maks, respectively) for districts with given species

	Mtot	M	SD	Min	Maks
So	2,10	2,10	2,98	-5,6	9,3
Św	0,00	0,00	0,97	-2,7	11,0
Md	-0,32	-0,32	0,40	-1,3	0,3
Jd	0,11	0,40	1,26	-2,4	4,7
igl	0,04	0,08	0,20	-0,3	0,6
Db	-0,37	-0,38	1,77	-5,3	5,3
Brz	0,13	0,13	0,97	-1,5	2,7
Ol	-0,30	-0,30	1,17	-4,3	2,0
Bk	-0,34	-0,40	0,85	-7,9	2,2
Gb	-0,48	-0,54	0,83	-3,0	2,0
Jw.	-0,32	-0,38	0,42	-1,6	0,0
Js	-0,09	-0,14	0,27	-1,3	0,3
Tp	-0,16	-0,40	1,05	-4,4	0,9
lsc	-0,01	-0,01	0,91	-2,4	3,6
m	-	0,81	0,36	0,2	1,7

m – średnio dla jednego gatunku w składzie gatunkowym obrębu; average for one species in the stand composition of a forest district

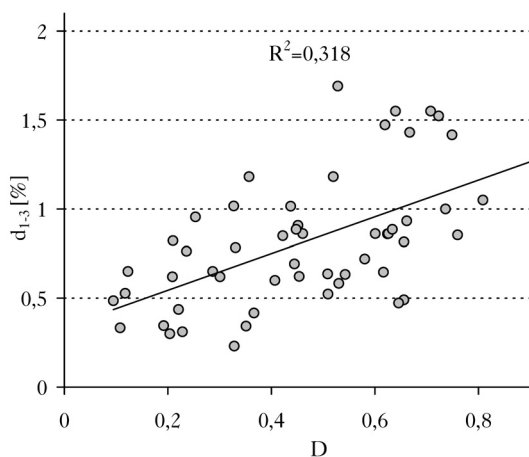


Ryc. 1.

Zależność średniej różnicy udziału pojedynczego gatunku między sposobami 1 i 2 ($d_{1,2}$) a wskaźnikiem zróżnicowania gatunkowego Simpsona (D) w obrębie leśnym określonym na podstawie danych uzyskanych w sposobie 1
Relationship between the average difference in share of a single species between methods 1 and 2 ($d_{1,2}$) and the Simpson's index of diversity (D) in a forest district estimated on the basis of data applied in the method 1

Dyskusja

Badając w niniejszej pracy trzy sposoby określenia składu gatunkowego na poziomie obrębu leśnego, uzyskano różne rezultaty. W sposobach 1 i 2 użyto tych samych danych źródłowych, ale różne były sposoby określenia miąższości, a więc i proporcji gatunków drzew. Sposób 2, w którym wykorzystano pierśnicowe pole przekroju, był bliższy sposobowi stosowanemu w praktyce – czyli ustaleniu udziału gatunków na podstawie tzw. pokrycia (sposób 3). W sposobie 1 udział gatunków określono na podstawie miąższości drzew. Można go potraktować jako wzorec, choć należy pamiętać, że wynik uzyskano na podstawie próby, a więc nie był bezbłędny. W porównaniu z nim



Ryc. 2.

Zależność średniej różnicy udziału pojedynczego gatunku między sposobami 1 i 3 ($d_{1,3}$) a wskaźnikiem zróżnicowania gatunkowego Simpsona (D) w obrębie leśnym określonym na podstawie danych uzyskanych w sposobie 1

Relationship between the average difference in share of a single species between methods 1 and 3 ($d_{1,3}$) and the Simpson's index of diversity (D) in a forest district estimated on the basis of data applied in the method 1

w 3 sposobie nastąpiło niedoszacowanie udziału poszczególnych gatunków liściastych (bez brzozy) i przeszacowanie udziału większości gatunków iglastych. Rozbieżności były tym większe, im bardziej złożony był skład gatunkowy obrębu. Oznacza to, że sposób 3 – stosowany w praktyce – jest najmniej dokładny. O ile w oszacowaniu składu gatunkowego poszczególnych drzewostanów jest on wystarczający i dobrze określa znaczenie hodowlane gatunków (według pokrycia), to nie jest poprawny w przypadku agregowania danych z wielu drzewostanów w celu uzyskania wyniku dla większej jednostki. Ta niepoprawność wyniku może wynikać z:

- systematycznego błędu oszacowania wzrokowego udziału poszczególnych gatunków,
- niewykazywania gatunków domieszkowych (o udziale poniżej 5%), a dodawania ich miąższości do innych gatunków (przez co zaniżany jest udział gatunków rzadko występujących, a zawyżany gatunków najczęstszych),
- braku precyzyjnych kryteriów w Instrukcji... [2012] dotyczących szacowania udziału gatunków według pokrycia,
- niestosowania przelicznika (jest nieznanym) „udział gatunku według pokrycia/udział gatunku według miąższości”.

W niektórych obrębach leśnych, np. o intensywnym przekształcaniu składu gatunkowego drzewostanów lub o dużym znaczeniu w ochronie przyrody, ważna jest ocena zmian składu gatunkowego w danym okresie (np. 10 lat), gdyż wykorzystywanie danych z różnych terminów, ale z nieodpowiednio określoną miąższością i udziałem poszczególnych gatunków, może wpływać na błędne wnioski. W takich obiektach lepszym rozwiązaniem byłoby stosowanie stałych powierzchni próbnych, jak m.in. w pomiarach lasów w parkach narodowych w Polsce [Chwistek 2007, 2010; Gazda, Miścicki 2016].

Wnioski

✦ Wynik oszacowania składu gatunkowego drzew obrębu leśnego na podstawie danych taksacyjnych (oszacowanych wzrokowo) z poszczególnych drzewostanów różnił się tym bardziej w stosunku do danych z pomiaru miąższości drzew na powierzchniach próbnych, im większe było zróżnicowanie gatunkowe obrębu. Można zatem przypuszczać, że skład gatunkowy danego drzewostanu jest tym mniej dokładnie oszacowany, im więcej gatunków w nim występuje.

✚ Stosowany w praktyce urządzania lasu sposób określania udziału gatunków drzew w obrębie leśnym (poprzez określenie miąższości danego gatunku jako iloczynu udziału według „pokrycia” i miąższości danego drzewostanu, a następnie sumowanie danych ze wszystkich drzewostanów obrębu) jest najmniej dokładny. Zaproponowano określanie składu gatunkowego: (1) poszczególnych drzewostanów – tak jak dotychczas (może być na podstawie „pokrycia gatunku”), (2) większych jednostek (podklas, klas wieku, obrębu leśnego) – tylko według miąższości drzew zmierzonej na powierzchniach próbnych (bez zaokrągleń i „zamiany” gatunków), stosując dotychczasową metodę losowania warstwowego.

Literatura

- Borecki T., Miścicki S., Nowakowska J., Wójcik R. 1998. Problemy okresowej inwentaryzacji stanu lasu – stan obecny i perspektywy. *Sylvan* 142 (6): 29-39.
- Bracha C. 1996. Teoretyczne podstawy metody reprezentacyjnej. PWN, Warszawa.
- Bruchwald A., Miścicki S., Dmyterko E., Stereńczak K. 2017. Ocena dokładności obrębowej metody inwentaryzacji lasu opartej na losowaniu warstwowym. *Sylvan* (161) 11: 909-916. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2017101>.
- Bruchwald A., Zajączkowski S. 2002a. Obrębowa metoda inwentaryzacji lasu oparta na losowaniu warstwowym. *Sylvan* 146 (10): 13-23.
- Bruchwald A., Zajączkowski S. 2002b. Analiza porównawcza różnych sposobów inwentaryzacji lasu. *Sylvan* 146 (11): 5-13.
- Chwistek K. 2007. Kierunki i dynamika zmian składu gatunkowego i struktury drzewostanów Ojcowskiego Parku Narodowego w latach 1990-2003. *Prądnik. Prace Muz. Szafera* 17: 95-111.
- Chwistek K. 2010. Zmiana składu gatunkowego i struktury drzewostanów Gorczańskiego Parku Narodowego w latach 1992-2007. *Ochrona Beskidów Zachodnich* 3: 79-92.
- Gazda A., Miścicki S. 2016. Prognoza rozwoju drzewostanów lasu naturalnego z wykorzystaniem modelu według klas wymiarów. *Sylvan* (160) 3: 207-218. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2015053>.
- Instrukcja urządzania lasu 2003. Państwowe Gospodarstwo Leśne Lasy Państwowe, Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa.
- Instrukcja urządzania lasu 2012. Państwowe Gospodarstwo Leśne Lasy Państwowe, Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa.
- Krebs C. J. 1994. *Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance*. 5th ed. Harper Collins College Publishers, NY, US.
- Miścicki S. 2012. Structure and dynamics of temperate lowland natural forest in the Białowieża National Park, Poland. *Forestry* 85 (4): 473-483.
- Zasępa R. 1972. Metoda reprezentacyjna. PWE, Warszawa.
- Zielony R. 2001. Siedliskowo-wiekowo-strukturalna metoda oceny zgodności fitocenozy leśnej z siedliskiem – podstawy teoretyczne. W: Zielony R. [red.]. *Zgodność fitocenozy z biotopem w ekosystemach leśnych*. Fundacja Rozwój SGGW, Warszawa. 174-207.