

RAFAŁ PODLASKI, MONIKA ŻELEZIK

Ocena kondycji modrzewia *Larix decidua* Mill. subsp. *polonica* (Racib.) Domin i innych gatunków drzew na Chełmowej Górze w Świętokrzyskim Parku Narodowym*

Assessment of the condition of Polish larch *Larix decidua* Mill. subsp. *polonica* (Racib.) Domin and other trees species on Chełmowa Góra in the Świętokrzyski National Park

ABSTRACT

Podlaski R., Żelezik M. 2012. Ocena kondycji modrzewia *Larix decidua* Mill. subsp. *polonica* (Racib.) Domin i innych gatunków drzew na Chełmowej Górze w Świętokrzyskim Parku Narodowym. Sylwan 156 (3): 170-181.

The objective of the study was to evaluate the health condition (defoliation) and vitality of Polish larch, fir, beech, pine and two native oak species growing on Chełmowa Góra in the Świętokrzyski National Park. Sample trees were selected using a survey sampling, simple random sampling without replacement (lpbz) and two-stage sampling (with lpbz on both stages) (I2s: I-lpbz, II-lpbz) were employed. The spatial distribution of the fractions of trees in defoliation and vitality classes in the stand allowed to categorize the examined species with regard to their health condition (from 'best' to 'worst') in the following order: Polish larch, beech, pine, oaks and fir (in the case of defoliation) and Polish larch, beech, pine, fir and oaks (for vitality). The estimation errors for the fractions of trees in defoliation and vitality classes ranged from 0.013 to 0.076.

KEY WORDS

Larix decidua subsp. *polonica*, defoliation, vitality, survey sampling, Świętokrzyski National Park

ADDRESSES

Rafał Podlaski ⁽¹⁾ – e-mail: r_podlaski@pro.onet.pl
 Monika Żelezik ⁽²⁾ – e-mail: M.Zelezik@ujk.edu.pl

⁽¹⁾ Pracownia Ochrony Przyrody; Uniwersytet Jana Kochanowskiego; ul. Świętokrzyska15; 25-406 Kielce

⁽²⁾ Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska, Uniwersytet Jana Kochanowskiego; ul. Świętokrzyska15; 25-406 Kielce

Wstęp

Modrzew polski *Larix decidua* Mill. subsp. *polonica* (Racib.) Domin występuje w Polsce w trzech regionach: na Wyżynie Małopolskiej, na Wyżynie Lubelskiej oraz w Beskidach Zachodnich, Pieninach i Tatrach [Chylarecki 2000]. Poza tymi obszarami naturalne, wyspowe stanowisko modrzewia polskiego zlokalizowano m.in. na Chełmowej Górze w Górach Świętokrzyskich. Jest to jedno z najcenniejszych stanowisk tego gatunku, ponieważ właśnie w Górach Świętokrzyskich pionierskie badania nad modrzewiem prowadzili m.in. Raciborski i Szafer [Szafer 1913]. W wyniku tych badań modrzew z Gór Świętokrzyskich został opisany jako odrębny

* Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2010-2013 jako projekt badawczy nr N N309 044138.

gatunek, jednak ta wysoka ranga systematyczna była już kwestionowana w latach 20. XX wieku [Ostenfeld, Syrach-Larsen 1930]. Obecnie modrzew polski uznawany jest za podgatunek modrzewia europejskiego [Boratyński 1986].

Modrzew charakteryzuje się szybkim wzrostem oraz cennym drewnem i dlatego w Polsce zwiększono jego udział w drzewostanach już na przełomie XVIII i XIX wieku [Chylarecki 2000]. W Królestwie Polskim, zgodnie z zarządzeniem Wydziału Dóbr i Lasów, rozsyłano do wielu nadleśnictw nasiona i sadzonki modrzewia pozyskane z Gór Świętokrzyskich [Barański 1974]. Modrzew był gatunkiem preferowanym gospodarczo, ale równocześnie starano się chronić jego najcenniejsze stanowiska. Najstarszym rezerwatem ścisłym, założonym w celu ochrony modrzewia, jest utworzony w toku 1921 rezerwat na Chełmowej Górze – pierwszy rezerwat w Górach Świętokrzyskich i jeden z pierwszych w Polsce. Na Chełmowej Górze do podstawowych gatunków lasotwórczych należą oprócz modrzewia także jodła *Abies alba* Mill., buk *Fagus sylvatica* L., sosna *Pinus sylvestris* L. oraz dęby *Quercus robur* L. i *Q. petraea* [Matt.] Liebl. [Gądek 2000].

W Górach Świętokrzyskich, podobnie jak w prawie całej Europie, w latach 60-70. XX wieku, nastąpił silny proces osłabienia żywotności i zamierania drzewostanów z udziałem m.in. jodły, sosny i dębów [Jaworski 1982; Spiecker i in. 1997]. Pomimo procesu regeneracji, trwającego od lat 90. XX wieku, w niektórych drzewostanach Świętokrzyskiego Parku Narodowego nadal obserwowane jest osłabienie kondycji różnych gatunków drzew [Jaworski i in. 2000; Podlaski 2002, 2003b]. Na Chełmowej Górze modrzew starszej generacji (w wieku powyżej 150 lat) odznaczał się stosunkowo dobrą kondycją [Podlaski 2001, 2003a]. Głównym problemem było uzyskanie odnowienia i młodszych generacji tego gatunku. Konieczność zachowania modrzewia oraz gwałtowne zmiany kondycji różnych gatunków drzew zachodzące w XX wieku świadczą o potrzebie podjęcia badań nad zdrowotnością i żywotnością drzew w Górach Świętokrzyskich.

Do oszacowania kondycji drzew wykorzystano metodę reprezentacyjną, która umożliwiała m.in. obliczenie błędów szacunku badanej cechy na podstawie próby pobranej ze skończonej populacji [Thompson 2002]. Metoda reprezentacyjna jest coraz częściej wykorzystywana w leśnictwie. W Polsce na szerszą skalę została wprowadzona przez Bruchwalda [Bruchwald 2000a, b, 2001; Bruchwald, Zajączkowski 2002; Bruchwald i in. 2003]. Do określenia kondycji drzew wykorzystano klasyfikacje uwzględniające stopień defoliacji (zdrowotność) oraz cechy biomorfologiczne korony (żywotność). W Polsce badania nad m.in. nowymi koncepcjami analizy uszkodzeń drzewostanów oraz definiowaniem kryteriów określania uszkodzenia drzew różnych gatunków prowadzi od szeregu lat Instytut Badawczy Leśnictwa [Bruchwald i in. 2005; Dmyterko i in. 2006; Dmyterko, Bruchwald 2007a-c, 2008; Dmyterko 2008]. Ocena kondycji drzew i drzewostanów jest bardzo istotnym elementem umożliwiającym optymalny sposób prowadzenia gospodarki leśnej i dlatego należy ją uwzględnić podczas taksacji, określając stan koron drzew próbnych [Instrukcja... 2003; Dmyterko i in. 2006].

Celem pracy jest ocena zdrowotności i żywotności modrzewia polskiego oraz jodły, buka, sosny i obu rodzimych gatunków dębów rosnących na Chełmowej Górze w Świętokrzyskim Parku Narodowym.

Materiał i metody

TEREN BADAŃ. Chełmowa Góra wchodzi w skład Świętokrzyskiego Parku Narodowego leżącego w Dzielnicy Gór Świętokrzyskich, należącej do VI Małopolskiej Krainy Przyrodniczo-Leśnej [Trampler i in. 1990]. Jest to wzniesienie osiągające wysokość 350,8 m n.p.m. W 1921 roku utworzono tu rezerwat, którego powierzchnia obecnie wynosi 183,44 ha. W 1951 roku

zmieniono status ochronny rezerwatu ze ścisłego na częściowy (z wyjątkiem fragmentu o wielkości 13,36 ha), ponieważ zapewnienie ciągłości występowania modrzewia polskiego, zagrożonego konkurencją buka, dębów i jodły, wymagało zastosowania aktywnych form ochrony.

Z danych uzyskanych na podstawie krótkotrwałych obserwacji przeprowadzonych w latach 1955-1958 i 1960-1968 w istniejącej wówczas stacji meteorologicznej w Nowej Słupi (50°52' N, 21°05' E, 307 m n.p.m.) wynika, że w okolicy występuje lokalne minimum opadowe [Dunikowski 1985]. Chełmowa Góra otrzymywała w tym okresie średnio rocznie o około 160 mm opadów mniej niż sąsiadujący z nią Św. Krzyż, gdzie średnia roczna suma opadów wynosiła 932,8 mm. Mniejsza ilość opadów związana jest z położeniem Chełmowej Góry, znajdującej się w cieniu opadowym głównego pasma Łysogór. Wartości średniej temperatury miesięcznej, średniej maksymalnej i średniej rocznej są o około 2,5°C wyższe niż na Św. Krzyżu [Olszewski i in. 2000]. Dodatkowo stoki Chełmowej Góry, na których nie ma warunków do stagnacji powietrza i które mają w nocy dużą wymianę turbulentyjną, cechują się długim okresem bezprzymrozkowym [Olszewski i in. 2000].

Na Chełmowej Górze z utworów eolicznych oraz z plejstocenijskich pokryw peryglacialnych na utworach sylurskich i dewońskich wytworzyły się gleby płowe właściwe (występują na 94,02% powierzchni leśnej), brunatne kwaśne typowe (4,44%) i brunatne kwaśne opadowoglejowe (1,54%). Gleby te cechuje skład granulometryczny pyłu piaszczystego (zajmują 59,84% powierzchni leśnej), pyłu zwykłego i ilastego na utworze kamienistym, ilastym (36,03%) i pyłu ilastego (4,13%) [Opis... 1997]. Gleby Chełmowej Góry charakteryzują się stosunkowo wysokim zakwaszeniem, porównywalnym np. z glebami głównego pasma Łysogór, które wytworzone są z plejstocenijskich osadów polodowcowych (głównie gleb brunatnych kwaśnych typowych, bielicowo-rdzawych i rdzawych właściwych). Ponadto są stosunkowo płytkie i na ogół odznaczają się niekorzystnymi właściwościami wodno-powietrznymi [Kowalkowski 2000].

WYBÓR DRZEW PRÓBNYCH. Na Chełmowej Górze wybrano losowo drzewa próbne badanych gatunków według schematu losowania prostego bez zwracania (lpbz) i losowania dwustopniowego (ze schematem lpbz na obu stopniach) (l2s) [Bracha 1996]. Badania prowadzono na całym obszarze Chełmowej Góry, obejmującym las mieszany z udziałem modrzewi średniej i starszej generacji, jodły i buka młodszej generacji oraz sosny i dębów młodszej i starszej generacji, a także gniazda z modrzewiem najmłodszej generacji. Na mapach gospodarczo-przeglądowych w skali 1:5 000 wylosowano 150 punktów (według schematu lpbz) i 5 gniazd (według schematu l2s). Podczas losowania jako układ odniesienia wykorzystano współrzędne systemu SINUS [Ciołkosz 1991; Podlaski 2005]. Po wylosowaniu i zaznaczeniu na mapach wszystkie punkty zostały wyznaczone, a gniazda zlokalizowane w terenie. Do wyznaczania punktów i lokalizacji gniazd zastosowano zestaw 3R-GPS XT.

W otoczeniu każdego wyznaczonego punktu, w promieniu o długości równej około jednej wysokości drzewostanu panującego, wybrano po jednym drzewie należącym do uwzględnionych w badaniach gatunków i generacji wiekowych, położonym najbliższym stałego punktu badawczego. Łącznie wyznaczono 80 modrzewi średniej i starszej generacji w wieku powyżej 70 lat, 50 jodeł młodszej generacji w wieku od 70 do 130 lat, 85 buków młodszej generacji w wieku od 30 do 90 lat, 50 sosen starszej generacji w wieku powyżej 130 lat, 60 sosen młodszej generacji w wieku od 50 do 130 lat, 55 dębów starszej generacji w wieku powyżej 160 lat i 75 dębów młodszej generacji w wieku od 80 do 160 lat. Jeżeli w pobliżu danego punktu badawczego nie było drzew reprezentujących wszystkie badane gatunki i generacje, to nie wyznaczano dodatkowych punktów, stąd różna liczba drzew reprezentujących badane gatunki i generacje. Na gniazdach

wybrano losowo modrzewie należące do najmłodszej generacji w wieku do 30 lat. Łącznie na gniazdach wyznaczono 32 modrzewie.

Drzewa próbne wybrano z drugiej klasy Krafta w drzewostanach jednopiętrowych lub z górnej warstwy (100 według IUFRO) w drzewostanach o złożonej budowie. Na gniazdach modrzewie rosły w towarzystwie jodły, buka, brzozy *Betula verrucosa* Ehrh. i/lub wierzby iwy *Salix caprea* L.

OCENA KONDYCJI DRZEW PRÓBNYCH. W 2010 roku określono zdrowotność i żywotność wybranych drzew próbnych. Do oceny zdrowotności wykorzystano defoliację, którą określano z zastosowaniem stosownego atlasu [Borecki, Keczyński 1992]. Następnie każde drzewo zakwalifikowano do jednej z wyróżnionych klas zdrowotności:

- 0 – drzewa bez uszkodzeń (defoliacja do 10%),
- 1 – drzewa słabo uszkodzone (defoliacja od 11 do 25%),
- 2 – drzewa średnio uszkodzone (defoliacja od 26 do 60%),
- 3 – drzewa silnie uszkodzone (defoliacja od 61%).

Do oceny żywotności wykorzystano zmodyfikowaną klasyfikację zaproponowaną przez Jaworskiego i in. [1988]. Poszczególne drzewa zaliczono do następujących klas żywotności:

- 1 – drzewa bujnie rozwinięte – drzewa o silnej tendencji przyrostu wysokości (posiadające wąskie, wyraźne wierzchołki), o długich (powyżej $\frac{2}{3}$ wysokości) i w miarę foremnych koronach, stopień ubytku aparatu asymilacyjnego do około 10%;
- 2 – drzewa normalnie rozwinięte – drzewa o przeciętnej tendencji przyrostu wysokości (cechujące się stożkowatymi lub paraboloidalnymi wierzchołkami), o w miarę długich (od $\frac{1}{2}$ do $\frac{2}{3}$ wysokości) i słabo zniekształconych (ubytki do około 25%) koronach, stopień ubytku aparatu asymilacyjnego do około 25%;
- 3 – drzewa lekko osłabione – drzewa o mniejszej niż przeciętna tendencji przyrostu wysokości (odznaczające się lekko spłaszczonymi wierzchołkami), o średniej długości (od $\frac{1}{3}$ do $\frac{1}{2}$ wysokości) i średnio zniekształconych (ubytki do około 50%) koronach, stopień ubytku aparatu asymilacyjnego do około 25%;
- 4 – drzewa silnie osłabione – drzewa o słabej tendencji przyrostu wysokości (cechujące się średnio spłaszczonymi wierzchołkami), o krótkich (do $\frac{1}{3}$ wysokości) i silnie zniekształconych (ubytki powyżej 50%) koronach, stopień ubytku aparatu asymilacyjnego do około 60%;
- 5 – drzewa obumierające – drzewa o zahamowanym przyroście wysokości (cechujące się silnie spłaszczonymi wierzchołkami), o krótkich (do $\frac{1}{3}$ wysokości) i silnie zniekształconych (ubytki powyżej 50%) koronach, stopień ubytku aparatu asymilacyjnego powyżej 60%, z wyraźnie widocznymi usychającymi i uschniętymi gałęziami.

Przedstawiona klasyfikacja była dostosowywana do gatunku drzewa i generacji wiekowej. Jeżeli analizowane drzewo „mieściło się” w dwóch klasach (np. wierzchołek zaliczono do klasy 2, a koronę do klasy 3), to przesuwano je do klasy „niższej” (w tym wypadku do klasy 3).

SZACOWANIE UDZIAŁU DRZEW W KLASACH ZDROWOTNOŚCI I ŻYWOTNOŚCI. Dla badanych gatunków i generacji w analizowanych klasach zdrowotności i żywotności obliczono nieobciążony estymator udziału (frakcji) drzew i określono błędy jego szacunku. Zastosowano wzory dla średniej, przy założeniu, że badana cecha (defoliacja lub żywotność) przyjmuje tylko dwie wartości [Bracha

1996]: „1”, jeżeli dane drzewo należy, lub „0”, jeżeli dane drzewo nie należy do określonej klasy zdrowotności lub żywotności.

Dla schematu losowania prostego bez zwracania przyjęto, że frakcja ($\hat{\mu}_k \equiv \bar{y}_k$) i standardowy błąd kwadratowy szacunku ($\hat{D}^2(\bar{y}_k) \equiv \hat{v} \hat{\sigma}^2(\hat{\mu}_k) \equiv \hat{v} \hat{\sigma}^2(\bar{y}_k)$) w klasie zdrowotności lub żywotności k wynoszą odpowiednio [Thompson 2002]:

$$\bar{y}_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_{ki} \tag{1}$$

oraz

$$\hat{D}^2(\bar{y}_k) = \frac{N-n}{N} \frac{1}{n} s_k^2 \tag{2}$$

przy czym

$$s_k^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_{ki} - \bar{y}_k)^2 \quad \text{i} \quad \frac{N-n}{N} \approx 1$$

gdzie:

- \bar{y}_k – średnia z próby, będąca nieobciążonym estymatorem średniej populacji (podczas tej analizy – frakcja elementów z cechą wyróżnioną, czyli frakcja drzew należących do danej klasy zdrowotności lub żywotności k),
- y_{ki} – wartość badanej cechy w próbie, która przyjmuje wartość „1” lub „0” w zależności od tego, czy dane drzewo należy lub nie należy do danej klasy zdrowotności lub żywotności,
- $\hat{D}^2(\bar{y}_k)$ – standardowy błąd kwadratowy szacunku (podczas tej analizy – standardowy błąd kwadratowy szacunku frakcji elementów z cechą wyróżnioną, czyli frakcji drzew należących do danej klasy zdrowotności lub żywotności k),
- n – liczba badanych drzew danego gatunku i generacji,
- N – liczba wszystkich drzew danego gatunku i generacji, rosnących na Chełmowej Górze.

W przypadku schematu losowania dwustopniowego zastosowano estymator ilorazowy, ponieważ podczas szacowania frakcji $\hat{\mu}_{rk}$ musi być spełniony następujący warunek:

$$\sum_{k=1}^l \hat{\mu}_{rk} = 1 \tag{3}$$

Przyjęto, że frakcja ($\hat{\mu}_{rk} \equiv \hat{r}_k$) i średni błąd kwadratowy szacunku ($MSE(\hat{\mu}_{rk}) \equiv \hat{D}^2(\hat{\mu}_{rk}) \equiv \hat{v} \hat{\sigma}^2(\hat{\mu}_{rk})$) wynoszą odpowiednio [Thompson 2002]:

$$\hat{\mu}_{rk} = \frac{\sum_{i=1}^n \hat{y}_{ki}}{\sum_{i=1}^n M_i} \tag{3}$$

oraz

$$MSE(\hat{\mu}_{rk}) = \frac{1}{\hat{M}^2} \left[\frac{N(N-n)}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (\hat{y}_{ki} - M_i \hat{r}_k)^2 + \frac{N}{n} \sum_{i=1}^n M_i (M_i - m_i) \frac{s_{ki}^2}{m_i} \right] \tag{4}$$

przy czym

$$\hat{y}_{ki} = \frac{M_i}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i} y_{kij}, \quad \hat{M} = \frac{N}{n} \sum_{i=1}^n M_i, \quad s_{ki}^2 = \frac{1}{m_i - 1} \sum_{j=1}^{m_i} (y_{kij} - \bar{y}_{ki})^2 \quad \text{i} \quad \bar{y}_{ki} = \frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i} y_{kij}$$

gdzie:

- \hat{r}_k – nieobciążony estymator ilorazowy średniej populacji μ_{rk} (podczas tej analizy

- frakcja elementów z cechą wyróżnioną, czyli frakcja drzew należąca do danej klasy zdrowotności lub żywotności k),
- y_{kij} – wartość badanej cechy w próbie i , która przyjmuje wartość „1” lub „0” w zależności od tego, czy dane drzewo należy lub nie należy do danej klasy zdrowotności lub żywotności k ,
- $MSE(\hat{\mu}_{rk})$ – średni błąd kwadratowy szacunku (podczas tej analizy – średni błąd kwadratowy szacunku frakcji elementów z cechą wyróżnioną, czyli frakcji drzew należących do danej klasy zdrowotności lub żywotności k),
- n – liczba prób wylosowanych w pierwszym stopniu, czyli liczba wylosowanych gniazd,
- N – liczba wszystkich elementów populacji w pierwszym stopniu, czyli liczba wszystkich gniazd na Chełmowej Górze,
- m_i – liczba elementów wylosowanych w drugim stopniu w próbie i , czyli liczba badanych drzew danego gatunku i generacji na gnieździe i ,
- M_i – liczba wszystkich elementów w próbie i , czyli liczba wszystkich drzew danego gatunku i generacji rosnących na gnieździe i .

Wyniki

ZDROWOTNOŚĆ (DEFOLIACJA). Na Chełmowej Górze frakcja modrzewi bez uszkodzeń wynosiła 0,063 dla drzew średniej i starszej generacji oraz 0,085 dla drzew najmłodszej generacji. Z kolei frakcja modrzewi silnie uszkodzonych wynosiła 0,088 dla drzew średniej i starszej generacji oraz 0,183 dla drzew najmłodszej generacji (tab. 1). Większość modrzewi były to drzewa słabo i średnio uszkodzone (powyżej 70% dla wszystkich uwzględnionych generacji). Porównanie udziału modrzewi badanych generacji w poszczególnych klasach zdrowotności świadczy o nieznacznie gorszej kondycji modrzewi najmłodszej generacji w stosunku do modrzewi średniej i starszej generacji (ryc. 1).

Jodła młodszej generacji cechowała się bardzo wysokim stopniem defoliacji. Frakcja drzew silnie uszkodzonych wynosiła 0,680 (tab. 1). Jodeł słabo i średnio uszkodzonych było mało (tylko 26%). Buk młodszej generacji charakteryzował się stosunkowo niskim stopniem defoliacji. Ponad $\frac{1}{3}$ buków należała do drzew słabo uszkodzonych. Frakcja buków bez uszkodzeń i silnie uszkodzonych wynosiła odpowiednio 0,047 i 0,212 (tab. 1). Frakcja sosen bez uszkodzeń i słabo uszkodzonych wynosiła odpowiednio 0,000 i 0,140 dla drzew starszej generacji oraz 0,033 i 0,233 – dla młodszej (tab. 1). Większość sosen obu generacji stanowiły drzewa słabo i średnio uszkodzone (łącznie powyżej 65%). Sosna młodszej generacji w porównaniu do drzew starszej generacji odznaczała się w niewielkim stopniu lepszą zdrowotnością. Frakcja dębów bez uszkodzeń i słabo uszkodzonych wynosiła odpowiednio 0,000 i 0,091 dla drzew starszej generacji oraz 0,027 i 0,133 – dla młodszej (tab. 1). Większość dębów obu generacji stanowiły drzewa słabo i średnio uszkodzone (67,3% w przypadku starszej generacji i 60,0% dla młodszej generacji). Dęby młodszej generacji w porównaniu do dębów starszej generacji odznaczały się nieznacznie lepszą kondycją.

Rozkład frakcji drzew w klasach zdrowotności (tab. 1) pozwala na uszeregowanie badanych gatunków w kolejności od najmniej do najbardziej uszkodzonego. Uszeregowanie to przedstawia się następująco: modrzew, buk, sosna, dęby i jodła.

ŻYWOTNOŚĆ. Na terenie objętym badaniami frakcja modrzewi bujnie i normalnie rozwiniętych wynosiła 0,412 dla drzew średniej i starszej generacji oraz 0,324 dla drzew najmłodszej generacji. Udział modrzewi silnie osłabionych i obumierających wynosił 0,188 dla drzew średniej

Tabela 1.

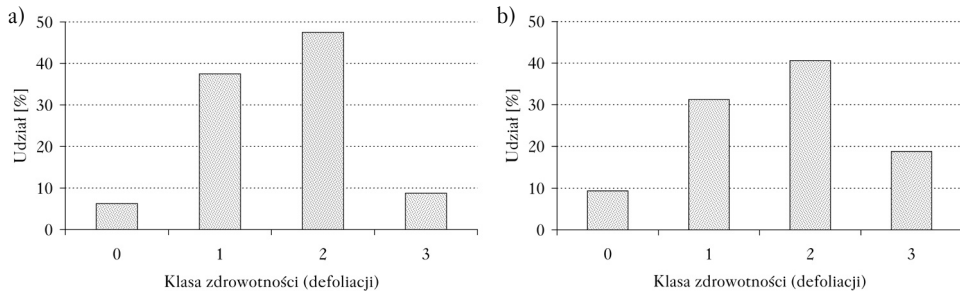
Frakcje badanych gatunków drzew i błędy szacunku (standardowy lub średni błąd kwadratowy) w klasach zdrowotności na Chełmowej Górze
 Fractions of the examined tree species and estimation errors (standard or mean square error) for the fractions of trees in defoliation classes on Chełmowa Góra

Gatunek generacja	Klasa zdrowotności									
	0		1		2		3			
	Frakcja	Błąd szacunku	Frakcja	Błąd szacunku	Frakcja	Błąd szacunku	Frakcja	Błąd szacunku	Frakcja	Błąd szacunku
Modrzew średnia i starsza	0,063	0,027	0,375	0,054	0,474	0,056	0,088	0,032		
Modrzew najmłodsza	0,085	0,035	0,310	0,055	0,422	0,071	0,183	0,061		
Jodła młodsza	0,060	0,034	0,100	0,043	0,160	0,052	0,680	0,067		
Buk młodsza	0,047	0,023	0,353	0,052	0,388	0,053	0,212	0,045		
Sosna starsza	0,000	–	0,140	0,050	0,600	0,070	0,260	0,063		
Sosna młodsza	0,033	0,023	0,233	0,055	0,450	0,065	0,284	0,059		
Dęby starsza	0,000	–	0,091	0,039	0,582	0,067	0,327	0,064		
Dęby młodsza	0,027	0,019	0,133	0,040	0,467	0,058	0,373	0,056		

Tabela 2.

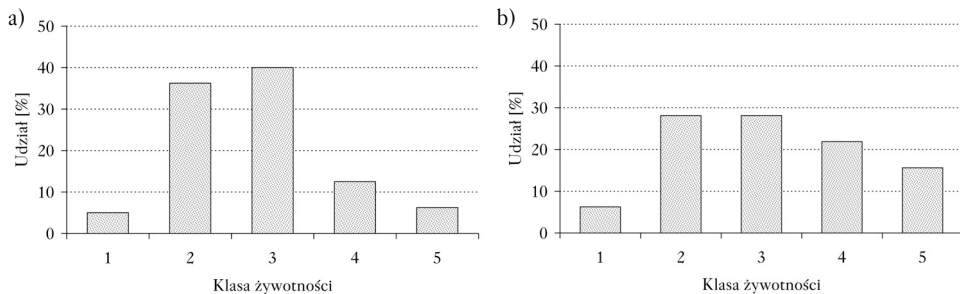
Frakcje badanych gatunków drzew i błędy szacunku (standardowy lub średni błąd kwadratowy) w klasach żywotności na Chełmowej Górze
 Fractions of the examined tree species and estimation errors (standard or mean square error) for the fractions of trees in vitality classes on Chełmowa Góra

Gatunek generacja	Klasa żywotności									
	1		2		3		4		5	
	Frakcja	Błąd szacunku	Frakcja	Błąd szacunku	Frakcja	Błąd szacunku	Frakcja	Błąd szacunku	Frakcja	Błąd szacunku
Modrzew średnia i starsza	0,050	0,025	0,362	0,054	0,400	0,055	0,125	0,037	0,063	0,027
Modrzew najmłodsza	0,056	0,026	0,268	0,065	0,310	0,076	0,211	0,059	0,155	0,042
Jodła młodsza	0,080	0,039	0,120	0,046	0,140	0,050	0,240	0,061	0,420	0,071
Buk młodsza	0,094	0,032	0,188	0,043	0,306	0,050	0,247	0,047	0,165	0,040
Sosna starsza	0,000	–	0,020	0,020	0,220	0,059	0,540	0,071	0,220	0,059
Sosna młodsza	0,017	0,017	0,167	0,049	0,267	0,058	0,432	0,065	0,117	0,042
Dęby starsza	0,000	–	0,055	0,031	0,236	0,058	0,400	0,067	0,309	0,063
Dęby młodsza	0,013	0,013	0,120	0,038	0,187	0,045	0,480	0,058	0,200	0,046

**Ryc. 1.**

Udział modrzewi średniej i starszej (a) oraz najmłodszej (b) generacji w klasach zdrowotności (defoliacji) na Chełmowej Górze

Frequency of larches of middle and the oldest (a), and the youngest (b) generation in health (defoliation) classes on Chełmowa Góra

**Ryc. 2.**

Udział modrzewi średniej i starszej (a) i najmłodszej (b) generacji w klasach żywotności na Chełmowej Górze

Frequency of larches of middle and the oldest (a), and the youngest (b) generation in vitality classes on Chełmowa Góra

i starszej generacji oraz 0,366 dla drzew najmłodszej generacji (tab. 2). Modrzewie średniej i starszej generacji cechowały się lepszą żywotnością w porównaniu do modrzewi najmłodszej generacji (ryc. 2).

Jodła młodszej generacji odznaczała się słabą żywotnością. Frakcja jodeł silnie osłabionych i obumierających wynosiła 0,660 (tab. 2). Buk młodszej generacji charakteryzował się stosunkowo dobrą żywotnością, gdyż ponad 28% buków należało do klasy drzew bujnie i normalnie rozwiniętych. Udział buków silnie osłabionych i obumierających wynosił odpowiednio 0,247 i 0,165 (tab. 2). Frakcja sosen bujnie i normalnie rozwiniętych wynosiła odpowiednio 0,000 i 0,020 dla drzew starszej generacji oraz 0,017 i 0,167 – dla młodszej (tab. 2). Większość sosen obu generacji stanowiły drzewa silnie osłabione i obumierające (ich udział wynosił powyżej 50%). Sosna młodszej generacji w porównaniu do sosny starszej generacji odznaczała się lepszą żywotnością. Frakcja dębów bujnie i normalnie rozwiniętych wynosiła odpowiednio 0,000 i 0,055 dla drzew starszej generacji oraz 0,013 i 0,120 – dla młodszej (tab. 2). Większość dębów obu generacji były to drzewa silnie osłabione i obumierające (70,9% w przypadku starszej generacji i 68,0% dla młodszej generacji). Dęby młodszej generacji w porównaniu do dębów starszej generacji odznaczały się lepszą żywotnością.

Wszystkie badane gatunki drzew cechowały się obniżoną kondycją, o czym najlepiej świadczy fakt, że dla modrzewia (najżywotniejszego gatunku) udział drzew bujnie i normalnie

rozwinętych wynosił około 41% w przypadku średniej i starszej generacji oraz około 32% dla najmłodszej generacji (tab. 2). Rozkład frakcji drzew w klasach żywotności pozwala na uszeregowanie badanych gatunków od najbardziej do najmniej żywotnego w następującej kolejności: modrzew, buk, sosna, jodła i dęby (tab. 2).

BŁĘDY SZACUNKU. Standardowy błąd kwadratowy obliczony dla schematu lpbz i średni błąd kwadratowy obliczony dla schematu l2s przyjmują wartości od 0,019 do 0,071 (w przypadku szacowania frakcji w klasach zdrowotności) oraz od 0,013 do 0,076 (w przypadku szacowania frakcji w klasach żywotności) (tab. 1, 2). Standardowe błędy kwadratowe i średnie błędy kwadratowe przyjmowały zbliżone wartości (odpowiednio od 0,013 do 0,071 oraz od 0,026 do 0,076) (tab. 1, 2). W przypadku schematu losowania prostego bez zwracania największe błędy estymacji wystąpiły podczas szacowania frakcji jodły młodszej generacji i sosny starszej generacji.

Dyskusja

Zdrowotność i żywotność drzew na Chełmowej Górze nie zmieniła się znacząco w ciągu ostatnich 15 lat [Podlaski 2001, 2003a]. W porównaniu do innych drzewostanów Świętokrzyskiego Parku Narodowego oraz do obecnie dominujących tendencji zmian kondycji drzew w Polsce i Europie [Jaworski 2003a, b] zwraca uwagę brak poprawy zdrowotności i żywotności jodły. Drzewa tego gatunku wykazują wyraźne symptomy zamierania i wydzielają się z drzewostanu. Jodła przegrywa konkurencję z bukiem i jej udział w drzewostanach Chełmowej Góry ulega stopniowej redukcji.

Badane drzewostany były na ogół dwupiętrowe i wielogeneracyjne. Modrzewie średniej i starszej generacji tworzyły górne, bardzo rozluźnione piętra, pod którymi dominował buk, sosna i dęby. Buk jest gatunkiem silnie ekspansywnym, rozrastającym się na boki i skracającym korony drzew iglastych. Jodły o permanentnie zniekształconych i skracanych koronach są osłabione, a z czasem stopniowo zamierają [Jaworski, Paluch 2007]. Gleby Chełmowej Góry odznaczają się stosunkowo dużym zakwaszeniem oraz małą głębokością i wilgotnością. Pod bukami i dębami zalega gruba warstwa butwiny [Kowalkowski 2000]. W tych warunkach najlepiej rozwijają się modrzew i buk. Niekorzystne warunki wodno-powietrzne szczególnie negatywnie oddziałują na dęby i jodłę [Jaworski 1982, 2004; Modrzyński i in. 2006].

Silne ocienienie dna lasu, mała ilość wilgoci w glebie i gruba warstwa butwiny praktycznie uniemożliwiają naturalne odnowienie modrzewia. W celu zachowania tego gatunku, w strefie ochrony częściowej, prowadzone są cięcia gniazdowe i częściowe. Wycięcie gniazd oraz rozluźnienie zwarcia drzewostanu umożliwia obsianie się i wzrost modrzewia. Niewielkie fragmenty tyczkowiń i żerdziowiń modrzewiowych, występujące na gniazdach, są narażone na szkody ze strony czynników abiotycznych (np. śnieg) i biotycznych (np. zwierzyna płowa). Inne gatunki, zwłaszcza jodła, dynamicznie się odnawiają, tworząc płyty nalotów i podrostów o różnej wielkości.

Przestrzenne rozmieszczenie drzew badanych gatunków i generacji warunkowało zastosowanie odpowiednich schematów losowania. Modrzew średniej i starszej generacji, buk młodszej generacji oraz sosna i dęby młodszej i starszej generacji były rozmieszczone mniej więcej równomiernie na prawie całym badanym terenie. Jodła młodszej generacji rosła we fragmentach obszaru objętego badaniami, natomiast modrzew najmłodszej generacji występował na gniazdach. To zróżnicowanie przestrzenne zdecydowało o wyborze schematu losowania prostego bez zwracania (dla gatunków zajmujących większe powierzchnie) i losowania dwustopniowego (w przypadku gniazd). Stosunkowo niskie błędy szacunku potwierdzają efektywność zastosowanych schematów losowania. Szczególną uwagę zwraca wysoka efektywność losowania dwustopniowego, dla którego błędy szacunku są zbliżone do wartości uzyskanych w przypadku

losowania prostego bez zwracania, przy mniejszej liczbie drzew próbnych (wybrano 32 drzewa próbne dla losowania dwustopniowego, przy 50-80 drzewach próbnych wybranych w przypadku losowania prostego bez zwracania). Rozmieszczenie grupowe elementów populacji w przestrzeni wymaga stosowania bardziej skomplikowanych schematów losowania próby (oprócz schematu dwustopniowego można wykorzystać losowanie warstwowe) [Haining 2003].

Kondycja drzew i drzewostanów uzależniona jest od intensywności oddziaływania różnych czynników abiotycznych, biotycznych oraz antropogenicznych i dlatego podczas taksacji istnieje potrzeba wyznaczania stref uszkodzenia lasu [Dmyterko 1994; Jaszczak 2000; Instrukcja... 2003; Dmyterko i in. 2006]. W Instytucie Badawczym Leśnictwa prowadzone są prace nad metodami określania uszkodzeń drzewostanów [Dmyterko, Bruchwald 1998, 2000a, b, 2007c, 2008]. Drzewostanowe metody szacowania uszkodzeń były poprzedzone badaniami nad kryteriami służącymi do oceny uszkodzenia różnych gatunków drzew [Dmyterko, Bruchwald 2007a, b; Dmyterko 2008]. Szczególnie cenne byłoby wykorzystanie różnych schematów losowania próby i metod oceny kondycji drzew oraz zintegrowanie szacowania uszkodzenia lasu z okresową metodą inwentaryzacji miąższości obrębu [Bruchwald, Zajączkowski 2002].

Wnioski

- ✦ Na Chełmowej Górze gatunkami odznaczającym się najlepszą kondycją były modrzew i buk. Najgorszą zdrowotnością i żywotnością cechowały się dęby i jodła. Okazy badanych gatunków odznaczające się długimi i symetrycznymi koronami cechowały się na ogół również niewielkim stopniem ubytku aparatu asymilacyjnego.
- ✦ Ze względu na prowadzone prace hodowlane, promujące odnowienie modrzewia oraz mając na uwadze labilną kondycję badanych gatunków drzew (zwłaszcza jodły i dębów) należy systematycznie analizować zdrowotność i żywotność drzew na Chełmowej Górze. Monitoring kondycji drzew może uwzględniać ich zdrowotność i/lub żywotność (obie metody są przydatne i dają zbliżone wyniki, ale należy pamiętać, że żywotność jest cechą charakteryzującą pełną zdolność wykorzystania możliwości genotypowych drzew i uwarunkowań środowiskowych).
- ✦ Pobierając próby dla gatunków rosnących na gniazdach lub tworzących niewielkie płyty należy stosować losowanie dwustopniowe. Ten schemat losowania jest w tych warunkach efektywniejszy od losowania prostego bez zwracania.

Literatura

- Barański S. 1974. Nasiennictwo leśne w świętokrzyskich lasach rządowych w pierwszej połowie XIX wieku ze szczególnym uwzględnieniem modrzewia. Sylwan 118 (3): 1-20.
- Boratyński A. 1986. Systematyka i geograficzne rozmieszczenie. W: Białobok S. [red.], Modrzewie *Larix* Mill. PWN, Warszawa. 63-108.
- Borecki T., Keczyński A. 1992. Atlas ubytku aparatu asymilacyjnego drzew leśnych. Agencja ATUT, Warszawa.
- Bracha C. 1996. Teoretyczne podstawy metody reprezentacyjnej. PWN, Warszawa.
- Bruchwald A. 2000a. Wielkopowierzchniowa metoda określania miąższości obiektu leśnego opartej na losowaniu warstwowym. Sylwan 144 (3): 5-17.
- Bruchwald A. 2000b. Weryfikacja wielkopowierzchniowej metody określania miąższości obiektu leśnego opartej na losowaniu warstwowym. Sylwan 144 (6): 5-14.
- Bruchwald A. 2001. Möglichkeiten der Anwendung von Wuchsmodellen in der Praxis der Forsteinrichtung. Beitr. Forstwirtsch. u. Landschaftsökol 3: 118-122.
- Bruchwald A., Dmyterko E., Dudzińska M., Kluziński L. 2005. Charakterystyka pędu głównego i jego ugałęzienia u sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.), rosnącej na terenie Nadleśnictwa Olkusz. Sylwan 149 (3): 3-11.
- Bruchwald A., Zajączkowski S. 2002. Obrębowa metoda inwentaryzacji lasu opartej na losowaniu warstwowym. Sylwan 146 (10): 13-23.
- Bruchwald A., Wójcik R., Zajączkowski S. 2003. Analiza dokładności obrębowej metody inwentaryzacji lasu opartej na losowaniu warstwowym. Sylwan 147 (5): 13-20.

- Chylarecki H. 2000. Modrzewie w Polsce. Dynamika wzrostu, rozwój i ekologia wybranych gatunków i ras. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- Ciołkosz A. 1991. SINUS – System informacji o środowisku przyrodniczym. W: Mazur S. [red.]. Ekologiczne podstawy gospodarowania środowiskiem przyrodniczym. Wizje – problemy – trudności. Wyd. SGGW, Warszawa. 317-328.
- Dmyterko E. 1994. Metoda drzewostanowa w ocenie uszkodzenia lasu. W: Siwecki R. [red.]. Reakcje biologiczne drzew na zanieczyszczenia przemysłowe: III Krajowe Sympozjum. Wyd. Sorbus, Poznań. 287-295.
- Dmyterko E. 2008. Kryteria określania uszkodzeń jodły (*Abies alba* Mill.). Sylwan 152 (4): 3-12.
- Dmyterko E., Bruchwald A. 1998. Weryfikacja metod określania uszkodzenia drzewostanów dębowych. Sylwan 142 (12): 11-21.
- Dmyterko E., Bruchwald A. 2000a. Metody określania stopnia uszkodzenia drzewostanów bukowych i ich weryfikacja. Sylwan 144 (5): 49-60.
- Dmyterko E., Bruchwald A. 2000b. Wielkopowierzchniowa metoda określania stopnia uszkodzenia drzewostanów dębowych i bukowych. Pr. IBL, Ser. A 3 (900-903): 17-33.
- Dmyterko E., Bruchwald A. 2007a. Kryteria oceny uszkodzenia gatunków drzew liściastych. W: Oszako T. [red.]. Możliwości ograniczania zamierania drzewostanów liściastych metodami hodowlano-ochronnymi. CILP, Warszawa. 61-68.
- Dmyterko E., Bruchwald A. 2007b. Kryteria określania uszkodzenia świerka. Sylwan 151 (6): 12-23.
- Dmyterko E., Bruchwald A. 2007c. Drzewostanowa metoda określania uszkodzenia świerka. Sylwan 151 (6): 24-33.
- Dmyterko E., Bruchwald A. 2008. Drzewostanowa metoda określania uszkodzenia jodły. Sylwan 152 (5): 26-33.
- Dmyterko E., Bruchwald A., Głaz J., Kozioł K., Wężyk P., Wójcik R., Zajączkowski G., Zwoliński J. 2006. Metodyka określania stref uszkodzeń lasu. Sprawozdanie nauk. IBL, Sękocin Stary.
- Dunikowski S. 1985. Stosunki termiczno-opadowe Łysogór Świętokrzyskiego Parku Narodowego. Roczn. Świętokrz. 12: 71-81.
- Gądek K. 2000. Lasy. W: Cieśliński S., Kowalkowski A. [red.]. Świętokrzyski Park Narodowy. Przyroda, gospodarka, kultura. Świętokrzyski Park Narodowy, Bodzentyn, Kraków. 349-378.
- Haining R. P. 2003. Spatial data analysis: theory and practice. Cambridge University Press, Cambridge.
- Instrukcja Urządzenia Lasu. 2003. CILP, Warszawa.
- Jaszcak R. 2000. Wskaźniki uszkodzenia koron drzew określane metodą drzewostanową w okresowej ocenie stanu lasu. Sylwan 144 (10): 69-81.
- Jaworski A. 1982. Fir regression in Polish mountain areas. Europ. J. For. Pathol. 12 (3): 143-149.
- Jaworski A. 2003a. Zmiany tendencji wzrostowych głównych lasotwórczych gatunków drzew w Europie i obszarach górskich Polski oraz ich przyczyny. Część I. Zmiany tendencji wzrostowych. Sylwan 147 (6): 99-106.
- Jaworski A. 2003b. Zmiany tendencji wzrostowych głównych lasotwórczych gatunków drzew w Europie i obszarach górskich Polski oraz ich przyczyny. Część II. Przepuszczalne przyczyny zmian tendencji wzrostowych. Sylwan 147 (7): 69-74.
- Jaworski A. 2004. Podstawy przyrostowe i ekologiczne odnawiania oraz pielęgnacji drzewostanów. PWRiL, Warszawa.
- Jaworski A., Paluch J. 2007. Charakterystyka cech morfologicznych jodeł w drzewostanach o strukturze przerębowej Beskidów Zachodnich. Leś. Pr. Bad. 3: 7-31.
- Jaworski A., Podlaski R., Sajakiewicz P. 1988. Kształtowanie się zależności między żywotnością i cechami biomorfologicznymi korony a szerokością słojev rocznych u jodeł. Acta Agr. Silv., Ser. Silv. 27: 63-84.
- Jaworski A., Podlaski R., Zych M. 2000. Ocena żywotności jodły (*Abies alba* Mill.) w drzewostanach o charakterze pierwotnym w rezerwacie „Święty Krzyż” (Świętokrzyski Park Narodowy). Roczn. Świętokrz., Ser. B – Nauki Przyr. 27: 29-38.
- Kowalkowski A. 2000. Gleby. W: Cieśliński S., Kowalkowski A. [red.]. Świętokrzyski Park Narodowy. Przyroda, gospodarka, kultura. Świętokrzyski Park Narodowy, Bodzentyn, Kraków. 169-196.
- Modrzyński J., Robakowski P., Zientarski J. 2006. Zarys ekologii. W: Bugała W. [red.]. Dęby. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań. 411-474.
- Olszewski J. L., Szałach G., Żarnowiecki G. 2000. Klimat. W: Cieśliński S., Kowalkowski A. [red.]. Świętokrzyski Park Narodowy. Przyroda, gospodarka, kultura. Świętokrzyski Park Narodowy, Bodzentyn, Kraków. 129-145.
- Opis taksacyjny lasu (wg stanu na 01.01.1997 r. wraz z tabelami i wykresami). 1997. Biuro Urządzenia Lasu i Geodezji Leśnej Oddział Warszawa, Warszawa.
- Ostenfeld C. E. H., Syrach Larsen C. 1930. The species of the genus *Larix* and their geographic distribution. Det Kongelige Danske Videnskapers Selskab., Biologiske Meddelelser. 9: 1-107.
- Podlaski R. 2001. Przestrzenny rozkład żywotności wybranych gatunków drzew na Chełmowej Górze w Świętokrzyskim Parku Narodowym. Sylwan 145 (10): 93-101.
- Podlaski R. 2002. Żywotność jodły (*Abies alba* Mill.) i buka (*Fagus sylvatica* L.) na Łysicy w Świętokrzyskim Parku Narodowym. Parki Nar. Rez. Przyr. 21 (3): 273-282.
- Podlaski R. 2003a. Stopień uszkodzenia wybranych gatunków drzew na Chełmowej Górze w Świętokrzyskim Parku Narodowym. Roczn. Świętokrz., Ser. B – Nauki Przyr. 29: 151-161.
- Podlaski R. 2003b. Żywotność jodły (*Abies alba* Mill.) i buka (*Fagus sylvatica* L.) w masywie Łyśca, w Świętokrzyskim Parku Narodowym. Acta Sci. Pol., Silv. Colendar. Rat. Ind. Lignar. 2 (1): 75-83.
- Podlaski R. 2005. Inventory of the degree of tree defoliation in small areas. For. Ecol. Manage. 215 (1-3): 361-377.

- Spiecker H., Mielikäinen K., Köhl M., Skovsgaard J. P. 1997. Conclusions and summary. W: Spiecker H., Mielikäinen K., Köhl M., Skovsgaard J. P. [red.]. Growth trends in European forests. Springer, Berlin. 369-372.
- Szafer W. 1913. Przyczynę do znajomości modrzewi euroazjatyckich ze szczególnym uwzględnieniem modrzewia w Polsce. Kosmos 38: 1281-1322.
- Thompson S. K. 2002. Sampling. Wiley, New York.
- Trampler T., Kliczkowska A., Dmyterko E., Sierpińska A. 1990. Regionalizacja przyrodniczo-leśna Polski na podstawach ekologiczno-fizjograficznych. PWRiL, Warszawa.

SUMMARY

Assessment of the condition of Polish larch *Larix decidua* Mill. subsp. *polonica* (Racib.) Domin and other trees species on Chełmowa Góra in the Świętokrzyski National Park

The reserve on Chełmowa Góra in the Świętokrzyski National Park is the oldest reserve in Poland, in which Polish larch *Larix decidua* Mill. subsp. *polonica* (Racib.) Domin is protected. On Mount Chełmowa, larch grows in mixed stands with an admixture with fir *Abies alba* Mill., beech *Fagus sylvatica* L., pine *Pinus sylvestris* L. and oaks *Quercus robur* L. and *Q. petraea* [Matt.] Liebl. The objective of the study was to evaluate the health condition (defoliation) and vitality of Polish larch, fir, beech, pine and two native oak species growing in the reserve on Chełmowa Góra in the Świętokrzyski National Park.

Sample trees were selected using a survey sampling, simple random sampling without replacement (lpbz) and two-stage sampling with lpbz on both stages (I2s: I-lpbz, II-lpbz). The selection of the appropriate sampling method depended on the spatial distribution of the examined tree species and genera. The middle-aged and older generation of larch, the younger generation of beech and the younger and older generations of pine and oaks were more or less evenly distributed almost throughout the study area, the younger generation of fir grew in some stand fragments, while the youngest generation of larch showed a group distribution. In 2010, the health condition (defoliation) and the vitality of the selected sample trees were evaluated. For the examined tree species and genera in the analysed defoliation and vitality classes, the unbiased estimator of the fractions of trees and the estimation errors were calculated.

The distribution of the fractions of trees in defoliation classes allowed to rank the examined species from the least to the most damaged in the following order: larch, beech, pine, oaks and fir (in the case of defoliation) and Polish larch, beech, pine, oaks and fir. The health condition of all examined tree species appeared to be worse, which was confirmed by the fact that in the case of larch (the most vigorous species), the share of vigorous and normal trees was approximately 41 per cent for the middle and older generation and approximately 32 per cent for the youngest generation.

The distribution of the fractions of trees in vitality classes allowed to rank the examined species from the most to the least vital in the following order: Polish larch, beech, pine, fir and oak. The estimation errors for the fractions of trees in defoliation and vitality classes ranged from 0.013 to 0.076. With a view to the undertaken silvicultural measures promoting Polish larch renewal and having in mind the labile condition of the studied tree species (especially fir and oak), the healthiness and vitality of trees on Chełmowa Góra should be systematically monitored. Monitoring the condition of trees can take into consideration the degree of defoliation and/or vitality of trees (both methods are useful and give similar results).