

Stan wielogatunkowego lasu naturalnego (*Abies*, *Fagus*, *Picea*) regla dolnego w rezerwacie Oszast na tle stanu monokultur świerkowych w Beskidzie Żywieckim i Beskidzie Śląskim

A comparison of lower montane natural forest (*Abies*, *Fagus*, *Picea*) in Oszast Reserve and spruce monocultures in the Żywiecki Beskid and Śląski Beskid

Andrzej Jaworski, Maciej Pach*

Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja, Wydział Leśny, Katedra Szczegółowej Hodowli Lasu,
Al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków

* Tel. +48 012 662 53-71; e-mail: rlpach@cyf-kr.edu.pl

Abstract. The aim of this research was to find out what changes occurred between 1999-2009 in Oszast reserve in the volume, species composition and diameter at breast height (dbh) distribution of the forest stand, and the number and height of regeneration. The objective was to determine what would be condition of these managed lower montane multispecies forest stands (Swiss irregular shelterwood method or selection cuttings) and what role spruce would play in them if they have not been replaced by spruce monocultures.

The research was conducted on three permanent circular sample plots (s.p.), each had size of 1/3 ha.

Over 10 years, standing volume of the forest stand increased on s.p. 1 (from around 562 m³ ha⁻¹ to 649 m³ ha⁻¹) and s.p. 3. (from 653 m³ ha⁻¹ to 660 m³ ha⁻¹), while decreased on s.p. 2. (from 421 m³ ha⁻¹ to 378 m³ ha⁻¹). The species composition, defined on the basis of volume share (averaged for the three s.p. jointly), did not undergo consistent changes. However, the relative dominance of beech over spruce was determined based on tree numbers.

The average spruce mortality (averaged from three s.p.) did not exceed 10% and was slightly higher than that of beech (6%), and lower than fir mortality (15%). Nevertheless, spruce did not show any symptoms of dieback. The reasons behind its mortality were fallen trees and windbreaks. In regeneration, on the whole, beech or sycamore predominated, and the proportion of spruce and fir was small. In the future spruce and fir may even decrease further by competitive ability of dynamically regenerating beech.

Abandonment of forest management to promote greater diversity of species, may favour the formation of beech monocultures, or forest stands dominated by beech, everywhere that beech is already present or will be introduced.

The maintenance of stable, multispecies forest stands, with co-dominant fir, beech and spruce of native origin, requires natural or artificial regeneration of spruce and fir, manipulated to restore fir up to about 30%, and reduce spruce down to about 40%. This would be possible through the use of the Swiss irregular shelterwood method and selection system, and by continuous tending of regeneration.

Key words: stand volume, dbh distribution, mortality, regeneration

1. Wstęp

Naukowcy i praktycy leśnictwa niejednokrotnie stwierdzali, że gospodarka leśna może czerpać korzyści z lepszego zrozumienia dynamiki lasu pierwotnego. Za-

interesowanie lasami pierwotnymi często uzasadniano tym, że były one wolne od wpływu działalności człowieka, a ich badanie stanowiło okazję do pogłębienia wiedzy o budowie i dynamice lasu (Leibundgut 1959). Taka wiedza wydaje się szczególnie cenna, gdy weźmie

się pod uwagę obecny trend prowadzący w kierunku hodowli lasu bliskiej naturze (Otto 1995; Schütz 1999, 2004).

Według Meyera i in. (2004), w celu porównania procesów rozwoju lasów pierwotnych i naturalnych, można zakładać pary powierzchni: w rezerwatach leśnych i w pobliskich lasach gospodarczych. Jeżeli powierzchnie w parze reprezentują podobne warunki siedliskowe i podobne stadia rozwojowe oraz, jeśli podobna jest historia drzewostanów, to mogą one być ze sobą bezpośrednio porównywane, a wpływ gospodarki na cechy drzewostanu (budowa, struktura, produktywność, żywotność) i cechy środowiska dadzą się określić ilościowo.

Możliwe jest także porównanie lasów naturalnych z lasami zagospodarowanymi sztucznego pochodzenia o składzie niezgodnym z warunkami siedliskowymi, a więc np. z monokulturami świerkowymi. Tak jest w przypadku drzewostanów na terenie Beskidu Żywieckiego i Beskidu Śląskiego. W latach 1860–1880 powstało tu tysiące hektarów monokultur świerkowych kosztem pierwotnych lasów dolnoeregłowych, złożonych ze świerka, buka i jodły (Kawecki 1939). W lasach żywieckich w 1893 r. monokultury świerkowe I klasy wieku zajmowały powierzchnię około 10 000 ha, a wielogatunkowe drzewostany V klasy wieku – 14 239 ha (Kawecki 1939). Wprowadzanie świerka na olbrzymią skalę w lasach dolnoeregłowych było niezgodne z zasadą doboru gatunków drzew do siedliska, głoszoną przez Pfeila już w 1860 r. (Schütz 1990). Dążenie człowieka do zwiększenia plonów bez względu na konsekwencje wywołało i wywołuje ostry „odwet ekologiczny” (Odum 1977). Obserwowane w lasach Beskidu Żywieckiego i Beskidu Śląskiego masowe zamieranie świerka, zapoczątkowane w 2006 r., jest tego przekonującym przykładem (Barszcz et al. 2009; Szabla 2009; Bruchwald i Dmyterko 2010). Takiego katastroficznego wielkopowierzchniowego rozpadu nie stwierdzono w dolnoeregłowych drzewostanach naturalnych złożonych z buka, jodły i świerka w rezerwatach Śrubita i Oszast położonych wśród monokultur świerkowych w Beskidzie Żywieckim.

Stosunkowo dobry stan drzewostanów regla dolnego w rezerwacie Oszast, wykazujących charakter puszczański, stał się przesłanką do podjęcia w 1999 r. badań na trzech stałych kołowych powierzchniach doświadczalnych. Pierwsze wyniki opublikowano po dwóch latach (Jaworski et al. 2001). W 2009 r. przeprowadzono pomiary kontrolne.

Celem badań było ustalenie, jakie zmiany zaszły w latach 1999–2009 w rezerwacie Oszast pod względem zasobności, składu gatunkowego i struktury drzewostanu. W pracy starano się także dać odpowiedź na pytanie: co było przyczyną ubytku drzew w rezerwacie?

Pomiary przeprowadzone w 2009 r. przypadły na okres katastrofalnego rozpadu monokultur świerkowych w Beskidzie Żywieckim i Beskidzie Śląskim, o czym wspomniano wyżej.

W pracy przyjęto następujące hipotezy robocze:

- w rezerwacie Oszast w drzewostanie wielogatunkowym świerk nie wykazuje symptomów obumierania z przyczyn biotycznych,
- w drzewostanie dolnoeregłowym buk będzie gatunkiem panującym,
- dolnoeregłowe drzewostany wielogatunkowe mogą pełnić rolę obiektu modelowego pod względem składu gatunkowego i budowy w przypadku przebudowy monokultur świerkowych Beskidu Żywieckiego i Beskidu Śląskiego.

2. Materiał i metody

Położenie i charakterystyka siedliskowa rezerwatu oraz powierzchni badawczych

Rezerwat Oszast zlokalizowany jest w przyszłoczytywnej partii wzniesienia Oszast (1147 m n.p.m.), wchodzącego w skład południowej (raczańskiej) części Beskidu Żywieckiego, która przylega do granicy ze Słowacją. Nazwa Oszast (Uszust) pochodzi prawdopodobnie od używanego w miejscowej gwarze określenia trudnych warunków terenowych. Rezerwat częściowy, utworzony w 1971 r. obejmuje fragmenty dawnej, pierwotnej Puszczy Karpackiej regla dolnego. Częściową ochroną objęto powierzchnię 47,31 ha w oddziałach 200 i 201 Leśnictwa Cicha, Nadleśnictwa Ujsoły. Od 2008 r. jest to rezerwat ścisły. Rezerwat położony jest na stromym stoku, miejscami urwistym, z kilkoma tarasami (wypłaszczeniami) o wystawie N–W, w pasie wysokości od 950 do 1147 m n.p.m., w piętrze klimatu chłodnego (średnia temperatura roczna wynosi od +2°C do +4°C) o ilości opadów około 1300 mm (Hess 1965).

W rezerwacie dominuje zespół *Dentario glandulosae-Fagetum*, a pozostałe zespoły i zbiorowiska: *Aceri-Fagetum*, *Abieti-Piceetum montanum* oraz *Sorbo-Aceretum carpaticum*, zajmują niewielką powierzchnię.

Trzy kołowe powierzchnie próbne o wielkości 1/3 ha zlokalizowano w oddz. 201a, w najlepiej zachowanych, reprezentujących panujące stadia i fazy rozwojowe drzewostanach, które wybrano na podstawie cech budowy i innych kryteriów przyjętych przez Korpela (1989). Charakterystykę siedliskowo-drzewostanową badanych powierzchni zamieszczono w tabeli 1.

Tabela 1. Położenie powierzchni badawczych i ich charakterystyka

Table 1. Location of study plots, their site and stand characteristics

Powierzchnia badawcza Sample plot	Oszast 1 (p.p. 1)	Oszast 2 (p.p. 2)	Oszast 3 (p.p. 3)
Lokalizacja/ Location	201 a		
Współrzędne geograficzne Geographic coordinates	49°24'41,2"N 19°11'9,8"E	49°24'42,6"N 19°11'7,6"E	49°24'43,2"N 19°11'20,0"E
Wielkość powierzchni [ha] Size [ha]	1/3	1/3	1/3
Ekspozycja / Aspect	N-NW	N	N-NW
Nachylenie / Slope [°]	26	26	18
Wysokość n.p.m. [m] Altitude a.s.l. [m]	1030	990	1000
Gleba / Soil	Brunatna wylugowana / Endoeutric Cambisol		
Zespół roślinny Plant association	<i>Dentario glandulosae-Fagetum</i>		
Wiek drzew [lata] Tree age [years]	<i>Abies alba</i> 120–220; <i>Fagus sylvatica</i> 65–90–120–200; <i>Picea abies</i> 170–220		
Stadium i faza rozwojowa w 2009 r. Stage and phase of development in 2009	stadium dorastania faza budowy wielopiętrowej growing up stage, the phase of multi-layer structure	stadium wolnego rozpadu faza budowy wielopiętrowej slowly break up stage, the phase of multi-layer structure	koniec stadium optymalnego, długo- trwająca faza starzenia i odnowienia kształtujące drzewostan wielopiętrowy the end of optimum growth stage, long- lasting phase of ageing and regeneration forming multi-layer stand

Metodyka badań

Prace terenowe wykonano w sierpniu 1999 r. i powtórzone w sierpniu 2009 r.

Objęły one pomiar pierśnic (z dokładnością do 0,5 cm, próg pierśnicowania wynosi 6 cm) i wysokości wszystkich drzew żywych (z wyjątkiem silnie pochylonych) wysokościomierzem *Vertex*. Zastosowano trwałą numerację drzew, zaznaczając też miejsce pomiaru pierśnic.

Drzewa o pierśnicy $d_{1,3} \geq 8$ cm objęto także klasyfikacją (kategorie drzew) Řeháka (1964). Liczebność nalotu (siewki jednoroczne i nalot do 50 cm wysokości) określono na pasach szerokości 2 m, a podrostu (odnowienie o wysokości >50 cm i pierśnicy $<5,9$ cm) – na pasach szerokości 10 m. Pasy te, o długości równej średnicy powierzchni kołowej, przebiegały przez jej środek prostopadle do warstwic.

Przeprowadzone pomiary drzew o pierśnicy $d_{1,3} \geq 8$ cm pozwoliły na określenie typu rozkładu pierśnic zgodnie z klasyfikacją krzywych Pearsona (Zieliński 1972) oraz obliczenie pola powierzchni przekroju pierśnicowego i zasobności. Do obliczenia zasobności zastosowano program „Zasoby” opracowany przez J. Ptaka z wykorzystaniem tablic miąższości drzew stojących Czuraja

(1991). Drzewka o pierśnicy 6,0–7,9 cm zaliczono do podrostu wyrośniętego.

W pracy określono skład gatunkowy odnowienia, a także śmiertelność drzew $d_{1,3} \geq 8$ cm w latach 1999–2009, wyrażoną odsetkiem obumarłych okazów w stosunku do liczby drzew na początku okresu kontrolnego.

Rozkład pierśnic z 1999 r. i 2009 r. porównano stosując test Kołmogorowa–Smirnowa w programie STATISTICA 10.0 PL.

3. Wyniki badań

Liczba drzew oraz zasobność, pole powierzchni przekroju pierśnicowego i skład gatunkowy drzewostanu

W okresie badań (1999–2009) na wszystkich trzech powierzchniach liczba drzew zwiększyła się: na p.p. 1 o 16,7% (liczba drzew w 1999 r. = 100%), na p.p. 3 o 12,1%, a na p.p. 2 o 6,2%. Na wszystkich powierzchniach wzrósł udział buka, a odsetek pozostałych gatunków drzew zmalał (tab. 2).

Na p.p. 1 zasobność wzrosła bardzo wyraźnie (o 86,5 m³/ha), na p.p. 3 nieznacznie (o 6,5 m³/ha), natomiast na

Tabela 2. Liczba drzew, zasobność, pole powierzchni przekroju pierśnicowego na badanych powierzchniach w 1999 r. i 2009 r.

Table 2. Number of trees, stand volume, basal area and species composition of investigated stands in 1999 and 2009

Gatunek Species	Liczba drzew (szt./ha) Number of trees (trees/ha)		Pole przekroju pierśnicowego Basal area (m ² /ha)		Zasobność Volume (m ³ /ha)		Skład gatunkowy Species composition (%)					
	N		G		V		N		G		V	
	1999	2009	1999	2009	1999	2009	1999	2009	1999	2009	1999	2009
Oszast 1												
<i>Picea abies</i>	96	96	28,926	33,213	405,41	472,86	33,3	28,6	68,8	68,9	72,1	72,9
<i>Fagus sylvatica</i>	150	204	6,605	8,941	63,44	88,53	52,1	60,7	15,7	18,5	11,3	13,6
<i>Acer pseudoplatanus</i>	24	24	1,736	2,181	20,30	25,11	8,3	7,1	4,1	4,5	3,6	3,9
<i>Abies alba</i>	18	12	4,782	3,890	72,99	62,11	6,3	3,6	11,4	8,1	13,0	9,6
Razem / Total	288	336	42,050	48,225	562,15	648,61	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Oszast 2												
<i>Picea abies</i>	87	72	21,217	16,361	292,25	223,23	22,3	17,4	61,7	51,5	69,4	59,1
<i>Fagus sylvatica</i>	234	273	7,861	8,957	67,35	77,67	60,0	65,9	22,8	28,2	16,0	20,6
<i>Acer pseudoplatanus</i>	51	54	3,120	3,893	34,26	44,28	13,1	13,1	9,1	12,2	8,1	11,7
<i>Abies alba</i>	15	15	2,183	2,579	27,29	32,40	3,8	3,6	6,3	8,1	6,5	8,6
<i>Sorbus aucuparia</i>	3	-	0,026	-	0,13	-	0,8	-	0,1	-	-	-
Razem / Total	390	414	34,406	31,789	421,27	377,58	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Oszast 3												
<i>Picea abies</i>	129	120	32,212	34,285	491,73	523,87	28,9	24,0	69,1	72,0	75,3	79,4
<i>Fagus sylvatica</i>	312	375	13,784	12,484	151,36	122,94	69,8	74,8	29,5	26,2	23,2	18,6
<i>Abies alba</i>	6	6	0,655	0,838	10,08	12,81	1,3	1,2	1,4	1,8	1,5	2,0
Razem / Total	447	501	46,651	47,607	653,17	659,62	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

p.p. 2 uległa sporemu zmniejszeniu (o 44 m³/ha) (tab. 2). Pole przekroju pierśnicowego zwiększyło się znacznie na p.p. 1 (o nieco ponad 6 m²/ha), nieznacznie (o prawie 1 m²/ha) na p.p. 3, a zmalało na p.p. 2 (o blisko 3 m²/ha).

Skład gatunkowy określony na podstawie udziału miąższościowego wykazał wzrost udziału świerka na p.p. 3, znaczny jego spadek na p.p. 2 i utrzymanie dotychczasowego stanu na p.p. 1 (tab. 2). Buk zwiększył swój udział na p.p. 1 i 2, a zmniejszył na p.p. 3. Jodła powiększyła nieznacznie udział na p.p. 2, zmniejszyła na p.p. 1, a utrzymała na p.p. 3 (tab. 2).

Analogicznie przedstawiał się skład gatunkowy określony na podstawie pola przekroju pierśnicowego drzewostanu (tab. 2).

Typ rozkładu pierśnic

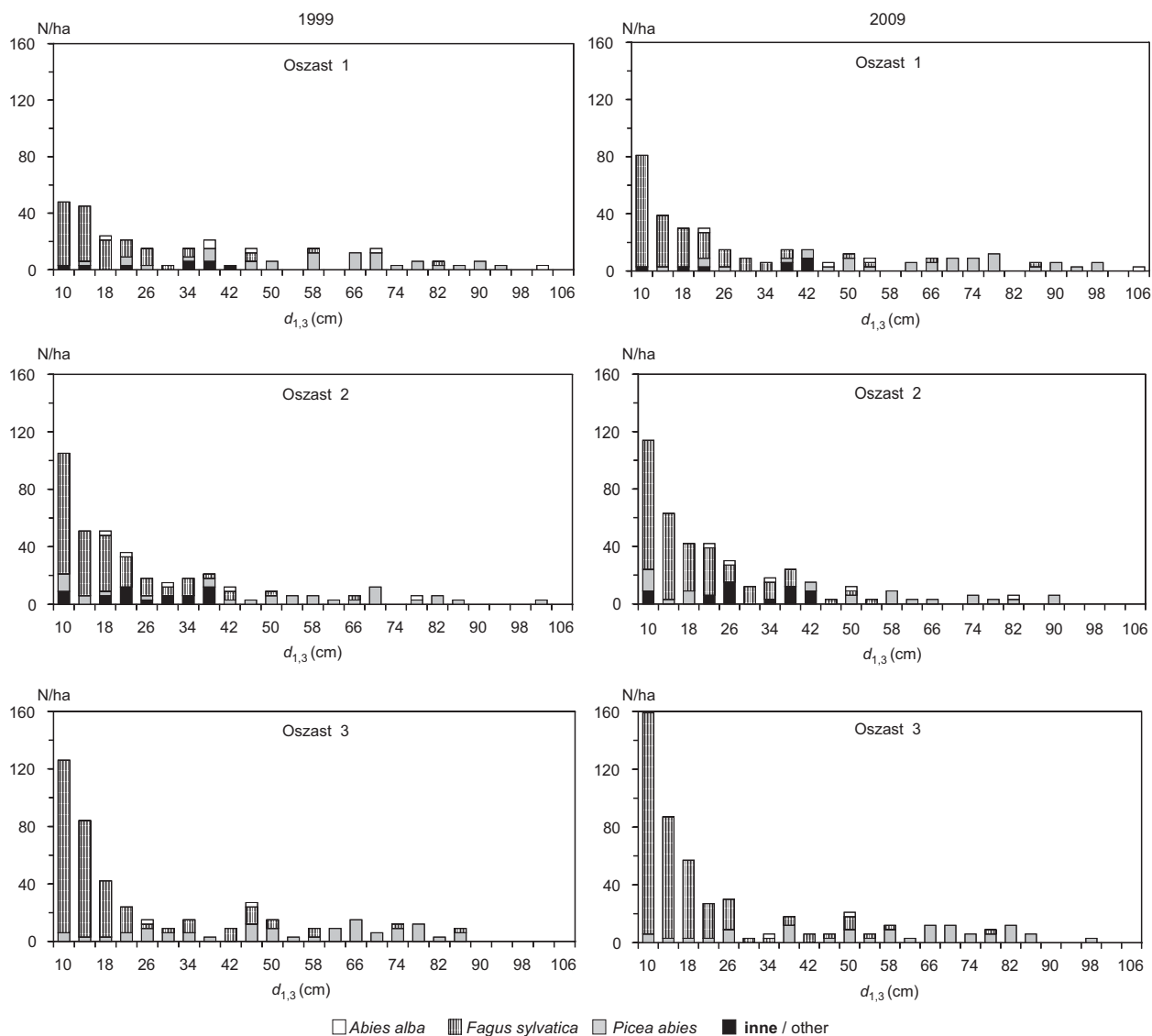
W okresie 10 lat typ rozkładu pierśnic wszystkich gatunków drzew razem nie uległ zmianom (ryc. 1). Odpowiadał on następującym typom krzywych wg klasyfikacji Pearsona: p.p. 1 – *I(J)* (typ I jednododalny z

modą na brzegu przedziału), p.p. 2 – nie odpowiadał żadnemu z typów, p.p. 3 – *I(U)* (typ I dwumodalny).

Test Kołmogorowa-Smirnowa wykazał, że na badanych powierzchniach rozkład pierśnic wszystkich drzew oraz rozkład buka i świerka z 1999 i 2009 r. nie różniły się istotnie.

Śmiertelność

Na p.p. 1 obumarły dwie jodły (kategorii B3) (tab. 3). Śmiertelność drzew tego gatunku wyniosła 33% (tab. 4). Na p.p. 2 przyczyną ubytku buków (kategorii B2, B3, C2, C3) i świerków (kategorii A2, B2, B3 i C1) było ich wywrócenie (wykroty) i złamanie (tylko jeden świerk obumarł) (tab. 3). Śmiertelność buka i świerka na p.p. 2 wyniosła odpowiednio prawie 8% i nieco ponad 24% (tab. 4). Na p.p. 3 największy był ubytek buka (kategorii B2 i B3 oraz C2 i C3), powstały w wyniku wykrotów i złomów (tab. 3). Na tej powierzchni obumarł świerk kategorii A2, a świerki kat. C1 i C3 ubyły w wyniku złamania (tab. 3). Śmiertelność buka na tej powierzchni wyniosła blisko 8%, a świerka 7% (tab. 4).



Rycina 1. Rozkład pierśnic w badanych drzewostanach w 1999 i 2009 roku

Figure 1. D.b.h. distribution in the investigated stands in 1999 and 2009

Odnowienie

W 1999 r. wśród siewek (jednolatek) najczęściej było jaworu, znacznie mniej jodły i buka, a świerk nie występował wcale. W 2009 r. siewki spotykane były sporadycznie: na p.p. 1 – siewki jodły i jaworu, a na p.p. 2 – jodły. Na p.p. 3 nie stwierdzono siewek (tab. 5).

W 1999 r. na p.p. 1 i 3 wśród nalotu (do 50 cm wysokości) dominował buk, a na p.p. 2 jawor. Udział świerka w nalocie wynosił od 9% na p.p. 3 do 21% na p.p. 1, a jodły od ok. 2% na p.p. 1 i 2 do 7% na p.p. 3 (tab. 5).

Po 10 latach na p.p. 1 i 2 w nalocie dominował jawor, a na p.p. 3 – buk. Udział jodły wynosił od 1% na p.p. 1 do

ok. 17% na p.p. 3. Udział świerka na żadnej z powierzchni nie przekroczył 5% (tab. 5).

Na początku okresu kontrolnego wśród podrostu buk dominował na p.p. 2 i 3, a jawor na p.p. 1. Podrostu jodły nie było na p.p. 2, a na p.p. 1 i 3 udział tego gatunku w podroście wynosił ok. 1%. Liczniej od jodły występował świerk: od około 1% na p.p. 3 do 8,5% na p.p. 2 (tab. 5).

Po 10 latach na p.p. 2 i 3 w podroście dominował buk, a na p.p. 1 – jawor. Udział świerka wynosił od ok. 3% (p.p. 3) do 20% (p.p. 2). Udział jodły nie przekroczył 5% (tab. 5).

Podrost wyrosnięty ($d_{1,3}=6-7,9$ cm) występował nielicznie. W 1999 r. największy był w nim udział buka (od 92% do 100%) (tab. 5). W 2010 r. wśród tej klasy drzew dominował także buk (tab. 5).

Tabela 3. Charakterystyka drzew, które ubyły na badanych powierzchniach w latach 1999-2009

Table 3. The characteristics of trees belonging to losses on sample plots in 1999-2009

Powierzchnia Sample plot	Gatunek Species	Kategoria*/ Category*											Łącznie Total	
		A1	A2	A3	R-m Total A	B1	B2	B3	R-m Total B	C1	C2	C3		R-m Total C
		d _{1,3} /d.b.h. (cm)			szt. trees	d _{1,3} /d.b.h. (cm)			szt. trees	d _{1,3} /d.b.h. (cm)				szt. trees
Oszast 1	<i>Abies alba</i>	-	-	-	-	-	-	39,0 ^a 69,0 ^a	2	-	-	-	-	2
Oszast 2	<i>Fagus sylvatica</i>	-	-	-	2	-	38,0 ^b	66,5 ^c	6	-	13,5 ^b 14,5 ^d	9,5 ^b 18,5 ^c	6	14
	<i>Picea abies</i>	-	86,5 ^b 102,0 ^c	-	-	-	60,0 ^a	64,0 ^b 53,0 ^c 68,0 ^c		25,0 ^b	-	-		
	<i>Sorbus aucuparia</i>	-	-	-	-	-	-	-		-	-	10,5 ^a		
Oszast 3	<i>Fagus sylvatica</i>	-	-	-	1	-	41,0 ^c	47,5 ^c 56,0 ^b 57,5 ^c 84,0 ^b	5	-	8,0 ^b	8,0 ^b 15,5 ^c	5	11
	<i>Picea abies</i>	-	75,5 ^a	-	-	-	-	-		29,5 ^c	-	20,0 ^c		

* Generacje drzew: A – dożywiania, B – optymalnego wzrostu, C – dorastania
 Żywotność: 1 – bujnie rozwinięte, 2 – normalnie rozwinięte, 3 – osłabione
 Przyczyny ubytku: a – wydzielenie lub obumarcie, b – wykrot, c – złom, d – przygniecione

* Generation of trees: A – of old age, B – of optimum growth, C – of growing up
 Vitality: 1 – the most vigorous tree, 2 – normal tree, 3 – weakened tree
 Causes of losses: a – self-thinning or dying, b – windfall, c – broken, d – crushed

Tabela 4. Liczba drzew, dorost, ubytek i śmiertelność drzew na powierzchniach badawczych

Table 4. The number of trees, recruitment, losses and mortality of trees on sample plots

Gatunek Species	Liczba drzew (szt./ha) The number of trees (trees/ha)				Śmiertelność (%)* Mortality (%)*
	1999	2009	dorost recruitment	ubytek loss	
Oszast 1					
<i>Picea abies</i>	96	96	-	-	-
<i>Fagus sylvatica</i>	150	204	54	-	-
<i>Acer pseudoplatanus</i>	24	24	-	-	-
<i>Abies alba</i>	18	12	-	6	33,3
Razem/Total	288	336	54	6	2,1
Oszast 2					
<i>Picea abies</i>	87	72	6	21	24,1
<i>Fagus sylvatica</i>	234	273	57	18	7,7
<i>Acer pseudoplatanus</i>	51	54	3	-	-
<i>Abies alba</i>	15	15	-	-	-
<i>Sorbus aucuparia</i>	3	-	-	3	100,0
Razem/Total	390	414	66	42	10,8
Oszast 3					
<i>Picea abies</i>	129	120	-	9	7,0
<i>Fagus sylvatica</i>	312	375	87	24	7,7
<i>Abies alba</i>	6	6	-	-	-
Razem/Total	447	501	87	33	7,4

* Stosunek liczby drzew ubytku do liczby drzew w 1999 r. / Ratio of the tree number of tree loss to the number of living trees in 1999

Tabela 5. Liczebność i skład gatunkowy odnowienia na badanych powierzchniach w 1999 i 2009 r.

Table 5. Numbers and percentage of regeneration on sample plots in 1999 and 2009

Gatunek Species	Nalot / Seedlings				Podrost / Underwood $h > 50$ cm, $d_{1,3} \leq 5,9$ cm		Podrost wyrośnięty Older underwood $d_{1,3} = 6,0-7,9$ cm	
	jednolatki one-year old		$h \leq 50$ cm		szt./ha trees/ha	%	szt./ha trees/ha	%
	szt./ha trees/ha	%	szt./ha trees/ha	%				
Oszast 1 1999								
<i>Picea abies</i>	-	-	2890	20,9	78	6,1	-	-
<i>Fagus sylvatica</i>	78	1,5	7578	54,8	235	18,5	33	100
<i>Abies alba</i>	234	4,4	312	2,3	16	1,3	-	-
<i>Acer pseudoplatanus</i>	5 000	94,1	2968	21,5	720	56,8	-	-
<i>Sorbus aucuparia</i>	-	-	78	0,6	219	17,3	-	-
Razem / Total	5 313	100,0	13826	100,0	1268	100,0	33	100
Oszast 1 2009								
<i>Picea abies</i>	-	-	1 954	3,6	438	17,6	3	5,0
<i>Fagus sylvatica</i>	-	-	13 906	25,4	578	23,3	54	90,0
<i>Abies alba</i>	78	50,0	547	1,0	78	3,1	3	5,0
<i>Acer pseudoplatanus</i>	78	50,0	38 047	69,6	1 001	40,3	-	-
<i>Sorbus aucuparia</i>	-	-	234	0,4	390	15,7	-	-
Razem / Total	156	100,0	54 688	100,0	2 485	100,0	60	100,0
Oszast 2 1999								
<i>Picea abies</i>	-	-	500	11,0	117	8,5	3	4,2
<i>Fagus sylvatica</i>	-	-	584	12,7	784	56,6	66	91,6
<i>Abies alba</i>	83	1,0	83	1,8	-	-	-	-
<i>Acer pseudoplatanus</i>	8 500	99,0	3 417	74,5	467	33,7	3	4,2
<i>Sorbus aucuparia</i>	-	-	-	-	17	1,2	-	-
Razem / Total	8 583	100,0	4584	100,0	1 385	100,0	72	100,0
Oszast 2 2009								
<i>Picea abies</i>	-	-	917	4,9	250	19,7	3	5,6
<i>Fagus sylvatica</i>	-	-	3 167	17,0	750	59,2	51	94,4
<i>Abies alba</i>	250	100,0	1 083	5,8	17	1,3	-	-
<i>Acer pseudoplatanus</i>	-	-	13 417	72,2	217	17,2	-	-
<i>Sorbus aucuparia</i>	-	-	-	-	33	2,6	-	-
Razem / Total	250	100,0	18 584	100,0	1 267	100,0	54	100,0
Oszast 3 1999								
<i>Picea abies</i>	-	-	833	9,0	17	1,1	-	-
<i>Fagus sylvatica</i>	-	-	6 333	68,5	1084	70,6	117	100
<i>Abies alba</i>	417	29,4	667	7,2	17	1,1	-	-
<i>Acer pseudoplatanus</i>	1 000	70,6	667	7,2	100	6,5	-	-
<i>Sorbus aucuparia</i>	-	-	750	8,1	317	20,7	-	-
Razem / Total	1 417	100	9 250	100	1535	100,0	117	117
Oszast 3 2009								
<i>Picea abies</i>	-	-	250	1,5	50	3,3	3	2,2
<i>Fagus sylvatica</i>	-	-	10 000	60,9	916	60,4	135	97,8
<i>Abies alba</i>	-	-	2 750	16,8	67	4,4	-	-
<i>Acer pseudoplatanus</i>	-	-	1 917	11,7	150	9,9	-	-
<i>Sorbus aucuparia</i>	-	-	1 500	9,1	334	22,0	-	-
Razem / Total	-	-	16 417	100,0	1 517	100,0	138	100,0

Tabela 6. Skład gatunkowy drzewostanu w latach 1999–2009 (średnia dla 3 powierzchni)

Table 6. Species composition of stand in 1999–2009 (mean value for three plots)

Gatunek Species	1999				2009			
	N		V		N		V	
	szt./ha trees/ha	%	m ³ /ha	%	szt./ha trees/ha	%	m ³ /ha	%
<i>Picea abies</i>	104	27,7	396,46	72,67	96	23,0	406,65	72,36
<i>Fagus sylvatica</i>	232	61,8	94,05	17,24	284	68,1	96,38	17,15
<i>Abies alba</i>	13	3,5	36,79	6,75	11	2,7	35,77	6,37
Inne / Others	26	7,0	18,23	3,34	26	6,2	23,13	4,12
Razem / Total	375	100,0	545,53	100,00	417	100,0	561,93	100,00

Tabela 7. Zasobność i skład gatunkowy drzewostanu Oszastr w latach 1949, 2009 i 2010

Table 7. Volume and species composition of stand in Oszastr in 1949, 2009 and 2010

Gatunek Species	Miąższość / Volume							
	m ³ /ha		%		m ³ /ha		%	
	1949*		2010**		2009***			
<i>Picea abies</i>	625,27	48,4	329	76,7	406,5	73,1		
<i>Fagus sylvatica</i>	248,32	19,2	72	16,8	91,04	16,4		
<i>Abies alba</i>	393,43	30,4	28	6,5	35,77	6,4		
<i>Acer pseudoplatanus</i>	25,41	2,0	pjd. / singly	0,0	23,01	4,1		
Razem / Total	1291,43	100,0	445	100,0	556,32	100,0		

Źródło / Source:

1949* **dokumentacja z pomiarów drzewostanów w posiadaniu Nadl. Ujsoły (oddz. 200d)**
data of measurements of stands belonging to the Ujsoły Forest District (200d forest compartment)2010** **dane z Planu Ochrony rezerwatu Oszastr (oddz. 201a)**
data from the management plan of Oszastr reserve protection (201a forest compartment)2009*** **średnie z pomiarów przeprowadzonych na trzech powierzchniach w oddz. 201a (tab. 2)**
mean values from measurements done on three sample plots in 201a forest compartment (d.b.h. ≥ 14 cm)

4. Dyskusja

Zróznicowanie zmian zasobności – jej wzrost i spadek – oraz składu gatunkowego na badanych powierzchniach (tab. 2) w rezerwacie Oszastr ma charakter mozaikowaty i jest cechą lasów naturalnych, co potwierdzają wieloletnie studia Korpela (1989, 1995).

Średni udział każdego z trzech gatunków drzew określony na podstawie miąższości z 3 badanych powierzchni nie uległ istotnym zmianom w ciągu 10 lat, natomiast udział ustalony na podstawie liczby drzew zwiększył się w przypadku buka, zmniejszył w przypadku świerka i nieznacznie zmniejszył w przypadku jodły (tab. 6). Wzrost udziału buka w dziesięciolecie wiąże się z większą liczbą dorostu tego gatunku niż gatunków pozostałych, natomiast spadek udziału świerka wynika z jego ubytku, nielicznego podrostu, a w konsekwencji braku dorostu (tab. 4 i 5). Utrzymanie się udziału miąższościowego świerka przy spadku jego udziału liczebnościowego wskazuje na duży przyrost miąższościowego, a więc dobrą żywotność tego gatunku.

Trwały brak odnowienia (dorostu) świerka może spowodować zmniejszenie udziału tego gatunku w przyszłości, ponieważ nie ma on korzystnych warunków do odnawiania i rozwoju pod dynamicznie rozwijającym się odnowieniem buka (tab. 5).

Obecnie drzewostany rezerwatu Oszastr różnią się znacznie pod względem zasobności i składu gatunkowego od stanu sprzed 60 lat (tab. 7).

Z planu gospodarczego na okres 1949–1958 wynika, że jedno z wydzieł obecnego rezerwatu (oddz. 200 c, obecnie 200 d) o powierzchni 19,95 ha objęto pomiarem pierśnic (od 14 cm) wszystkich drzew i wysokości części drzew. Z danych tych wynika, że w 1949 roku był to drzewostan o wysokiej zasobności (1291 m³/ha), z panującym świerkiem (48,4%). Udział pozostałych gatunków wynosił: jodły – 30,4%, buka – 19,2%, jaworu – 2%. Podobne dane charakteryzowały w 1949 r. oddz. 201 a, co wynika z opisu w dokumentacji pomiaru z 1949 r.

Tak duża miąższość w 1949 r. wskazuje, że w rezerwacie trwało stadium optymalne rozwoju drzewostanu, które w drzewostanach z udziałem buka, świerka i jodły

charakteryzuje się bardzo dużą zasobnością. Na przykład w rezerwacie Dobroč (Słowacja) wynosi ona 1366 m³/ha (Korpel 1989), a w rezerwacie Peručica (Bośnia) 1353 m³/ha (Pintarič 1978).

W ciągu 60 lat nastąpiło znaczne zmniejszenie zasobności (tab. 7). Wiązało się to z rozpadem drzewostanu, charakterystycznym dla lasów naturalnych procesem, polegającym na przejściu stadium optymalnego w stadium rozpadu drzewostanu (Korpel 1989). W latach 1960–1980 w Oszaście procesowi temu towarzyszyło obumieranie jodeł.

Zmianie uległ również skład gatunkowy. Mimo spadku zasobności świerka udział miąższościowy tego gatunku zwiększył się kosztem udziału buka i jodły (tab. 7). Było to skutkiem jeszcze większego spadku zasobności jodły i buka (tab. 7).

Wysoka zasobność badanego drzewostanu przed 60 laty nie stanowiła wyjątku w lasach Beskidu Żywieckiego i Beskidu Śląskiego. W lesie jodłowym pod Rakowcem (obecnie Nadleśnictwo Ujsoły) jeszcze w 1932 r. występowały drzewostany o zasobności 1200 m³/ha (Kawecki 1939). Z badań Riegera (1968) wynika, że także monokultury świerkowe powstałe po 1840 r. osiągały dużą zasobność: od 815 do 1042 m³/ha.

Z przedstawionych wyżej danych wynika, że wielogatunkowe dolnoeregłowe drzewostany w Beskidzie Żywieckim nie ustępowały pod względem zasobności monokulturze świerkowej, a często je przewyższały.

Na korzystne warunki wzrostu dla świerka na terenie Beskidu Żywieckiego i Beskidu Śląskiego składają się opady wyższe o 200–300 mm i okres zalegania grubszych warstw śniegu dłuższy niż w pasmach górskich położonych dalej na wschód (Hess 1965; Chomicz 1977; Sikorska 1998; Twaróg 1999), a także rodzaj podłoża geologicznego (Rieger 1968). Są to warunki optymalne dla świerka (Myczkowski 1977). Monokultury świerkowe nie sprzyjają jednak rozproszению i zmniejszeniu ryzyka hodowlanego (Bernadzki 1994). Utrzymanie świerka w dolnoeregłowych lasach Beskidów jest możliwe i niezagrażone tylko w drzewostanach wielogatunkowych.

W latach 1999 i 2009 w rezerwacie Oszast świerk nie wykazywał symptomów obumierania (tab. 3, 4). Tymczasem proces ten trwał w monokulturach Beskidu Żywieckiego i Beskidu Śląskiego i miał charakter masowy (Szabla 2009; Bruchwald i Dmyterko 2010).

Stadia i fazy rozwojowe drzewostanów w rezerwacie wskazują na ich złożoną i stabilną budowę (tab. 1).

W latach 1999–2009 na powierzchniach badawczych w wielogatunkowym drzewostanie rezerwatu Oszast obumarły dwie jodły i 10 świerków (tab. 3), przy czym ubytek świerka był skutkiem złamań i wykroty (tab. 3). Dwa obumarłe świerki osiągnęły pierśnicę 60 i 75,5 cm i nie wykazywały symptomów chorobowych

(m.in. opieńka, korniki) charakterystycznych dla martwych świerków z obumarłych monokultur świerkowych (Żółciak et al. 2009).

W monokulturach świerkowych Beskidu Żywieckiego i Beskidu Śląskiego czynnikami decydującymi o obumieraniu monokultur świerkowych, którego początek przypadł na 2006 r., były głównie: emisje przemysłowe, anomalie pogodowe w lecie 2006 r. (wysokie temperatury i susza), powszechna obecność epifitoz opieńki, wreszcie okresowo wzrastająca liczebność populacji owadów folio- i kambiofagów (Barszcz et al. 2009; Szabla 2009; Bruchwald i Dmyterko 2010). Pierwotną przyczynę zamierania świerczyny stanowiło jednak wprowadzenie monokultur świerka w miejsce wielogatunkowych lasów złożonych z jodły, buka i świerka. Kompleksowo przyczyny rozpadu drzewostanów świerkowych w Beskidach przedstawili Bruchwald i Dmyterko (2010) w postaci modelu opisowego.

Zmniejszenie udziału jodły na badanych powierzchniach w okresie 1949–2009 związane było ze wspomnianym wcześniej procesem obumierania (lata 1960–1980), omawianym w licznych publikacjach (m.in. Leibundgut 1974; Roether 1979; Schütt 1981; Bernadzki 1983; Fabijanowski 1986; Keller et Imhof 1987).

Miejsce obumarłych jodeł zajął dobrze odnawiający się buk. Dynamiczne wkraczanie buka może być też związane z ociepleniem klimatu, co powoduje zmiany w lasach Europy i sprzyja rozwojowi tego gatunku (Thomasius 1991; Felbermeier 1994; Fabian et Menzel 1998). Znaczne zwiększenie udziału buka w odnowieniu odnotowywano również w Rudawach Słowackich (Saniga 1999a, 1999b) oraz Alpach Dynarskich (Diaci et al. 2005).

Na wzrost udziału miąższościowego buka i na zmniejszenie udziału jodły w dolnoeregłowych wielogatunkowych lasach środkowej Europy wskazują badania Paulenki et al. (1996), Spieckera et al. (1996a, 1996b) oraz Sanigi (1999a, 1999b).

5. Wnioski

W wielogatunkowym drzewostanie dolnoeregłowym świerk nie tylko nie wykazuje symptomów obumierania, ale nawet zwiększa swój udział miąższościowy kosztem jodły, jest więc trwałym komponentem takich drzewostanów Beskidu Żywieckiego. Nieliczny nalot i podrost świerka rośnie w warunkach silnej konkurencji ze strony dominującego odnowienia buka, dlatego świerk nie osiąga fazy podrostu wyrosniętego. Buk w tym okresie utrzymał swój udział określany na podstawie miąższości, a w latach 1999–2009 zwiększył też udział określany na podstawie liczby drzew. Wzrost udziału buka w

drzewostanie i jego dominacja w odnowieniu pozwalają przypuszczać, że w rezerwacie Oszast będzie on gatunkiem panującym.

Uzyskanie pożądanego udziału jodły i świerka w lasach zagospodarowanych o składzie gatunkowym podobnym jak w rezerwacie Oszast wymaga stosowania rębni stopniowej gniazdowej udoskonalonej lub ciągłej oraz pielęgnacji odnowienia naturalnego bądź sztucznego. Po wykonaniu cięć gniazdowych jodłę i świerka należy wprowadzać w formie grup i kęp pod osłoną drzewostanu bukowego. Gatunki te należy również popierać w płatach odnowienia bukowego z domieszką jodły i świerka.

Z badań przeprowadzonych na terenie rezerwatu wynika, że na terenie Beskidu Żywieckiego i Beskidu Śląskiego zaniechanie racjonalnej gospodarki leśnej promującej różnorodność gatunkową w drzewostanach regła dolnego spowoduje powstawanie monokultur bukowych lub drzewostanów z dominacją buka wszędzie tam, gdzie buk już jest lub zostanie wprowadzony.

Stan obecny, tzn. trwałość, budowa i zasobność drzewostanu w rezerwacie Oszast, a w ujęciu historycznym także jego skład gatunkowy, można wykorzystać w planowaniu przebudowy monokultur świerkowych w reglu dolnym Beskidu Żywieckiego i Beskidu Śląskiego. Drzewostan powinny tworzyć buk, jodła i świerk o udziale odpowiednio 20%, 30% i 40%, plus ok. 10% domieszki jaworu i innych cennych gatunków liściastych. Zbliżony skład gatunkowy charakteryzował pierwotne dolneregłowe lasy tego obszaru.

Podziękowania

Badania zostały sfinansowane ze środków własnych Wydziału Leśnego Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie.

Autorzy serdecznie dziękują pracownikom Nadleśnictwa Ujsoły za udzieloną pomoc.

Literatura

Barszcz J., Małek S., Majsterkiewicz K. 2009. Dynamika zmian zagrożenia rozpadem świerczyn Beskidu Śląskiego i Żywieckiego. w: Problem zamierania drzewostanów świerkowych w Beskidzie Śląskim i Żywieckim. PAU. *Prace Komisji Nauk Rolniczych, Leśnych i Weterynaryjnych* 11: 93–113.

Bernadzki E. 1983. Zamieranie jodły w granicach naturalnego zasięgu. w: Jodła pospolita *Abies alba* Mill. Białobok S. (red.). Warszawa – Poznań, PWN: 483–501.

Bernadzki E. 1994. Półnaturalna hodowla lasu jest nadal aktualna. *Las Polski*, 4: 7–10.

Bruchwald A., Dmyterko E. 2010. Lasy Beskidu Śląskiego i Żywieckiego – zagrożenia, nadzieje. Sękocin Stary, Instytut Badawczy Leśnictwa, s. 77. ISBN 978-83-87647-95-7.

Chomicz K. 1977. Materiały do poznania agroklimatu Polski. Warszawa, PWN, s. 296.

Czuraj M. 1991. Tablice miąższości kłód odziomkowych i drzew stojących. Warszawa, PWRiL, s. 362.

Diaci J., Rozenbergar D., Boncina A. 2005. Interactions of light and regeneration in Slovenian Dinaric Alps: patterns in virgin and managed forests. w: Natural Forests in the Temperate Zone of Europe – Values and Utilisation. Commarmot B., Hamor F.D. (eds.). Conference 13–17 October 2003, Mukachevo, Ukraine. Proceedings. Swiss Federal Research Institute WSL, Birmensdorf; Carpathian Biosphere Reserve, Rakiv: 154–160.

Fabian P., Menzel A. 1998. Wie sehen die Wälder von morgen aus der Sicht eines Klimatologen. *Forstwissenschaft Centralblatt* 117: 339–354.

Fabijanowski J. 1986. Hodowla lasu wobec zagrożenia imisjami drzewostanów w górach. *Sylwan* 130 (2/3): 53–66.

Felbermeier B. 1994. Arealveränderungen der Buche infolge von Klimaänderungen. *Allgemeine Forstzeitschrift* 49: 222–224.

Hess M. 1965. Piętra klimatyczne w Polskich Karpatach Zachodnich. *Zeszyty Naukowe UJ. Prace geograficzne* 11: 1–265.

Jaworski A., Kołodziej Z., Strząska T. 2001. Skład gatunkowy, budowa i struktura drzewostanów w rezerwacie Oszast. *Sylwan* 145 (4): 5–32.

Kawecki W. 1939. Lasy Żywiecczyzny, ich terażniejszość i przyszłość. PAU. *Prace Rolno-Leśne* 35: 1–171.

Keller W., Imhof P. 1987. Zum Einfluss der Durchforstung auf die Waldschäden. II Teil. Erste Ergebnisse von Waldschadenuntersuchungen in Plenterversuchsflächen der EAFV. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 138: 293–320.

Korpel Š. 1989. Pralesy Slovenska. Bratislava, Veda, s. 329. ISBN 80-224-0031-9.

Korpel Š. 1995. Die Urwälder der Westkarpaten. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag, s. 310. ISBN 3-437-30702-9.

Leibundgut H. 1959. Über Zweck und Methodik der Struktur- und Zuwachsanalyse von Urwäldern. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 110: 111–124.

Leibundgut H. 1974. Zum Problem des Tannensterbens. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 127: 476–484.

Meyer P., Bücking W., Schmidt S., Schulte U., Willig J. 2004. Stand und Perspektiven der Untersuchung von Naturwald-Vergleichsflächen. *Forstarchiv* 75: 167–179.

Myczkowski S. 1977. Świerczyny gór i wyżyn w Polsce, w: Świerk pospolity. Białobok S. (red.). Warszawa – Poznań, PWN: 405–460.

Odum E.P. 1977. Podstawy ekologii. Warszawa, PWRiL, s. 520.

Otto H.J. 1995. Zielorientierter Waldbau und Schutz sukzessionaler Prozesse. *Forst und Holz* 50: 203–209.

Paulenka J., Konôpka B., Bucha T. 1996. Poškodenie lesov v oblasti Spiša. Zvolen, LVU, s. 128.

Pintarič K. 1978. Urwald Peručica als natürliches Forschungslaboratorium. *Allgemeine Forstzeitschrift* 33: 702–707.

- Rieger R. 1968. Rozwój i zasobność wybranych drzewostanów świerkowych regla dolnego w Beskidach Zachodnich. *Acta Agraria et Silvicultura, Series Silvestris* 8: 75–134.
- Roether V. 1979. Immissionen – Hauptursache für die Tannenkrankung? *Allgemeine Forstzeitschrift* 34: 582–583.
- Řehák J. 1964. Vývoj stromů a porostních útvarů v přirozených lesích. *Ochrana Přírody* 19 (7): 105–113.
- Saniga M. 1999a. Štruktúra, produkčné pomery a regeneračné procesy dobročského pralesa. TU Zvolen, *Vedecké Študie* 2/A: 5–64.
- Saniga M. 1999b. Štruktúra, produkčné a regeneračné procesy badinského pralesa. *Journal of Forest Science* 45: 121–130.
- Schütt P. 1981. Erste Ausätze zur experimentellen klärung des Tannensterbens. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 132: 443–452.
- Schütz J.Ph. 1990. Silviculture 1. Principes d'éducation des forêts. Lausanne, Presses Polytechniques Universitaires Romandes, s. 243. ISBN 2-88074-186-6.
- Schütz J. Ph. 1999. Neue Waldbehandlungskonzepte in Zeiten der Mittelknappheit: Prinzipien einer biologisch rationalen und kostenbewussten Waldpflege. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 150: 451–459.
- Schütz J.Ph. 2004. Opportunistic methods of controlling vegetation, inspired by natural plant succession dynamics with special reference to natural outmixing tendencies in a gap regeneration. *Annals of Forest Science* 61: 149–156.
- Sikorska E. 1998. Karpackie drzewostany świerkowe na tle warunków siedliskowych. *Zeszyty Naukowe AR w Krakowie* 332, *Sesja Naukowa* 56: 69–82.
- Spiecker H., Mielikäinen K., Köhl M., Skovsgaard J.P. 1996a. Discussion. In: Growth trends in European forests. Spiecker H., Mielikäinen K., Köhl M., Skovsgaard J.P. (eds.). European Forest Institute Research Report 5, Berlin Heidelberg, Springer: 355–367.
- Spiecker H., Mielikäinen K., Köhl M., Skovsgaard J.P., 1996b. Conclusions and summary. In: Growth trends in European forests. Spiecker H., Mielikäinen K., Köhl M., Skovsgaard J.P. (eds.). European Forest Institute Research Report 5, Berlin Heidelberg, Springer: 369–372.
- Szabla K. 2009. Aktualny stan drzewostanów świerkowych w Beskidach i ich geneza. w: Problem zamierania drzewostanów świerkowych w Beskidzie Śląskim i Żywieckim. PAU. *Prace Komisji Nauk Rolniczych, Leśnych i Weterynaryjnych* 11: 13–43.
- Thomasius H. 1991. Mögliche Auswirkungen einer Klimaänderung auf die Wälder in Mitteleuropa. *Forstwissenschaft Centralblatt* 110: 305–330.
- Twaróg J. 1999. Rola gatunków drzew w lasach naturalnych polskich Karpat fliszowych. *Las Polski* 15/16: 4–6.
- Zieliński R. 1972. Tablice statystyczne. Warszawa, PWN, s. 387.
- Żółciak A., Lech P., Małecka M., Sierota Z. 2009. Opieńkowa zgnilizna korzeni a stan zdrowotny drzewostanów świerkowych w Beskidach. PAU. *Prace Komisji Nauk Rolniczych, Leśnych i Weterynaryjnych* 11: 61–72.

Wkład autorów

Obydwaj autorzy (A.J. i M. P.) opracowali koncepcję badań, wykonali wszystkie pomiary i analizę danych oraz napisali manuskrypt.

A comparison of lower montane natural forest (*Abies*, *Fagus*, *Picea*) in Oszast Reserve and spruce monocultures in the Żywiecki Beskid and Śląski Beskid

Andrzej Jaworski, Maciej Pach*

University of Agriculture in Kraków, Faculty of Forestry, Department of Silviculture,
Al. 29 Listopada 46, 31–425 Kraków, Poland.

*Tel. +48 012 6625371, e-mail: rlpach@cyf-kr.edu.pl

Abstract. The aim of this research was to find out what changes occurred between 1999–2009 in Oszast reserve in the volume, species composition and diameter at breast height (dbh) distribution of the forest stand, and the number and height of regeneration. The objective was to determine what would be condition of these managed lower montane multispecies forest stands (Swiss irregular shelterwood method or selection cuttings) and what role spruce would play in them if they have not been replaced by spruce monocultures.

The research was conducted on three permanent circular sample plots (s.p.), each had size of 1/3 ha.

Over 10 years, standing volume of the forest stand increased on s.p. 1 (from around 562 m³/ha to 649 m³/ha) and s.p. 3. (from 653 m³/ha to 660 m³/ha), while decreased on s.p. 2. (from 421 m³/ha to 378 m³/ha). The species composition, defined on the basis of volume share (averaged for the three s.p. jointly), did not undergo consistent changes. However, the relative dominance of beech over spruce was determined based on tree numbers.

The average spruce mortality (averaged from three s.p.) did not exceed 10% and was slightly higher than that of beech (6%), and lower than fir mortality (15%). Nevertheless, spruce did not show any symptoms of dieback. The reasons behind its mortality were fallen trees and windbreaks. In regeneration, on the whole, beech or sycamore predominated, and the proportion of spruce and fir was small. In the future spruce and fir may even decrease further by competitive ability of dynamically regenerating beech.

Abandonment of forest management to promote greater diversity of species, may favour the formation of beech monocultures, or forest stands dominated by beech, everywhere that beech is already present or will be introduced.

The maintenance of stable, multispecies forest stands, with co-dominant fir, beech and spruce of native origin, requires natural or artificial regeneration of spruce and fir, manipulated to restore fir up to about 30%, and reduce spruce down to about 40%. This would be possible through the use of the Swiss irregular shelterwood method and selection system, and by continuous tending of regeneration.

Key words: stand volume, dbh distribution, mortality, regeneration

1. Introduction

Scientists and forestry practitioners repeatedly stated, that forest management may profit from better understanding of the dynamics of primeval forest. Interest in primeval forests was often motivated by the argument

that they were free from human activity, and studying these forests was an opportunity for deepening the knowledge of structure and forest dynamics (Leibundgut 1959). Such knowledge seems to be particularly valuable when taken into consideration is current trend, leading to close-to-nature silviculture (Otto 1995; Schütz 1999, 2004).

A new attempt of primeval and natural forest comparison for silviculture benefit is establishing couples of sample plots (s.p.) in forest reserves and in nearby managed forests (Meyer et al. 2004). If plots in pairs present similar habitat conditions and similar development stage, and if the forest stand's history is similar, then they can be compared directly. Subsequently, the management influence on forest stand features (structure, productivity, vitality) and environment features can be defined quantitatively.

The comparison of natural forests with managed forests of artificial origin with species composition inconsistent with habitat conditions is also possible, which are for example spruce monocultures. This is the case with the forest stands on the area of Beskid Żywiecki and Śląski Mts. In the period 1860–1880, thousands of hectares of spruce monocultures were formed at the expense of lower montane forest zone primeval forest, composed of spruce, beech and fir (Kawecki 1939). In 1893, first age class spruce monocultures located in forest stands of Beskid Żywiecki encompassed a surface of 10.000 ha and fifth age class mixed stands 14.239 ha (Kawecki 1939). Introducing spruce on a massive scale in lower montane forest zone forests was incompatible with the principal of tree species selection for particular habitat, proclaimed by Pfeil as early as in 1860 (Schütz 1990). Human aspiration to increase yields regardless of consequence induced and still is inducing strong 'ecological retaliation' (Odum 1977). Observed in Beskid Żywiecki and Śląski Mts, forests mass spruce dieback, initiated in 2006, is a convincing example of this process (Barszcz et al. 2009; Szabla 2009; Bruchwald and Dmyterko 2010). Such catastrophic large-area dieback was not started in lower montane forest zone natural forest stands composed of beech, fir and spruce in Śrubita and Oszast reserves, situated among spruce monocultures in Beskid Żywiecki Mts.

Relatively good state of lower montane forest zone forests in the Oszast reserve, showing virgin character, has become a premise for conducting research on three permanent circular experimental plots in 1999. The first results were published after two years (Jaworski et al. 2001). In 2009, control measurements were performed.

The aim of the research was to find out what changes occurred in the years 1999–2009 in Oszast reserve in terms of stand volume, species composition and forest stand's structure. In this paper, an answer to the following question is attempted: what was the cause of tree loss in the reserve?

The measurement conducted in 2009 took place during catastrophic disintegration of spruce monocultures in Beskid Żywiecki and Śląski Mts, which is mentioned above.

In this paper, the following hypotheses are made:

– In the Oszast reserve, in multispecies forests, spruce does not show any symptoms of dieback due to biotic reasons.

– In the lower montane forest zone forest stand, beech will be a dominant species.

– Lower montane forest zone multispecies stands may play the role of a model forest in terms of species composition and structure in the case of spruce monocultures conversion of Beskid Żywiecki and Śląski Mts.

2. Material and methods

Location and reserve's habitat characteristics and research plot

The Oszast reserve (surface 47.31 ha) is located in the peak-part of Oszast hill (1147 m above sea level (a.s.l.)), which is a southern part of Beskid Żywiecki Mts. (Raczańska part) that adjoins the border with Slovakia. The name Oszast (Uszust) is probably derived from the local dialect definition of difficult terrain conditions. The reserve with partial protection, created in 1971, includes fragments of former, lower montane forest zone of Karpaty's primeval forest. Partial protection covered surface of 47.31 ha in the compartments 200 and 201 of Cichy Forest Range, Ujsoły Forest District. From 2008, it is a strict reserve. The reserve is located on a steep slope, in some places even precipitous, with several terraces (flattening) with N–W aspect, in a height of 950–1147 m a.s.l. in cold climate zone (average year temperature estimates from +2°C to +4°C) with precipitation around 1300 mm (Hess 1965).

In reserve, association *Dentario glandulosae-Fagetum* dominates, and other associations and communities, *Aceri-Fagetum*, *Abieti-Piceetum montanum* and *Sorbo-Aceretum carpaticum*, occupy a small area.

Three circular samples plots of size 1/3 ha were located in compartment 201a, in the best saved forests, representing prevailing stages and phases of development, which were chosen on the basis of structure features and other criteria described by Korpel (1989). Habitat-forest stand's characteristics of examined s.p. were given in Table 1.

Table 1. Location of study plots, their site and stand characteristics

Sample plot	Oszast 1 (p.p. 1)	Oszast 2 (p.p. 2)	Oszast 3 (p.p. 3)
Location	201a		
Geographic coordinates	49°24'41,2"N 19°11'9,8"E	49°24'42,6"N 19°11'7,6"E	49°24'43,2"N 19°11'20,0"E
Size [ha]	1/3	1/3	1/3
Aspect	N-NW	N	N-NW
Slope [°]	26	26	18
Altitude a.s.l. [m]	1030	990	1000
Soil	Endoeutric Cambisol		
Plant association	<i>Dentario glandulosae-Fagetum</i>		
Age [years]	<i>Abies alba</i> 120–220; <i>Fagus sylvatica</i> 65–90–120–200; <i>Picea abies</i> 170–220		
Stage and phase of development in 2009	growing up stage, the phase of multi-layer structure	slowly break up stage, the phase of multi-layer structure	the end of optimum growth stage, long-lasting phase of ageing and regeneration forming multi-layer stand

Research methodology

Field works were performed in August 1999 and were repeated in August 2009. They included diameter at breast height (dbh) measurement (with an accuracy up to 0.5 cm; dbh measurement threshold was 6 cm) and height measurement of all live trees (with the exception of strongly inclined trees) with *Vertex* hypsometer. Permanent trees numbering was used, with marking of the place of dbh measurement.

Trees of dbh $d_{1,3} \geq 8$ cm were also included in Řehák (1964) classification (trees categories). The number of natural seedling (1-year-old seedling and natural seedling to 50 cm height) was defined on strips 10 m wide. Those strips of length equal to the circular plot's diameter run through its centre, perpendicular to the contour line.

The conducted measurements of trees dbh $d_{1,3} \geq 8$ cm allowed for definition of dbh distribution type, according to Pearson's curves classification (Zieliński 1972) and calculation of dbh basal area and volume. To calculate the volume, program 'Resources' developed by J. Ptak was applied with the use of Czura (1991) standing trees volume tables. Trees of dbh 6.0–7.9 cm were included to overgrown (older) underwood.

In the paper, regeneration's species composition and also tree mortality $d_{1,3} \geq 8$ cm in the years 1999–2009 were determined, expressed with dead specimen per-

centage in relation to the tree number in the beginning of control period.

All tree species dbh distributions and beech's and spruce's dbh distribution in years 1999 and 2009 were compared with Kolmogorow-Smirnow test.

3. Results

Number of trees and volume, basal area and forest stand's species composition

During the research period (1999–2009) on all three plots, the number of trees increased: on s.p. 1 by 16.7% (number of trees in 1999 = 100%), on s.p. 3 by 12.1% and on s.p. 2 by 6.2%. On all plots beech's share increased, and percentage of other trees species decreased (Table 2).

On s.p. 1, volume increased visibly (by 86.5 m³/ha), on s.p. 3 slightly (by 6.5 m³/ha), whereas on s.p. 2 it decreased considerably (by 44 m³/ha) (Table 2). Basal area decreased significantly on s.p. 1 (by slightly over 6 m²/ha), slightly (by almost 1 m²/ha) on s.p. 3 and decreased on s.p. 2 (by near 3 m²/ha).

Species composition defined on the basis of volume share showed increase of spruce's share on s.p. 3, and also showed its significant drop on s.p. 2 and maintenance of the hitherto state on s.p. 1 (Table 2). Beech increased its share on s.p. 1 and 2, and decreased on s.p. 3. Fir's

Table 2. Number of trees, stand volume, basal area and species composition of investigated stands in 1999 and 2009

Species	Number of trees (trees/ha)		Basal area (m ² /ha)		Volume (m ³ /ha)		Species composition (%)					
	N		G		V		N		G		V	
	1999	2009	1999	2009	1999	2009	1999	2009	1999	2009	1999	2009
Oszast 1												
<i>Picea abies</i>	96	96	28.926	33.213	405.41	472.86	33.3	28.6	68.8	68.9	72.1	72.9
<i>Fagus sylvatica</i>	150	204	6.605	8.941	63.44	88.53	52.1	60.7	15.7	18.5	11.3	13.6
<i>Acer pseudoplatanus</i>	24	24	1.736	2.181	20.30	25.11	8.3	7.1	4.1	4.5	3.6	3.9
<i>Abies alba</i>	18	12	4.782	3.890	72.99	62.11	6.3	3.6	11.4	8.1	13.0	9.6
Total	288	336	42.050	48.225	562.15	648.61	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Oszast 2												
<i>Picea abies</i>	87	72	21.217	16.361	292.25	223.23	22.3	17.4	61.7	51.5	69.4	59.1
<i>Fagus sylvatica</i>	234	273	7.861	8.957	67.35	77.67	60.0	65.9	22.8	28.2	16.0	20.6
<i>Acer pseudoplatanus</i>	51	54	3.120	3.893	34.26	44.28	13.1	13.1	9.1	12.2	8.1	11.7
<i>Abies alba</i>	15	15	2.183	2.579	27.29	32.40	3.8	3.6	6.3	8.1	6.5	8.6
<i>Sorbus aucuparia</i>	3	-	0.026	-	0.13	-	0.8	-	0.1	-	-	-
Total	390	414	34.406	31.789	421.27	377.58	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Oszast 3												
<i>Picea abies</i>	129	120	32.212	34.285	491.73	523.87	28.9	24.0	69.1	72.0	75.3	79.4
<i>Fagus sylvatica</i>	312	375	13.784	12.484	151.36	122.94	69.8	74.8	29.5	26.2	23.2	18.6
<i>Abies alba</i>	6	6	0.655	0.838	10.08	12.81	1.3	1.2	1.4	1.8	1.5	2.0
Total	447	501	46.651	47.607	653.17	659.62	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

share increased slightly on s.p. 2, decreased on s.p. 1, and maintained on the same level on s.p. 3 (Table 2).

Species composition defined on the basis of dbh basal area appeared analogically (Table 2).

Type of dbh distribution

During the 10-year-period, the type of dbh distribution of all trees species did not change (Fig. 1). It corresponded to the following types of curves by Pearson's classification: s.p. 1 – I (J) (type I unimodal with modal at the edge of range); s.p. 2 – did not correspond to any of types; and s.p. 3 – I (U) (type I bimodal).

Kolmogorow-Smirnow test showed that on examined plots, dbh distribution of all trees, beeches and spruces from 1999 and 2009 did not differ significantly.

Mortality

On s.p. 1, two firs died (of B3 category) (Table 3). Tree mortality of this species was 33% (Table 4). On s.p. 2, the cause of beech loss (category B2, B3, C2, C3) and spruce's loss (category A2, B2, B3 and C1) was their overturn (trees fallen from wind) and windbreak (only one spruce died) (Table 3). Beech's and spruce's mortality on s.p. 2 was respectively almost 8% and slightly over 24% (Table 4). On s.p. 3, the greatest loss was among beeches (B2 and B3 category and C2 and C3), which happened as a result of wind-fallen and broken trees (Table 3). On this plot, spruce of category A2 died, and spruces of C1 and C3 category died as a result of windbreak (Table 3). Mortality was close to 8% for beech and 7% for spruce on this s.p. (Table 4).

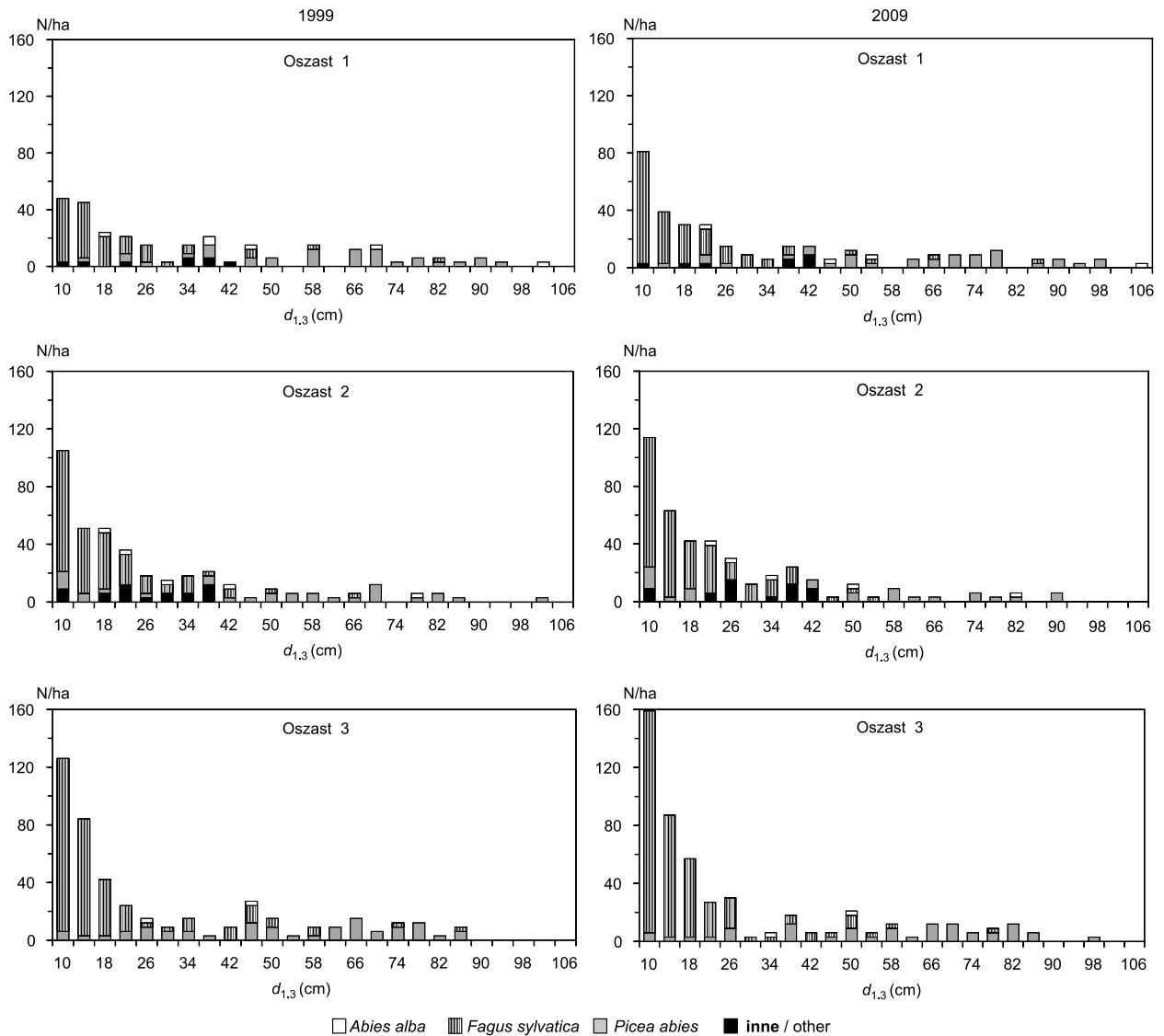


Figure 1. Dbh distribution in the investigated stands in 1999 and 2009

Regeneration

In 1999, the most seedlings (1-year-old) were sycamore maple's; slightly less in number were fir's and beech's seedlings, and spruce's seedlings did not occur at all. In 2009, seedlings were found occasionally: on s.p. 1 – fir's and sycamore maple's seedlings, and on s.p. 2 – fir's seedlings. On s.p. 3, no seedlings were recorded (Table 5).

In 1999, on s.p. 1 and 3 among natural seedling (to height 50 cm) beech's seedling dominated, and on s.p. 2 sycamore maple's. Spruce share in natural seedlings was

from 9% on s.p. 3 to 21% on s.p. 1, and fir's seedlings from around 2% on s.p. 1 and 2 to 7% on s.p. 3 (Table 5).

After 10 years, on s.p. 1 and 2 among natural seedlings sycamore maple dominated and on s.p. 3 beech. Fir's share was from 1% on s.p. 1 to around 17% on s.p. 3. Spruce's share did not exceed 5% on any s.p. (Table 5).

On the beginning of control period, among underwood beech dominated on s.p. 2 and 3, and sycamore maple on s.p. 1. Fir's underwood was not present on s.p. 2, and on s.p. 1 and 3 share of this species in underwood was about 1%. More often than fir, spruce occurred: from around 1% on s.p. 3 to 8.5% on s.p. 2 (Table 5).

Table 3. The characteristics of trees belonging to losses on sample plots in 1999–2009

Sample plot	Species	Category*												Total
		A1	A2	A3	Total A	B1	B2	B3	Total B	C1	C2	C3	Total C	
		dbh (cm)			trees	dbh (cm)			trees	dbh (cm)			trees	
Oszast 1	<i>Abies alba</i>	-	-	-	-	-	-	39.0 ^a	2	-	-	-	-	2
							69.0 ^a							
Oszast 2	<i>Fagus sylvatica</i>	-	-	-	2	-	38.0 ^b	66.5 ^c	6	-	13.5 ^b	9.5 ^b	6	14
	<i>Picea abies</i>	-	86.5 ^b	-		-	60.0 ^a	64.0 ^b		25.0 ^b	-	-		
			102.0 ^c					53.0 ^c						
	<i>Sorbus aucuparia</i>	-	-	-		-	-	-		-	-	10.5 ^a		
Oszast 3	<i>Fagus sylvatica</i>	-	-	-	1	-	41.0 ^c	47.5 ^c	5	-	8.0 ^b	8.0 ^b	5	11
								56.0 ^b				15.5 ^c		
								57.5 ^c						
	<i>Picea abies</i>	-	75.5 ^a	-		-	-	-		29.5 ^c	-	20.0 ^c		
								68.0 ^c						
								84.0 ^b						

*Generation of trees: A – of old age, B – of optimum growth, C – of growing up

Vitality: 1 – the most vigorous tree, 2 – normal tree, 3 – weakened tree

Causes of losses: a – self-thinning or dying, b – windfall, c – broken, d – crushed

Table 4. The number of trees, recruitment, losses and mortality of trees on sample plots

Species	The number of trees (trees/ha)				Mortality (%)
	1999	2009	recruitment	loss	
Oszast 1					
<i>Picea abies</i>	96	96	-	-	-
<i>Fagus sylvatica</i>	150	204	54	-	-
<i>Acer pseudoplatanus</i>	24	24	-	-	-
<i>Abies alba</i>	18	12	-	6	33.3
Total	288	336	54	6	2.1
Oszast 2					
<i>Picea abies</i>	87	72	6	21	24.1
<i>Fagus sylvatica</i>	234	273	57	18	7.7
<i>Acer pseudoplatanus</i>	51	54	3	-	-
<i>Abies alba</i>	15	15	-	-	-
<i>Sorbus aucuparia</i>	3	-	-	3	100.0
Total	390	414	66	42	10.8
Oszast 3					
<i>Picea abies</i>	129	120	-	9	7.0
<i>Fagus sylvatica</i>	312	375	87	24	7.7
<i>Abies alba</i>	6	6	-	-	-
Total	447	501	87	33	7.4

*Ratio of the tree number of tree loss to the number of living trees in a 1999

Table 5. Numbers and percentage of regeneration on sample plots in 1999 and 2009

Species	Seedlings				Underwood		Older underwood	
	one year old		$h \leq 50$ cm		$h > 50$ cm to $d_{1.3} \leq 5.9$ cm		dbh = 6.0–7.9 cm	
	trees/ha	%	trees/ha	%	trees/ha	%	trees/ha	%
Oszast 1 1999								
<i>Picea abies</i>	-	-	2 890	20.9	78	6.1	-	-
<i>Fagus sylvatica</i>	78	1.5	7 578	54.8	235	18.5	33	100.0
<i>Abies alba</i>	234	4.4	312	2.3	16	1.3	-	-
<i>Acer pseudoplatanus</i>	5 000	94.1	2 968	21.5	720	56.8	-	-
<i>Sorbus aucuparia</i>	-	-	78	0.6	219	17.3	-	-
Total	5 313	100.0	13 826	100.0	1 268	100.0	33	100.0
Oszast 1 2009								
<i>Picea abies</i>	-	-	1 954	3.6	438	17.6	3	5.0
<i>Fagus sylvatica</i>	-	-	13 906	25.4	578	23.3	54	90.0
<i>Abies alba</i>	78	50.0	547	1.0	78	3.1	3	5.0
<i>Acer pseudoplatanus</i>	78	50.0	38 047	69.6	1 001	40.3	-	-
<i>Sorbus aucuparia</i>	-	-	234	0.4	390	15.7	-	-
Total	156	100.0	54 688	100.0	2 485	100.0	60	100.0
Oszast 2 1999								
<i>Picea abies</i>	-	-	500	11.0	117	8.5	3	4.2
<i>Fagus sylvatica</i>	-	-	584	12.7	784	56.6	66	91.6
<i>Abies alba</i>	83	1.0	83	1.8	-	-	-	-
<i>Acer pseudoplatanus</i>	8 500	99.0	3 417	74.5	467	33.7	3	4.2
<i>Sorbus aucuparia</i>	-	-	-	-	17	1.2	-	-
Total	8 583	100.0	4 584	100.0	1 385	100.0	72	100.0
Oszast 2 2009								
<i>Picea abies</i>	-	-	917	4.9	250	19.7	3	5.6
<i>Fagus sylvatica</i>	-	-	3 167	17.0	750	59.2	51	94.4
<i>Abies alba</i>	250	100.0	1 083	5.8	17	1.3	-	-
<i>Acer pseudoplatanus</i>	-	-	13 417	72.2	217	17.2	-	-
<i>Sorbus aucuparia</i>	-	-	-	-	33	2.6	-	-
Total	250	100.0	18 584	100.0	1 267	100.0	54	100.0
Oszast 3 1999								
<i>Picea abies</i>	-	-	833	9.0	17	1.1	-	-
<i>Fagus sylvatica</i>	-	-	6 333	68.5	1 084	70.6	117	100.0
<i>Abies alba</i>	417	29.4	667	7.2	17	1.1	-	-
<i>Acer pseudoplatanus</i>	1 000	70.6	667	7.2	100	6.5	-	-
<i>Sorbus aucuparia</i>	-	-	750	8.1	317	20.7	-	-
Total	1 417	100.0	9 250	100.0	1 535	100.0	117	100.0
Oszast 3 2009								
<i>Picea abies</i>	-	-	250	1.5	50	3.3	3	2.2
<i>Fagus sylvatica</i>	-	-	10 000	60.9	916	60.4	135	97.8
<i>Abies alba</i>	-	-	2 750	16.8	67	4.4	-	-
<i>Acer pseudoplatanus</i>	-	-	1 917	11.7	150	9.9	-	-
<i>Sorbus aucuparia</i>	-	-	1 500	9.1	334	22.0	-	-
Total	-	-	16 417	100.0	1 517	100.0	138	100.0

Table 6. Species composition of stand in 1999–2009 (mean value for three plots)

Species	1999				2009			
	N		V		N		V	
	trees/ha	%	m ³ /ha	%	trees/ha	%	m ³ /ha	%
<i>Picea abies</i>	104	27.7	396.46	72.67	96	23.0	406.65	72.36
<i>Fagus sylvatica</i>	232	61.8	94.05	17.24	284	68.1	96.38	17.15
<i>Abies alba</i>	13	3.5	36.79	6.75	11	2.7	35.77	6.37
Others	26	7.0	18.23	3.34	26	6.2	23.13	4.12
Total	375	100.0	545.53	100.00	417	100.0	561.93	100.00

Table 7. Volume and species composition of stand in Osztast in 1949, 2009 and 2010

Species	Volume							
	m ³ /ha		%		m ³ /ha		%	
	1949*		2010**		2009***			
<i>Picea abies</i>	625.27	48.4	329	76.7	406.5	73.1		
<i>Fagus sylvatica</i>	248.32	19.2	72	16.8	91.04	16.4		
<i>Abies alba</i>	393.43	30.4	28	6.5	35.77	6.4		
<i>Acer pseudoplatanus</i>	25.41	2.0	singly	0.0	23.01	4.1		
Total	1291.43	100.0	445	100.0	556.32	100.0		

Source:

1949* data of measurements of stands belonging to the Ujsoly Forest District (200d forest compartment)

2010** data from the Management Plan of Osztast Reserve Protection (201a forest compartment)

2009*** mean values from measurements done on three sample plots in 201a forest compartment (dbh ≥ 14 cm)

After 10 years, on s.p. 2 and 3 among underwood beech dominated, and on s.p. 1 sycamore maple. Spruce's share was from around 3% (s.p. 3) to 20% (s.p. 2). Fir's share did not exceed 5% (Table 5).

Overgrown underwood ($d_{1,3}=6-7.9$ cm) occurred rarely. In 1999, the highest was beech's share (from 92% to 100%) (Table 5). In 2009 among this tree class beech also dominated (Table 5).

4. Discussion

Diversity of volume changes – its increase and decrease – and diversity of species composition on examined plots (Table 2) in the Osztast reserve have mosaic character and are a feature of natural forests, which is confirmed by Korpel long-term studies (1989, 1995).

Average share of each of three trees species defined on the basis of volume from three examined plots did not change significantly during 10 years, where-

as share determined on the basis of tree number increased in case of beech, decreased in case of spruce and slightly decreased in case of fir (Table 6). Increase of beech's share in 10-year-period is associated with greater number of those species recruitment than other species. A decrease of spruce's share is the result of its loss, few underwood, and in consequence a lack of recruitment (Tables 4 and 5). Maintaining of spruce's volume share in case of its number share decrease indicates large volume increment, and therefore good vitality of this species.

Permanent lack of spruce's regeneration (underwood) may cause decrease of this species share in the future because it has no favourable conditions for regeneration and development under dynamically developing beech's regeneration (Table 5).

Presently, Osztast reserve's forest stands differ significantly in terms of volume and species composition from the state before 60 years (Table 7).

The management plan for period 1949–1958 indicates that one of the current reserve compartments (comp. 200c, currently 200d) of surface 19.95 ha was covered by dbh measurement (from 14 cm) of all trees and heights of some trees. These data indicate that in 1949 it was a forest stand of high volume (1291 m³/ha), with dominant spruce (48.4%). Share of other species were: fir – 30.4%, beech – 19.2% and sycamore maple – 2%. Similar data characterised compartment 201a, which result from description in measurement documentation in 1949.

Such a large volume in 1949 indicates that an optimal growth stadium of forest development lasted in reserve, which in the forest with beech's, spruce's and fir's share is characterised with a large volume. For instance, in Dobroč (Slovakia) volume was 1366 m³/ha (Korpel 1989), and in reserve Peručica (Bośnia) 1353 m³/ha (Pintarič 1978).

In 60 years, significant reduction of volume occurred (Table 7). It was connected with forest stand disintegration, characteristic process for natural forest, which is a transition from optimal growth stadium to forest stand's disintegration stadium (Korpel 1989). In the years between 1960 and 1980 in Oszast, this process was accompanied by fir dieback. Also species composition changed. Despite spruce's volume decrease, the volume share of this species increased at the expense of beech's and fir's share (Table 7). This was a result of even greater decrease of fir's and beech's volume (Table 7).

High volume of examined forest before 60 years was not an exception in stands of Beskid Żywiecki and Śląski Mts. In fir forests near Rakowiec (currently Ujsoły Forest District) in 1932, forest stands of volume 1200 m³/ha occurred (Kawecki 1939). Research by Rieger (1968) shows that spruce monocultures, formed after 1840, reached also a high volume: from 815 to 1042 m³/ha.

Data presented above show that multispecies lower montane forest zone forest stands in Beskid Żywiecki Mts. were almost equal, in terms of volume, to spruce's monocultures volume, and often even exceeded them.

On favourable growth conditions for spruce on the area of Beskid Żywiecki and Śląski Mts. affect precipitation more than 200–300 mm and longer period of thicker snow retention than in mountain ranges located further to east (Hess 1965; Chomicz 1977; Sikorska 1998; Twaróg 1999), and also a type of geological substratum (Rieger 1968). These are optimal conditions for spruce (Myczkowski 1977). Spruce monocultures do not support however dispersion and reduction of silvicultural risk (Bernadzki 1994). Spruce maintenance in Beskid's lower montane forest zone forests is possible and unthreatened only in multispecies forest stands.

In the years 1999 and 2009 in the Oszast reserve spruce did not show any symptoms of dieback (Tables 3 and 4). Meanwhile, this process lasted in spruce monocultures of Beskid Żywiecki and Śląski Mts. and had a mass character (Szabla 2009; Bruchwald i Dmyterko 2010).

Stages and phases of forest development in reserve indicate their complex and stable structure (Table 1).

In the years 1999–2009, on research plots in multispecies forest stand of Oszast reserve, two firs and 10 spruces died (Table 3), whereas spruce's loss was a result of tree breakage and uprooting. The two dead spruces reached 60 and 75.5 cm of dbh and did not show disease symptoms (i.e., honey fungus, bark beetles) characteristic for dead spruces from dying spruce monocultures (Żółciak et al. 2009).

In spruce monocultures of Beskid Żywiecki and Śląski Mts., crucial factors of spruce monocultures dieback, which took place beginning in 2006, were mainly: industrial emissions, weather anomalies in summer of 2006 (high temperature and drought), widespread presence of honey fungus epiphytotic, and finally periodically increasing population number of folivores and cambiofagous (Barszcz et al. 2009; Szabla 2009; Bruchwald and Dmyterko 2010). The primary cause of spruce's stands dieback was however introduction of spruce monocultures in places of multispecies forest composed of fir, beech and spruce. The causes of spruce's forest stands dieback in Beskid Mts. were presented comprehensively by Bruchwald and Dmyterko (2010) in the form of a descriptive model.

Reduced fir's share on examined plots in the years 1949–2009 was connected with the dieback process mentioned earlier (1960–1980), discussed in numerous publications (i.e., Leibundgut 1974; Roether 1979; Schütt 1981; Bernadzki 1983; Fabijanowski 1986; Keller and Imhof 1987).

A place of dead firs took over well-regenerating beech. Dynamic entering of beech may also be connected with climate warming, which causes changes in Europe forests and favours this species development (Thomasius 1991; Felbermeier 1994; Fabian and Menzel 1998). A significant increase of beech's share in regeneration was also observed in Slovak Rydawy (Saniga 1999a, 1999b) and in Dynarski Alps (Diaci et al. 2005).

Beech's volume share increase and fir's share decrease in lower subalpine multispecies forests of central Europe were described in the papers of Paulenka et al. (1996), Spiecker et al. (1996a, 1996b) and Saniga (1999a, 1999b).

5. Conclusions

In multispecies lower montane forest zone forest stands, spruce not only does not show any symptoms of dieback, but even increases its volume share at the cost of fir, and so is a permanent component of forest in Beskid Żywiecki Mts. Few natural seedlings and spruce's underwood grow in terms of strong competition from dominating beech regeneration. Therefore, spruce does not reach the phase of overgrown (older) underwood. Beech during this period maintained its share defined on the basis of volume. In the years 1999–2009, its share defined on the basis of tree number also increased. Beech's share increase in forest and its domination in regeneration allow assuming that in Oszast reserve it will be a dominant species.

Obtaining of desired share of fir and spruce species in managed forests with species composition similar to Oszast reserve requires the use of Swiss irregular shelterwood method and selection system, and also tending of natural or artificial regeneration. After execution of group cutting, fir and spruce should be introduced in forms of groups and clusters under the cover of mature beech stands. These species should also be promoted in patches of beech regeneration, with admixture of fir and spruce.

Research conducted on the area of reserve indicates that, abandonment of rational forest management that, promotes species diversity in forest of lower montane forest zone on the area of Beskid Żywiecki and Śląski Mts. will cause formation of beech monocultures or forest with beech domination in all places where the species already is present or will be introduced.

The current state, i.e., durability, structure and volume of forest in the Oszast reserve, and from a historical perspective, species composition can also be used in planning of spruce monocultures conversion in lower montane forest zone of Beskid Żywiecki and Śląski Mts. Forest stand should be created with beech, fir and spruce with a share of appropriately 20%, 30% and 40%, plus about 10% of admixture of sycamore maple, and other valuable deciduous trees. Lower montane forest zone primeval forests of this area showed similar species composition.

Acknowledgements

Research was financed by the Faculty of Forestry, University of Agriculture in Cracow. The authors would like to warmly thank the employees of Ujsoły Forest District for assistance received.

References

- Barszcz J., Małek S., Majsterkiewicz K. 2009. Dynamika zmian zagrożenia rozpadem świerczyn Beskidu Śląskiego i Żywieckiego [Changes in dynamics of decay threat of spruce stands in Silesian and Żywiec Beskid Mountains]. in: Problem zamierania drzewostanów świerkowych w Beskidzie Śląskim i Żywieckim. PAU. *Prace Komisji Nauk Rolniczych, Leśnych i Weterynaryjnych* 11: 93–113.
- Bernadzki E. 1983. Zamieranie jodły w granicach naturalnego zasięgu. in: Jodła pospolita *Abies alba* Mill. Białobok S. (ed.). Warszawa – Poznań, PWN: 483–501.
- Bernadzki E. 1994. Półnaturalna hodowla lasu jest nadal aktualna. *Las Polski*, 4: 7–10.
- Bruchwald A., Dmyterko E. 2010. Lasy Beskidu Śląskiego i Żywieckiego – zagrożenia, nadzieje. Sękocin Stary, IBL, p. 77. ISBN 978-83-87647-95-7.
- Chomicz K. 1977. Materiały do poznania agroklimatu Polski. Warszawa, PWN, p. 296.
- Czuraj M. 1991. Tablice miąższości kłód odziomkowych i drzew stojących. Warszawa, PWRiL, p. 362.
- Diaci J., Rozenberger D., Boncina A. 2005. Interactions of light and regeneration in Slovenian Dinaric Alps: patterns in virgin and managed forests. In: Natural Forests in the Temperate Zone of Europe – Values and Utilisation. Commarmot B., Hamor F.D. (eds.). Conference 13–17 October 2003, Mukachevo, Ukraine. Proceedings. Swiss Federal Research Institute WSL, Birmensdorf; Carpathian Biosphere Reserve, Rakiv: 154–160.
- Fabian P., Menzel A. 1998. Wie sehen die Wälder von morgen aus der Sicht eines Klimatologen. *Forstwissenschaft Centralblatt* 117: 339–354.
- Fabijanowski J. 1986. Hodowla lasu wobec zagrożenia imisjami drzewostanów w górach [Silviculture in the presence of the treat of mountain forests by immisions]. *Sylvan* 130 (2/3): 53–66.
- Felbermeier B. 1994. Arealveränderungen der Buche infolge von Klimaänderungen. *Allgemeine Forstzeitschrift* 49: 222–224.
- Hess M. 1965. Piętra klimatyczne w Polskich Karpatach Zachodnich. *Zeszyty Naukowe UJ. Prace geograficzne* 11: 1–265.
- Jaworski A., Kołodziej Z., Strząska T. 2001. Skład gatunkowy, budowa i struktura drzewostanów w rezerwacie Oszast [Species composition, setup and structure of tree stands in Oszast nature reserve]. *Sylvan* 145 (4): 5–32.
- Kawecki W. 1939. Lasy Żywiecczyzny, ich teraźniejszość i przyszłość. PAU. *Prace Rolno-Leśne* 35: 1–171.
- Keller W., Imhof P. 1987. Zum Einfluss der Durchforstung auf die Waldschäden. II Teil. Erste Ergebnisse von Waldschadenuntersuchungen in Plenterversuchsflächen der EAFV. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 138: 293–320.
- Korpel Š. 1989. Pralesy Slovenska. Bratislava, Veda, p. 329. ISBN 80-224-0031-9
- Korpel Š. 1995. Die Urwälder der Westkarpaten. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag, p. 310. ISBN 3-437-30702-9

- Leibundgut H. 1959. Über Zweck und Methodik der Struktur- und Zuwachsanalyse von Urwäldern. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 110: 111–124.
- Leibundgut H. 1974. Zum Problem des Tannensterbens. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 127: 476–484.
- Meyer P., Bücking W., Schmidt S., Schulte U., Willig J. 2004. Stand und Perspektiven der Untersuchung von Naturwald-Vergleichsflächen. *Forstarchiv* 75: 167–179.
- Myczkowski S. 1977. Świerczyny gór i wyżyn w Polsce, w: Świerk pospólny. Białobok S. (ed.). Warszawa – Poznań, PWN: 405–460.
- Odum E.P. 1977. Podstawy ekologii. Warszawa, PWRiL, p. 520.
- Otto H.J. 1995. Zielorientierter Waldbau und Schutz sukzessionaler Prozesse. *Forst und Holz* 50: 203–209.
- Paulenka J., Konôpka B., Bucha T. 1996. Poškodenie lesov v oblasti Spiša. Zvolen, LVU, p. 128.
- Pintarič K. 1978. Urwald Peručica als natürliches Forschungslaboratorium. *Allgemeine Forstzeitschrift* 33: 702–707.
- Rieger R. 1968. Rozwój i zasobność wybranych drzewostanów świerkowych regla dolnego w Beskidach Zachodnich. *Acta Agraria et Silvicultura, Series Silvestris* 8: 75–134.
- Roether V. 1979. Immissionen – Hauptursache für die Tannenerkrankung? *Allgemeine Forstzeitschrift* 34: 582–583.
- Řehák J. 1964. Vývoj stromů a porostních útvarů v přirozených lesích. *Ochrana Přírody* 19 (7): 105–113.
- Saniga M. 1999a. Štruktúra, produkčné pomery a regeneračné procesy dobročského pralesa. TU Zvolen, *Vedecké Študie* 2/A: 5–64.
- Saniga M. 1999b. Štruktúra, produkčné a regeneračné procesy badinského pralesa. *Journal of Forest Science* 45: 121–130.
- Schütt P. 1981. Erste Ausätze zur experimentellen klärung des Tannensterbens. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 132: 443–452.
- Schütz J.Ph. 1990. Silviculture 1. Principes d'éducation des forêts. Lausanne, Presses Polytechniques Universitaires Romandes, p. 243. ISBN 2-88074-186-6.
- Schütz J. Ph. 1999. Neue Waldbehandlungskonzepte in Zeiten der Mittelknappheit: Prinzipien einer biologisch rationalen und kostenbewussten Waldpflege. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 150: 451–459.
- Schütz J.Ph. 2004. Opportunistic methods of controlling vegetation, inspired by natural plant succession dynamics with special reference to natural outmixing tendencies in a gap regeneration. *Annals of Forest Science* 61: 149–156.
- Sikorska E. 1998. Karpacie drzewostany świerkowe na tle warunków siedliskowych. *Zeszyty Naukowe AR w Krakowie* 332, *Sesja Naukowa* 56: 69–82.
- Spiecker H., Mielikäinen K., Köhl M., Skovsgaard J.P. 1996a. Discussion. In: Growth trends in European forests. Spiecker H., Mielikäinen K., Köhl M., Skovsgaard J.P. (eds.). European Forest Institute Research Report 5, Berlin Heidelberg, Springer: 355–367.
- Spiecker H., Mielikäinen K., Köhl M., Skovsgaard J.P., 1996b. Conclusions and summary. In: Growth trends in European forests. Spiecker H., Mielikäinen K., Köhl M., Skovsgaard J.P. (eds.). European Forest Institute Research Report 5, Berlin Heidelberg, Springer: 369–372.
- Szabla K. 2009. Aktualny stan drzewostanów świerkowych w Beskidach i ich geneza [The current state of Norway spruce stands in the Beskids and their Genesis]. In: Problem zamierania drzewostanów świerkowych w Beskidzie Śląskim i Żywieckim. PAU. *Prace Komisji Nauk Rolniczych, Leśnych i Weterynaryjnych* 11: 13–43.
- Thomasius H. 1991. Mögliche Auswirkungen einer Klimaveränderung auf die Wälder in Mitteleuropa. *Forstwissenschaft Centralblatt* 110: 305–330.
- Twaróg J. 1999. Rola gatunków drzew w lasach naturalnych polskich Karpat fliszowych. *Las Polski* 15/16: 4–6.
- Zieliński R. 1972. Tablice statystyczne. Warszawa, PWN, p. 387.
- Żółciak A., Lech P., Małecka M., Sierota Z. 2009. Opieńkowa zgnilizna korzeni a stan zdrowotny drzewostanów świerkowych w Beskidach [Armillaria root and the health condition of Norway spruce stands in the Beskids]. PAU. *Prace Komisji Nauk Rolniczych, Leśnych i Weterynaryjnych* 11: 61–72.

Contributions

Both authors (AJ and MP) designed the study, conceived the experiments, analysed data and wrote the manuscript.