

JAN KARCZMARSKI

## Budowa, struktura i dynamika górnoreglowych borów świerkowych o charakterze pierwotnym w dolinach Pańszczycy i Stawów Gąsienicowych (Tatrzański Park Narodowy) w okresie kontrolnym 1991-2002

The structure, composition and dynamics of subalpine primeval spruce forests in the Pańszczyca Valley and the Stawy Gąsienicowe Valley (in the Tatra National Park) during the control period 1991-2002

### ABSTRACT

Karczmariski J. 2007. Budowa, struktura i dynamika górnoreglowych borów świerkowych o charakterze pierwotnym w dolinach Pańszczycy i Stawów Gąsienicowych (Tatrzański Park Narodowy) w okresie kontrolnym 1991-2002. Sylwan 11: 41-59.

The research presents changes (in the period of 1991-2002) in species composition, volume, dbh structure, height and storey structure, increment value, self-thinning rate and regeneration dynamics of the primeval-type spruce forests of the upper montane zone in the Pańszczyca Valley and the Stawy Gąsienicowe Valley in the Tatra National Park on the example of three permanent experimental plots. The stands under study (as compared with other stands in the Polish Carpathians from the similar altitudinal zone, feature high productivity expressed by the current annual volume increment value of 4.1-4.5 cu.m./ha, diverse structure and composition depending on the represented stages and phases of stand development, as well as high stand stability.

### KEY WORDS

stand structure, stand dynamics, natural development cycle, primeval forest, spruce, subalpine zone, Poland

### ADDRESSES

Jan Karczmariski – Katedra Szczegółowej Hodowli Lasu AR;  
Al. 29 Listopada 46; 31-425 Kraków; e-mail: karczmariski@wp.pl

### Wstęp i cel pracy

Badania tatrzańskich borów górnoreglowych o charakterze pierwotnym prowadzone są przez Katedrę Szczegółowej Hodowli Lasu od roku 1990 [Karczmariski 1995, 1999, 2007], równoległe do badań w Beskidach, w masywach Babiej Góry, Romanki i Pilska [Karczmariski, Jaworski 1989, 1995; Karczmariski 1999; Jaworski i in. 2000; Pach i in. 2001]. W Tatrach dwukrotnym pomiarem objęte były świerczyny w Dolinie Rybiego Potoku [Karczmariski, Zygarowicz 2007] oraz w kompleksie borów znajdujących na Halach Pańszczycy i Gąsienicowej.

Omawiane w niniejszej pracy drzewostany znajdują się w Dolinach Pańszczycy i Gąsienicowej. Reprezentują one naturalne tatrzańskie świerczyny strefy luźnego boru górnoreglowego, rodzimego pochodzenia [Myczkowski i in. 1975], znajdujące się na różnych etapach rozwojowych w naturalnym cyklu rozwojowym lasów o charakterze pierwotnym według Korpela [1995]. W warunkach silnego oddziaływania niekorzystnych warunków klimatycznych i glebowych, drzewostany te wykształciły naturalny system odpornościowy w postaci mechanizmów autore-

produkcji i autoregulacji oraz osiągnięcia specyficznej struktury oraz budowy piętrowej. Przez ostatnie kilkadziesiąt lat procesy te nie były zakłócanie przez bezpośrednią działalność człowieka dzięki objęciu badanych drzewostanów ochroną ścisłą.

Celem niniejszej pracy było określenie zmian budowy i struktury badanych drzewostanów w okresie kontrolnym 1991-2002 oraz poznanie ich dynamiki oraz potencjalnych możliwości produkcyjnych, jak również ocena ich stabilności oraz trwałości naturalnych procesów i zależności zachodzących w tych drzewostanach. Poznanie aktualnych procesów dynamiki borów górnoreglowych przyczynić się też może do stworzenia optymalnego modelu postępowania poza strefą ścisłej ochrony, prowadzącego do zachowania trwałych oraz stabilnych świerczyn w strefie silnego zagrożenia czynnikami abiotycznymi.

## Metodyka badań

Pełną metodykę prac terenowych i obliczeń kameralnych zawierają prace Karczmarskiego [1995, 1999]. Badania były prowadzone na trzech stałych powierzchniach badawczych o wielkości 0,5 ha każda, założonych w 1991 w górnej części Doliny Pańszczycy (1 powierzchnia) oraz na północnych i zachodnich zboczach Żółtej Turni w Dolinie Stawów Gąsienicowych (2 powierzchnie) (tab. 1). Pierwszy pomiar wykonano w 1991 roku, a kontrolny w 2002 roku [Dülz 2004]. W niniejszej pracy przedstawiono wyłącznie wyniki pomiarów ilościowych.

## Charakterystyka powierzchni badawczych

Badane drzewostany położone są na wysokości od około 1400 m.n.p.m (Żółty Potok) do prawie 1500 m n.p.m. (Dolina Pańszczycy) (tab. 1) i znajdują się w strefie boru luźnego. Najstarsze świerki na powierzchniach badawczych osiągnęły od 306 do 401 lat (w 2002 roku) przy wielogeneracyjnej strukturze wieku [Karczmarski 1995, 1999].

Wszystkie badane drzewostany reprezentują zespół *Plagiothecio-Piceetum tatricum* i siedliskowy typ boru wysokogórskiego (tab. 1). Pod względem składu gatunkowego są to lite

**Tabela 1.**

Lokalizacja powierzchni badawczych oraz ich charakterystyka siedliskowo-drzewostanowa (stan na 2002 rok)  
Location of study plots and their site/stand characteristics (status as at 2002)

Nazwa powierzchni	Dolina Pańszczycy	Las Gąsienicowy	Żółty Potok	
Lokalizacja oddział	Dolina Pańszczycy 135	Dolina Stawów Gąsienicowych 156	143	
Wysokość n.p.m. [m]	1480-1497	1440-1453	1388-1413	
Ekspozycja	NE	N-NE	N-NW	
Nachylenie	12°-20°	0°-12°	8°-13°	
Gleby		bielice próchniczno-żelaziste		
Zespół roślinny		<i>Plagiothecio-Piceetum tatricum</i>		
Siedliskowy typ lasu		bór wysokogórski (BWG)		
Maksymalny wiek pierśnicowy	401	346	306	
Struktura wieku drzewostanu	w płatach: wielogeneracyjna/wszechgeneracyjna			
Bonitacja wzrostowa (według Flury'ego) [Assman1967]	V	V	IV/V	
Stadium i faza rozwojowa według Korpela [1982]	1991 2002	Stadium optymalne fazy starzenia	Stadium rozpadu, fazy starzenia/obumierania	Stadium dorastania faza przerębowa

świerczyny, należące do obszaru występowania rodzimego świerka, tworzącego jeden z najcenniejszych kompleksów luźnego boru górnoreglowego w Tatrach Polskich, tzw. kompleks „Hala Pańszczyca-Dubrawiska-Hala Gąsienicowa” [Myczkowski i in. 1975]. Jednocześnie charakteryzują się one stanem zbliżonym do pierwotnego, bez śladów bezpośredniej ingerencji człowieka. Na wybranych powierzchniach badawczych mógł się jedynie zaznaczyć pewien wpływ gospodarki pasterskiej (przeгон i wypas owiec oraz posztuczne pobieranie budulca na szałas). W okresie ostatnich kilkudziesięciu lat zaznaczały się także wpływy imisji zanieczyszczeń powietrza o różnym natężeniu [Grodzińska 1980; Latocha 1985].

## Wyniki badań

LICZBA DRZEW, ZASOBNOŚĆ, SKŁAD GATUNKOWY ORAZ UBYTEK, DOROST I PRZYROST. W okresie jedenastu lat (1991-2002) we wszystkich trzech badanych drzewostanach zmniejszyła się ogólna liczba drzew: o 48 szt./ha w Dolinie Pańszczycy, o 30 szt./ha w Lesie Gąsienicowym oraz o 20 szt./ha na powierzchni Żółty Potok, osiągając końcową liczebność (w 2002 roku) odpowiednio 524, 360 i 492 szt./ha (tab. 2).

Zwiększenie się zasobności nastąpiło na powierzchniach: Dolina Pańszczycy o około 13 m<sup>3</sup>/ha i Żółty Potok o niecałe 33 m<sup>3</sup>/ha. W 2002 roku zasobność w tych drzewostanach osiągnęła odpowiednio około 467 i 462 m<sup>3</sup>/ha. Natomiast na powierzchni Las Gąsienicowy zasobność zmniejszyła się z około 446 do prawie 419 m<sup>3</sup>/ha, czyli o około 27 m<sup>3</sup>/ha. Skład gatunkowy badanych drzewostanów (100% świerk) w okresie lat 1991-2002 nie zmienił się (tab. 2).

Przedstawione zmiany liczby drzew i zasobności drzewostanów wynikają z procesów wydzielania się drzew (ubytku), dorostu oraz związanego z nimi przyrostu młaższości. W latach 1991-2002 liczebność ubytków w badanych drzewostanach wynosiła 38-48 szt./ha, a ich młaższość około 32-73 m<sup>3</sup>/ha. Około dwa razy intensywniejszym procesem ubywania drzew charakteryzował się drzewostan Las Gąsienicowy (73,7 m<sup>3</sup>/ha), w porównaniu z drzewostanami Doliny Pańszczycy i Żółtego Potoku (odpowiednio 36,8 i 32,0 m<sup>3</sup>/ha). Liczebność dorostów wynosiła

Tabela 2.

Liczba drzew, zasobność, skład gatunkowy oraz ubytek, dorost i przyrost w badanych drzewostanach w latach 1991-2002

Number of trees, stand volume, species composition, volume loss, ingrowth and increment in the studied stands in the period of 1991-2002

Rok	Liczba drzew		Młaższość		Skład gatunkowy		Ubytek		Dorost		Przyrost w okresie 1991-2002
	Np Nk	Vp Vk	N	V			(U)	(D)		(Vk-Vp)+U-D	
	[szt/ha]	[m <sup>3</sup> /ha]	[%]	[%]	[%]	[%]	[szt/ha]	[m <sup>3</sup> /ha]	[szt/ha]	[m <sup>3</sup> /ha]	[m <sup>3</sup> /ha/11lat]
Dolina Pańszczycy											
1991	572	453,95	Św 100								
2002	524	466,97	Św 100				48	36,79	0	0	49,81
Las Gąsienicowy											
1991	390	446,11	Św 100								
2002	360	418,91	Św 100				40	72,69	10	0,07	45,42
Żółty Potok											
1991	512	429,31	Św 100								
2002	492	461,90	Św 100				38	32,09	18	0,27	64,41

Np – liczba drzew w 1991 r.; Nk – liczba drzew w 2002 r.; Vp – zasobność w 1991 r.; Vk – zasobność w 2002 r.

Np – number of trees in 1991; Nk – number of trees in 2002; Vp – stand volume in 1991; Vk – stand volume in 2002

0-18 szt./ha. Dorostu nie stwierdzono na powierzchni Dolina Pańszczycy, a w największej ilości występował w drzewostanie Żółty Potok (tab. 2).

Przyrost bieżący okresowy miąższości kształtował się na poziomie około 45-64 m<sup>3</sup>/ha/11 lat, przy czym mniejsze wartości osiągnął na powierzchniach Dolina Pańszczycy i Las Gąsienicowy (45,4-49,8 m<sup>3</sup>/ha/11 lat), a wyraźnie większy był w drzewostanie Żółty Potok (64,4 m<sup>3</sup>/ha/11 lat). Podane wartości przyrostu bieżącego odpowiadają przeciętnemu rocznemu przyrostowi 4,13-4,53 m<sup>3</sup>/ha/rok na pierwszych dwóch powierzchniach i 5,86 m<sup>3</sup>/ha/rok na trzeciej (tab. 2).

STRUKTURA PIERŚNIC DRZEW ŻYWYCH. W latach 1991-2002 średnie pierśnice żywych świerków w dwóch drzewostanach (Dolina Pańszczycy i Żółty Potok) zwiększyły się o około 1,5-1,6 cm i osiągnęły odpowiednio 32,8 i 30 cm. Na powierzchni Las Gąsienicowy nastąpiło nieznaczne zmniejszenie się średniej pierśnicy (o 0,1 cm) do wartości 36 cm (tab. 4). Maksymalne wartości pierśnic świerków zwiększyły się na powierzchniach Dolina Pańszczycy i Las Gąsienicowy (o 1,5 i 0,5 cm), a na Żółtym Potoku nie zmieniły się (73 cm) (tab. 3).

Współczynniki zmienności pierśnic świerków w okresie kontrolnym nie uległy większym zmianom. Większe zróżnicowanie pierśnic stwierdzono na powierzchni Żółty Potok (współczynniki zmienności około 0,50-0,53), mniejsze w pozostałych dwóch drzewostanach (0,34-0,39) (tab. 3).

W latach 1991-2002 w dwóch drzewostanach nie zmieniły się typy rozkładów pierśnic (określanych metodą Pearsona) (tab. 3). Na powierzchni Dolina Pańszczycy utrzymał się rozkład normalny (RN), który uległ nieznacznemu przesunięciu w kierunku większych stopni grubości (ryc. 1). Na powierzchni Las Gąsienicowy nadal był to rozkład jednomodalny typu I (ryc. 2). Natomiast w przypadku pierśnic świerka na powierzchni Żółty Potok stwierdzono tendencję do zmiany typu rozkładu z jednomodalnego z modą na brzegu rozkładu I(J) na początku okresu, na rozkład pośredni pomiędzy typem I(J) a typem I w 2002 roku. Nadal rozkład ten zachował prawostronną asymetrię, jednak najwięcej drzew ubyło w niższych stopniach grubości (14-18 cm) (ryc. 3).

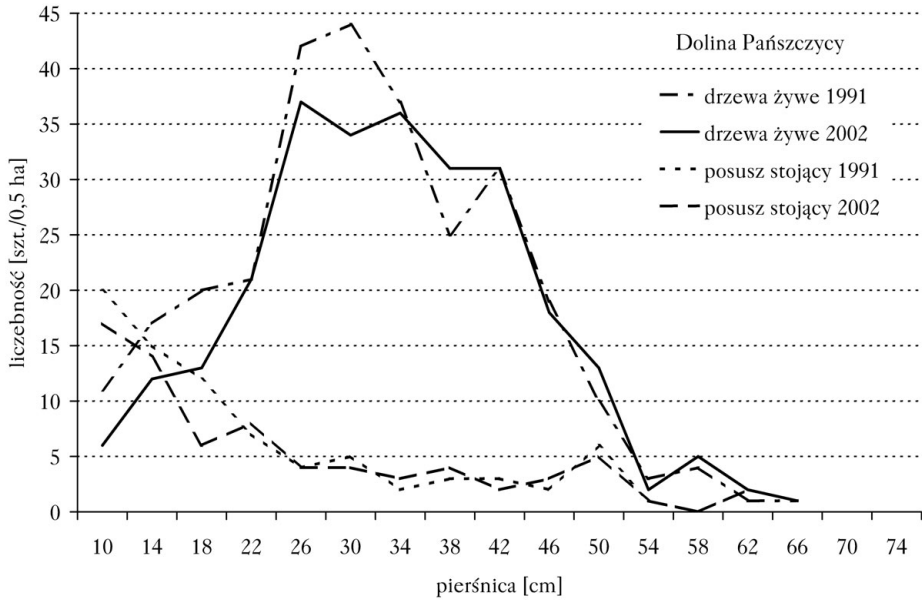
**Tabela 3.**

Charakterystyka rozkładu pierśnic badanych drzewostanów (drzewa żywe, pierśnica ≥ 8 cm) w latach 1991 i 2002

Characterisation of dbh distribution in the stands under study (live trees, dbh ≥ 8 cm) in the years 1991 and 2002

Rok	Wp [szt.]	Wartość			Odch. std. [cm]	Współczynniki			Tr
		min. [cm]	max. [cm]	średnia [cm]		zm.	asym.	ex.	
Dolina Pańszczycy									
1991	286	8,0	65,0	31,2	11,2	0,36	0,1799	-0,3162	RN
2002	262	8,0	66,5	32,8	11,1	0,34	0,1811	-0,1595	RN
Las Gąsienicowy									
1991	195	8,0	66,5	36,1	14,0	0,39	-0,1164	-0,6430	I
2002	180	8,0	67,0	36,0	13,9	0,39	-0,2155	-0,6043	I
Żółty Potok									
1991	256	8,0	73,0	28,5	15,0	0,53	0,5964	-0,4592	I(J)
2002	246	8,0	73,0	30,0	15,2	0,50	0,5221	-0,5315	I

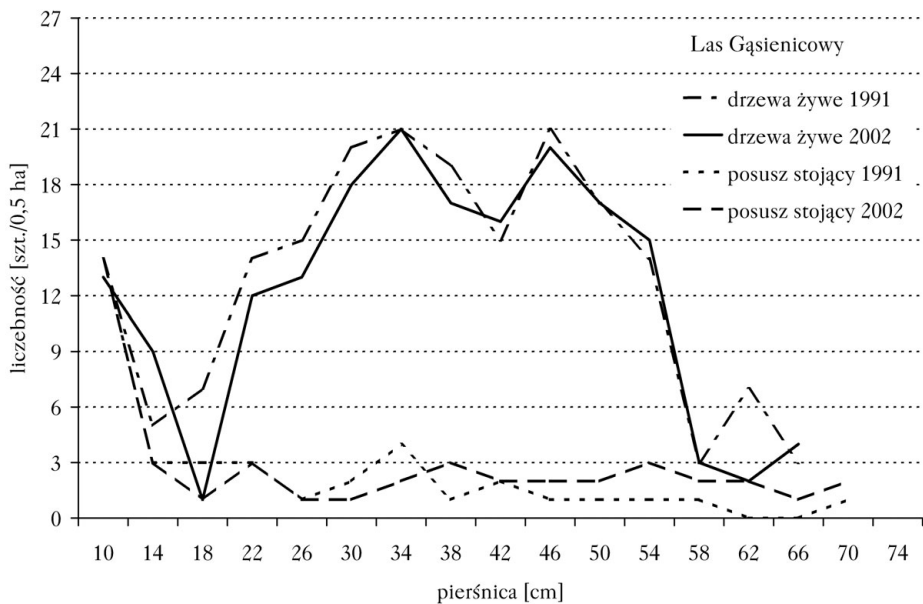
Wp – wielkość próby; Odch. std. – odchylenie standardowe; Współczynniki: zm – zmienności, as. – asymetrii, ex. – excessu; Tr – typ rozkładu według Pearsona; RN – rozkład normalny; I – rozkład jednomodalny; I(J) – rozkład jednomodalny z modą na brzegu rozkładu Wp – sample size; Odch. std. – standard deviation; Coefficients: zm – of variation, as. – of asymmetry, ex. – of excess; Tr – type of distribution according to Pearson; RN – normal distribution; I – unimodal distribution; I(J) – unimodal distribution with the mode present at the distribution edge



Ryc. 1.

Krzywe rozkładu pierśnic świerka (drzewa żywe i posusz stojący) w latach 1991 i 2002 na powierzchni Dolina Pańszczyca

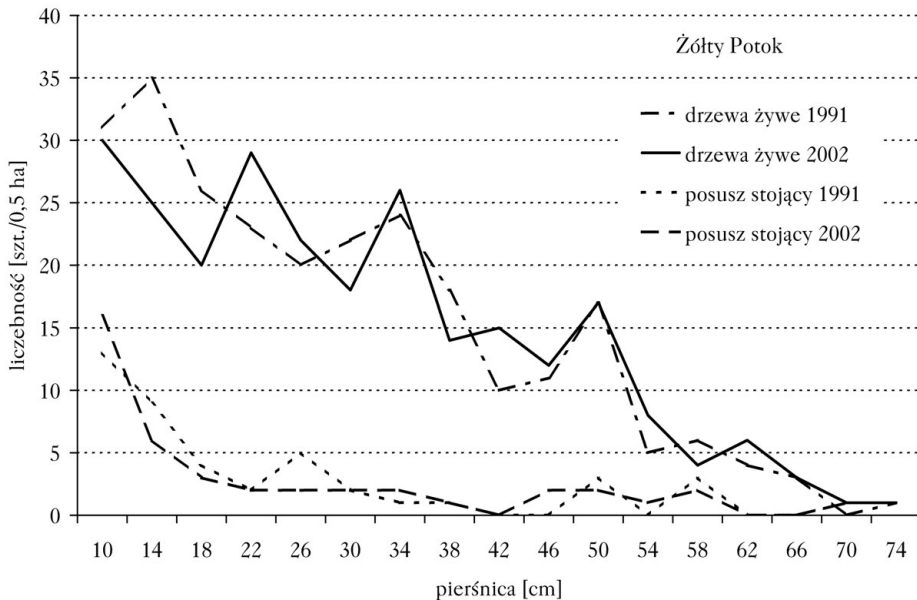
Dbh distribution (live trees and snags) in years 1991 and 2002 on Dolina Pańszczyca study plot



Ryc. 2.

Krzywe rozkładu pierśnic świerka (drzewa żywe i posusz stojący) w latach 1991 i 2002 na powierzchni Las Gąsienicowy

Dbh distribution (live trees and snags) in years 1991 and 2002 on Las Gąsienicowy study plot



Ryc. 3.

Krzywe rozkładu pierśnic świerka (drzewa żywe i posusz stojący) w latach 1991 i 2002 na powierzchni Żółty Potok

Dbh distribution (live trees and snags) in years 1991 and 2002 on Żółty Potok study plot

UDZIAŁ ZŁOMÓW, STRUKTURA WYSOKOŚCI, BUDOWA PIĘTROWA I BONITACJA WZROSTOWA DRZEWO-STANÓW. Na badanych powierzchniach liczba żywych złomów w latach 1991 i 2002 wynosiła po 14 szt./ha w Dolinie Pańszczycy, po 6 szt./ha w Lesie Gąsienicowym i 36-32 szt./ha na Żółtym Potoku. Na powierzchni Dolina Pańszczycy liczebność żywych złomów w 1991 roku odpowiadała 2,5% liczby wszystkich żywych świerków, a w 2002 roku 5,7%, na powierzchni Las Gąsienicowy odpowiednio 1,5 i 1,7 %, a na Żółtym Potoku po 7%.

W latach 1991-2002 maksymalna wysokości świerków nie zmienia się na powierzchni Doliny Pańszczycy (26,5 m), a w pozostałych dwóch drzewostanach wzrosła o 0,5 i 1,5 m, osiągając w 2002 roku 29 i 33,5 m (tab. 4). Średnia wysokość drzew na powierzchniach Doliny Pańszczycy i Żółtego Potoku zwiększyła się o 0,8 m, a w drzewostanie Las Gąsienicowy o 0,2 m, osiągając w 2002 roku odpowiednio 18,9, 18,4 i 19,5 m (tab. 4).

Największe zróżnicowanie wysokości wykazywał drzewostan Żółty Potok, gdzie w latach 1991 i 2002 współczynnik zmienności wynosił 0,42 i 0,41. Mniejszym zróżnicowaniem wysokości charakteryzował się bór Las Gąsienicowy (0,29-0,30), a najmniejszym Dolina Pańszczycy (0,23-0,22) (tab. 4).

W jedenastoletnim okresie kontrolnym na dwóch powierzchniach (Las Gąsienicowy i Żółty Potok) nie uległy zmianie typy rozkładu wysokości drzew (według Pearsona), gdzie utrzymały się rozkłady typu I(J). W drzewostanie Dolina Pańszczycy rozkład wysokości typu I zmienił się na typ I(J) (tab. 4). W latach 1991-2002 na wszystkich badanych powierzchniach rozkłady wysokości drzew uległy przesunięciu w prawo (ku wyższym stopniom wysokości) (ryc. 4-6).

Analiza wysokości drzew wskazuje na pewne zróżnicowanie warunków wzrostu omawianych świerczyn. Zgodnie z kryteriami określonymi przez Flury'ego [Assman 1968], średnia

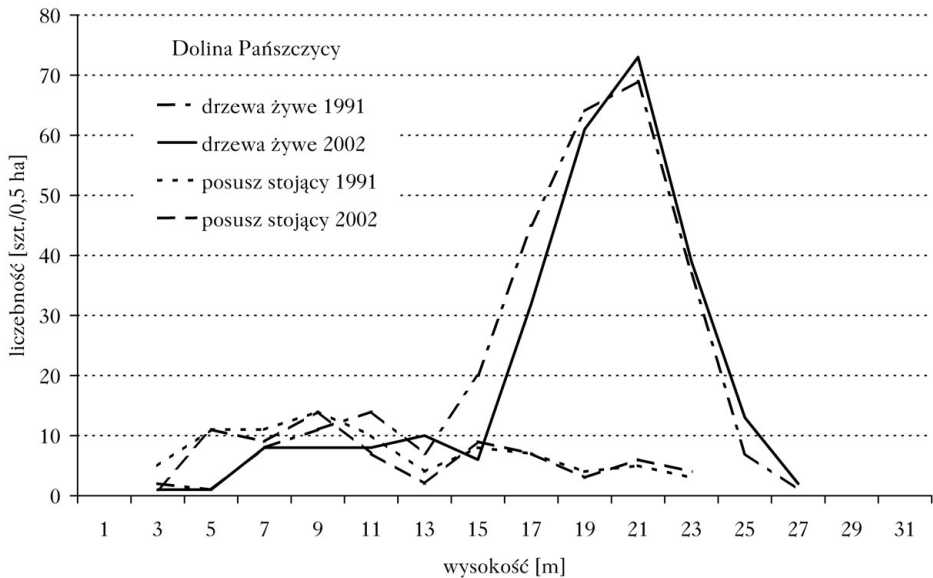
Tabela 4.

Charakterystyka rozkładu wysokości badanych drzewostanów (drzewa żywe niezłamane, pierśnica  $\geq 8$  cm) w latach 1991 i 2002

Characterisation of height distribution of the stands under study (live unbroken trees, dbh  $\geq 8$  cm) in the years 1991 and 2002

Rok	Wp [szt.]	Wartość		średnia [m]	Odch. std. [m]	Współczynniki			Tr	
		min. [m]	max. [m]			zm.	asym.	ex.		
Dolina Pańszczycy										
1991	279	3,0	26,5	18,1	4,23	0,23	-1,1481	1,1476	I	
2002	255	2,5	26,5	18,9	4,21	0,22	-1,3850	2,0749	I(J)	
Las Gąsienicowy										
1991	192	4,3	28,5	19,3	5,58	0,29	-1,2134	0,9470	I(J)	
2002	177	2,5	29,0	19,5	5,93	0,30	-1,3023	1,0006	I(J)	
Żółty Potok										
1991	238	4,0	32,0	17,6	7,45	0,42	-0,1586	-1,1937	I(J)	
2002	230	4,0	33,5	18,4	7,59	0,41	-0,2442	-1,0596	I(J)	

Wp – wielkość próby; Odch. std. – odchylenie standardowe; Współczynniki: zm – zmienności, as. – asymetrii, ex. – excessu; Tr – typ rozkładu według Pearsona; RN – rozkład normalny; I – rozkład jednododalny; I(J) – rozkład jednododalny z modą na brzegu rozkładu Wp – sample size; Odch. std. – standard deviation; Coefficients: zm – of variation, as. – of asymetry, ex. – of excess; Tr – type of distribution according to Pearson; RN – normal distribution; I – unimodal distribution; I(J) – unimodal distribution with the mode present at the distribution edge

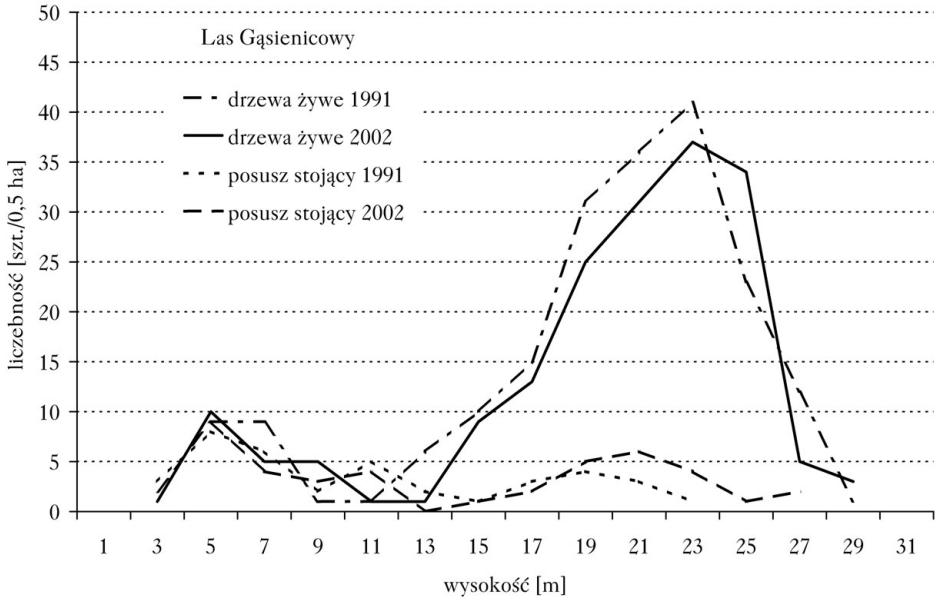


Ryc. 4.

Krzywe rozkładu wysokości świerków (drzewa żywe i posusz stojący) w latach 1991 i 2002 na powierzchni Dolina Pańszczycy

Height distribution (live trees and snags) in years 1991 and 2002 on Dolina Pańszczycy study plot

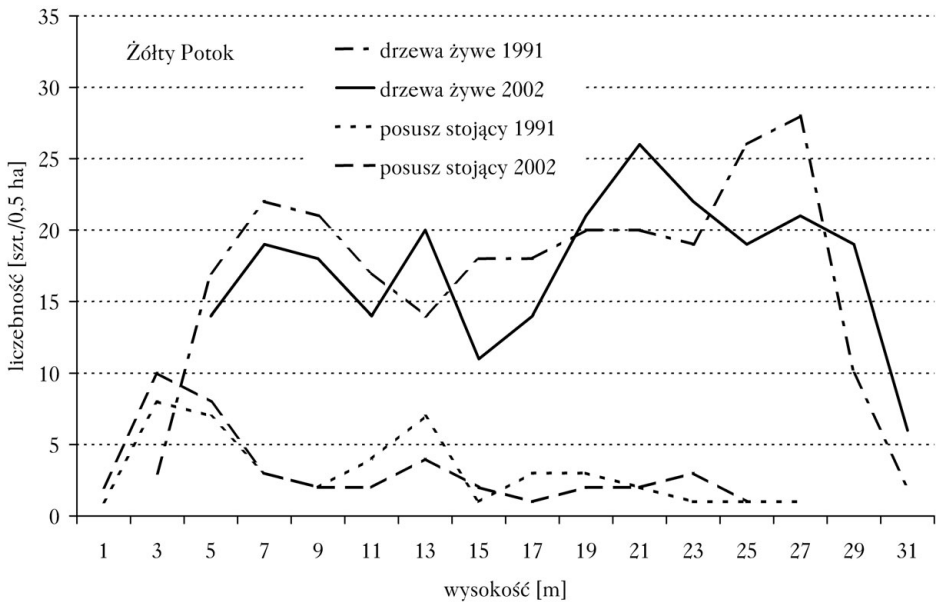
wysokość drzew określona dla klasy grubości 36-51,5 cm oraz klasy 52-71,9 cm, dla drzewostanu Żółty Potok wynosiła w latach 1991 i 2002 odpowiednio 25,4-25,1 m dla cieńszej klasy grubości i 26,9-27,8 m dla drzew ponad 72 cm pierśnicy. Dla pozostałych dwóch powierzchni średnia wysokość świerków wynosiły analogicznie około 21-23 m i 22,4-24,5 m. Na powierzchni Żółty



Ryc. 5.

Krzywe rozkładu wysokości świerków (drzewa żywe i posusz stojący) w latach 1991 i 2002 na powierzchni Las Gąsienicowy

Height distribution (live trees and snags) in years 1991 and 2002 on Las Gąsienicowy study plot



Ryc. 6.

Krzywe rozkładu wysokości świerków (drzewa żywe i posusz stojący) w latach 1991 i 2002 na powierzchni Żółty Potok

Height distribution (live trees and snags) in years 1991 and 2002 on Żółty Potok study plot



Potok na podstawie tych wysokości stwierdzono IV/V bonitację wzrostową, a w pozostałych badanych drzewostanach V bonitację (tab. 1).

Podstawą oceny budowy piętrowej badanych borów świerkowych był udział drzew w warstwach drzewostanu wyróżnionych na podstawie klasyfikacji IUFRO (tab. 5).

Najmniej złożoną budową piętrową charakteryzował się drzewostan Dolina Pańszczycy, w którym w 1991 roku prawie 64%, a w 2002 roku ponad 73% liczby drzew należało do warstwy górnej (100). Znaczący był także udział warstwy środkowej (200), która była reprezentowana przez odpowiednio 31 i 22% liczby drzew. Najmniej drzew należało do warstwy dolnej (300), reprezentowanej przez około 5% (tab. 5).

Podobną budową piętrową, zarówno w 1991, jak i w 2002 roku, charakteryzował się bór świerkowy na powierzchni Las Gąsienicowy. Udział drzew górnego piętra w okresie 11 lat zwiększył się w tym drzewostanie z 62 do prawie 70%, kosztem warstwy środkowej, w której udział drzew zmniejszył się z około 28 do niespełna 17%. Udział warstwy dolnej nieznacznie zwiększył się z 10 do 12% liczby drzew (tab. 5).

Odminną wyjściową budowę piętrową oraz tendencję jej zmian stwierdzono natomiast w przypadku świerczyny na powierzchni Żółty Potok. Udział warstwy górnej (100) w tym drzewostanie nie zmienił się (około 36%), przybyło drzew w warstwie środkowej (200) z 39 do prawie 42% oraz utrzymał się duży udział warstwy dolnej (300), która reprezentowana była w 1991 roku przez prawie 25% liczby drzew, a w 2002 roku przez około 22% (tab. 5). Na Żółtym Potoku do najwyższej oraz środkowej warstwy drzewostanu należało po więcej niż 1/3 liczby drzew, a do warstwy dolnej około 1/5 liczby drzew. W okresie lat 1991-2002 złożona budowa piętrowa tego drzewostanu wykazywała trwały charakter.

LICZEBNOŚĆ, MIĄSZOŚĆ, SKŁAD GATUNKOWY ORAZ STRUKTURA PIERŚNIC POSUSZU STOJĄCEGO. W latach 1991-2002 na dwóch powierzchniach liczebność posuszu stojącego zmniejszyła się – w Dolinie Pańszczycy ze 164 do 146 szt./ha, a w drzewostanie Żółty Potok z 88 do 84 szt./ha. Na powierzchni Las Gąsienicowy liczba posuszu zwiększyła się z 76 szt./ha w 1991 roku do 88 szt./ha w 2002 roku (tab. 6). Wśród wydzielających się drzew stwierdzono wyłącznie świerka.

We wszystkich trzech drzewostanach zwiększyły się średnie wartości pierśnic stojących posuszów (tab. 6) – przede wszystkim na powierzchni Las Gąsienicowy (z około 24 do ponad

**Tabela 5.**

Liczebność oraz udział procentowy żywych drzew w warstwach według klasyfikacji IUFRO w latach 1991 i 2002 (drzewa żywe niezłamane, pierśnica  $\geq 8$  cm)

Number and percentage share of live trees in stand layers (according to IUFRO Classification) in the years 1991 and 2002

Rok	Liczba drzew [szt./ha]	Warstwy					
		100		200		300	
		[szt./ha]	[%]	[szt./ha]	[%]	[szt./ha]	[%]
Dolina Pańszczycy							
1991	558	356	63,8	172	30,8	30	5,4
2002	510	374	73,3	112	22,0	24	4,7
Las Gąsienicowy							
1991	384	238	62,0	108	28,1	38	9,9
2002	354	246	69,5	66	18,6	42	11,9
Żółty Potok							
1991	476	172	36,1	186	39,1	118	24,8
2002	460	166	36,1	192	41,7	102	22,2

31 cm). Tendencja ta jest dobrze widoczna na krzywych frekwencji posuszu z lat 1991 i 2002, których porównanie wskazuje na intensyfikację wydzielenia się świerków grubości od 46 do 70 cm (ryc. 2).

Średnia pierśnica posuszów na powierzchniach Dolina Pańszczycy i Żółty Potok zwiększyła się odpowiednio o około 1,6 cm i 0,3 cm, osiągając w 2002 roku 24,7 i 23,3 cm (tab. 6). W tych dwóch drzewostanach (w szczególności na Żółtym Potoku), zarówno na początku, jak i końcu okresu kontrolnego, wydzielały się przede wszystkim drzewa cienkie, a posusz o pierśnicy ponad 26-30 cm pojawiał się pojedynczo (ryc. 1, 3).

Pierśnice stojących posuszów charakteryzowały się dużym współczynnikiem zmienności (znacznie większym niż drzewa żywe), wynoszącym na badanych powierzchniach od 0,61 do 0,73, przy czym w okresie kontrolnym nie uległy one istotnej zmianie (tab. 6). Rozkłady pierśnic posuszu świerkowego na powierzchni Dolina Pańszczycy w latach 1991 i 2002 przyjęły typ I(J), a w pozostałych dwóch drzewostanach zmieniły się z typu I(J) na typ I(U) (tab. 6).

Najdynamiczniejszą zmianę miąższości posuszu stojącego w okresie 1991-2002 zarejestrowano w Lesie Gąsienicowym, gdzie zwiększyła się ona z prawie 37 do 69 m<sup>3</sup>/ha. W Dolinie Pańszczycy duża początkowa miąższość posuszu (prawie 67 m<sup>3</sup>/ha) nie uległa zmianie, a na powierzchni Żółty Potok blisko dwa razy mniejsza początkowa miąższość (prawie 38 m<sup>3</sup>/ha) obniżyła się do 2002 roku o około 4 m<sup>3</sup>/ha (tab. 7).

Intensywność wydzielenia się drzew (określona stosunkiem miąższości posuszu stojącego do zasobności drzewostanu) w drzewostanie Dolina Pańszczycy kształtowała się na poziomie około 14-15%, w Lesie Gąsienicowym zwiększyła się z około 8 do 16%, a na Żółtym Potoku nieznacznie zmniejszyła się z około 9 do 7% (tab. 7).

MIĄŻSZOŚĆ ORAZ STOPIEŃ ROZKŁADU POSUSZU LEŻĄCEGO. Na powierzchni Dolina Pańszczycy w latach 1991 i 2002 miąższość posuszu leżącego (tab. 8) zwiększyła się z 51,6 do 65,4 m<sup>3</sup>/ha, i stanowiła w stosunku do zasobności drzewostanu odpowiednio 11,4 i 14%.

Największą miąższość martwej leżaniny stwierdzono na powierzchni Las Gąsienicowy (68-66 m<sup>3</sup>/ha), co odpowiadało 15,2-15,8% zasobności drzew żywych. Na powierzchni Żółty Potok

**Tabela 6.**

Charakterystyka rozkładu pierśnic posuszu stojącego (pierśnica ≥ 8 cm) w latach 1991 i 2002  
Characterisation of the standing dead tree dbh distribution (dbh ≥ 8 cm) in the years 1991 and 2002

Rok	Wp [szt.]	Wartość			Odch. std. [m]	Współczynniki			Tr
		min. [m]	max. [m]	średnia [m]		zm.	asym.	ex.	
Dolina Pańszczycy									
1991	82	8,0	63,0	22,9	14,2	0,62	1,0922	0,1389	I(J)
2002	73	8,0	63,0	24,7	14,6	0,61	0,9042	-0,2751	I(J)
Las Gąsienicowy									
1991	38	8,0	70,5	24,3	15,9	0,66	0,9993	0,1798	I(J)
2002	44	8,0	71,5	31,4	20,5	0,65	0,3954	-1,2279	I(U)
Żółty Potok									
1991	44	9,0	69,5	23,0	16,3	0,71	1,3024	0,6008	I(J)
2002	42	8,0	69,5	23,3	16,9	0,73	1,1088	0,0075	I(U)

Wp – wielkość próby; Odch. std. – odchylenie standardowe; Współczynniki: zm – zmienności, as. – asymetrii, ex. – excessu; Tr – typ rozkładu według Pearsona; I(U) – rozkład dwumodalny z modami na brzegach rozkładu; I(J) – rozkład jednomodalny z modą na brzegu rozkładu

Wp – sample size; Odch. std. – standard deviation; Coefficients: zm – of variation, as. – of asymetry, ex. – of excess; Tr – type of distribution according to Pearson; I(U) – bimodal distribution with the modes at the distribution edges; I(J) – unimodal distribution with the mode present at the distribution edge

Tabela 7.

Mięszość posuzu stojącego oraz jej stosunek do miąższości drzew żywych w latach 1991 i 2002  
The volume of standing dead trees and it's relation to the volume of live trees in the years 1991 and 2002

Rok	Całe drzewa [m <sup>3</sup> /ha]	Złomy	Razem	Stosunek miąższości posuzu stojącego do sumy miąższości drzew żywych [%]
Dolina Pańszczycey				
1991	54,95	12,01	66,96	14,7
2002	52,98	13,86	66,84	14,3
Las Gąsienicowy				
1991	23,65	13,18	36,83	8,0
2002	54,34	14,40	68,74	16,4
Żółty Potok				
1991	31,41	6,33	37,74	8,7
2002	26,94	6,92	33,85	7,3

Tabela 8.

Mięszość posuzu leżącego w wyróżnionych kategoriach rozkładu w latach 1991 i 2002  
The volume of downed trees in the selected distribution classes in the years 1991 and 2002

Rok	Gatunek	Stopień rozkładu				Stosunek miąższości leżaniny do miąższości drzewostanu [%]	
		A [m <sup>3</sup> /ha]	B [m <sup>3</sup> /ha]	C [m <sup>3</sup> /ha]	łącznie [m <sup>3</sup> /ha] [%]		
Dolina Pańszczycey							
1991	Świerk	0,98	31,76	–	32,74	63,5	7,2
	Nieoznaczony	–	–	18,86	18,86	36,5	4,2
	Razem	0,98	31,76	18,86	51,6	100	11,4
2002	Świerk	10,67	29,58	–	40,25	61,6	8,6
	Nieoznaczony	–	–	25,11	25,11	38,4	5,4
	Razem	10,67	29,58	25,11	65,36	100	14
Las Gąsienicowy							
1991	Świerk	2,79	27,9	–	30,69	45,4	6,9
	Nieoznaczony	–	–	36,93	36,93	54,6	8,3
	Razem	2,79	27,9	36,93	67,62	100	15,2
2002	Świerk	17,16	18,32	–	35,48	53,7	8,5
	Nieoznaczony	–	–	30,57	30,57	46,3	7,3
	Razem	17,16	18,32	30,57	66,05	100	15,8
Żółty Potok							
1991	Świerk	10,65	18,6	–	29,25	69,4	6,8
	Nieoznaczony	–	–	12,88	12,88	30,6	3
	Razem	10,65	18,6	12,88	42,13	100	9,8
2002	Świerk	4,76	32,18	–	36,94	79,5	8
	Nieoznaczony	–	–	9,53	9,53	20,5	2,1
	Razem	4,76	32,18	9,53	46,47	100	10,1

mięszość leżaniny nieznacznie wzrosła z około 42 do około 46 m<sup>3</sup>/ha, co odpowiadało 9,8-10,1% zasobności drzew żywych.

Charakterystyczny jest w badanych drzewostanach znaczny udział drewna silnie rozłożonego (kategoria C). Udział ten wynosił (w latach 1991 i 2002) w Dolinie Pańszczycey około 36-38%, w Lesie Gąsienicowym 55-46% i na powierzchni Żółty Potok około 31-20% (tab. 8). Jednocześnie na powierzchniach Dolina Pańszczycey i Las Gąsienicowy wzrósł udział leżaniny

świeżej, odpowiednio o około 10 m<sup>3</sup>/ha i 15 m<sup>3</sup>/ha, co świadczy o aktualnie zachodzących procesach wydzielania się i przewracania drzew.

ODNOWIENIE. Wśród siewek, zarówno na początku, jak i końcu okresu kontrolnego, reprezentowany był wyłącznie świerk. Liczebność świerków na wszystkich powierzchniach była mała, ale w latach 1991-2002 zwiększyła się około dwóch do czterech razy. Na powierzchni Dolina Pańszczyca liczebność siewek wzrosła bowiem około z 430 do 1000 szt./ha, w Lesie Gąsienicowym z 140 do 630 szt./ha a na Żółtym Potoku ze 190 do 880 szt./ha (tab. 9).

W podroście młodszym nastąpiło znaczne zwiększenie się liczebności drzewek na wszystkich powierzchniach, w Dolinie Pańszczyca z około 300 do 2920 szt./ha, w Lesie Gąsienicowym z około 160 do 400 szt./ha a na Żółtym Potoku z 50 do około 680 szt./ha. O wzroście tym decydował przede wszystkim jarząb. Występująca w 1991 roku na powierzchni Dolina Pańszczyca w podroście młodszym limba zanikła całkowicie (tab. 9).

Liczebność podrostu starszego w latach 1991-2002 zmniejszyła się we wszystkich trzech badanych drzewostanach. Na powierzchni w Dolinie Pańszczyca występował on sporadycznie (4-2 szt./ha), w Lesie Gąsienicowym i Żółtym Potoku jego liczba spadła odpowiednio z 38 do 20 szt./ha i z 82 do 36 szt./ha (tab. 9).

**Tabela 9.**

Liczebność oraz rozkład procentowy odnowień w badanych drzewostanach w latach 1990 i 2001  
The number and percentage distribution of regeneration in the analysed stands in the years 1990 and 2001

Rok	Gatunek	Siewki		Nalot				Podrost (wysokość > 50 cm)			
		[szt./ha]	[%]	młodszy starszy wysokość [cm] do 20 21-50		łącznie		młodszy starszy pierśnica [cm] <1,9 2,0-7,9		łącznie	
		[szt./ha]	[%]	[szt./ha]	[szt./ha]	[szt./ha]	[%]	[szt./ha]	[szt./ha]	[szt./ha]	[%]
Dolina Pańszczyca											
1991	Świerk	429	100	429	357	786	30,6	–	4	4	1,3
	Jarząb	–	–	857	929	1786	69,4	286	–	286	94
	Limba	–	–	–	–	–	–	14	–	14	4,7
	Razem	429	100	1286	1286	2572	100	300	4	304	100
2002	Świerk	1000	100	1500	–	1500	77,8	100	2	102	3,5
	Jarząb	–	–	–	429	429	22,2	2815	–	2815	96,5
	Razem	1000	100	1500	429	1929	100	2915	2	2917	100
Las Gąsienicowy											
1991	Świerk	143	100	71	143	214	37,5	129	36	165	84,2
	Jarząb	–	–	–	357	357	62,5	29	–	29	14,8
	Limba	–	–	–	–	–	–	–	2	2	1
	Razem	143	100	71	500	571	100	158	38	196	100
2002	Świerk	625	100	125	125	250	100	363	20	383	91,1
	Jarząb	–	–	–	–	–	–	38	–	38	8,9
	Razem	625	100	125	125	250	100	400	20	420	100
Żółty Potok											
1991	Świerk	188	100	188	–	188	27,3	50	82	132	100
	Jarząb	–	–	188	313	501	72,7	–	–	–	–
	Razem	188	100	376	313	689	100	50	82	132	100
2002	Świerk	875	100	1750	125	1875	88,2	50	36	86	12,1
	Jarząb	–	–	63	188	251	11,8	625	–	625	87,9
	Razem	875	100	1813	313	2126	100	675	36	711	100

STADIA I FAZY ROZWOJOWE. W latach 1991-2002 badane drzewostany nie zmieniły reprezentowanych na początku okresu stadiów rozwojowych. Na powierzchni Dolina Pańszczyca występowało stadium optymalne w fazie starzenia, w Lesie Gąsienicowym stadium rozpadu w fazie starzenia i obumierania, a na Żółtym Potoku stadium dorastania w fazie przerębowej (tab. 1).

O ciągłej przynależności drzewostanu Dolina Pańszczyca do stadium optymalnego w fazie starzenia świadczą przede wszystkim:

- zwiększenie udziału drzew należących do generacji optymalnego wzrostu [Řehák 1964] (B) z około 47 do 51%, przy jednoczesnym zachowaniu znaczącego udziału generacji dożywania (około 19-20%),
- zawansowany maksymalny wiek drzew (401 lat),
- duża i ciągle rosnąca zasobność drzewostanu – wzrost z około 454 do 467 m<sup>3</sup>/ha (tab. 2), przy stosunkowo dużym bieżącym przyroście miąższości (4,5 m<sup>3</sup>/ha/rok),
- malejąca liczba drzew żywych w drzewostanie – (z 572 do 524 szt./ha) (tab. 2),
- zwiększenie się średniej pierśnicy świerków przy zachowaniu normalnego rozkładu pierśnic (według Pearsona), który uległ nieznacznemu przesunięciu w kierunku większych stopni grubości (tab. 3, 4; ryc. 1),
- zwiększenie się średniej wysokości drzew (tab. 4), przesunięcie się rozkładu wysokości w kierunku stopni o większych wysokościach (ryc. 4) oraz wyraźny wzrost udziału drzew w górnej warstwie według IUFRO (z 64 do 73%) kosztem niższych warstw (tab. 5), co prowadzi do uproszczenia budowy piętrowej,
- duża miąższość posuszu stojącego (około 67 m<sup>3</sup>/ha) oraz wydzielanie się drzew o różnych pierśnicach, w tym drzew najstarszych (tab. 7, 8; ryc. 1),
- zwiększenie się miąższości leżaniny z około 52 do 65 m<sup>3</sup>/ha (tab. 8),
- pierwsze symptomy rozpoczynania się fazy odnowienia, wyrażające się zwiększającą się liczebnością nalotów i podrostów świerka oraz jarzębiny (tab. 9).

O przynależności drzewostanu na powierzchni Las Gąsienicowy do stadium rozpadu w fazach starzenia i obumierania świadczą:

- największy wśród badanych drzewostanów udział drzew reprezentujących generację dożywania (około 27,7-29,4%),
- malejące w okresie kontrolnym zagęszczenie drzew (390-360 szt./ha), zmniejszająca się zasobność drzewostanu (z około 446 do 419 m<sup>3</sup>/ha) oraz duża miąższość ubytków (73 m<sup>3</sup>/ha/11/lat) (tab. 2),
- największa wśród badanych drzewostanów średnia pierśnica świerków (około 36 cm) oraz zmniejszenie się liczby drzew w całym zakresie stopni grubości (tab. 3; ryc. 2),
- niewielkie zwiększenie się średniej wysokości drzew (tab. 4), przesunięcie się rozkładu wysokości w kierunku stopni o większych wysokościach (ryc. 4) oraz wzrost udziału drzew w górnej warstwie wg IUFRO (z 62 do około 70%) (tab. 5),
- prawie dwukrotne zwiększenie się w latach 1991-2002 miąższości posuszu stojącego (z około 37 do 69 m<sup>3</sup>/ha i odpowiednio z 8 do 16% zasobności drzew żywych), wydzielanie się licznych grubych drzew (w tym najstarszych) oraz wzrost średniej pierśnicy posuszu (tab. 6, 7; ryc. 2),
- znaczna miąższość leżaniny (około 67 m<sup>3</sup>/ha) (tab. 8) w tym wyraźny wzrost miąższości świeżych wywrotów (z około 3 do 17 m<sup>3</sup>/ha),
- najmniejsza liczebność odnowienia w badanych drzewostanach, przy wzrastającej jednak liczbie młodszych podrostów, głównie świerkowych (ze 130 do około 360 szt./ha) (tab. 9).

Na trwałą w ostatnim jedenastoleciu przynależność drzewostanu Żółty Potok do stadium dorastania w fazie przerębowej wskazują:

- wyraźna przewaga drzew generacji dorastania (C) (około 57,0-55,3%) oraz istotny udział drzew w generacji optymalnego wzrostu (26,2-27,6%) i generacji dożywania (17,0-16,8%),
- stabilne występowanie schodkowego i pionowego zwarcia z grupowym i jednostkowym występowaniem drzew o silnie zróżnicowanym wieku (od kilkunastu do ponad 310 lat) (tab. 1),
- rosnąca zasobność drzewostanu (z około 429 do 462 m<sup>3</sup>/ha), ze stosunkowo małą miąższością ubytków (32 m<sup>3</sup>/ha/11/lat) oraz intensywnym przyrostem miąższości (5,9 m<sup>3</sup>/ha/rok) (tab. 2, 4),
- największe zróżnicowanie pierśnic świerków (powyżej 50%) przy największej maksymalnej pierśnicy drzew (73 cm), ich trwale asymetrycznym rozkładzie (ryc. 3),
- trwale wielopiętrowa budowa drzewostanu z dominacją środkowego piętra (39-42%) i silnym zróżnicowaniem wysokości (powyżej 40%) (tab. 5; ryc. 6),
- nieznacznie zmniejszająca się w latach 1991-2002 miąższość posuszu stojącego (37-34 m<sup>3</sup>/ha), przy wydzielaniu się drzew przede wszystkim z cienkich stopni grubości (tab. 6; ryc. 3),
- najmniejsza w badanych drzewostanach miąższość leżaniny (42-46 m<sup>3</sup>/ha) (tab. 8) przy zmniejszaniu się w okresie kontrolnym ilości leżącego drewna świeżego (nierozłożonego) (z około 11 do 5 m<sup>3</sup>/ha),
- duża liczebność nalotu świerkowego oraz podrostu jarzębinowego (tab. 9) pod koniec badań (w 2002 roku).

## Podsumowanie i dyskusja wyników

Zróżnicowanie zasobności omawianych drzewostanów w znacznym stopniu zależało od wyróżnionych w nich stadiów rozwojowych. Największą i jednocześnie rosnącą w okresie kontrolnym zasobnością charakteryzował się bór świerkowy znajdujący się w stadium optymalnym (Dolina Pańszczycy). Zwiększenie zasobności do 467 m<sup>3</sup>/ha (tab. 2), wskazuje na dobre wykorzystanie możliwości siedliskowych w tej strefie wysokościowej (prawie 1500 m n.p.m.) (tab. 1). Karpackie świerczyny górnoęgłowe wzrastające na wysokościach 1400-1500 m n.p.m. nie przekraczają bowiem zasobności 500-520 m<sup>3</sup>/ha [Korpel 1995; Modrzyński 1998]. W stadium optymalnym na tej wysokości n.p.m. zasobność kształtuje się w granicach od około 400-450 m<sup>3</sup>/ha w Dolinie Niewcyrki [Korpel 1989, 1995] do około 466 m<sup>3</sup>/ha w Dolinie Rybiego Potoku [Karczmarski, Zygarowicz 2007].

Malejącą w okresie lat 1991-2002 zasobnością (z około 446 do 419 m<sup>3</sup>/ha) charakteryzował się bór świerkowy na powierzchni Las Gąsienicowy, co wskazuje na rozpoczynające się w tym drzewostanie stadium rozpadu. Rozpad o zbliżonej dynamice stwierdzono także np. w masywie Chopoka (Niżne Tatry), gdzie zasobność w okresie 10 lat zmniejszyła się z 523 do 484 m<sup>3</sup>/ha [Korpel 1995] lub borze świerkowym w Dolinie Łatanej w Tatrach Zachodnich, w którym w okresie 20 lat nastąpiło zmniejszenie zasobności o około 25 m<sup>3</sup>/ha [Korpel 1989, 1995]. Zarówno na powierzchni Las Gąsienicowy, jak w drzewostanach badanych przez Korpela [1989, 1995] procesy rozpadu borów świerkowych zachodzą na małych powierzchniach (lukach), powstałych po obumarciu pojedynczych najstarszych lub osłabionych różnymi czynnikami drzew.

W reprezentującym stadium dorastania drzewostanie Żółty Potok nastąpił najsilniejszy wśród trzech badanych świerczyn wzrost zasobności – z około 430 do 462 m<sup>3</sup>/ha (tab. 2).

W innych świerczynach tatrzańskich znajdujących się w tym stadium wzrost zasobności wynosił od około 60 m<sup>3</sup>/ha/11 lat w borze Ścieciska Wyżnie pod Morskim Okiem [Karczmarski, Zygarowicz 2007] do 124 m<sup>3</sup>/ha/16 lat na powierzchni Križne w Dolinie Koprowej [Korpel 1989].

Świerczyna na powierzchni Żółty Potok wykazywała najintensywniejszy z badanych drzewostanów przyrost przeciętny (5,9 m<sup>3</sup>/ha/rok) (tab. 2), większy od silnie przyrastających i młodszych borów świerkowych z Doliny Rybiego Potoku (5,3-5,7 m<sup>3</sup>/ha/rok) [Karczmarski, Zygarowicz 2007]. Przyrost ten dorównuje wartościom podawanym z drzewostanów alpejskich Scatle i Rauterrigel (5-6 m<sup>3</sup>/ha/rok) [Mayer, Ott 1991], które dotychczas były uważane za lepiej produkujące niż karpackie [Jaworski, Karczmarski 1995].

Struktura pierśnic drzew na powierzchniach Dolina Pańszczycy i Las Gąsienicowy była zgodna odpowiednio z rozkładem normalnym i jednomodalnym według Pearsona i po 11 latach utrzymały się te typy rozkładu (tab. 3; ryc. 1, 2). Według Karczmarskiego [2005] rozkład pierśnic jest zależny od stadium i fazy rozwojowej badanych drzewostanów. Rozkład normalny pierśnic charakterystyczny jest dla drzewostanów nie wykazujących symptomów destabilizacji i znajdujących się w stadium optymalnym lub zbliżonym do optymalnego (Dolina Pańszczycy). W stadium rozpadu rozkład gaussowski zanika i zastępowany jest przez rozkłady o prawo lub lewostronnej asymetrii, np. logarytmiczno-normalny lub Weibulla [Karczmarski 2005]. Taki proces zaznacza się na znajdującej się na początku rozpadu powierzchni Las Gąsienicowy, gdzie według kryteriów Pearsona stwierdzono rozkład jednomodalny typu I (tab. 3). W przerębowym borze natomiast na powierzchni Żółty Potok w okresie 11 lat wystąpiła tendencja do lekkiego spłaszczenia, początkowo silnie asymetrycznej krzywej frekwencji pierśnic (tab. 3; ryc. 3). Zarówno na początku [Karczmarski 2005], jak i na końcu okresu nie stwierdzono w tym drzewostanie rozkładu Liocourta-Meyera, charakterystycznego dla lasów przerębowych.

Prostszą budową piętrową charakteryzowały się drzewostany stadium optymalnego i początku rozpadu (odpowiednio Dolina Pańszczycy i Las Gąsienicowy), znacznie bardziej złożoną przerębowy bór Żółty Potok (tab. 5, 6; ryc. 4-6). Na wszystkich trzech powierzchniach proces wzrostu drzew (w latach 1991-2002) zadecydował o przesunięciu rozkładów wysokości w prawo (ku wyższym stopniom) oraz o znaczniejszym zmniejszeniu się liczby drzew niższych (do 13 m wysokości) (ryc. 4-6). Na powierzchniach Dolina Pańszczycy i Las Gąsienicowy zwiększał się udział górnego piętra (tab. 5), co prowadziło do dalszego uproszczenia budowy tych prawie jednopiętrowych świerczyn. Biorąc pod uwagę długość trwania stadium optymalnego [Jaworski 1991; Holeksa 1998] zachodzący proces może tłumaczyć powierzchniową przewagę jednopiętrowych choć wielogeneracyjnych borów w górnym reglu Karpat Zachodnich [Holeksa 1998].

W badanych świerczynach górnoreglowych w okresie kontrolnym wydzieliły się zbliżone liczby drzew (38-48 szt./ha) (tab. 2). Obumierały świerki z całego zakresu reprezentowanych pierśnic, choć najwięcej posuszu pojawiło się wśród drzew cienkich (ryc. 1-3). Podobne zjawisko rejestrowane było także w innych karpackich drzewostanach świerkowych [Holeksa 1998; Karczmarski 1999].

W porównaniu z innymi drzewostanami karpackimi intensywność wydzielenia się drzew na powierzchniach w Dolinie Pańszczycy (stadium optymalne) i Żółty Potok (stadium dorastania), zarówno pod względem ich liczby, jak i miąższości należała do umiarkowanej (32-37 m<sup>3</sup>/ha/11 lat). W świerczynach z tatrzańskiej Doliny Rybiego Potoku ubytek był kilka razy mniejszy (maksymalnie do około 12 m<sup>3</sup>/ha/11 lat) [Karczmarski, Zygarowicz 2007]. Na Babiej Górze w stadium

optymalnym wynosił około  $74 \text{ m}^3/\text{ha}/10 \text{ lat}$ , a w stadium dorastania  $71-99 \text{ m}^3/\text{ha}/10 \text{ lat}$  [Jaworski, Karczmarski 1995], był zatem w obu porównywanych stadiach około dwa razy większy od omawianych w niniejszej pracy drzewostanów.

Intensywniejszym procesem wydzielania się drzew charakteryzował się będący na początku stadium rozpadu bór na powierzchni Las Gąsienicowy (prawie  $73 \text{ m}^3/\text{ha}/11 \text{ lat}$ ) (tab. 2). W znajdujących się w analogicznym punkcie cyklu rozwojowego świerczynach babiogórskich dziesięcioletni ubytek był zbliżony i wynosił około  $74-88 \text{ m}^3/\text{ha}$  [Jaworski, Karczmarski 1995].

Ogólna miąższość posuszu stojącego wynosiła w badanych drzewostanach, zależnie od powierzchni i momentu pomiaru około  $34-69 \text{ m}^3/\text{ha}$ , co odpowiadało około 7-16% miąższości drzew żywych (tab. 7). W innych drzewostanach karpaccich o charakterze pierwotnym miąższość suchych drzew stojących wynosiła na Babiej Górze około  $17-118 \text{ m}^3/\text{ha}$  (do około 33% zasobności drzew żywych) [Korpel 1989; Jaworski, Karczmarski 1995], a według Holeksy [1998] nawet do  $168 \text{ m}^3/\text{ha}$  w stadium rozpadu. W Tatrach była natomiast wyraźnie mniejsza (około  $2-17 \text{ m}^3/\text{ha}$ ) [Korpel 1989; Karczmarski 1995, 1999; Karczmarski, Zygarowicz 2007]. Na tle wartości podawanych z Tatr, należy uznać miąższości posuszu stojącego stwierdzone w tej pracy za stosunkowo wysokie. Znacząca obecność suchych świerków w tym przypadku świadczy jednak nie o procesie destrukcji tych drzewostanów, a raczej wskazuje na ich w pełni pierwotny charakter (brak ingerencji ze strony człowieka).

Do podobnej konkluzji prowadzi analiza miąższości martwej leżaniny w badanych drzewostanach. Wynosiła ona na koniec okresu kontrolnego około  $47-66 \text{ m}^3/\text{ha}$ , co odpowiadało około 10-16% miąższości drzew żywych (tab. 8). Jest to znacząco więcej od miąższości leżaniny stwierdzonej w innych drzewostanach tatrzańskich [Karczmarski 1995; Karczmarski, Zygarowicz 2007] i odpowiada wartościom podawanym z borów babiogórskich ( $8-159 \text{ m}^3/\text{ha}$ ) [Jaworski, Karczmarski 1995].

Na badanych powierzchniach zaobserwowano w okresie kontrolnym pewne wahania liczebności odnowień (tab. 9). Z jednej strony zwiększała się (choć nieznacznie) liczba siewek, z drugiej strony zmniejszała się liczebność nalotów. W podroście młodszym w dwóch drzewostanach znaczną ekspansję wykazywała jarzębina. Jednak liczebność podrostu świerkowego, w tym starszego, decydującego o uzupełnianiu warstwy drzewostanu była niewielka i w okresie badań wykazywała tendencję do stagnacji lub zmniejszania się. Zagęszczenie odnowień porównywalne jest ze stwierdzonym w borach babiogórskich [Jaworski, Karczmarski 1995], a według tych autorów jest to zagęszczenie niewystarczające do utrzymania trwałości lasu.

Zjawisko deficytu odnowień w badanych drzewostanach może się okazać przejściowe. Decydującym czynnikiem ograniczającym możliwości przetrwania najmłodszych pokoleń w latach 1991-2002 były stosunkowo trudne warunki świetlne kształtowane przez zwarty pułap drzewostanu wewnątrz kęp i biogrup oraz pełne pokrycie powierzchni gleby przez płyty borówek i paproci w istniejących lukach.

Proces efektywnego odnowienia drzewostanu jest szczególnie istotny w stadium rozpadu, gdy ustępująca generacja drzew musi zostać zastąpiona przez młode pokolenie. Należy sądzić, że na powierzchni Las Gąsienicowy, w której proces rozpadu już się rozpoczął, w miarę powiększania się luk powstających po obumierających świerkach, zwiększania ilości leżaniny, powstawania wykrotów oraz ograniczenia konkurencyjnego oddziaływania roślin runa, stworzone zostaną sprzyjające warunki do zwiększenia ilości odnowień oraz ich trwałego wzrostu. Według Holeksy [1998] sprzyjające warunki do efektywnego odnowienia są bowiem łącznym efektem obumierania drzew, powstawania luk oraz różnicowaniem się runa.



## Wnioski

- ✦ Badane drzewostany świerkowe charakteryzują się dużą jak na strefę boru luźnego zasobnością, intensywnym przyrostem bieżącym i znaczną stabilnością, przy dużych różnicach cech ich struktury i budowy wynikających z przynależności do różnych stadiów i faz rozwojowych.
- ✦ Dla wielogeneracyjnych świerczyn reprezentujących stadium optymalne lub początek stadium rozpadu, charakterystyczne jest wykształcanie jednopiętrowej budowy i normalnej struktury pierśnic.
- ✦ Największy przyrost bieżący miąższości realizowany jest w drzewostanie świerkowym o wielopiętrowej (przerębowej) budowie i silnie zróżnicowanej strukturze pierśnic,
- ✦ Stosunkowo duża ilość posuszu stojącego i leżącego nagromadzonego w badanych drzewostanach jest naturalną cechą lasów o charakterze pierwotnym i nie stanowi zagrożenia dla stabilności badanych drzewostanów.
- ✦ W stadium rozpadu mała liczebność podrostów świerkowych oraz zachwaszczenie eliminujące istniejące naloty świerka może wpłynąć na ciągłość procesu odnowienia i w konsekwencji na małych powierzchniach zagrozić trwałości istnienia lasu.

## Literatura

- Assman E. 1968. Nauka o produktywności lasu. PWRiL, Warszawa
- Dülz M. 2004. Budowa, struktura i dynamika naturalnych górnoreglowych borów świerkowych w Dolinie Pańszczycy i Stawów Gąsienicowych w okresie kontrolnym 1991-2002. Praca magisterska, KSzHL Kraków
- Grodzińska K. 1980. Zanieczyszczenie polskich parków narodowych metalami ciężkimi. Ochrona Przyrody R 43, PAN Kraków
- Holeksa J. 1998. Rozpad drzewostanu i odnowienie świerka a struktura i dynamika karpackiego boru górnoreglowego. Monographiae Botanicae, T.82, Łódź
- Jaworski A., Karczmarski J. 1989. Budowa, struktura i dynamika górnoreglowych borów świerkowych w Babiogórskim Parku Narodowym, w: Stav, vyvoj, produkčne schopnosti a funkčne vyuzivanje lesov v oblasti Babej Hory a Pilska., Zbornik referatov Zwolien, Poznań, Kraków, 122-148
- Jaworski A., Karczmarski J. 1995. Budowa, struktura, dynamika i możliwości produkcyjne górnoreglowych borów świerkowych w Babiogórskim Parku Narodowym. Acta Agr. Silv. ser. Silv. Vol. 33. 75-113.
- Jaworski A., Kołodziej A., Skoczeń W. 2000. Budowa i struktura górnoreglowych borów świerkowych na Pilsku. Sylwan, R.144, nr 7, 35-53
- Karczmarski J. 1995. Budowa i struktura tatrzańskich górnoreglowych borów świerkowych o charakterze pierwotnym w dolinach Rybiego Potoku, Pańszczycy i Gąsienicowej. Acta Agr. Silv. ser. Silv. Vol. 33. 167-197.
- Karczmarski J. 1999. Kształtowanie się zależności pomiędzy budową i strukturą drzewostanów a wielkością przyrostu grubości, wybranymi cechami biomorfologicznymi oraz intensywnością procesu wydzielania się drzew w górnoreglowych borach świerkowych o charakterze pierwotnym w Karpatach Zachodnich. Praca doktorska, KSzHL AR, Kraków
- Karczmarski J. 2005. Struktura rozkładów pierśnic w naturalnych górnoreglowych borach świerkowych Tatr i Beskidów Zachodnich w zależności od stadiów i faz rozwojowych lasu o charakterze pierwotnym. Sylwan 3: 12-23
- Karczmarski J., Zygarowicz J. 2007. Budowa, struktura i dynamika naturalnych górnoreglowych borów świerkowych w dolinie Rybiego Potoku (Tatrzański Park Narodowy) w okresie kontrolnym 1990-2001. w druku
- Korpel S. 1989. Pralesy Slovenska. Veda Bratislava
- Korpel S. 1995. Die Urwalder der Westkarpaten. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart-Jena-New York.
- Latocha E. 1985. Zagrożenie świerczyn górskich w Europie Środkowej przez imisje przemysłowe. Sylwan 1.
- Mayer H., Ott E. 1991. Gebirgswaldbau Schutzwaldpflege. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart
- Modrzyński J. 1998. Dendrometryczna i morfologiczna charakterystyka drzewostanów świerkowych położonych na różnych wysokościach nad poziomem morza w Tatrach. w: Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej im. H.Kołłątaja w Krakowie, nr 332, Sesja naukowa, zeszyt 56: Struktura i dynamika górskich borów świerkowych, Sympozjum ku czci Profesora Stefana Myczkowskiego w XX rocznicę śmierci, Kraków-Zakopane
- Myczkowski S., Feliksik E., Słodyczka S. 1975. Świerk *Picea excelsa* Link., Rodzime drzewa Tatr. II. Studia Ośr. Dokum. Fizjogr. PAN 4, 195-220.
- Pach M., Bartkiewicz L., Skoczeń W. 2001. Charakterystyka cech biomorfologicznych świerka w górnoreglowym borze Pilska w zależności od budowy i struktury drzewostanu. Sylwan 1: 13-22
- Řehak J. 1964. Vyvoj stromu a porostnich utvaru v prirodzenych lesach. Ochrana Přírody, R.19 :7.

**SUMMARY**

The structure, composition and dynamics of subalpine primeval spruce forests in the Pańszczyca Valley and the Stawy Gąsiennicowe Valley (in the Tatra National Park) during the control period 1991-2002

The research was conducted on three permanent experimental plots located in the primeval-type spruce forests of the upper montane zone in the Pańszczyca Valley and the Stawy Gąsiennicowe Valley (in the Tatra National Park) between 1991 and 2002. The stands under study represented different development stages (up-growing, optimum, and disintegration stages) in a natural development cycle of primeval forests (vide Korpel) (Table 1).

During the period of 1991-2002, the total number of trees in all the researched stands decreased by 20-48 trees/ha, reaching the final density of 360-524 trees per hectare (Table 2). In the up-growing and optimum stages, stand volume increased by 33 and 13 cu.m./ha, reaching 462 and 467 cu.m./ha. In the disintegration stages, stand volume decreased by 27 cu. m/ha to 419 cu.m./ha. The species composition of the stands under study (100% of spruce) did not change (Table 2).

The amount of losses was 38-48 trees/ha, and their volume was 32-73 cu.m./ha. The rate of tree losses in the stand in the disintegration stages was twice as higher comparing to other plots. The number of ingrowths was small and did not exceed 18 trees/ha (Table 2).

The average annual volume increment value between 1991-2002 stood at 4.1-4.5 cu.m./ha in the optimum and disintegration stages, and was the highest (5.9 cu.m./ha) in the selection phase in the up-growing stage (Table 2).

Changes in the number of trees and their volume in the selected diameter classes characterizing the disintegration stage showed a clear difference, as in nearly all the selected classes the number and volume of trees decreased (Table 3).

In 1991-2002, all stands showed the same types of dbh distributions determined by Pearson's method, and a slight increase in the mean dbhs of live spruces to 30-36 cm (Table 4).

The mean heights of the researched stands slightly increased reaching in 2002 the values of 18.4 - 19.5 m (Table 5). The stand in the selection phase in up-growing stage (Zóły Potok) showed the highest tree height differentiation (Table 5) and diverse multi-storied structure (Table 6). Spruce stands in their optimum and disintegration stages were less differentiated with regard to their height (Table 5) and showed a simplified storey structure (Table 6). Between 1991 and 2002, the tree height distributions moved into higher levels for all the study plots (Fig. 4-6).

In the disintegration stage, the number and, particularly, the volume of dead standing trees increased from 37 to 69 cu.m./ha (Table 7). Their dbh values featured a high variation coefficient (0.61-0.73). The tree self-thinning rate (described as a ratio of dead standing tree volume to stand volume) was about 7-15% (Table 8).

The downed tree volume to stand volume ratio was about 10-15%. The large share (20-55%) of strongly decayed downed trees (Category C) was characteristic for the stands under study (Table 9). At the same time, two plots showed an increase in the share of freshly downed trees (by about 10-15 cu.m./ha). This is indicative of the ongoing tree self-thinning and falling processes.

Certain oscillations in the number of seedlings were observed on the study plots during the control period. On the one hand, the number of seedlings increased, while on the other, the

number of natural regeneration areas decreased. Mountain ash showed a dynamic expansion in younger undergrowth in two stands. However, the number of spruce seedlings in the undergrowth, including the older one, deciding about the development of the stand layer was insufficient, which might jeopardize the sustainability of the forest regeneration process.

The spruce stands under study feature high (as for a loose subalpine coniferous forest) stand volume, high current increment and significant stability along with considerable differences in their structure and composition resulting from their belonging to different development stages and phases. The highest current volume increment occurs in the stand with selection structure. The relatively large amount of standing dead trees and downed trees accumulated in the stands under study is a natural feature of primeval-type forests and does not jeopardize the stability of the researched stands.