

JOANNA MIELCZARCYK

Młode pokolenie drzew a struktura lasu w rezerwacie Świnia Góra

Effect of stand structure on regeneration layer in the Świnia Góra nature reserve

ABSTRACT

Mielczarczyk J. 2021. Młode pokolenie drzew a struktura lasu w rezerwacie Świnia Góra. Sylwan 165 (1): 30-40. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2020084>.

The Świnia Góra nature reserve (51°03'24" N, 20°42'21" E) with an area of 51 ha is one of the few forests in Poland operating under strict protection for many decades (formally since 1953). Its stands are dominated by fir and beech – two species that are currently showing high growth dynamics and are important in the face of expected climate change. The purpose of the study was to: (1) investigate the state of the forest regeneration layer of the reserve, (2) relate the characteristics of the tree regeneration to certain characteristics of the structure of the canopy layer, and (3) describe, using selected characteristics, the competition between young firs and beeches. The empirical data was collected on 95 concentric sample plots made up of three areas of size related to the dimensions of trees. The average density of trees of the young generation on the whole site was 7226 ± 2383 ind./ha ($\pm 33.0\%$) and the sum of their height was 6552 ± 1046 m/ha ($\pm 16.0\%$). There were 14 tree species, the most numerous being silver fir ($46 \pm 9\%$) and beech ($35 \pm 8\%$). The species compositions of the regeneration layer and the canopy layer partly differed (Morisita index=0.90). In the regeneration, two numerous species of the canopy layer – larch and pine – were missing. The share of species changed with the dimensions of trees (fig. 2). The density and sum of the height of young trees (fig. 3) and the species composition (fig. 4) did not differ much between stands classified into individual natural developmental phases. The influence of the canopy cover on the sum of the height of the regeneration of trees was more pronounced (fig. 5). Also the species composition of the young generation of trees changed with the degree of crowns cover, with this relation in the case of small saplings ($h=0.3-1.3$ m) being different than in the case of large saplings ($d=0.1-6.9$ cm) (figs. 7 and 6, respectively). For small saplings, the probability that the tree was a fir and not a beech was low (fig. 8). The periodical increment of the length of the leader shoot changed with the height of the tree and the degree of cover by the crowns of the canopy layer, whereas under the same conditions beech grew faster than fir (fig. 9). In the Świnia Góra nature reserve, the fir seedling ($h<0,3$ m) would gain an advantage over beech regeneration in a situation where the canopy cover would be relatively open. However, at a later stage of regeneration, i.e. in the case of large saplings, the advantage of fir regeneration over beech would be the greatest in the case of a strong canopy cover.

KEY WORDS

competition, European beech, increment, silver fir, crown cover, natural developmental phase, sum of tree heights

ADDRESSES

Joanna Mielczarczyk – e-mail: joanna.mielczarczyk@wl.sggw.pl

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

Wstęp

Informacje dotyczące stanu oraz dynamiki młodego pokolenia gatunków drzewiastych są istotnym elementem używanym w modelowaniu ekosystemów leśnych. Często w takich modelach wykorzystywane są dane pochodzące z obiektów od długiego czasu wyłączonych z użytkowania, dzięki czemu stanowią one bazę zarówno do analiz ekosystemów naturalnych, jak i przekształconych, po dodaniu elementów związanych z zaburzeniami. Już Niedziałkowski [1949] sugerował, że rezerwaty, jako rodzaj leśnego laboratorium, powinny być szczegółowo opisywane i poznawane. W koncepcji urządzania lasu w parkach narodowych i rezerwach Rutkowski [1991] wskazał nie tylko na potrzebę opisywania stanu, ale również planowania i przewidywania dynamiki zasobów leśnych. Jako ważny element całego ekosystemu leśnego wskazywano odnowienie, od którego zaczyna się wiele zmian. Jednak ze względu na trudności pomiarów, zwłaszcza sukcesyjnych, są one rzadziej wykonywane niż pomiary macierzystej części drzewostanów. Współcześnie mamy do czynienia z kolejnym czynnikiem, który wpływa na konieczność uwzględniania pomiarów odnowienia [Hanewinkel i in. 2013]. Są to postępujące zmiany klimatyczne o niejednoznacznych i trudnych do rozpoznania przyczynach, które przyspieszają przebieg sukcesji w drzewostanach. Sytuacja taka dotyczy również mieszanych drzewostanów bukowo-jodłowych.

Jodła jest gatunkiem, który po regresie populacji i wymieraniu, jakie miały miejsce od lat 50. do 90. XX wieku [Cieśla, Donaubauer 1994], regeneruje się i odbudowuje swoją populację. Również populację buka cechuje bardzo dobra kondycja. Nie tylko na obszarach górskich i wyżynnych, ale i na nizinach gatunek ten poszerza swój zasięg geograficzny. Przyczyną jest prawdopodobnie sprzyjający klimat [Tarasiuk 1999]. Często spotykane obecne monokultury bukowe (a także świerkowe), zajmujące siedliska odpowiednie dla jodły, są najczęściej pochodzenia sztucznego. Jodła wskazywana jest jednak jako gatunek, który ma wysoki potencjał przystosowania się do zmienionych warunków klimatycznych ze względu na mniejsze wymagania wilgotnościowe i większą odporność na susze w porównaniu z gatunkami takimi jak świerk [Vitali i in. 2018]. Uzyskanie informacji dotyczących struktury młodego pokolenia w obiekcie, gdzie jodła jest gatunkiem dominującym i ciągle zwiększającym swój udział, może przynieść wskazówki w zakresie wprowadzania tego gatunku w innych obiektach chronionych oraz w drzewostanach gospodarczych. Działania takie podejmowane są od dłuższego czasu m.in. w parkach narodowych, np. w Parku Narodowym Gór Stołowych czy w Karkonoskim Parku Narodowym.

W Polsce niewielki obszar wszystkich rezerwatów leśnych (około 13,5% powierzchni) jest objęty ochroną ścisłą. Nieco więcej drzewostanów wyłączonych z jakiegokolwiek działania znajduje się na obszarach parków narodowych [Ochrona... 2019]. Tego typu obiektem jest rezerwat Świnia Góra, który od roku 2000 jest obiektem badań nad zmianami i rozwojem zasobów leśnych, w tym zasobów martwych drzew [Mielczarczyk i in. 2018].

Celem niniejszych badań było określenie stanu warstwy odnowienia (traktowanego jako poszerzenie wiedzy o drzewostanach rezerwatu Świnia Góra), powiązania cech młodego pokolenia z niektórymi cechami macierzystej warstwy drzew oraz niektórych cech młodych jodeł i buków wskazujących na konkurencję między nimi.

Obiekt badań

Rezerwat przyrody Świnia Góra jest jednym z największych w Polsce fitocenotycznych leśnych rezerwatów przyrody objętych ochroną ścisłą, chroniącym lasy wyżynne. Jest położony na terenie Nadleśnictwa Suchedniów, w Mezoregionie Puszczy Świętokrzyskiej (51°03'24" N, 20°42'21" E). Geneza drzewostanów sięga prawdopodobnie lat 40. XIX wieku, kiedy wystąpił pożar, po którym las zaczął odnawiać się spontanicznie [Bzimek i in. 2003]. Ze względu na wydobycie rud żelaza, które wiązało się z wykopywaniem niewielkich szybów, drzewostany po odnowieniu nie były zagospodarowane. Po raz pierwszy obiekt objęto ochroną w 1938 roku, a w 1953 roku został uznany za rezerwat przyrody. Drzewostany charakteryzują się dużym zróżnicowaniem gatunkowym oraz znacznym udziałem martwych drzew [Mielczarczyk i in. 2018]. Dominującymi gatunkami są jodła, buk, dąb, modrzew i sosna. W 2014 roku średnia miąższość drzew żywych wynosiła około 560 m³/ha, a martwych około 140 m³/ha. W roku 1985 huragan zламаł wiele drzew, powodując przejściową zmianę warunków świetlnych, a tym samym warunków rozwoju młodego pokolenia lasu.

Materiał i metody

Dane empiryczne zostały zebrane w sierpniu 2018 roku. Wykorzystano sieć 95 stałych powierzchni próbnych rozmieszczonych w więźbie 62,5×80 m (krótszy bok zorientowany według azymutu 0°). Dotychczas wykonano na nich trzykrotnie (w latach 2000, 2007 i 2014) pomiar drzew warstwy macierzystej (drzewa żywe, martwe leżące i martwe stojące).

W roku 2018 młode pokolenie drzew (o pierśnicy $d < 7,0$ cm lub o wysokości $h \leq 1,3$ m) zmierzono z użyciem koncentrycznych powierzchni próbnych. Każda z nich składała się z trzech współśrodkowych kół, a drzewa zaliczano do próby według następujących zasad: powierzchnia koła 5,31 m² (pomiar wszystkich drzew od drugiego roku życia), 20 m² (drzewa o wysokości $h \geq 0,3$ m) i 50 m² (drzewa o pierśnicy $d = 0,1-6,9$ cm). Określono azymut i odległość miejsca wyrostania drzewa w stosunku do środka powierzchni próbnej, gatunek drzewa i rodzaj uszkodzeń spowodowanych przez jeleniowate. W przypadku jodeł i buków niższych niż 2,5 m zmierzono dla co najmniej dwóch osobników z każdej klasy wymiarów (opis klas poniżej) przyrost długości pędu głównego. Określono strukturę drzewostanu w miejscu lokalizacji danej powierzchni próbnej, posługując się podziałem na naturalne fazy rozwojowe [Miścicki 1994]. Oszacowano łączny stopień pokrycia przez korony drzew warstwy macierzystej tworzące pierwsze i drugie (rzadziej trzecie) piętro drzewostanu.

Obliczono zagęszczenie i sumę wysokości drzew młodego pokolenia na jednostce powierzchni. Ta ostatnia cecha została wykorzystana do określenia składu gatunkowego drzew w jednostkach interpretacyjnych, którymi były drzewostany wyodrębnione według: (1) naturalnych faz rozwojowych, (2) klas pokrycia przez korony warstwy macierzystej ($\leq 0,7$; 0,71-0,8; 0,81-0,9; $> 0,9$) oraz (3) klas wymiarów (I – $h < 0,3$ m, II – $h = 0,3-0,69$ m, III – $h = 0,7-1,3$ m, IV – $d = 0,1-1,9$ cm, V – $d = 2,0-3,9$ cm, VI – $d = 4,0-6,9$ cm). W dwóch pierwszych jednostkach interpretacyjnych, korzystając z jednoczynnikowej analizy wariancji, określono różnice zagęszczenia i sumy wysokości drzew pomiędzy wyodrębnionymi klasami. Określono podobieństwo składu gatunkowego poszczególnych klas do składu warstwy macierzystej przy wykorzystaniu wskaźnika Morisity w modyfikacji Horna [1996].

Używając regresji wielorakiej, określono zależność przyrostu długości pędu głównego jodły i buka od wysokości drzewa i stopnia pokrycia przez korony drzew warstwy macierzystej. Wykorzystano dane dotyczące 126 jodeł i 230 buków z zakresu wysokości 0,03-2,5 m. Wykorzystując

regresję logistyczną i jako cechy objaśniające wysokość drzewa i stopień pokrycia przez korony drzew warstwy macierzystej, określono prawdopodobieństwo, że drzewo z warstwy odnowienia o wysokości $h \leq 1,3$ m jest jodłą, a nie bukiem. Wykorzystano dane dotyczące 117 jodeł i 363 buków z zakresu wysokości 0,03-1,3 m.

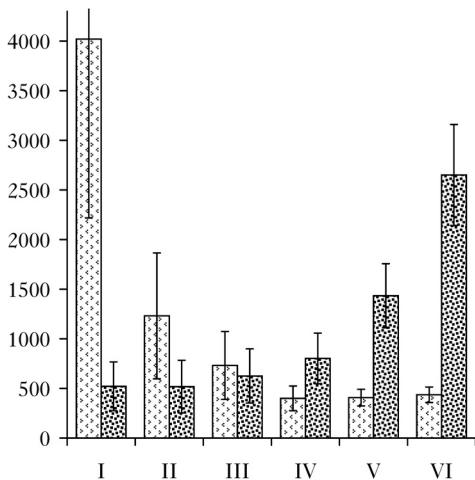
Wyniki

Młode pokolenie drzew występowało na niemal całej powierzchni drzewostanów rezerwatu Świnia Góra. Zarejestrowano je na 98% liczby powierzchni próbnych. Średnie zagęszczenie drzew warstwy odnowienia wyniosło 7226 ± 2383 szt./ha (błąd względny $\pm 33,0\%$; błąd oszacowania wartości średniej w całej pracy podawany jest przy poziomie istotności $p=0,05$), a suma ich wysokości 6552 ± 1046 m/ha ($\pm 16,0\%$).

Liczba drzew zmniejszała się w kolejnych klasach wymiarów (ryc. 1). W warstwie nalotu (I klasa, $h < 0,3$ m) znajdowało się 56% wszystkich drzew młodego pokolenia. W przypadku sumy wysokości drzew zależność od wymiarów była inna. Najmniejsza wystąpiła w klasach I i II, a zwiększała się wraz z wymiarami drzew. Największą wartość osiągnęła w grupie drzew o pierśnicy $d=4,0-4,9$ cm.

W warstwie młodego pokolenia stwierdzono występowanie 14 gatunków drzew. Dominowały dwa: jodła pospolita (o udziale według sumy wysokości $46 \pm 9\%$) i buk zwyczajny ($35 \pm 8\%$). Udział tylko czterech innych gatunków przekroczył 1% i były to: grab zwyczajny ($6 \pm 4\%$), klon jawor ($6 \pm 4\%$), świerk pospolity ($3 \pm 2\%$) i klon zwyczajny ($2 \pm 1\%$). Udział żadnego z pozostałych gatunków nie przekraczał 0,5% i były to kolejno według sumy wysokości: jarząb pospolity, jesion wyniosły, topola osika, lipa drobnolistna, dąb szypułkowy, wiąz górski, brzoza brodawkowata i głóg jednoszyjkowy. Łącznie gatunki o udziale poniżej 1% (bez klonu zwyczajnego) stanowiły $5 \pm 2\%$, a oba gatunki klonów $7 \pm 4\%$. Skład gatunkowy warstwy odnowienia był częściowo inny niż skład warstwy macierzystej – wskaźnik Morisity wyniósł 0,90. W młodym pokoleniu nie stwierdzono dwóch gatunków dość licznych w warstwie macierzystej – modrzewia europejskiego i sosny zwyczajnej – a udział dębu szypułkowego był znikomy.

Proporcja poszczególnych gatunków młodego pokolenia drzew przy uwzględnieniu klas wymiarów była zróżnicowana (ryc. 2). Jodła była dość licznym (drugim) gatunkiem wśród drzew I klasy, stanowiła niewielką część drzew klasy II ($h=0,3-0,59$ m), ale w kolejnych klasach jej udział zwiększał się – osiągając 70-75%. Udział buka w I klasie był niewielki, co wiązało się z fak-

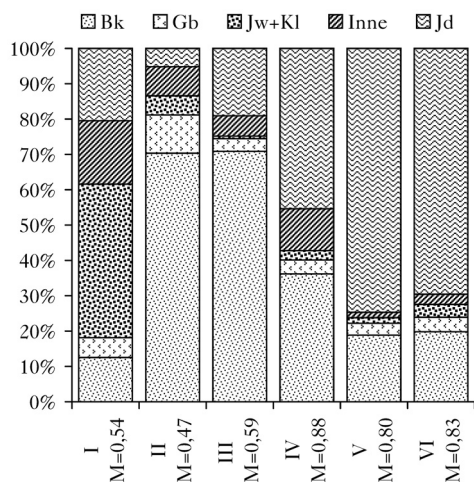


Ryc. 1.

Średnie zagęszczenie ([szt./ha], jasny) oraz suma wysokości ([m/ha], ciemny) drzew młodego pokolenia w zależności od klasy wymiarów (I-VI)

Mean tree density ([ind./ha], light) and total tree height ([m/ha], dark) of the regeneration layer in the size classes (I-VI)

I – $h < 0,3$ m, II – $h=0,3-0,69$ m, III – $h=0,7-1,3$ m, IV – $dbh=0,1-1,9$ cm, V – $dbh=2,0-3,9$ cm, VI – $dbh=4,0-6,9$ cm
wartość błęd oszacowania przy $p=0,05$; error value at $p=0,05$



Ryc. 2.

Udział gatunków młodego pokolenia według sumy wysokości drzew w klasach wymiarów (I-VI)

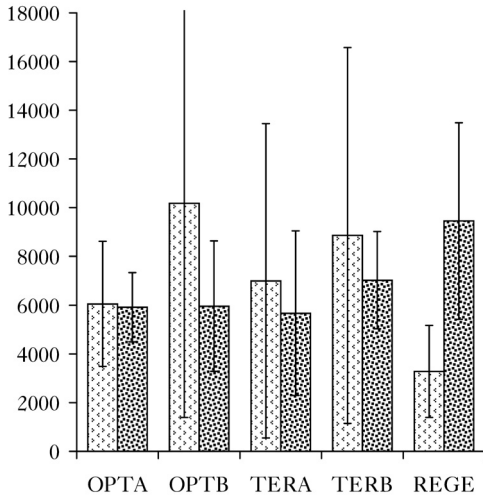
Fraction of the main tree species of regeneration layer in size classes (I-IV)

klasy wymiarów jak na rycinie 1; M – wskaźnik Morisity
size classes as in figure 1; M – Morisita index; Bk – beech,
Gb – hornbeam, Jw+Kl – sycamore and Norway maple, Inne
– other, Jd – fir

tem, że wysokość osobników w drugim roku życia często przekraczała 0,3 m. W II i III klasie udział buka przekraczał 70%, ale w kolejnych klasach zmniejszał się. Jawor (łącznie z klonem zwyczajnym) był najliczniejszym gatunkiem w I klasie wymiarów. Znacznie mniejszy był jego udział w klasie II, a w kolejnych stanowił niewielką domieszkę. Relatywnie duży był udział grabu w II i I klasie, a mniejszy w klasach pozostałych. Inne gatunki (traktowane łącznie) miały największy udział w niższych (I-IV) klasach wymiarów. Skład gatunkowy określony z użyciem sumy wysokości w klasach wymiarów I-III znacznie różnił się od składu gatunkowego warstwy macierzystej określonego według miąższości drzew. Świadczą o tym małe wartości wskaźnika Morisity (ryc. 2). Skład gatunkowy w klasach IV-VI był bardziej podobny do składu warstwy macierzystej.

Młode pokolenie drzew było stosunkowo mało obciążone uszkodzeniami spowodowanymi przez jeleniowate. W I klasie wymiarów żaden buk i zaledwie $1 \pm 3\%$ jodeł miało zgryziony zeszłoroczny odcinek pędu głównego. Łącznie w II i III klasie nie stwierdzono zgryzionych jodeł i tylko $1 \pm 1\%$ zgryzionych buków. Stosunkowo duży był udział zgryzionych jaworów – $29 \pm 25\%$ w II i III klasach wymiarów (ale tylko $1 \pm 2\%$ w klasie I). W największym stopniu był zgryziony grab: w I klasie $42 \pm 21\%$, w klasach II i III $36 \pm 17\%$. Część jodeł wyższych niż 1,3 m miała osmykane pnie: $10 \pm 9\%$ w klasie IV i po $6 \pm 3\%$ w klasach V i VI.

Nie stwierdzono istotności różnic wartości średnich zagęszczenia ani sumy wysokości drzew młodego pokolenia pomiędzy drzewostanami zaliczonymi do poszczególnych naturalnych faz rozwojowych. Ich udział wynosił: optymalna wczesna $33 \pm 10\%$, optymalna późna $17 \pm 8\%$, terminalna wczesna $16 \pm 8\%$, terminalna późna $21 \pm 9\%$, regeneracyjna $12 \pm 7\%$, destrukcyjna (rozpadu) $1 \pm 3\%$. Formalnie występowały pewne różnice wartości tych dwóch cech (ryc. 3). W drzewostanach w fazie optymalnej późnej odnotowano dużo drzew niskich i ogólne zagęszczenie drzew było duże. W drzewostanach w fazie regeneracyjnej stwierdzono największą sumę wysokości, ale przeważały drzewa relatywnie wysokie – stąd ich zagęszczenie było mniejsze niż w drzewostanach pozostałych faz rozwojowych. Skład gatunkowy młodego pokolenia drzew był dość podobny w drzewostanach zaliczonych do poszczególnych naturalnych faz rozwojowych (ryc. 4). Ze względu na duży udział jodły odróżniało się odnowienie w drzewostanach fazy regeneracyjnej, a ze względu na udział buka odnowienie w drzewostanach fazy terminalnej wczesnej. W tym ostatnim przypadku skład gatunkowy odnowienia był najmniej podobny do składu macierzystej warstwy drzew, o czym świadczy najmniejsza wartość wskaźnika Morisity.

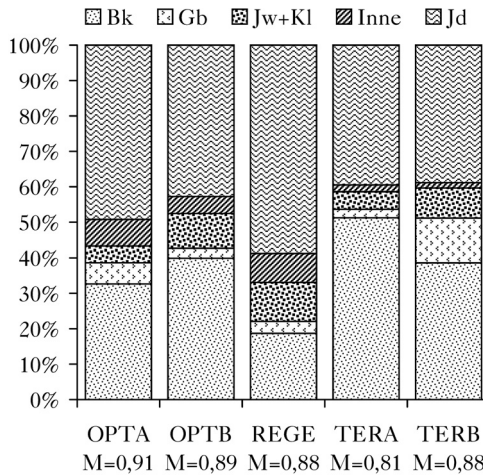


Ryc. 3.

Średnie zagęszczenie ([szt./ha], jasny) oraz suma wysokości ([m/ha], ciemny) drzew młodego pokolenia w poszczególnych naturalnych fazach rozwojowych drzewostanu

Mean tree density ([ind./ha], light) and total tree height ([m/ha], dark) of the regeneration layer in the natural developmental phases

wartość błęd oszacowania przy $p=0,05$; OPTA – optymalna wczesna, OPTB – optymalna późna, TERA – terminalna wczesna, TERB – terminalna późna i destrukcyjna, REGE – regeneracyjna
error value at $p=0,05$; OPTA – early optimal, OPTB – late optimal, TERA – early terminal, TERB – late terminal and destructive, REGE – regeneration



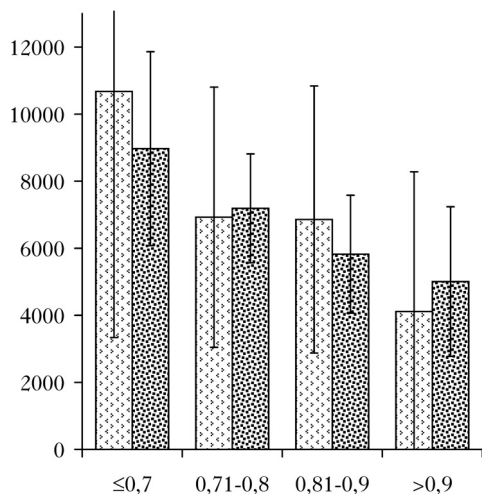
Ryc. 4.

Udział gatunków młodego pokolenia według sumy wysokości drzew w naturalnych fazach rozwojowych

Fraction of the main tree species of regeneration layer in the natural developmental phases

objaśnienia jak na rycinach 2 i 3; denotes as in figures 2 and 3

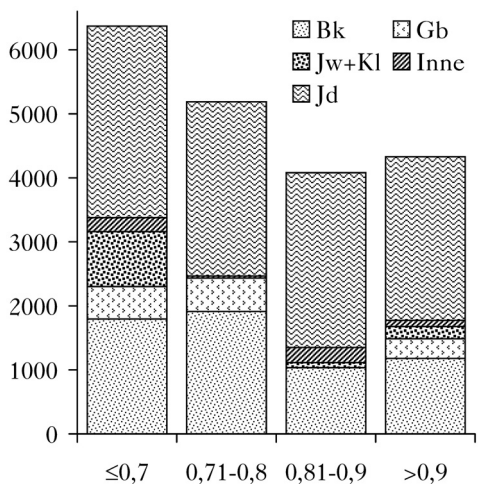
Suma wysokości drzew warstwy odnowienia zmniejszała się (różnica wartości średnich na granicy istotności $p=0,06$) wraz ze zwiększaniem się stopnia pokrycia przez korony drzew warstwy macierzystej. Udział klas pokrycia wynosił: I (stopień pokrycia $\leq 0,7$) $22 \pm 9\%$, II ($0,71-0,8$) $23 \pm 9\%$, III ($0,81-0,9$) $37 \pm 10\%$ i IV ($>0,9$) $18 \pm 8\%$. Nie stwierdzono istotności różnic średniego zagęszczenia drzew pomiędzy drzewostanami zaliczonymi do klas pokrycia (ryc. 5). W przypadku podrostu łącznie klas IV-VI ($d=0,1-6,9$ cm) suma wysokości drzew zmniejszała się wraz ze zwiększaniem się pokrycia, ale tylko do stopnia około 0,8 (ryc. 6). Skład gatunkowy zmieniał się wraz ze stopniem pokrycia. Suma wysokości jodeł była podobna niezależnie od pokrycia przez korony drzew warstwy macierzystej, ale udział tego gatunku zwiększał się wraz ze zwiększaniem się tego pokrycia. Suma wysokości i udział buka były mniejsze, gdy stopień pokrycia przez korony warstwy macierzystej przekraczał 0,8. W przypadku niskiego podrostu (łącznie klasy wymiarów II i III) suma wysokości drzew zmniejszała się wraz ze zwiększaniem pokrycia przez korony drzew warstwy macierzystej i była mała, gdy stopień pokrycia przekraczał wartość 0,9 (ryc. 7). W drzewostanach o małym pokryciu przez korony dość duży był udział grabu i jaworu. Jodła stanowiła niewielką



Ryc. 5.

Średnie zagęszczenie ([szt./ha], jasny) oraz suma wysokości ([m/ha], ciemny) drzew młodego pokolenia w poszczególnych stopniach pokrycia warstwy macierzystej drzewostanu

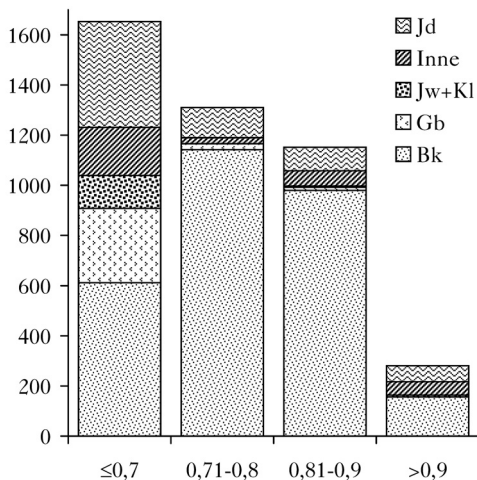
Mean tree density ([ind./ha], light) and total tree height ([m/ha], dark) of the regeneration layer in canopy cover classes



Ryc. 6.

Suma wysokości drzew młodego pokolenia [m/ha] w klasach wymiarów IV-VI (d=0,1-6,9 cm) w poszczególnych stopniach pokrycia warstwy macierzystej drzewostanu

Total tree height [m/ha] of the IV-VI regeneration size classes (d=0.1-6.9 cm) in canopy cover classes



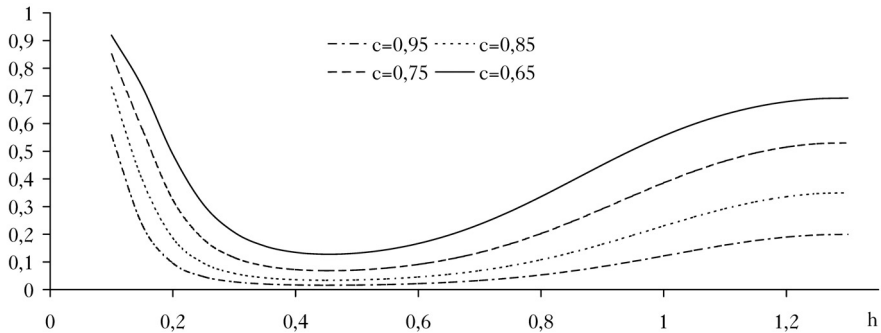
Ryc. 7.

Suma wysokości drzew młodego pokolenia [m/ha] w klasach wymiarów II-III (h=0,3-1,3 m) w poszczególnych stopniach pokrycia warstwy macierzystej drzewostanu

Total tree height [m/ha] of the II-III regeneration size classes (h=0.3-1.3 m) in canopy cover classes

część w drzewostanach z pokryciem 0,71-0,9, a relatywnie większą w drzewostanach o pokryciu $\leq 0,7$ i $> 0,9$. Odwrotnie było w przypadku buka. Model prawdopodobieństwa, że w przedziale wysokości 0,1-1,3 m i przy pokryciu przez korony drzew warstwy macierzystej w granicach 0,65-0,95 drzewo jest jodłą, a nie bukiem, wyjaśniał zależności między tym dwoma gatunkami (ryc. 8). Najmniejsze prawdopodobieństwo, że w odnowieniu lasu była jodła, wystąpiło w przypadku drzew o wysokości 0,45 m. Niezależnie od wysokości drzew prawdopodobieństwo to zwiększało się wraz ze zmniejszaniem się stopnia pokrycia przez korony drzew warstwy macierzystej.

Przy danej wysokości drzewa i danym dostępie światła (stopniu pokrycia przez korony drzew warstwy macierzystej) średnie przyrosty długości pędu głównego buków i jodeł różniły się (ryc. 9).

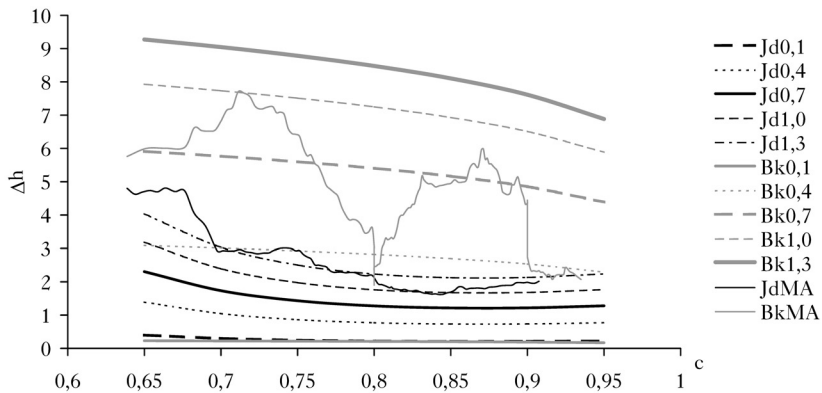


$$p = 1 / (1 + \exp(49,5 + 54,2 \cdot \ln(h+1) - 105 \cdot (\ln(h+1))^2 + 58,1 \cdot (\ln(h+1))^3 - 31,1 \cdot \ln(c+1) + 4,23 \cdot (\ln(c+1))^2)) \quad \text{AUC} = 0,895$$

Ryc. 8.

Prawdopodobieństwo, że w warstwie odnowienia drzewo danej wysokości (h [m]) i w drzewostanie o danym stopniu pokrycia (c) jest jodłą, a nie bukiem

Predicted probability of silver fir and not beech regeneration in tree height (h [m]) and canopy cover (c) classes



$$\Delta h_{jd} = 10^{(65,5 + 0,904 \cdot \log_{10}(h) - 67,2 \cdot (\log_{10}(100-c) + 17,3 \cdot (\log_{10}(100-c))^2)} \quad R^2 = 0,27$$

$$\Delta h_{bk} = 10^{(-5,32 + 0,949 \cdot \log_{10}(h) + 3,82 \cdot \log_{10}(100 \cdot (1-cc) + 1)} \quad R^2 = 0,28$$

Ryc. 9.

Przyrost długości pędu głównego (Δh [cm/rok]) buka (Bk) i jodły (Jd) w zależności od wysokości drzewa (0,1, 0,4, 0,7, 1,0 i 1,3 m) oraz pokrycia warstwy macierzystej drzewostanu (c)

Height increment (Δh [cm/year]) of leader shoot of silver fir (Jd) and European beech (Bk) regeneration according to tree height (0.1, 0.4, 0.7, 1.0 and 1.3 m) and canopy cover (c)

średnia ruchoma z interwałem 30 (średnia wysokość: Jd – 0,75 m, Bk – 0,58 m)

moving average with subset size=30 (mean height: Jd – 0.75 m, Bk – 0.58 m)

Ogólnie przyrost długości pędu głównego buka był znacznie większy niż przyrost pędu jodły. U buka w większym stopniu niż u jodły zwiększał się wraz z wysokością drzewa. Inaczej też u tych gatunków zmieniał się przyrost wraz ze zmianą warunków świetlnych. Poczynając od stopnia 0,65, przyrost długości pędu jodły relatywnie szybko zmniejszał się wraz ze zwiększaniem się pokrycia, ale przy pokryciu w granicach 0,8-1,0 niemal nie zmieniał się. W przypadku buka przyrost długości pędu głównego zmniejszał się wraz ze zwiększaniem się pokrycia.

Dyskusja

W niniejszych badaniach przedstawiono uśredniony stan młodego pokolenia drzew we wszystkich drzewostanach rezerwatu Świnia Góra. Uwzględniono także związek tego stanu z wybranymi elementami struktury lasu. W roku 2018 strukturę tę można było określić jako zrównoważoną. Świadczył o tym duży udział drzewostanów zaliczonych do optymalnych naturalnych faz rozwojowych oraz dość duży udział faz terminalnych. Pod tym względem struktura lasów w rezerwacie Świnia Góra była podobna do tej, jaka występowała w Białowieskim Parku Narodowym [Miścicki 2012]. W najczęściej występujących fazach rozwojowych drzewostanów suma wysokości drzew warstwy odnowienia była podobna i wynosiła 5000-6000 m/ha. Średnia suma wysokości drzew (6552 m/ha) może być uznana za typową i zbliżoną do tej w innych obiektach objętych ochroną ścisłą: w Białowieskim Parku Narodowym w 2015 roku wynosiła ona 7408 m/ha [Miścicki 2016], natomiast w Obszarze Ochrony Ścisłej Bukowa Góra w Roztoczańskim Parku Narodowym w 1991 roku 6064 m/ha [Gazda, Miścicki 2016].

W rezerwacie Świnia Góra skład gatunkowy drzew warstwy odnowienia tylko częściowo był podobny do składu gatunkowego warstwy macierzystej. Brakowało gatunków światłożądnych (sosny i modrzewia), a udział dębu był znikomy. Pod tym względem wystąpiło podobieństwo z lasem w Białowieskim PN, w którym nie stwierdzono w odnowieniu sosny, a udział dębu był bardzo mały [Gazda, Miścicki 2016]. W dłuższym okresie te gatunki nie przechodziły z warstwy odnowienia do warstwy macierzystej [Bernadzki i in. 1998; Brzeziecki i in. 2016]. Innym podobieństwem był duży udział jaworu w rezerwacie Świnia Góra i klonu zwyczajnego w Białowieskim PN [Miścicki 2016] w grupie nalotów (o wysokości poniżej 0,3 m), ale mały udział w podroście. Mimo obecności w warstwie odnowienia w rezerwacie Świnia Góra kilkunastu gatunków drzew dominowały dwa – jodła i buk. Ta sytuacja była inna niż w OOŚ Bukowa Góra. Mimo podobnej w obu obiektach proporcji jodły i buka w warstwie macierzystej (w przybliżeniu 2:1) większą część w odnowieniu w OOŚ Bukowa Góra stanowił buk [Gazda, Miścicki 2016].

W roku 2000, korzystając z tych samych środków powierzchni próbnych i stosując tę samą postać koncentrycznych powierzchni próbnych, Kobyłecki [2001] wykonał inwentaryzację odnowienia w drzewostanach rezerwatu Świnia Góra. Jej wyniki znacznie różniły się od wyników obecnych badań (suma wysokości drzew odnowienia 11 189 m/ha, zagęszczenie 20 904 szt./ha). Dwukrotne zmniejszenie ilości odnowienia odnotowano wprawdzie w OOŚ Bukowa Góra w latach 1991-2001 [Gazda, Miścicki 2016], ale było to udokumentowane sukcesywnymi pomiarami wykonywanymi co 5 lat. W rezerwacie Świnia Góra, z powodu niemożności stwierdzenia powodów takich różnic, odniesiono się tylko do danych dotyczących udziału gatunków w poszczególnych klasach wymiarów. W obu terminach udział jodły we wszystkich klasach pierśnic ($d=0,1-6,9$ cm) był podobny, w I klasie ($h<0,3$ m) w roku 2018 był dwukrotnie większy niż w roku 2000, ale w klasie II ($h=0,3-0,69$ m) dwukrotnie mniejszy, a w klasie III ($h=0,7-1,3$ m) ponad dwukrotnie mniejszy. W przypadku buka w obu terminach jego udział w większości klas pierśnic ($d=1,0-6,9$ cm) był podobny, w I klasie ($h<0,3$ m) w roku 2018 dwukrotnie mniejszy niż w roku 2000, w klasach II i IV większy (o około połowę), a w klasie III większy czterokrotnie. Podobne fluk-

tuacje udziału dwóch najważniejszych gatunków w nalocie i niskim podroście stwierdzono w Gorczańskim Parku Narodowym w okresie 1993-2011 [Miścicki, Żurek 2015]. W porównaniu z danymi Kobyleckiego [2001] udział jodły w młodym pokoleniu w rezerwacie Świnia Góra w ogóle się nie zmienił (46%), ale udział buka zwiększył się z 28 do 35%, kosztem gatunków domieszkowych. Trudno ocenić, na ile na zmiany udziału gatunków miał wpływ niewielki poziom uszkodzeń spowodowanych przez ssaki kopytne. Jodła prawie nie była zgryzana przez jeleniowate, a stosunkowo w niewielkim stopniu obciążona osmykiwaniem – głównie przez sarny. Rozwój odnowienia jodły bywa hamowany przez ssaki kopytne [Senn, Suter 2003]. W przypadku gdy obok niej jest liczny buk (mniej wrażliwy na uszkodzenia), może stać się on gatunkiem uprzywilejowanym. Dwa ważne gatunki domieszkowe – grab i jawor – były w znaczącym stopniu zgryzione. Nie była to sytuacja nietypowa, bowiem oba należą do gatunków preferowanych przez ssaki kopytne, o czym świadczą dane z parków narodowych: Białowieskiego [Kuijper i in. 2010] i Gorczańskiego [Miścicki, Żurek 2015].

Z powodu dużego udziału jodły i buka przeobrażenia warstwy odnowienia w dużej części mogły być następstwem konkurencji między tymi dwoma gatunkami. Wyniki badań wskazały, że relacje ilościowe między nimi różniły się w zależności od warunków świetlnych. Było to zgodne z wynikami badań Dobrowolskiej i Boliboka [2019], według których stopień zadrzewienia warstwy macierzystej jest jedną z najważniejszych cech wpływających na ilość odnowienia jodeł w nalocie wysokim ($h=0,21-0,5$ m), podroście niskim i wysokim. W rezerwacie Świnia Góra niskie odnowienie jodłowe zyskiwałoby przewagę nad odnowieniem buka w sytuacji, gdyby okap warstwy macierzystej był relatywnie silnie prześwietlony. Jednak na dalszym etapie odnowienia, czyli w przypadku podrostu – zwłaszcza wysokiego – przewaga odnowienia jodłowego nad bukowym byłaby największa w przypadku silnego zwarcia okapu. Tak więc przyszły skład gatunkowy odnowienia, a potem i macierzystej warstwy drzew zależeć będzie między innymi od fluktuacji stopnia zwarcia macierzystej warstwy drzew w następstwie różnej skali zaburzeń i regeneracji lasu.

Literatura

- Bernadzki E., Bolibok L., Brzeziecki B., Zajączkowski J., Żybura H. 1998. Rozwój drzewostanów naturalnych Białowieskiego Parku Narodowego w okresie od 1936 do 1996 roku. Fundacja Rozwój SGGW, Warszawa.
- Brzeziecki B., Pommerening A., Miścicki S., Drozdowski S., Żybura H. 2016. A common lack of demographic equilibrium among tree species in Białowieża National Park (NE Poland): evidence from long-term plots. *Journal of Vegetation Science* 27: 460-469. DOI: <https://doi.org/10.1111/jvs.12369>.
- Bzymek A., Durlik L., Staškowiak A. 2003. Rezerwat „Świnia Góra”. Las – racjonalna gospodarka i ochrona. Skarżyskie Zeszyty Ligi Ochrony Przyrody 7: 41-48.
- Cieśla W. M., Donabauer E. 1994. Decline and Dieback of Trees and Forests. A Global Overview. FAO, Rome.
- Dobrowolska D., Bolibok L. 2019. Is climate the key factor limiting the natural regeneration of silver fir beyond the northeastern border of its distribution range? *Forest Ecology and Management* 439: 105-121. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.02.040>.
- Gazda A., Miścicki S. 2016. Prognoza rozwoju drzewostanów lasu naturalnego z wykorzystaniem modelu według klas wymiarów. *Sylwan* 160 (3): 207-218. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2015053>.
- Hanewinkel M., Cullmann D. A., Schelhaas M.-J., Nabuurs G.-J., Zimmermann N. E. 2013. Climate change may cause severe loss in the economic value of European forest land. *Nature Climate Change* 3: 203-207. DOI: <https://doi.org/10.1038/nclimate1687>.
- Horn H. 1966. Measurement of 'overlap' in comparative ecological studies. *The American Naturalist* 100: 419-424.
- Kobylecki M. 2001. Inwentaryzacja młodego pokolenia lasu w rezerwacie „Świnia Góra” jako wstęp do kontroli sukcesywnej. Praca magisterska. Maszynopis. Biblioteka SGGW, Warszawa.
- Kuijper D. P. J., Cromsigt J. P. G. M., Jędrzejewska B., Miścicki S., Churski M., Jędrzejewski W., Kwezclich I. 2010. Bottom-up versus top-down control of tree regeneration in the Białowieża Primeval Forest, Poland. *Journal of Ecology* 98 (4): 888-899.
- Mielczarezyk J., Miścicki S., Lepa A. 2018. Dynamika zasobów martwych drzew w ścisłym rezerwacie przyrody Świnia Góra. *Sylwan* 162 (4): 295-304. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2017137>.

- Miścicki S. 1994.** Naturalne fazy rozwojowe drzewostanów – podstawa taksacji leśnych rezerwatów przyrody. *Sylvan* 138 (4): 29-39.
- Miścicki S. 2012.** Dynamika naturalnych faz rozwojowych drzewostanów w Białowieckim Parku Narodowym. *Sylvan* 156 (8): 616-626. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2011097>.
- Miścicki S. 2016.** Zmiany drzewostanów Białowieckiego Parku Narodowego w okresie 2000-2015. *Leś. Pr. Bad.* 77 (4): 371-379.
- Miścicki S., Żurek Z. 2015.** Monitoring uszkodzeń spowodowanych przez jeleniowate w młodych drzewostanach i odnowieniach Gorczańskiego Parku Narodowego. *Sylvan* 159 (6): 505-51. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2014102>.
- Niedzialkowski W. 1949.** Wytoczne urządzenia gospodarstwa rezerwatowego wraz z programem prac inwentaryzacyjnych i organizacyjnych w rezerwach leśnych. *IBL Rozprawy i Sprawozdania, seria A, zeszyt 60.*
- Ochrona środowiska. 2019.** GUS, Warszawa.
- Rutkowski B. 1991.** Zasady urządzania lasów w parkach narodowych i rezerwach przyrody. *Prądnik. Prace Muzeum Szafera* 4: 135-138.
- Senn J., Suter W. 2003.** Ungulate browsing on silver fir (*Abies alba*) in the Swiss Alps: Beliefs in search of supporting data. *Forest Ecology and Management* 181: 151-164. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(03\)00129-4](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(03)00129-4).
- Tarasiuk S. 1999.** Buk zwyczajny (*Fagus sylvatica* L.) na obrzeżach zasięgu w Polsce: warunki wzrostu i problemy hodowlane. Fundacja Rozwój SGGW, Warszawa.
- Vitali V., Buntgen U., Bauhaus J. 2018.** Seasonality matters – the effect of past and projected seasonal climate change on the growth of native and exotic conifer species in Central Europe. *Dendrochronologia* 48: 1-9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2018.01.001>.