

STANISŁAW MIŚCICKI, MACIEJ SZNEIDROWSKI

## Zależność wybranych cech drzewostanów od położenia nad poziomem morza na przykładzie Parku Narodowego Gór Stołowych\*

Dependence of selected stand characteristics on the elevation on the example of the Stołowe Mountains National Park

### ABSTRACT

Miścicki S., Szneidrowski M. 2017. Zależność wybranych cech drzewostanów od położenia nad poziomem morza na przykładzie Parku Narodowego Gór Stołowych. Sylwan 161 (2): 131-141.

The elevation is used to illustrate the differences in the structure and growth of mountain forests. The aim of the study was to determine (1) whether the characteristics used to describe the condition and structure of forest stands under protection status (volume of merchantable timber, tree density, total height of trees in the regeneration layer, volume of dead stems, current annual volume increment, volume of dead trees, periodic changes in standing volume) change at the same rate along with the elevation, and (2) whether in mountains without upper montane zone, the values of the selected characteristics of stands located in the highest elevation zone decrease at a low rate with elevation and are comparable to the stands at the same elevation in higher mountains ranges. The study was located at an elevation of 400-909 m a.s.l. in the Stołowe Mountains National Park (PNGS; SW Poland). We used data from the measurements performed in 2009 and 2014 on 358 permanent sample plots. Plots were assigned to one of five elevation zones of 100 m a.s.l. We assumed that the characteristic value decreased with the increase in the elevation, and that such change was the same for all stand characteristics. This hypothesis was verified using the ANOVA for the repeated samples. The calculations were based on standardized values of the characteristics measured on individual sample plots. The higher above sea level the plot was located, the greater share of spruce in the stand (fig. 1). The standing volume (fig. 2), trees density (fig. 3) and current annual volume increment (fig. 6) decreased with elevation, while the volume of dead stems (fig. 4) increased. The net changes in standing volume (fig. 8) were the smallest in the stands located at the lowest and at the highest zone (400-499 and 800-909 m a.s.l.). No significant relationship was found between the total height of trees in the regeneration layer (fig. 5) or the volume of dead trees in the period 2009-2014 (fig. 7) and the elevation. Individual characteristics differed in the rate of changes of their values with elevation (fig. 9). The structure of stands growing at the highest elevation was the most variable. These stands were rather a substitute for the upper montane zone forests. The rate of the observed decrease of the volume of merchantable timber, tree density and current volume increment in the stands of PNGS was higher than in other forests in the Polish mountains.

### KEY WORDS

current volume increment, elevation zone, forest renewal, net changes in standing volume, tree density

\*Artykuł opracowano w ramach projektu „Badania drzewostanów PNGS w oparciu o stałe powierzchnie kołowe” finansowanego przez Fundusz Leśny.

## ADDRESSES

Stanisław Miścicki <sup>(1)</sup> – e-mail: stanislaw\_miscicki@sggw.pl

Maciej Sznajdrowski <sup>(2)</sup> – e-mail: msznajdrowski@taxusul.com.pl

<sup>(1)</sup> Katedra Urządzania Lasu i Ekonomiki Leśnictwa, SGGW w Warszawie; ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa

<sup>(2)</sup> Taxus UL Sp. z o.o.; ul. Płomyka 58, 02-491 Warszawa

## Wstęp

Wysokość położenia terenu nad poziomem morza jest jedną z najważniejszych cech wykorzystywanych do zobrazowania różnic budowy i wzrostu drzewostanów górskich. W Szwajcarii – kraju z dużym udziałem terenów górskich – znaczna część wyników wielkoobszarowej inwentaryzacji lasów jest przedstawiana z uwzględnieniem strefy wysokości nad poziomem morza [Brändli 2010]. W badaniach leśnych z terenu Polski zajmowano się związkiem między bonitacją określonego gatunku – jako cechy niezależnej od wieku drzewostanu – a wysokością położenia terenu [Socha 1998; Kliczkowska, Bruchwald 2000; Socha i in. 2014]. W innych podejmowano zagadnienie zmian, wraz ze zwiększaniem się wysokości położenia terenu, podstawowych cech charakteryzujących stan lub dynamikę drzewostanów: zasobności, zagęszczenia drzew, składu gatunkowego, bieżącego przyrostu miąższości, miąższości ubytków i dorostów [Kucharzyk 1996; Przybylska, Kucharzyk 1999; Orzeł i in. 1999; Kucharzyk, Sugiero 2007; Socha 2009; Bruchwald i in. 2016]. Mniej liczne były badania dotyczące zmian ilości lub tempa wzrostu odnowienia [Kucharzyk 1996; Niemtur i in. 1996]. W ostatnim okresie pojawiły się prace, w których uwzględniano związek między wysokością nad poziomem morza a biomasą, różnorodnością gatunkową [Gazda i in. 2015], a także zawartością węgla organicznego w glebach leśnych [Gałka i in. 2014] oraz formą ściółki [Łabaz i in. 2014].

Na podstawie cytowanych badań można wskazać, że wartości większości (ale nie wszystkich) cech drzewostanów zmniejszają się wraz ze zwiększaniem się wysokości położenia terenu nad poziomem morza, przy czym w najwyższych położeniach tempo zmian jest największe. Przykładem cechy, której wartość zwiększa się wraz z wysokością położenia terenu (ale w pewnym zakresie), jest zagęszczenie drzew.

Trudno jest przedstawić uniwersalną – w skali kraju – zależność zmian wartości cech opisujących stan i dynamikę drzewostanów od wysokości położenia terenu. Wynika to z różnic podłoża geologicznego, żyzności gleb, warunków wzrostu poszczególnych gatunków lasotwórczych, orografii czy przeciętnej wysokości łańcuchów górskich. W tym ostatnim przypadku mamy do czynienia ze znaną zależnością, że im wyższe góry, tym wyżej nad poziomem morza przebiegają granice regli i granica lasu.

Powyższe okoliczności oraz fakt zmiany wraz z wysokością nad poziomem morza ilości najważniejszych cech opisujących stan i dynamikę drzewostanów skłaniają do postawienia następujących pytań:

- jak zmieniają się inne cechy, związane przede wszystkim z lasami objętymi ochroną (takie jak np. niemodyfikowana zabiegami gospodarczymi miąższość wydzielających się drzew, miąższość akumulowanego drewna zamarłych drzew czy ilość odnowienia)?
- czy tempo zmian wartości różnych cech wraz z wysokością położenia terenu jest jednakowe?
- czy w niskich górach, w których nie występuje regiel górny, zmniejszanie się wraz z wysokością położenia terenu wartości danych cech drzewostanów położonych najwyżej ma

niewielkie tempo i jest podobne do tempa zmian tych cech na podobnej wysokości w drzewostanach w wyższych górach (z uwzględnieniem wysokości łańcuchów górskich)?

## Obiekt badań

Aby odpowiedzieć na powyższe pytania, postanowiono przeprowadzić badania w lasach utworzonego w 1993 roku Parku Narodowego Gór Stołowych (PNGS), położonego w południowo-zachodniej Polsce (50°27'53"N, 16°19'54"E). Znaczna część Gór Stołowych (które są częścią Sudetów Środkowych) to rzadko spotykane w Europie góry typu płytowego. Ich specyficzną cechą jest mieszanka relatywnie płaskich terenów ze stromymi ścianami o wysokości niekiedy powyżej 30 metrów i długości do kilku kilometrów. Cały obszar Parku obejmuje 6340 ha, z czego 5700 ha to drzewostany. Są one położone na wysokości od 400 do 909 m n.p.m., z czego około 40% w strefie wysokości 700-799 m n.p.m. Gatunkiem panującym jest tu najczęściej świerk *Picea abies* (80% powierzchni drzewostanów), następnie buk *Fagus sylvatica* (10%), brzozy – *Betula pendula* i *B. pubescens* (4%) i modrzew *Larix decidua* (3%). Znaczna część drzewostanów pochodzi z sadzenia, ale w trudniej dostępnych terenach zachowały się fragmenty naturalnych zbiorowisk lasów liściastych. W niektórych drzewostanach PNGS są wykonywane mało intensywne prace leśne związane z przebudową drzewostanów, wprowadzaniem w odnowieniu pożądanych gatunków drzew i korowaniem świerków zasiedlonych przez korniki. Zostało ograniczone usuwanie z lasu martwych drzew.

## Materiał i metody

Wykorzystano dane zebrane na 358 stałych, koncentrycznych powierzchniach próbnych, rozmieszczonych na obszarze wszystkich drzewostanów Parku Narodowego Gór Stołowych w kwadratowej więźbie 400×400 m, z jednym z boków zorientowanym według azymutu 0°. Sieć tych prób została zaprojektowana w 2005 roku, a położenie ich środków wyznaczyli pracownicy Biura Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej Oddział w Brzegu. W roku 2009 pracownicy firmy Taxus SI wykonali pierwsze pomiary na podstawie instrukcji przygotowanej przez Miścickiego. Rok później wszystkie powierzchnie próbne zostały sprawdzone przez pracowników Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. Wykorzystując te dane, wykonano opracowanie inwentaryzacji lasów dla potrzeb Planu Ochrony Parku Narodowego Gór Stołowych. Ponowne pomiary (pierwsze kontrolne) wykonali pracownicy firmy Taxus UL w 2014 roku. Zasadnicza część powierzchni próbnych miała formę koła o powierzchni 500 m<sup>2</sup>, w obrębie którego mierzono drzewa o pierśnicy co najmniej 12,0 cm. Drzewa mniejszych rozmiarów mierzono wewnątrz kolejnych współśrodkowych kół: 5,31 m<sup>2</sup> (pomiar wszystkich drzew – łącznie z nalotem w wieku ≥2 lata), 20 m<sup>2</sup> (pomiar drzew  $h \geq 0,3$  m) i 50 m<sup>2</sup> (pomiar drzew o pierśnicy  $d \geq 2$  cm).

Wykorzystując dane terenowe, obliczono:

- powierzchnię wycinków kół prób brzegowych (jeżeli były przedzielone granicą między drzewostanami, drogą lub część próby nie była dostępna z powodu urwiska);
- krzywe zależności wysokości drzewa od pierśnicy dla poszczególnych gatunków (z uwzględnieniem wysokości nad poziomem morza);
- miąższość pojedynczych drzew żywych według wzoru Schumachera-Halla, stosowanego w przeszłości w polskim urzędowaniu lasu, o ogólnej postaci:

$$V = 10^{a+b \cdot \log d + c \cdot \log h}$$

gdzie:

$a, b, c$  – współczynniki zależne od gatunku i dla niektórych gatunków od grupy wieku,

$d$  – pierśnica drzewa,  
 $h$  – wysokość drzewa;

- miąższość pojedynczych drzew martwych stojących, bez kory (wykorzystano niepublikowane wzory 15 sekcji według Bruchwalda i Kłapcia), a w przypadku drzew złamanych odtworzono wysokość drzewa na podstawie wysokości, na której było złamane i grubości w tym miejscu;
- miąższość pojedynczych kłód drzew martwych leżących, bez kory (według wzoru środkowego przekroju).

Na podstawie powyższych danych obliczono dla każdej powierzchni próbnej i dla każdego terminu pomiarów:

- sumę miąższości drzew o pierśnicy  $\geq 8,0$  cm tzw. części macierzystej,
- sumę miąższości drzew martwych stojących o pierśnicy  $\geq 8,0$  cm,
- sumę miąższości drzew martwych leżących,
- sumę wysokości (długości pędów głównych) drzew warstwy odnowienia,
- liczbę drzew (osobno części macierzystej i warstwy odnowienia),

a na podstawie danych z dwóch terminów:

- bieżący okresowy przyrost miąższości drzew,
- miąższość drzew dorastających (przekraczających w tym okresie pierśnicę  $d=8,0$  cm),
- miąższość drzew zamaryłych,
- okresową zmianę zasobności.

Obliczono wartość powyższych cech na hektar, stosując reguły przewidziane dla powierzchni próbnych koncentrycznych [Miścicki, Nowicka 2007].

Założono, że liczba najważniejszych cech charakteryzujących stan i dynamikę drzewostanów zmniejsza się wraz ze zwiększaniem się wysokości położenia nad poziomem morza, przy czym zmiana ta jest jednakowa dla wszystkich cech. Za najważniejsze cechy przyjęto: zasobność, zagęszczenie drzew tzw. warstwy macierzystej, sumę wysokości drzew odnowienia, objętość pni martwych drzew (łącznie stojących i leżących – do miejsca, w którym grubość w korze wynosi co najmniej 7,0 cm), bieżący okresowy przyrost miąższości, miąższość drzew wydzielających się w danym okresie oraz zmianę zasobności w danym okresie.

Do weryfikacji postawionej hipotezy postanowiono wykorzystać analizę wariancji dla prób związanych. Ze względu na fakt, że stan większość cech zależy od wieku drzewostanu, zdecydowano wykorzystywać dane przypisane do grup zmiennej jakościowej (wysokości nad poziomem morza) o zakresie wynoszącym 100 metrów różnicy poziomu terenu. Założono, że w tej sytuacji struktura wiekowa klas wieku (stadiów rozwojowych) drzewostanów jest w każdej grupie zbliżona. Liczba powierzchni próbnych położonych w poszczególnych strefach wysokości nad poziomem morza wyniosła: 21 w strefie 400-499 m n.p.m., 47 w strefie 500-599, 114 w strefie 600-699, 146 w strefie 700-799 i 30 w strefie 800-909 m n.p.m. Dla potrzeb niniejszej pracy, w przypadku powierzchni próbnych dzielonych, wykorzystywano tylko największą jej część (przekraczającą 250 m<sup>2</sup>), odrzucając część mniejszą.

Wykonano dwuetapową transformację danych. Pierwszą: w celu przybliżenia empirycznych rozkładów niektórych badanych cech do rozkładu normalnego. Wykorzystano transformację pierwiastkową (dla zasobności, zagęszczenia drzew, sumy wysokości drzew odnowienia, miąższości ubytków) lub logarytmiczną (objętość pni martwych drzew). Drugą transformację wykonano, aby możliwe było wspólne analizowanie wielu odmiennych cech. W tym celu dane zostały standaryzowane, aby średnia wartość każdej cechy (z 358 prób) wynosiła 0, a odchylenie stan-

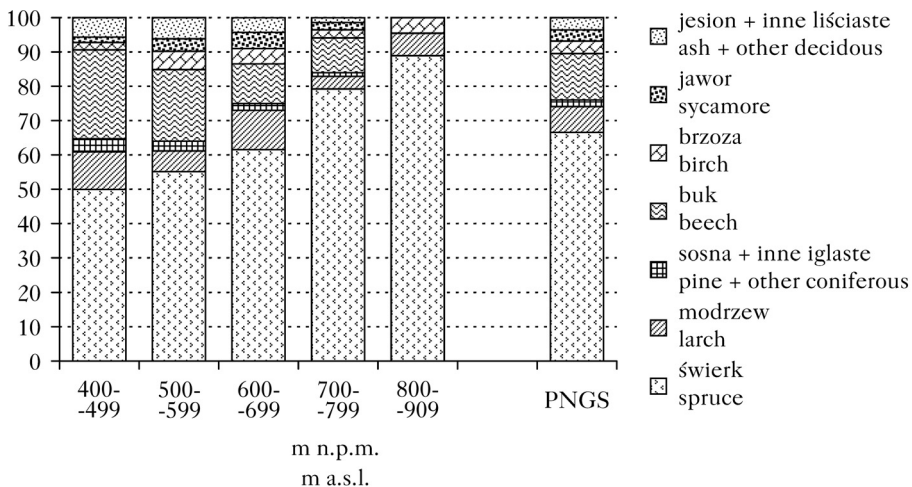
ardowe 1. W przypadku objętości martwych drzew, zakładając, że wartość tej cechy zwiększa się (a nie zmniejsza) wraz z wysokością nad poziomem morza, transformowane dane dodatkowo pomnożono przez  $-1$ .

W celu określenia różnic wartości średnich pomiędzy poszczególnymi jednostkami – przede wszystkim różnic pomiędzy strefami wysokości dla danej cechy lub różnic pomiędzy różnymi cechami w obrębie danej strefy wysokości, zastosowano test *post-hoc* HSD Tukeya. Przy prezentacji wyników dotyczących poszczególnych cech mierzonych dwukrotnie wykorzystano dane z analizy wariancji dla prób związanych. Natomiast dla cech dynamicznych – mierzonych raz – wykorzystano dane z jednoczynnikowej analizy wariancji.

## Wyniki

W drzewostanach Parku Narodowego Gór Stołowych udział (według miąższości) tylko trzech gatunków przekraczał 5% i były to: świerk ( $67 \pm 4\%$ ), buk ( $14 \pm 3\%$ ) i modrzew ( $8 \pm 2\%$ ). Ich udział, a także gatunków domieszkowych, zmieniał się wraz z wysokością położenia nad poziomem morza (ryc. 1). Im wyżej był położony teren, tym większy był udział świerka, za to coraz mniejszy udział buka i sosny (wraz z innymi gatunkami iglastymi). Nie było wyraźnego trendu zmian udziału modrzewia wraz z wysokością nad poziomem morza – choć największy był w drzewostanach położonych do wysokości 700 m n.p.m. Udział jaworu *Acer pseudoplatanus* był największy w drzewostanach na wysokości 600-699 m n.p.m., a brzoza i jesionu *Fraxinus excelsior* (wraz z innymi gatunkami liściastymi) niżej, bo w strefie 500-599 m n.p.m.

Średnia zasobność drzew żywych (o piersnicy  $d \geq 8,0$  cm) w roku 2014 wyniosła  $416 \pm 26$  m<sup>3</sup>/ha i była istotnie większa ( $p < 0,001$ ) niż w roku 2009, gdy wynosiła  $385 \pm 24$  m<sup>3</sup>/ha. Im wyżej nad poziomem morza rosły drzewostany, tym mniejsza była ich zasobność ( $p < 0,001$ ). Ze względu na tę cechę drzewostany w strefie wysokości 700-799 i 800-909 m n.p.m. istotnie różniły się od drzewostanów położonych poniżej 700 m n.p.m. (ryc. 2). W poszczególnych strefach wysokości w okresie 2009-2014 średnia zasobność drzewostanów w nieznacznym stopniu zwiększyła się (nie stwierdzono istotności różnic wartości średnich).



Ryc. 1.

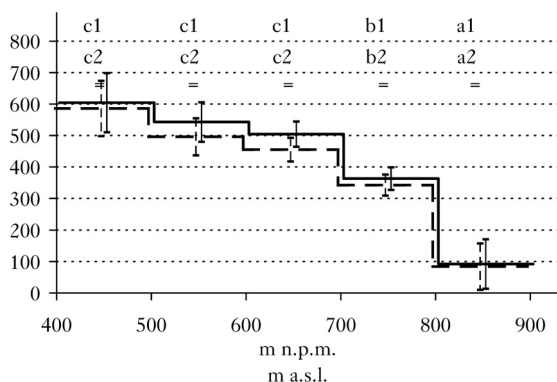
Udział [%] najważniejszych gatunków drzew w drzewostanach rosnących w różnych strefach wysokości położenia terenu

Share [%] of the most important tree species in the stands growing in different elevation zones

Średnie zagęszczenie drzew tzw. warstwy macierzystej (o pierśnicy  $d \geq 8,0$  cm) w 2014 roku wyniosło  $580 \pm 42$  szt./ha i było nieznacznie mniejsze niż w 2009 roku, gdy wyniosło  $609 \pm 44$  szt./ha. Ze względu na tę cechę drzewostany rosnące w poszczególnych strefach wysokości nad poziomem morza istotnie różniły się ( $p < 0,001$ ), choć relatywne różnice między nimi były mniejsze niż w przypadku zasobności. W obu terminach pomiarów największe zagęszczenie drzew było w drzewostanach rosnących na wysokości 500-599 m n.p.m. W kolejnych wyższych strefach było coraz mniejsze – istotnie różne pomiędzy niektórymi strefami (ryc. 3). W okresie pięciu lat zagęszczenie drzew drzewostanów w poszczególnych strefach położenia nad poziomem morza w różnym tempie zmieniło się (interakcja  $p = 0,015$ ).

Średnia objętość pni martwych drzew (łącznie leżących i stojących) w roku 2014 wyniosła  $42,1 \pm 6,2$  m<sup>3</sup>/ha i była istotnie większa ( $p < 0,001$ ) niż w roku 2009, gdy wyniosła  $33,2 \pm 5,2$  m<sup>3</sup>/ha. Im wyżej nad poziomem morza, tym większa była w drzewostanach objętość pni martwych drzew ( $p < 0,001$ ) – niektóre strefy wysokości różniły się ze względu na tę cechę (ryc. 4). W poszczególnych strefach wysokości w okresie 2009-2014 średnia objętość pni martwych drzew w nieznacznym stopniu zwiększyła się.

Średnia ilość odnowienia, wyrażona sumą wysokości pędów głównych drzew, w roku 2014 wyniosła  $6640 \pm 1113$  m/ha i była nieznacznie większa niż w roku 2009, gdy wyniosła  $5541 \pm 683$  m/ha. Ogólnie – ilość odnowienia zmniejszała się w kolejnych coraz wyższych strefach położenia, w których rosły drzewostany, jednak nie stwierdzono istotności różnic wartości średnich. W drze-

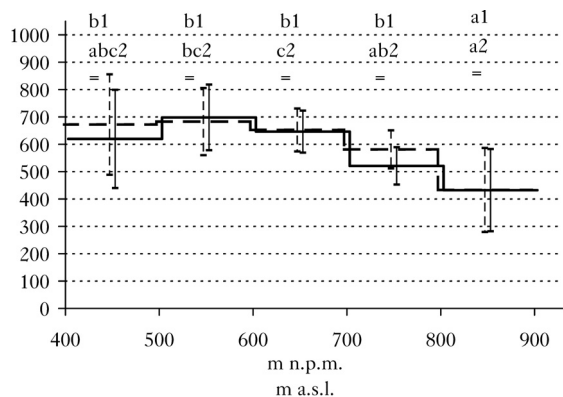


Ryc. 2.

Średnia ( $\pm$ błąd przy  $p=0,05$  oznaczony jako wąs) zasobność grubizny [m<sup>3</sup>/ha] w drzewostanach rosnących w różnych strefach wysokości położenia terenu w roku 2009 (linia przerywana) i 2014 (linia ciągła)

Mean ( $\pm$ error value at  $p=0,05$  indicated as a whisker) merchantable timber volume [m<sup>3</sup>/ha] in the stands growing in different elevation zones in 2009 (dashed line) and 2014 (solid line)

litery – grupy jednorodne w 2009 (1) i 2014 (2), „=” – brak istotnych różnic dla danej strefy wysokości między rokiem 2009 i 2014  
letters – homogeneous groups in 2009 (1) and 2014 (2), ‘=’ – no significant differences in a given elevation zone between 2009 and 2014



Ryc. 3.

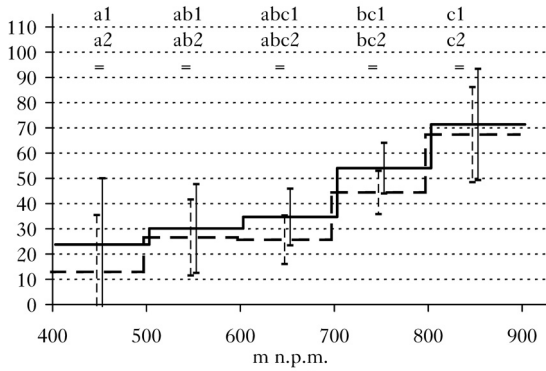
Średnie ( $\pm$ błąd przy  $p=0,05$  oznaczony jako wąs) zagęszczenie drzew [N/ha] w drzewostanach rosnących w różnych strefach wysokości położenia terenu w roku 2009 (linia przerywana) i 2014 (linia ciągła)

Mean ( $\pm$ error value at  $p=0,05$  indicated as a whisker) density of trees [N/ha] in the stands growing in different elevation zones in 2009 (dashed line) and 2014 (solid line) oznaczenia jak na rycinie 2; denotes as in figure 2

wostanach rosnących powyżej 700 m n.p.m. ilość odnowienia w niewielkim stopniu zwiększyła się w okresie pięciu lat (ryc. 5).

Średnia wielkość bieżącego okresowego przyrostu miąższości grubizny drzew w okresie 2009-2014 wyniosła  $11,7 \pm 0,7 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{rok}$ . Drzewostany rosnące w poszczególnych strefach wysokości nad poziomem morza ogólnie różniły się ze względu na wielkość tej cechy ( $p < 0,001$ ), choć w trzech najniższych strefach wysokości (400-700 m n.p.m.) przyrost był na zbliżonym poziomie i przekraczał  $13 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{rok}$  (ryc. 6).

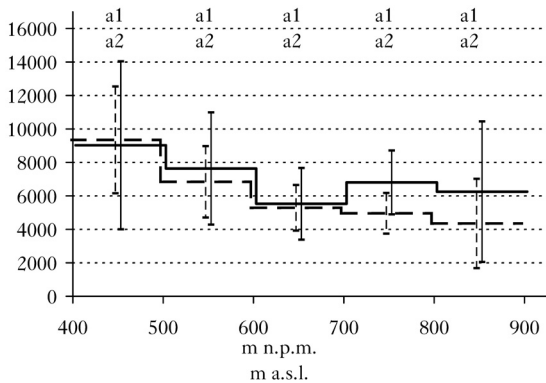
Średnia miąższość ubytków – grubizny drzew, które w okresie 2009-2014 wydzieliły z drzewostanów, wyniosła  $5,4 \pm 1,5 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{rok}$ . Ogólnie – im wyższe było położenie terenu, tym większa



Ryc. 4.

Średnia ( $\pm$ błąd przy  $p=0,05$  oznaczony jako wąs) objętość pni martwych drzew [ $\text{m}^3/\text{ha}$ ] w drzewostanach rosnących w różnych strefach wysokości położenia terenu w roku 2009 (linia przerywana) i 2014 (linia ciągła)

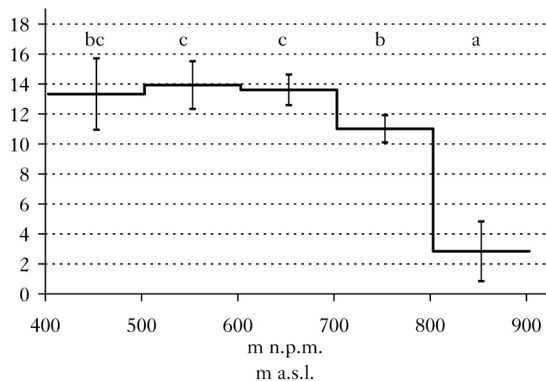
Mean ( $\pm$ error value at  $p=0.05$  indicated as a whisker) volume of dead wood [ $\text{m}^3/\text{ha}$ ] in the stands growing in different elevation zones in 2009 (dashed line) and 2014 (solid line)



Ryc. 5.

Średnia ( $\pm$ błąd przy  $p=0,05$  oznaczony jako wąs) suma wysokości [ $\text{m}/\text{ha}$ ] drzew warstwy odnowienia w drzewostanach rosnących w różnych strefach wysokości położenia terenu w roku 2009 (linia przerywana) i 2014 (linia ciągła)

Mean ( $\pm$ error value at  $p=0.05$  indicated as a whisker) total height [ $\text{m}/\text{ha}$ ] of trees in the regeneration layer in the stands growing in different elevation zones in 2009 (dashed line) and 2014 (solid line)



Ryc. 6.

Średni ( $\pm$ błąd przy  $p=0,05$  oznaczony jako wąs) roczny bieżący przyrost miąższości [ $\text{m}^3/\text{ha}/\text{rok}$ ] w okresie 2009-2014 w drzewostanach rosnących w różnych strefach wysokości położenia terenu

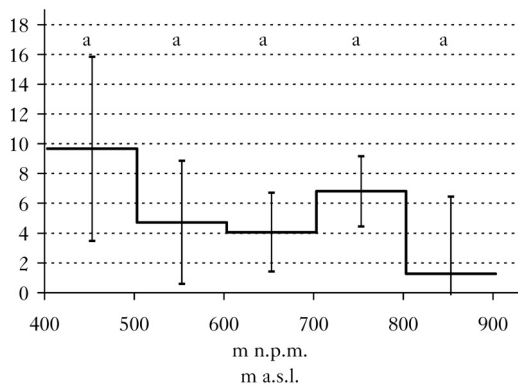
Mean ( $\pm$ error value at  $p=0.05$  indicated as a whisker) annual current volume increment [ $\text{m}^3/\text{ha}/\text{year}$ ] in the period 2009-2014 in the stands growing in different elevation zones

litery – grupy jednorodnie; letters – homogeneous groups

była miąższość ubytków (ryc. 7), jednak różnice wartości średnich pomiędzy drzewostanami rosnącym w danej strefie wysokości nad poziomem morza były na granicy istotności ( $p=0,09$ ).

Zmiana zasobności drzewostanów – cecha łącznie ujmująca wielkość okresowego bieżącego przyrostu miąższości, dorostów i okresowych ubytków – w latach 2009-2014 była dodatnia i wyniosła średnio  $6,5 \pm 1,7$  m<sup>3</sup>/ha/rok. Jej wartości nie zmieniały się kierunkowo wraz z wysokością nad poziomem morza (ryc. 8). Najbardziej zwiększyła się zasobność drzewostanów położonych na wysokości 500-700 m n.p.m. Nie stwierdzono, aby w strefach 400-500 i 800-909 m n.p.m. zwiększyła się istotnie. Drzewostany rosnące w poszczególnych strefach wysokości ogólnie różniły się ze względu na średnią zmianę zasobności ( $p=0,017$ ).

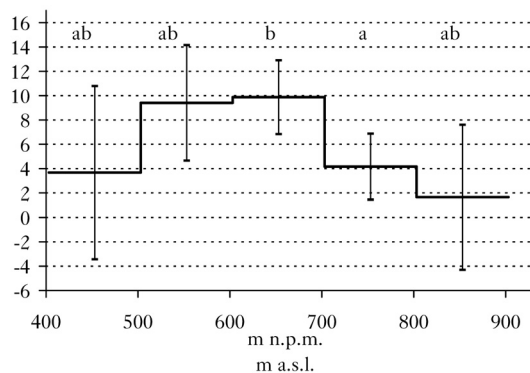
Średnia standaryzowana wartość cech wykorzystanych w badaniach zmniejszała się wraz ze zwiększaniem wysokości nad poziomem morza terenu, na którym rosły drzewostany (ryc. 9). Poszczególne cechy różniły się ze względu na rozrzut wartości standaryzowanych pomiędzy strefami wysokości – w największym stopniu dotyczyło to zasobności drzewostanów, a w najmniejszym sumy wysokości drzew odnowienia, miąższości okresowych ubytków i zmiany zasobności. W obrębie stref wysokości 400-499, 500-599, 700-799 m n.p.m. nie stwierdzono, aby średnia standaryzowana wartość jakiegokolwiek cechy drzewostanów różniła się od pozostałych. W obrębie strefy 600-699 m n.p.m. tylko średnia standaryzowana zasobność była istotnie większa od sumy wysokości odnowienia ( $p=0,026$ ). Natomiast w obrębie strefy 800-909 m n.p.m. niektóre standaryzowane wartości średnie różniły się między sobą. Utworzono trzy grupy jednorodne: pierwszą (w której podobnymi cechami były: suma wysokości odnowienia, zmiana zasobności, miąższość ubytków, objętość pni martwych drzew i zagęszczenie drzew), drugą (z cechami: zagęszczenie drzew i bieżący okresowy przyrost miąższości) i trzecią (z cechami: bieżący okresowy



Ryc. 7.

Średnia ( $\pm$ błąd przy  $p=0,05$  oznaczony jako wąs) roczna miąższość [m<sup>3</sup>/ha/rok] drzew zamarłych w okresie 2009-2014 w drzewostanach rosnących w różnych strefach wysokości położenia terenu

Mean ( $\pm$ error value at  $p=0,05$  indicated as a whisker) annual volume of dead trees [m<sup>3</sup>/ha/year] in the period 2009-2014 in the stands growing in different elevation zones oznaczenia jak na rycinie 6; denotes as in figure 6



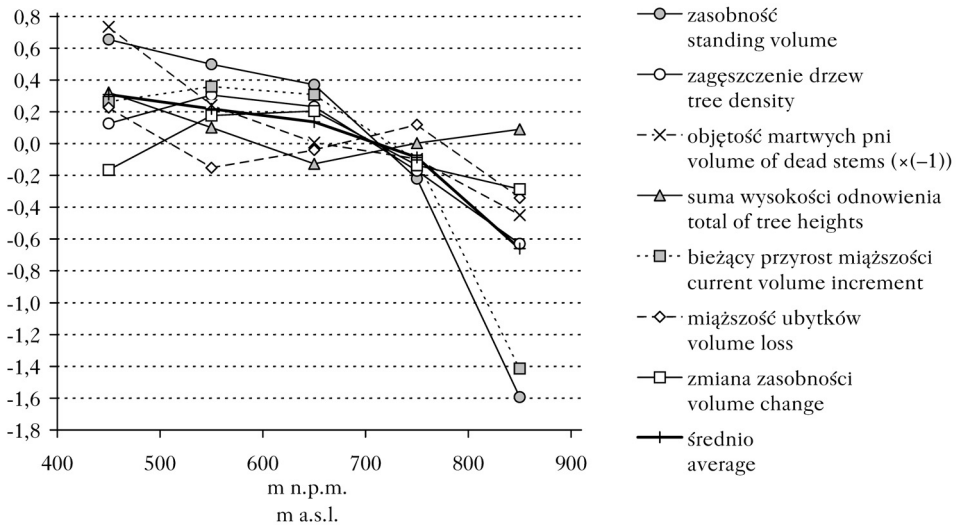
Ryc. 8.

Średnia ( $\pm$ błąd przy  $p=0,05$  oznaczony jako wąs) roczna zmiana zasobności [m<sup>3</sup>/ha/rok] w okresie 2009-2014 w drzewostanach rosnących w różnych strefach wysokości położenia terenu

Mean ( $\pm$ error value at  $p=0,05$  indicated as a whisker) annual change in standing volume [m<sup>3</sup>/ha/year] in the period 2009-2014 in the stands growing in different elevation zones

oznaczenia jak na rycinie 6; denotes as in figure 6





Ryc. 9.

Zależność standaryzowanych wartości cech drzewostanu od wysokości położenia terenu (wartość cech statycznych w roku 2014, cech dynamicznych w okresie 2009-2014)

Dependence of standardized values of stand characteristics on the elevation (value of static features for 2014, dynamic features for the period 2009-2014)

przyrost miąższości i zasobność). To wskazało, że np. wartość odnowienia w drzewostanach rosnących w najwyższej strefie (800-909 m n.p.m.) była relatywnie duża (w stosunku do drzewostanów rosnących w niższej położonym terenie). Natomiast zasobność była znacznie mniejsza, niż wynikałoby to ze średniej zmiany wartości cech wraz z położeniem nad poziomem morza. Ogólnie – ze względu na cechy wykorzystane w badaniach – struktura drzewostanów rosnących najwyżej była najbardziej zróżnicowana, a średnie wartości cech najbardziej odbiegały od wartości spodziewanych.

## Dyskusja

Wartości wybranych cech drzewostanów Parku Narodowego Gór Stołowych w przypadku większości z nich zmniejszały się wraz z wysokością położenia terenu nad poziomem morza. Porównanie z wynikami innych badań wykonanych w polskich górach wskazało, że w przypadku tylko niektórych cech tempo zmian ich wartości pomiędzy kolejnymi strefami wysokości nad poziomem morza było podobne w różnych obiektach. W drzewostanach PNGS, tak jak w Obrębie Zawoja [Kliczkowska, Bruchwald 2000], wraz wysokością położenia nad poziomem morza zwiększał się udział świerka. Dane z Bieszczadów [Kucharzyk 1996], wprawdzie dotyczące tylko drzewostanów bukowych, wskazywały, że – podobnie jak w PNGS – udział niektórych gatunków domieszkowych (np. jaworu) był większy w pewnych strefach wysokości położenia.

Zasobność drzewostanów bukowych w Bieszczadach [Kucharzyk 1996; Kucharzyk, Sugiero 2007] i świerkowych w Beskidach Zachodnich [Orzeł i in. 1999] ogólnie zmniejszała się wraz z wysokością położenia terenu, jednak tempo tej zmiany – chociaż dotyczyło drzewostanów znajdujących się do wysokości 1200 m n.p.m. – było mniejsze niż w znacznie niższych położonych drzewostanach PNGS. W tych ostatnich inaczej – niż w przywołanych obiektach – zmieniało się zagęszczenie drzew. Od wysokości około 550 m n.p.m. zmniejszało się ono wraz z coraz wyższym położeniem. W Beskidach Zachodnich i w Bieszczadach zwiększało się wraz z wysokością nad poziomem

morza, chociaż w tym ostatnim obiekcie zaznaczyło się zmniejszenie zagęszczenia drzew w najwyższych położeniach, właściwe dla drzewostanów regla górnego.

Bieżący okresowy przyrost miąższości w drzewostanach PNGS znacząco zmniejszał się w drzewostanach położonych na wysokości powyżej 700 m n.p.m. To tempo zmian było znacznie większe niż w Beskidach Zachodnich [Orzeł i in. 1999]. Przyrost miąższości w drzewostanach PNGS był duży – podobny do potencjalnego, oszacowanego przez Sochę [1998] dla drzewostanów 100-letnich w wybranych nadleśnictwach Beskidów Zachodnich. Spośród dużych obiektów (nie grup czy pojedynczych drzewostanów), w których użyto stałych powierzchni próbnych do pomiaru dynamiki lasu, tylko w drzewostanach bukowo-jodłowych Bukowej Góry w Roztoczańskim PN przyrost był większy niż w drzewostanach PNGS [Gazda, Miścicki 2016].

Jedyną cechą, której wartość zwiększała się wraz z wysokością terenu nad poziomem morza, była objętość pni martwych drzew. Nie wiązało się to bezpośrednio z ilością ubywających drzew. W okresie 2009-2014 – ogólnie – im wyżej były położone drzewostany, tym mniejsza była miąższość zamarłych drzew. Na objętość pni martwych drzew mogły wpływać trzy okoliczności: (1) tym wolniejszy rozkład drewna martwych drzew, im wyższe było położenie terenu, (2) coraz większy, wraz z wysokością położenia terenu, udział martwych drzew pozostawionych w lesie oraz (3) w przeszłości większa intensywność zamierania drzew w coraz wyżej położonych drzewostanach. W tej chwili trudno jest jednak wskazać, która z tych okoliczności i w jakim stopniu wpłynęła na zaobserwowaną relację objętości martwych drzew i wysokości położenia terenu.

Znaczne zróżnicowanie struktury drzewostanów położonych najwyżej (w strefie 800-909 m n.p.m.) w PNGS – ich niewielka zasobność, zagęszczenie drzew i przyrost bieżący, powolna zmiana zasobności, duża objętość martwych pni oraz nieznaczne zwiększenie ilości odnowienia w okresie 5 lat – mogłyby wskazywać, że są one namiastką regla górnego. W tej interpretacji trzeba wziąć pod uwagę, że drzewostany w tej strefie wysokości zaczęły zamierać już od lat 80. ubiegłego wieku i ich obecny stan może być przejściowy.

Zapewne pomiary wykonywane w określonych odstępach czasu na stałych powierzchniach próbnych umożliwią nie tylko poznanie ewentualnej regeneracji tych najwyżej położonych drzewostanów, ale także określanie zmian zachodzących we wszystkich drzewostanach PNGS. Do roku 2009, czyli do rozpoczęcia pomiarów z użyciem systematycznej sieci powierzchni próbnych, w drzewostanach PNGS w sposób wiarygodny można było określić tylko ich zasobność. Zwiększyła się ona od 295 m<sup>3</sup>/ha (w 1990 roku; mierzona wówczas w obecnych granicach Parku) [Jędruszczak, Miścicki 2001] do 416 m<sup>3</sup>/ha (w 2014 roku). Oznacza to, że w całym tym okresie średnia zmiana zasobności wynosiła 5,0 m<sup>3</sup>/ha/rok – czyli jej wartość była podobna do tej zmierzanej w latach 2009-2014. Zmiana zasobności była jedną z niewielu wśród badanych cech, której wartość nie zmieniała się kierunkowo wraz z wysokością położenia terenu nad poziomem morza.

## Wnioski

- ✦ Wartości większości cech wykorzystanych do charakterystyki drzewostanów objętych ochroną w Parku Narodowym Gór Stołowych zmieniały się wraz z wysokością położenia terenu nad poziomem morza, ale – porównując poszczególne cechy – tempo tych zmian było różne.
- ✦ W odniesieniu do wyników badań wykonanych w innych lasach w polskich górach tempo zmniejszania się wraz z wysokością terenu: zasobności grubizny, zagęszczenia drzew czy bieżącego przyrostu miąższości było większe, zwłaszcza w drzewostanach położonych najwyżej.
- ✦ W 2014 roku drzewostany położone najwyżej – w strefie 800-909 m n.p.m. – odróżniały się od tych położonych niżej, będąc namiastką drzewostanów regla górnego. Czy ich struktura jest przejściowa, można będzie stwierdzić na podstawie wyników regularnie powtarzanych pomiarów na stałych powierzchniach próbnych.

## Literatura

- Brändli U.-B. [red.]. 2010. Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der dritten Erhebung 2004-2006. WSL, Birmensdorf.
- Bruchwald A., Dmyterko E., Mionskowski M., Niemezyk M., Łukaszewicz J. 2016. Podstawy planowania składu gatunkowego w lasach górskich na przykładzie Beskidu Niskiego. Sylwan 160 (3): 219-229.
- Gałka B., Łabaz B., Bogacz A., Bojko O., Kabała C. 2014. Conversion of Norway spruce forests will reduce organic carbon pools in the mountain soils of SW Poland. Geoderma 213: 287-295.
- Gazda A., Miścicki S. 2016. Prognoza rozwoju drzewostanów lasu naturalnego z wykorzystaniem modelu według klas wymiarów. Sylwan 160 (3): 207-218.
- Gazda A., Miścicki S., Chwistek K. 2015. Tree species diversity and above-ground biomass of natural temperate forest: montane versus lowland forest. Dendrobiology 73: 3-10.
- Jędryszczak E., Miścicki S. 2001. Lasy Parku Narodowego Gór Stołowych. Szczeliniec 4: 79-103.
- Kliczkowska A., Bruchwald A. 2000. Kształtowanie się bonitacji drzewostanów świerkowych na terenach górskich. Sylwan 144 (9): 5-15.
- Kucharzyk S. 1996. Zróżnicowanie drzewostanów buczyny karpackiej *Dentario glandulosae-Fagetum* w Bieszczadzkiem Parku Narodowym w gradiencie wysokościowym. Roczniki Bieszczadzkie 5: 49-68.
- Kucharzyk S., Sugiero D. 2007. Zróżnicowanie dynamiki procesów lasotwórczych w buczynach bieszczadzkich w zależności od wystawy i wzniesienia. Sylwan 151 (7): 29-38.
- Łabaz B., Gałka B., Bogacz A., Waroszewski J., Kabała C. 2014. Factors influencing humus forms and forest litter properties in the mid-mountains under temperate climate of southwestern Poland. Geoderma 230-231: 265-273.
- Miścicki S., Nowicka E. 2007. Pomiar zasobów leśnych z wykorzystaniem stałych koncentrycznych powierzchni próbnych – problemy i próby rozwiązań. Sylwan 151 (8): 15-26.
- Niemtur S., Loch J., Chwistek K., Czarnota P. 1996. Badania biometryczne podrostów świerka, jodły i buka w Gorczańskim Parku Narodowym. Sylwan 140 (2): 39-47.
- Orzeł S., Socha J., Ochał W. 1999. Produkcyjność górskich drzewostanów świerkowych średnich klas wieku w zależności od wysokości ich położenia nad poziomem morza. Sylwan 143 (5): 37-45.
- Przybylska K., Kucharzyk S. 1999. Skład gatunkowy i struktura lasów Bieszczadzkiego Parku Narodowego. Monografie Bieszczadzkie 6.
- Socha J. 1998. Zależność bonitacji drzewostanów świerkowych od wysokości położenia nad poziomem morza. Sylwan 142 (9): 25-32.
- Socha J. 2009. Wpływ cech biometrycznych drzewostanu oraz wybranych czynników środowiskowych na kształtowanie się bieżącego przyrostu miąższości górskich drzewostanów świerkowych. Sylwan 153 (5): 323-331.
- Socha J., Ochał W., Maj M., Grabczyński S., Lach J., Gruba P. 2014. Wpływ wzniesienia nad poziom morza i podłoża geologicznego na produktywność siedlisk Beskidu Żywieckiego dla buka. Sylwan 158 (11): 850-859.