

RYSZARD POZNAŃSKI

Cechy i wskaźniki zróżnicowania lasów różnowiekowych w różnych stadiach rozwoju

Characteristics and indicators of uneven-aged forest diversity
at different developmental stages

ABSTRACT

Poznański R. 2008. Cechy i wskaźniki zróżnicowania lasów różnowiekowych w różnych stadiach rozwoju . Sylwan 9: 21-30.

The paper presents the results of assessment of the characteristics and indicators of uneven-aged forest diversity based on natural convention for different stages of development. The assessed characteristics and indicators included: the average diameter at breast height, natural self-thinning of trees, relative and real stocking and the variation in dbh distribution structure.

KEY WORDS

characteristics and indicators of forest diversity in natural convention, uneven-aged forests, developmental stages

ADDRESSES

Ryszard Poznański – Katedra Urządzania Lasu; Uniwersytet Rolniczy;
Al. 29 Listopada 46; 31-425 Kraków; e-mail: rpoznanski@ar.krakow.pl

Wstęp

Specyficzna postać (wygląd, forma) lasów różnowiekowych nie znalazła jak dotąd odzwierciedlenia w zapisach instrukcji urządzania lasu, a także w ich wskaźnikowej charakterystyce. Lasy różnowiekowe traktuje się jak równowiekowe z wszelkimi wynikającymi z tego konsekwencjami. Wyróżnia się w nich bowiem drzewostany na podstawie wieku i innych cech taksacyjnych, charakterystycznych dla lasów równowiekowych, co jest czynnością trudną, a w wielu przypadkach niemożliwą do wykonania. Trudności te wynikają z tego, że w lasach różnowiekowych, zróżnicowanie wieku dotyczy pojedynczych drzew, a nie całego drzewostanu, i z tego powodu wiek drzew zastępowany jest przez ich grubość, a za miarę ich wiekowego zróżnicowania przyjmuje się określone typy rozkładu pierśnic.

W praktyce gospodarczej lasy różnowiekowe charakteryzuje się i porównuje za pomocą takich samych cech i wskaźników jak lasy równowiekowe, tj.: średniej pierśnicy i średniej wysokości oraz bonitacji wzrostowej, zadrzewienia, zagęszczenia i innych ustalanych na podstawie wieku drzewostanu, a nie wieku pojedynczych drzew. Użyteczność tak ustalanych wskaźników jest niska, fałszywie bowiem odwzorowują złożoną postać i strukturę lasów różnowiekowych. Wynika więc z tego potrzeba opracowania cech i wskaźników zróżnicowania, odpowiednich dla szczególnej postaci i struktury lasów różnowiekowych.

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie wyników oszacowania cech zróżnicowania lasów różnowiekowych oraz odpowiadających im wskaźników w konwencji przyrodniczej.

Materiał i metodyka

Do określenia cech i wskaźników zróżnicowania lasów różnowiekowych przyjęto 35 drzewostanów o strukturze przerębowej lub do niej zbliżonej, w tym 30 litych drzewostanów jodłowych w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym w Krynicy oraz 5 wielogatunkowych drzewostanów liściastych w Obiekcie Doświadczalnym „Las Wolski” k/Krakowa.

W latach siedemdziesiątych ubiegłego wieku w przyjętych do badań drzewostanach, w statystyczno-matematycznym systemie inwentaryzacji, założono w siatce kwadratów o boku 100 m stałe, kołowe kontrolne powierzchnie próbne o powierzchni 5 arów. Na tych powierzchniach, co 5-8 lat prowadzono okresowe pomiary kontrolne. Materiał badawczy obejmuje wyniki pomiarów kontrolnych wykonanych w każdym z tych 35 drzewostanów od 1 do 5 razy w latach 1976-2004.

W celu ustalenia cech i wskaźników zróżnicowania lasów zastosowano jednolity system obliczenia miąższości drzew w stopniach grubości i ogółem za pomocą odpowiedniej krzywej miąższości. Najpierw oszacowano miąższość pojedynczych drzew (v) położonych we współśrodkowych jednoarowych kołach i pomierzonych na początku oraz na końcu okresu kontrolnego. Z tabel miąższości drzew stojących ustalono miąższość tych drzew za pomocą wzoru

$$v = f(d, h)$$

Następnie, biorąc jedynie pierśnicę (d) i miąższość (v) tych drzew, metodą najmniejszych kwadratów obliczono współczynniki A_0 , A_1 i A_2 krzywej miąższości

$$V = A_0 + A_1 \cdot d + A_2 \cdot d^2$$

Drzewa poszczególnych gatunków zgrupowano w stopnie grubości o szerokości 4 cm zaczynając od stopnia o wartości środkowej równej 9 cm. Następnie, za pomocą odpowiednich krzywych miąższości, określono miąższość poszczególnych (i -tych) gatunków (vi) oraz łączną miąższość wszystkich gatunków drzew każdej powierzchni próbnej o numerze j ($j=1\dots k$) według wzoru:

$$vij = \sum_{j=1}^i vij$$

Na tej podstawie obliczono średnią zasobność oraz liczbę drzew i -tego gatunku na hektar oraz dwie cechy zróżnicowania lasów różnowiekowych: średnią zasobność i średnią liczbę drzew na hektar (V_{1ha} , N_{1ha}). Dodatkowo wyznaczono strukturę grubościową lasu w postaci rozkładu liczby drzew na stopnie grubości. Zastosowano następujące wzory:

$$V_{1ha,j} = \frac{1}{n \cdot p} \sum_{i=1}^n vij$$

$$N_{1ha,j} = \frac{1}{n \cdot p} \sum_{i=1}^n nij$$

$$V_{1ha} = \frac{1}{n \cdot p} \sum_{i=1}^n vi$$

$$N_{1ha} = \frac{1}{n \cdot p} \sum_{i=1}^n ni$$

gdzie:

n – liczba drzew,

p – wielkość powierzchni próbnej w ha (0,05 ha).

Średnią pierśnicę (\bar{d}) [cm] obliczono jako średnią arytmetyczną pierśnic według wzoru:

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^k di}{n}$$

Pozostałe trzy cechy zróżnicowania lasów różnowiekowych obliczono w sposób zaproponowany przez Rutkowskiego [1967].

Cechę wydzielenia/zmniejszania się liczby drzew w stopniach grubości (a) wyznaczono jako odwrotność średniej pierśnicy (\bar{d}) pomniejszonej o wartość stanowiącą dolny próg pomiaru (b)

$$a = \frac{1}{\bar{d} - b}$$

Cechę relatywnego zagęszczenia drzew w stopniach grubości (k), czyli tzw. gęstość relatywną, obliczono za pomocą wzoru:

$$k = \frac{a}{e^{-ab} - e^{-abmax}}$$

gdzie:

- e – podstawa logarytmów naturalnych,
- b – dolny próg pomiaru pierśnic,
- $bmax$ – pierśnica maksymalna,
- a – cecha zmniejszania się liczby drzew w stopniach grubości.

Cechę zróżnicowania struktury rozkładu pierśnic (q), czyli tzw. parametr Liocourta, obliczono za pomocą zmodyfikowanego przez Rutkowskiego [1972] wzoru Liocourta [Meyer 1933]:

$$q = \frac{1}{e^{-a\varepsilon}}$$

gdzie:

- ε – szerokość stopnia grubości,
- a – cecha zmniejszania się liczby drzew w stopniach grubości.

Procedura ustalenia wskaźników zróżnicowania lasów różnowiekowych w konwencji przyrodniczej

Wskaźniki zróżnicowania lasów różnowiekowych w konwencji przyrodniczej (W_p) ustalono dzieląc różnicę wartości cechy występującej w rzeczywistości (x_{rz}) i wartości średniej tej cechy (\bar{x}) przez odchylenie standardowe S_x [Rutkowski 1972; Poznański 2008].

$$W_p = \frac{x_{rz} - \bar{x}}{S_x}$$

Za normę porównawczą przyjęto ustalone empirycznie wartości średnie danej cechy populacji drzew, tj. a , k , q , d oraz N i potraktowano je jako biologiczne normy porównawcze – rozwojowe, zmienne w czasie [Malinowski 1982]. Ze względu na silne zróżnicowanie średniej zasobności w stopniach grubości, cechy tej nie uwzględniono przy ustalaniu wskaźników zróżnicowania lasów różnowiekowych.

Podstawę do ustalenia wskaźników zróżnicowania lasów różnowiekowych w konwencji przyrodniczej, stanowią ustalone empirycznie średnie i odchylenia standardowe wyróżnionych cech zróżnicowania lasów różnowiekowych, które zawarto w tabeli 1.

Wskaźniki zróżnicowania lasów różnowiekowych obliczono za pomocą następujących wzorów:

Tabela 1.

Średnie wartości i odchylenia standardowe cech zróżnicowania lasów różnowiekowych
Mean values and standard deviations for uneven-aged forest diversity characteristics

	N_{1ha}	d	Cecha		
			a	k	q
Odchylenie standardowe	196	4,0	0,0185	0,0509	0,0543
Średnia	581	21,1	0,0759	0,1353	0,7407

N_{1ha} – liczba drzew na hektar; d – średnia pierśnica; a – zmniejszenie liczby drzew w stopniach grubości; k – zagęszczenie drzew w stopniach grubości; q – zróżnicowanie struktury pierśnic

N_{1ha} – number of trees per hectare; d – average diameter at breast height; a – decline in the number of trees in diameter classes; k – density of trees in diameter classes; q – dbh structure diversity

$$W_a = \frac{a - 0,0759}{0,0185}$$

$$W_k = \frac{k - 0,1353}{0,0509}$$

$$W_q = \frac{q - 0,7407}{0,0543}$$

$$W_d = \frac{d - 21,1}{4}$$

$$W_N = \frac{N_{1ha} - 581}{196}$$

gdzie:

a, k, q, d oraz N_{1ha} oznaczają rzeczywiste wartości odpowiednio cech: wydzielania drzew, relatywnego zagęszczenia, zróżnicowania struktury rozkładu pierśnic, średniej pierśnicy i rzeczywistego zagęszczenia drzew na hektar

Obliczone w powyższy sposób wskaźniki stanowią standaryzowane wartości zmiennych cech zróżnicowania lasów różnowiekowych. Standaryzacja ta oznacza, że ich średnie są równe zero, a odchylenia standardowe – 1. W jej wyniku nastąpiła transformacja wartości zmiennych cech mianowanych na niemianowane, co umożliwi porównywanie drzewostanów różnowiekowych występujących w różnych warunkach siedliskowych oraz określenie ich potrzeb hodowlanych.

Stadia rozwoju lasów różnowiekowych

Postać lasów różnowiekowych jest bardzo złożona w każdym ich miejscu i fragmencie, a sposób tego złożenia zmienia się od miejsca do miejsca, od płatu do płatu roślinności leśnej. Wyrazem różnowiekowości lasów jest rozkład pierśnic, czyli rozkład liczby drzew w poszczególnych stopniach grubości. W jego szerokiej zmienności znajduje swoje odzwierciedlenie zróżnicowana budowa lasu oraz jego różnowiekowe i wielogeneracyjne złożenie [Rutkowski 1989].

W lasach różnowiekowych rozkład pierśnic bywa rozmaity. Może być to rozkład normalny według dwuramienną krzywej Gaussa, a budowa lasu, pomimo jego wielogeneracyjnego złożenia, będzie jednopiętrowa. Drzewa różnego wieku wykazują wtedy podobne wymiary pierśnic i wysokości, a przedział zmienności jest szerszy niż w drzewostanach jednowiekowych. Wymiary większości drzew są zgrupowane wokół średniej, a postać lasu upodabnia się do postaci prostej, charakterystycznej dla drzewostanów jednowiekowych. Drugą skrajność stanowi postać lasu najbardziej zróżnicowana. Jej charakterystyczną cechą jest rozkład pierśnic według krzywej jednoramienną (np. Liocourta-Meyera), co odpowiada rozkładowi wieku

poszczególnych drzew [Meyer 1933; Rutkowski 1967]. Pomiędzy tymi skrajnościami zdarzają się rozkłady odbiegające od obu krzywych.

W związku z takim zróżnicowaniem, w lasach różnowiekowych można wyróżnić 4 typy rozkładu pierśnic [Poznański, Rutkowska 1997]:

- typ A – według jednobocznej krzywej Liocourta-Meyera,
- typ B – według krzywej gęstości Pearsona z przewagą drzew w najniższych stopniach grubości,
- typ C – według rozkładu normalnego lub do niego zbliżonego z przewagą drzew o średnich grubościach,
- typ D – według krzywej gęstości Pearsona z przewagą drzew średnich i grubych.

Poszczególne typy rozkładu pierśnic można określić numerycznie za pomocą cechy zróżnicowania struktury grubościowej pierśnic. Cecha q w modyfikacji Rutkowskiego [1972] jest dodatnim ułamkiem mniejszym od jedności i wyraża występującą w przyrodzie prawidłowość biologiczną, polegającą na tym, że nie każde drzewo przeżywa i dochodzi do kolejnego, wyższego, stopnia grubości. Przeżycie przez drzewo kolejnego stopnia wiekowego (grubości) określone jest z pewnym prawdopodobieństwem wyrażonym przez parametr q [Meyer 1933; Rutkowski 1972]. Prawdopodobieństwo to jest stałe dla określonego typu rozkładu pierśnic i wynosi: $<0,75$ dla typu B, $0,75-0,81$ dla typu A, $0,82-0,89$ dla typu C i $>0,89$ dla typu D.

Powyższe rozkłady pierśnic wskazują na określone stadium rozwoju lasu różnowiekowego:

- stadium początkowe (typ A) – las charakteryzuje się niewykształconą strukturą pierśnic, o rozkładzie typu Paersona z przewagą drzew cienkich oraz niską zasobnością,
- stadium optymalne (typ B) – las wykazuje stan ekologicznej trwałości, optymalną strukturę grubościową – według wzorcowej, jednobocznej krzywej Liocourta-Meyera – oraz optymalny zapas,
- stadium przyszłościowe (typ C) – las, mimo jego wiekowego zróżnicowania, charakteryzuje się dwubocznym rozkładem pierśnic Gaussa
- stadium starzenia (typ D) – las cechuje przestarzała górna warstwa drzew o trwale przetrwanym zwarciu oraz rozkładzie pierśnic Paersona z przewagą drzew grubych.

Wielkości cech lasów różnowiekowych zestawiono na rycinie 1. Wartości cechy wydzielania/zmniejszania się liczby drzew w stopniach grubości zawierają się w przedziale od 0,0352 do 0,1383, średnio 0,0753. Relatywne zagęszczenie drzew w stopniach grubości (gęstość relatywna) waha się od 0,0479 do 0,3644 (średnia 0,1335), a zagęszczenie rzeczywiste – od 237 do 1050 (średnia 624 szt.). Wartości zróżnicowania struktury rozkładu pierśnic zmieniają się od 0,5751 do 0,8687 (średnia 0,7420), natomiast średniej grubości – od 14,2 do 35,4 cm przy średniej równej 21,2 cm. Zakres zmienności średniej zasobności na hektarze wynosi od 131 do 499 m^3/ha ze średnią 291 m^3/ha .

Wskaźniki zróżnicowania lasów różnowiekowych w konwencji przyrodniczej zestawiono na rycinie 2. Wartości tych wskaźników wahają się od $-2,2108$ do $3,4784$ (cecha a), od $-1,7218$ do $4,6458$ (cecha k), od $-3,1219$ do $2,3710$ (cecha q), od $-1,7347$ do $3,5567$ (cecha d) oraz od $-2,3771$ do $2,6042$ (cecha N_{1ha}).

Właściwości cech i wskaźników zróżnicowania lasów różnowiekowych

Zależności korelacyjne pomiędzy pięcioma wyróżnionymi cechami zróżnicowania lasów różnowiekowych przedstawiono w tabeli 2. Silnie dodatnio skorelowane są cechy a i k , a silnie ujem-

Stadia rozwoju lasów różnowiekowych				
Początkowe A	Optymalne B	Przyszłościowe C	Starzenia D	
0,138	0,072	0,056	0,035	<0,035
0,364	0,122	0,084	0,048	<0,048
0,574	0,746	0,810	0,890	>0,890
14,2	20,8	24,9	35,4	>35,4
1050	620	470	250	<250

Ryc. 1.

Cechy zróżnicowania lasów różnowiekowych w różnych stadiach rozwoju
 Uneven-aged forest diversity characteristics for different developmental phases

Stadia rozwoju lasów różnowiekowych				
Początkowe A	Optymalne B	Przyszłościowe C	Starzenia D	
3,478	-0,118	-1,074	-2,211	<-2,211
4,646	-0,226	-0,988	-1,722	<-1,722
-3,122	0,083	1,085	2,371	>2,371
-1,735	-0,125	0,936	3,557	>3,557
2,365	0,925	-0,067	-2,144	<-2,144

Ryc. 2.

Cechy zróżnicowania lasów różnowiekowych w różnych stadiach rozwoju
 Uneven-aged forest diversity characteristics for different developmental phases

nie a i d oraz k i q , co oznacza, że każda z tych cech zawiera informacje o podobnej treści. Niskim wartościom cechy a odpowiadają na ogół niskie wartości cechy k oraz wysokie cechy q .

Cecha zmniejszania liczby drzew w stopniach grubości a i cecha relatywnego zagęszczenia drzew k różnicują las ze względu na grubość i zagęszczenie drzew w ten sposób, że są wysokie, gdy drzewa są cienkie i jest ich dużo oraz niskie, gdy drzewa są grube i jest ich mało. Cechy te wskazują także na kształt krzywej rozkładu pierśnic – są niskie, gdy krzywa jest stroma i wysoka

Tabela 2.

Korelacja między cechami zróżnicowania lasów różnowiekowych
Correlation between the characteristics of uneven-aged forest diversity

	N_{1ha}	d	a	k	q
N_{1ha}	x				
d	-0,5642	x			
a	0,6112	-0,9339	x		
k	0,5973	-0,8523	0,9783	1	
q	-0,6070	0,9501	-0,9963	-0,9646	x

Opis jak w tabeli 1.
Description – see Table 1.

oraz wysokie, gdy krzywa jest łagodna i niska. Cechy a i k wskazują również na zróżnicowanie struktury rozkładu pierśnic q w ten sposób, że są wyższe, gdy zróżnicowanie to jest małe i niższe, gdy jest duże. Stwierdzono, że przyrost miąższości wpływa pozytywnie na wzrost wartości cechy relatywnego zagęszczenia drzew w stopniach grubości k i obniżenie cechy zmniejszania liczby drzew w stopniach grubości a , natomiast ubytek drzew i zaniedbania pielęgnacyjne powodują odwrotną relację [Rutkowski 1987].

Cecha q jest silnie ujemnie skorelowana z cechami a i k , silnie dodatnio z cechą d oraz słabo ujemnie z cechą N_{1ha} . Oznacza to, że zróżnicowanie struktury rozkładu pierśnic wzrasta wraz ze wzrostem grubości drzew oraz maleje wraz z obniżaniem się cech a i k , tj. zmniejszaniem liczby drzew i zagęszczeniem w stopniach grubości. Cecha q określa również kształt krzywej rozkładu pierśnic w ten sposób, że jej wartość jest niska, gdy krzywa jest stroma (drzewa cienkie) oraz wysoka, gdy jest mniej stroma (drzewa grube).

Cecha średniej liczby drzew na hektar N_{1ha} różnicuje lasy różnowiekowe w ten sposób, że jest wysoka, gdy drzewa są cienkie i maleje wraz ze wzrostem ich grubości. Średnia zasobności na hektar (V_{1ha}) jest bardzo silnie zróżnicowana, ale bez wyraźnej prawidłowości, na ogół jednak jest niska, gdy drzewa są cienkie i wysoka dla drzew grubych. Cecha średniej pierśnicy drzew d różnicuje las ze względu na grubość drzew w ten sposób, że jest niska, gdy drzewa są cienkie i rośnie wraz ze wzrostem ich grubości.

Wskaźniki w konwencji przyrodniczej mogą przyjmować wartości dodatnie lub ujemne, które mieszczą się na ogół w przedziale ± 3 . Dodatnia wartość wskaźnika oznacza, że dana cecha drzewostanu jest wyższa niż norma rozwojowa i to tym wyższa, im większa wartość wskaźnika. Ujemna wartość wskaźnika oznacza, że dana cecha zbiorowiska drzew jest niższa niż przyjęta norma. Wartość zerowa wskaźnika w konwencji przyrodniczej oznacza, że dana cecha reprezentuje stan średni. Wskaźniki w tej konwencji wskazują jednocześnie na częstość występowania w przyrodzie lasów o tej samej wartości. Lasów o wskaźnikach bliskich wartości zerowej jest wiele; im wartość wskazuje na większe odchylenie od wartości średniej, tym rzadziej się zdarza. Wskaźniki w konwencji przyrodniczej tylko wyjątkowo wykraczają swoją wartością poza przedział $(-3; +3)$ [Rutkowski 1961, 1972].

Silnie dodatnio skorelowane są wskaźniki: W_k i W_q , a silnie ujemnie – W_a i W_k oraz W_a i W_q . Słabo dodatnio skorelowane są wskaźniki: W_q i W_N , W_k i W_N oraz W_a i W_d . Słabo ujemnie skorelowane są wskaźniki: W_a i W_N , W_d i W_N , W_k i W_d oraz W_q i W_d . Wskaźniki wzajemnie słabo skorelowane wskazują na to, że każdy z nich stanowi nową informację o lesie, której nie można przewidzieć na podstawie drugiego wskaźnika i dlatego każdy z nich może być traktowany autonomicznie. Oznacza to, że spośród wszystkich wskaźników, to W_a i W_k mogą być traktowane komplementarnie.

Wskaźniki zróżnicowania lasów różnowiekowych odniesiono do cechy zróżnicowania struktury rozkładu pierśnic q . Cecha q charakteryzuje się tym, że jest stała dla określonego typu rozkładu pierśnic i wskazuje na stadium rozwoju, w jakim aktualnie znajduje się las różnowiekowy i pozwala różnicować lasy również ze względu na potrzeby hodowlane.

Cechy i wskaźniki zróżnicowania lasów różnowiekowych w różnych stadiach rozwoju

CECHY ZRÓŻNICOWANIA. W stadium początkowym znajdują się lasy różnowiekowe o następujących wartościach cech zróżnicowania lasów: wydzielania liczby drzew $a > 0,072$, relatywnego zagęszczenia liczby drzew $k > 0,122$, zróżnicowania grubościowej struktury pierśnic $q < 0,75$, grubości drzew $d < 21$ cm i rzeczywistego zagęszczenia drzew $N_{1ha} > 620$ szt./ha. W stadium optymalnym – odpowiednio $0,072 < a < 0,056$; $0,122 < k < 0,084$; $0,75 < q < 0,82$; $21 < d < 25$ cm i $470 < N_{1ha} < 620$ szt./ha. W stadium przyszłościowym – odpowiednio $0,035 < a < 0,056$; $0,048 < k < 0,084$; $0,82 < q < 0,89$; $325 < d < 35$ cm i $250 < N_{1ha} < 470$ szt./ha. W stadium starzenia znajdują się zaś drzewostany różnowiekowe o cechach $a < 0,035$; $k < 0,048$; $q > 0,89$; $d > 35$ cm i $N_{1ha} < 250$ szt./ha.

Najwyższe wartości cech: wydzielania liczby drzew, relatywnego i rzeczywistego zagęszczenia występują w stadium początkowym, a najniższe w stadium starzenia. Natomiast najniższe wartości cech zróżnicowania grubościowej struktury pierśnic oraz grubości drzew występują w stadium początkowym, a najwyższe w stadium starzenia. W początkowym stadium rozwoju las różnowiekowy charakteryzuje duża liczba silnie zagęszczonych i wydzielających się drzew, ale o niewielkiej lub słabo zróżnicowanej strukturze grubościowej. W miarę osiągnięcia kolejnych stadiów rozwoju, wzrasta grubość drzew i ich grubościowe zróżnicowanie, zmniejsza się liczba drzew na hektarze i ich zagęszczenie, osiągając krańcowe wielkości w stadium starzenia.

WSKAŹNIKI ZRÓŻNICOWANIA. W stadium początkowym wskaźniki wydzielania liczby drzew W_a zawierają się w przedziale od 3,478 do $-0,118$, wskaźniki relatywnego zagęszczenia liczby drzew W_k – od 4,646 do $-0,226$, wskaźniki zróżnicowania struktury grubościowej W_q – od $-3,122$ do 0,083, wskaźniki grubości drzew W_d – od $-1,735$ do $-0,125$, a wskaźniki rzeczywistego zagęszczenia drzew W_N – od 2,365 do 0,925. W tym stadium rozwoju znajdują się lasy o rzeczywistym i relatywnym zagęszczeniu i wydzielaniu się drzew oraz najniższej grubości i zróżnicowaniu struktury grubościowej. W stadium optymalnym wskaźniki W_a przyjmują wartości z zakresu od $-1,074$ do $-0,118$, W_k – od $-0,988$ do $-0,226$, W_q – od 1,085 do 0,083, W_d – od 0,936 do $-0,125$, a W_N – od $-0,067$ do 0,925. W tym stadium rozwoju znajdują się lasy o niższym od średniego wydzielaniu i relatywnym zagęszczeniu liczby drzew oraz o wyższym zróżnicowaniu struktury grubościowej niż w stadium początkowym i o przeciętnym stanie lasów pod względem grubości i rzeczywistego zagęszczenia drzew.

W stadium przyszłościowym wskaźniki wydzielania liczby drzew zawierają się w przedziale od $-1,074$ do $-2,211$, wskaźniki relatywnego zagęszczenia liczby drzew – od $-0,988$ do $-1,722$, wskaźniki zróżnicowania struktury grubościowej – od 1,085 do 2,371, wskaźniki grubości drzew – od 0,936 do 3,557, a wskaźniki rzeczywistego zagęszczenia drzew na hektar – od $-0,067$ do $-2,144$. W tym stadium rozwoju znajdują się lasy o jeszcze niższym wydzielaniu oraz relatywnym i rzeczywistym zagęszczeniu, a także o większych pierśnicach i zróżnicowaniu struktury grubościowej niż w stadiach początkowym i optymalnym.

W stadium starzenia wskaźniki $W_a < -2,211$, $W_k < -1,722$, $W_q > 2,371$, $W_d > 3,557$, a $W_N < -2,144$. W tym stadium rozwoju znajdują się lasy różnowiekowe o najniższych wartościach zagęszczenia, wydzielania drzew i rzeczywistego zagęszczenia drzew oraz krańcowo najwyższych wartościach

grubości drzew i zróżnicowania struktury grubościowej w porównaniu do drzewostanów w pozostałych stadiach rozwoju.

Wskaźniki zróżnicowania lasów pełnią cztery zasadnicze funkcje: informacyjną, klasyfikacyjną, regulacyjną i hodowlaną. Funkcja informacyjna wskaźników polega na możliwości porównania ze sobą różnych drzewostanów obecnie i w przyszłości, a funkcja klasyfikacyjna – na podziale drzewostanów ze względu na ich stopień podobieństwa. Z kolei funkcja regulacyjna wynika z przydatności wskaźników do ustalenia rozmiaru użytkowania, a hodowlana – z możliwości określenia faktycznych potrzeb i pilności zabiegów w poszczególnych drzewostanach.

Podsumowanie

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że w stadium początkowym znajdują się lasy różnowiekowe o największym rzeczywistym i relatywnym zagęszczeniu i wydzielaniu się drzew oraz najniższej grubości i zróżnicowaniu struktury grubościowej. W tym stadium rozwoju występują lasy o najwyższych dodatnich i najniższych ujemnych wartościach wskaźników wydzielania i relatywnego zagęszczenia oraz o najwyższych ujemnych wartościach wskaźników zróżnicowania struktury grubościowej i o najniższych ujemnych wskaźnikach grubości drzew oraz o bardzo wysokich dodatnich wskaźnikach rzeczywistego zagęszczenia liczby drzew. W stadium początkowym znajduje się więc najwięcej lasów o intensywnym procesie kształtowania różnowiekowej struktury. Niewłaściwie wykonany proces regulacji i błędnie wykonane zabiegi hodowlane w tym stadium rozwoju mogą spowodować utratę możliwości kształtowania optymalnej różnowiekowej struktury lasów.

W optymalnym stadium rozwoju znajdują się lasy o niższym wydzielaniu i relatywnym zagęszczeniu liczby drzew oraz wyższym zróżnicowaniu struktury grubościowej niż w stadium początkowym oraz o przeciętnym stanie lasów pod względem grubości i rzeczywistego zagęszczenia drzew. W przyszłościowym stadium rozwoju znajdują się lasy o jeszcze niższym wydzielaniu oraz relatywnym i rzeczywistym zagęszczeniu niż w stadiach początkowym i optymalnym, a także o wyższych grubościach i większym zróżnicowaniu struktury grubościowej. W ostatnim omawianym stadium rozwoju znajdują się lasy różnowiekowe o najniższych wartościach realnego i rzeczywistego zagęszczenia oraz wydzielania drzew, a także najwyższych – grubości drzew i zróżnicowania struktury grubościowej.

Literatura

- Malinowski A. 1982. O koncepcjach normy w biologii i w medycynie. W: Filozofia i biologia. Inspiracje teoretyczne. PWN. Warszawa-Poznań.
- Meyer A. 1933. Eine mathematisch-statistische Untersuchung ueber den Aufbau des Plenterwaldes. Schweiz. Z. Forstw. 84 (3): 33–46; (4): 88–103, (5): 124–131.
- Poznański R., Rutkowska L. 1997. Wskaźniki zróżnicowania struktury rozkładu pierśnic. Sylwan 12: 5-13.
- Poznański R. 2008. Konwencje ustalania wskaźników zróżnicowania lasów. Sylwan 1: 53-57
- Rutkowski B. 1961. Trójwskaźnikowa klasyfikacja drzewostanów sosnowych metodą wrocławską. Zastosowania matematyki. Vol. VI: 79-110.
- Rutkowski B. 1966. Zmienność cech taksacyjnych charakterystycznych typów drzewostanów w Krainie Karpackiej. Acta Agr. et Silv. Vol. VI: 67-115.
- Rutkowski B. 1967. Rozkład pierśnic według krzywej frekwencji Liocourta-Meyera. Zeszyty Naukowe WSR w Krakowie. Leśnictwo 3:1-20.
- Rutkowski B. 1972. Problemy inwentaryzacji i regulacji w urzędowaniu lasu. Skrypty dla szkół wyższych. Kraków.
- Rutkowski B. 1987. Model stanu i rozwoju drzewostanów karpackich. Zeszyty Naukowe AR w Krakowie. 17: 233-242.
- Rutkowski B. 1989. Urządzanie lasu. Cz. I. Skrypty dla szkół wyższych. Kraków.

SUMMARY**Characteristics and indicators of uneven-aged forest diversity at different developmental stages**

The paper presents the results of the assessment of characteristics and indicators of uneven-aged forest diversity based on natural convention for different developmental stages. The assessment took in the average diameter at breast height, natural self-thinning of trees, relative and real stocking density and variation in dbh distribution structure.

It was confirmed that uneven-aged forests where values of real and relative stocking were the highest and number of self-thinned trees, the dbhs and dbh structure diversity were lowest represented the initial phase of development. Forests in the optimum developmental phase had lower number of self-thinned trees and relative stocking and higher diameter structure diversity than in the initial phase and the average level of dbhs and real stocking. The future phase represented forest with lower number of self-thinned trees as well as relative and real stocking in comparison with the initial and optimum phases and higher dbhs and dbh structure diversity. Uneven-aged forests where characteristics and indicators of real and relative stocking as well as the number of self-thinned trees were the lowest, while the dbhs and dbh structure diversity were the highest in comparison with other developmental phases represented the terminal phase.