

ZPRÁVY LESNICKÉHO VÝZKUMU

Reports of Forestry Research

SWAZEK 50

ČÍSLO 3/2005

Vydává Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti Jiloviště-Strnady, ISSN 0322-9688

Vedoucí redaktorka: Ing. J. Hlaváčková. Předseda ediční rady: RNDr. B. Lomský, CSc. Výkonná redaktorka: Mgr. E. Krupičková.

Vychází čtvrtletně. Adresa redakce: VÚLHM Strnady, 156 04 Praha 5 - Zbraslav, tel. 257 892 222, 257 923 140,

fax 257 921 444, e-mail: krupickova@vulhm.cz, http://www.vulhm.cz

MARIAN SLODIČÁK - JIŘÍ NOVÁK Experimenty s porostní výchovou smrku ztepilého - Karlovice I a Karlovice II (1960) Norway spruce thinning experiments – Series Karlovice I and Karlovice II (1960)	129
MARIAN SLODIČÁK - JIŘÍ NOVÁK Experiment s porostní výchovou smrku ztepilého - Frýdek-Místek (1960) Norway spruce thinning experiment – Series Frýdek-Místek (1960)	141
MARIAN SLODIČÁK - JIŘÍ NOVÁK Experiment s porostní výchovou smrku ztepilého - Ostravice (1960) Norway spruce thinning experiment – Series Ostravice (1960)	147
MARIAN SLODIČÁK - JIŘÍ NOVÁK Experimenty s porostní výchovou smrku ztepilého - Velké Karlovice I, II a III (1960) Norway spruce thinning experiments – Series Velké Karlovice I, II and III (1960)	154
MARIAN SLODIČÁK - JIŘÍ NOVÁK Dlouhodobé experimenty s porostní výchovou smrku ztepilého - zhodnocení poznatků z 2. série založené v r. 1960 Long-term Norway spruce thinning experiments – Evaluation of results of the 2nd series founded in 1960	171
JIŘÍ ŠINDELÁŘ - JOSEF FRÝDL - PETR NOVOTNÝ - JIŘÍ TOMEČ - LUKÁŠ HERCÍK Hodnocení vybraných provenienčních ploch s jedlí bělokorou ve věku 31 let se zřetelem na ověření fyto geografické proměnlivosti této dřeviny v České republice Evaluation of selected silver fir provenance plots at the age of 31 years with aim to verify this species phyto- geographical variability in the Czech Republic	177
VÁCLAV LOCHMAN – MILAN BÍBA – VĚRA FADRHOŇSOVÁ Vývoj depozice látek a chemismu půdy ve východní části Českého krasu Development of substances deposition and soil chemistry in the eastern part of Czech Karst	189
VILÉM PODRÁZSKÝ – JIŘÍ REMEŠ – JIŘÍ KRATOCHVÍL Vývoj půdního chemismu ve smrkových lesních ekosystémech na území ŠLP Kostelec nad Černými lesy Dynamics of soil chemistry in the Norway spruce forest ecosystems on the School Training Forest territory	198
MICHAL KŘEPELA - DANIEL ZAHRADNÍK - JOSEF SEQUENS Některé „klasické“ a „geometrické“ metody pro popis tvaru kmene vzorníku smrku ztepilého (<i>Picea abies</i> [L.] KARST.) Some “classical” and “geometrical” methods for form description of Norway spruce (<i>Picea abies</i> [L.] KARST.) sample tree	202
MARTIN SLOVÁČEK Nedestruktivní metoda odhadu množství produkce biomasy vrb a topolů v energetických plantážích VÚLHM-VS Uherské Hradiště Non-destructive biomass estimation of <i>Salix</i> and <i>Populus</i> short rotation coppice crops at FGMRI Research Station Uherské Hradiště	207
LESNICKÉ AKTUALITY	
• Dub letní, dub zimní a buk lesní, jejich růst při různých světelných podmínkách v prvních dvou letech po výsadbě Youth growth of northern red oak, sessile oak and European beech under different light conditions	214
• Smíšené lesní porosty jako možnost zmírnění rizika poškození lesních porostů Mixed forest species as a means for risk reduction of forest stands damage	214
• Růstové modely pro jednotlivé stromy - součást dlouhodobého plánování na lesních podnicích Long-term forest enterprise planning based on individual-tree growth models	214
• Vliv vápnění na růst výhonů a kořenů buku lesního a na jeho výživu Effects of liming on shoot growth, root proliferation and nutrition status of European beech	215
• Vývoj tloušťky větví mladých dubů při shlukové výsadbě Development of branch diameter of young oaks in cluster-planted stands	215
• Lesní hospodaření a možnosti řešení škod – bouřkové riziko Forest management and damage solution – storm risk	215

EXPERIMENTY S POROSTNÍ VÝCHOVOU SMRKU ZTEPILÉHO – KARLOVICE I A KARLOVICE II (1960)

Norway spruce thinning experiments – Series Karlovice I and Karlovice II (1960)

Abstract

Experimental series at Karlovice I and Karlovice II were founded in forest region 27 – the Hrubý Jeseník Mts. in 1960 in 54-year-old and 52-year-old Norway spruce stands as the parts of the second group of thinning series. Both series consist of two comparative plots with dimensions 50 m x 50 m, i.e. 0.25 ha each. Comparative plots 1k are control plots without designed thinning and comparative plots 2ú are the stands with thinning by positive selection from above. Presented paper is oriented on evaluation of basal area development, diameter structure and static stability of investigated stands during the 40-year period of observation.

Klíčová slova: smrk ztepilý, *Picea abies*, pěstování, porostní výchova
Key words: Norway spruce, *Picea abies*, silviculture, thinning

Úvod

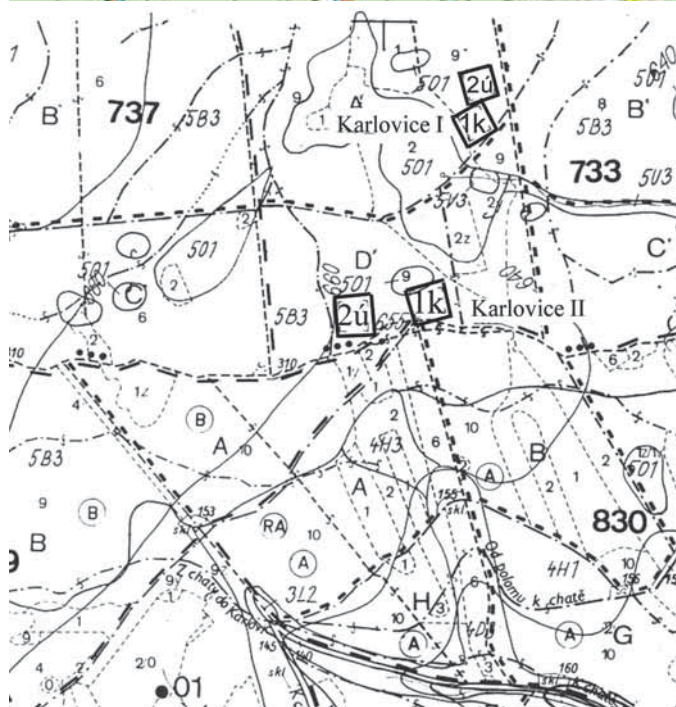
Pro řešení problematiky porostní výchovy smrku ve VÚLHM bylo od roku 1956 do roku 1973 založeno 46 výzkumných řad ve čtyřech časových sériích (série I v letech 1956 – 1958, série II v roce 1960, série IV v letech 1963 – 1964 a série V v letech 1971 až 1973). Série III byla založena v borových porostech a je hodnocena samostatně (SLODIČÁK, NOVÁK 2003). Z druhé série s výchovou smrkových porostů, založené Ing. Pařezem v roce 1960, se dochovalo celkem 7 výzkumných řad (tab. 1). Předkládaná práce se zabývá hodnocením prvních dvou řad Karlovice I a Karlovice II. Další experimentální řady budou hodnoceny samostatně v následujících příspěvcích. Souhrnné vyhodnocení celé 2. série je obdobně jako u 1. série (SLODIČÁK, NOVÁK 2005) předmětem samostatného sdělení.

Experimentální řady Karlovice I a Karlovice II byly založeny v lesní oblasti 27 – Hrubý Jeseník v roce 1960 v 54 a 52letém smrkovém porostu na LHC Město Albrechtice (porosty 733 A2 a D3 a podle LHP z roku 1992 – 2001). Zeměpisné souřadnice experimentálních řad jsou 17°29'15" v. d., 50°06'35" s. š. Porosty se nachází na mírném východním svahu se sklonem 2 – 3 %, v nadmořské výšce 656 až 660 m. Půdní typ byl určen jako kambizem rankerová (luvicá), lesní typ 6S3 - svěží smrková bučina s kostřavou nejvyšší (*Piceeto-Fagetum oligo-mesotrophicum* – *Festuca altissima*), hospodářský soubor 55 – Smrkové hospodářství živných stanovišť vyšších poloh. Průměrný roční úhrn srážek za období 1961 – 1990 představoval podle údajů ČHMÚ 800 mm a průměrná roční teplota za stejné období dosahovala 7 °C.

Experimenty byly založeny podle metodiky VÚLHM (PAŘEZ 1958). Popis prací, umístění a charakteristika výchovných zásahů včetně použitých metod při hodnocení výsledků jsou uvedeny v předchozím příspěvku (SLODIČÁK, NOVÁK 2003). Experimentální řady Karlovice I a Karlovice II tvoří vždy dvě dílčí srovnávací plochy, každá o velikosti 50 x 50 m, tj. 0,25 ha (obr. 1). Srovnávací plochy 1k jsou kontrolní, bez výchovy. Na těchto plochách se odstraňují pouze souše a případné zlomy či vývraty. Srovnávací plochy 2ú slouží ke sledování vlivu úrovně výchovných zásahů s pozitivním výběrem.

Při poslední revizi v roce 1999 byly na experimentálních řadách vyznačeny výchovné zásahy na srovnávacích plochách 2ú (Karlovice I - 21 % N a 21 % G a Karlovice II - 23 % N a 21 % G) s cílem uvolnit zápoj a následně sledovat vývoj ponechaných stromů a případný výskyt přirozené obnovy.

Statistické analýzy byly provedeny pomocí softwaru UNISTAT® (verze 5.1) s využitím procedur ANOVA a Mnohonásobné porovnávání (Student-Newman-Keuls a Scheffe). Datové soubory s údaji o výčetní



Obr. 1.

Umístění experimentálních řad Karlovice I a Karlovice II (Geobáze® 1997 – 2000) a výřez z typologické mapy LHC Město Albrechtice, LHP (1992)

Geographic location (Geobáze® 1997 – 2000) and stand map of experimental series Karlovice I and Karlovice II on Forest Management Plan

tloušťce (d , d_{200}) byly testovány jednak pomocí parametrických testů (t-test) a jednak pomocí vícevýběrových neparametrických testů (Kruskal-Wallisova jednofaktorová analýza rozptylu – metody: t-rozdělení, srovnání s kontrolní skupinou - Dunnett, Dunn). Tloušťkové struktury porostů na dílčích srovnávacích plochách byly analyzovány pomocí testů dobré shody (χ^2). Pro všechny provedené analýzy byla použita hladina významnosti 0,95 (MELOUN, MILITKÝ 1998).

Průběh experimentu Karlovice I

V době založení experimentální řady Karlovice I v roce 1960 dosáhl věk sledovaného porostu 54 let. Jednalo se o smrkovou monokulturu o hustotě 1 496 (1k) a 1 544 (2ú) jedinců na 1 hektar. Podle údajů z historického průzkumu porost vznikl přirozeným zmlazením doplněným výsadbou po holoseči v roce 1902. Mateřský porost byl původně převážně smrkový s přimíšenou jedlí a bukem. Jedle a buk však ze současného porostu vymizely.

Před prvními experimentálními zásahy nebyl sledovaný porost vychováván. Svědčí o tom výrazná tloušťková diferenciace (v porostu se před prvními experimentálními zásahy vyskytovali jedinci s výčetní tloušťkou od 6 do 34 cm, obr. 3).

Z porovnání základních sledovaných charakteristik (tab. 2, obr. 2) je zřejmé, že výchozí stav porostů na dílčích srovnávacích plochách byl před prvními zásahy srovnatelný. Střední výčetní tloušťka d zde dosahovala 20,6 cm a 20,4 cm, horní porostní tloušťka, chápaná jako průměrná výčetní tloušťka 200 nejsilnějších stromů na 1 ha (d_{200}), 28,7 a 28,3 cm. Rovněž rozdíly mezi variantami ve střední a horní porostní výšce (h 21,4 a 21,2 m a h_{200} 24,2 a 24,3 m) byly zanedbatelné. Rozdíly ve všech sledovaných charakteristikách (N , G , d , h , h_{200} , d_{200}) byly shledány statisticky nevýznamnými.

Počet stromů a výčetní kruhová základna

Při prvním výchovném zásahu, provedeném ve věku 54 let, bylo v porostu srovnávací plochy 2ú pozitivním výběrem v úrovni odstraněno 11 % stromů (N) tvořících 7 % výčetní kruhové základny (G). Umístění zásahů v porostní struktuře je zřejmé z obr. 3. Zásahy se opakovaly až do věku 73 let (1979) většinou v pětiletých periodách a bylo při nich na srovnávací ploše 2ú odebráno pozitivním výběrem v úrovni 17, 19, 16 a 17 % N (10, 13, 8 a 10 % G).

Po pěti výchovných zásazích v ca pětiletých periodách, tj. 24 let po zahájení experimentu (rok 1984, věk 78 let), zůstalo:

- na kontrolní ploše 1k celkem 920 stromů (mortalita 576 stromů),
- na srovnávací ploše 2ú celkem 648 stromů (při výchově odstraněno 896 stromů).

Výčetní kruhová základna G dosáhla ve věku 78 let:

- na kontrolní ploše 1k – 61,1 m² (zvýšení o 11,5 m²),
- na srovnávací ploše 2ú – 50,5 m² (pokles o 0,1 m²).

Periodní přírůst na výčetní kruhové základně (ve věku 54 – 78 let) představoval po započtení záměrně vytěžených stromů při výchovných zásazích na ploše 2ú – 25,0 m² a byl tedy o 13,5 m² větší než na ploše kontrolní (11,5 m²).

Od posledního (pátého) výchovného zásahu ve věku 73 let (1979) se oba porosty výzkumné řady vyvíjely bez záměrného ovlivňování. Odstraňovaly se pouze souše a nahodile vznikající polomy a vývraty. Počet stromů se do poslední revize v roce 1999 (věk 93 let) samovolně snížil:

- na kontrolní ploše 1k na 532 stromů (mortalita ve věku 54 – 93 let 836 jedinců),
- na srovnávací ploše 2ú na 520 stromů (zásahy 896 a mortalita 128 jedinců).

Mortalita v posledních 15 letech sledování (věk porostů 78 – 93 let) představovala na kontrolní ploše 388 jedinců (42 %), zatímco na srovnávací ploše 2ú s pozitivním výběrem v úrovni (prováděném ve věku 54 – 73 let) bylo v posledních 15 letech nahodile odstraněno 360 stromů (20 % stavu sdruženého porostu ve věku 78 let).

Největší úbytek stromů byl zaznamenán na kontrolní ploše 1k při předposlední osmé revizi ve věku 89 let (1995), kdy ubylo po větrném polomu 26 % počtu (184 stromů) a 18 % výčetní kruhové základny G (10,5 m²). Poškození experimentálního porostu takového rozsahu se během sledování nevyskytlo. Nahodilá těžba představovala na kontrole při jednotlivých revizích ca 6 až 13 % N (většinou 3 až 5 %, výjimečně 10 % G). Počet poškozených stromů a jejich výčetní kruhová základna na srovnávací ploše 2ú s výchovou byla při polomu ve věku 89 méně než poloviční (64 stromů, 4,1 m² G).

Výčetní kruhová základna G sdruženého porostu při poslední revizi ve věku porostu 93 let, tj. 40 let po zahájení experimentu, zůstala největší na srovnávací ploše 2ú kontrolní (55,3 m²). Na kontrolní ploše 1k bez výchovy dosáhla 50,0 m² a oproti výchozímu stavu se zvýšila pouze o 0,4 m².

Po započtení výčetní kruhové základny všech vytěžených stromů (tedy včetně souší a polomů) byl nárůst výčetní kruhové základny ve sledovaném období na kontrole 1k bez výchovy o 1,4 m² menší než na srovnávací ploše s výchovou 2ú (34,8 m² na kontrole a 36,2 m² na ploše 2ú). Na kontrolní ploše 1k však bylo v průběhu sledování odstraněno 34,4 m² kruhové základny (99 % přírůstu) jako souše a zlomy, zatímco na srovnávací ploše 2ú s výchovou zlomy a souše představovaly pouze 6,5 m² (18 % periodního přírůstu).

Řada ¹	Název řady ²	Věk ³	Srovnávací plochy ⁴	Lesní oblast ⁵	Nadmořská výška ⁶ (m)	Soubor lesních typů ⁷
1	Karlovice I.	54	2	27 – Hrubý Jeseník	656	6 S
2	Karlovice II.	52	2	27 – Hrubý Jeseník	660	6 S
3	Frýdek - Místek	49	2	40 – Moravskoslezské Beskydy	730	6 K
4	Ostravice	43	3	40 – Moravskoslezské Beskydy	570	6 P
5	Velké Karlovice I.	48	4	41 – Host.-vsetínská vrch. a Javorníky	794	6 B
6	Velké Karlovice II.	48	2	41 – Host.-vsetínská vrch. a Javorníky	794	6 B
7	Velké Karlovice III.	41	2	41 – Host.-vsetínská vrch. a Javorníky	734	6 V

¹Series, ²Name of series, ³Age, ⁴Comparative plots, ⁵Forest region, ⁶Elevation, ⁷Forest type group

Tab. 1.

Souhrnný přehled objektů 2. série výzkumných ploch s výchovou smrkových porostů založené v roce 1960
List of experimental series in Norway spruce stands of the 2nd group established in 1960

Karlovice I		1960				1964				1969				1974				1979				1984		1999				P 54-93 let	ÚTP 54-93 let	NT 54-93 let	NT 78-93 let																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
		54 let				58 let				63 let				68 let				73 let				78 let		93 let																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
		Sdruž. porost	T	T%	Hlavní porost	Sdruž. porost	T	T%	Hlavní porost	Sdruž. porost	T	T%	Hlavní porost	Sdruž. porost	T	T%	Hlavní porost	Sdruž. porost	T	T%	Hlavní porost	Sdruž. porost	T	T%	Hlavní porost																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1k	N	1496	84	6	1412	1412	136	10	1276	1276	120	9	1156	1156	128	11	1028	1028	108	11	920	920	532	0	0	532	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

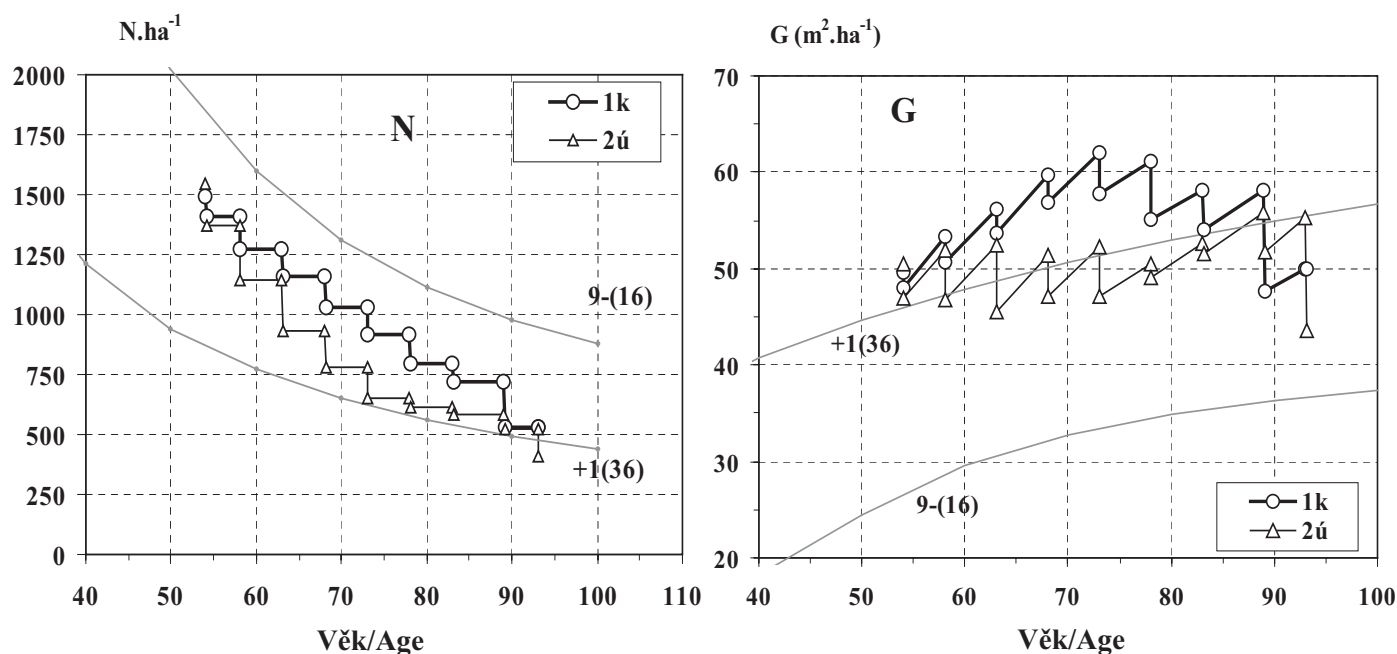
Pozn.: P – přírůst, NT – nahodilá těžba, T – výchovný zásah (případně těžba souší a zlomů), ÚTP – úmyslná těžba předmýlní, Sdružený porost (porost včetně souší, zlomů a stromů vyznačených k těžbě), Hlavní porost (porost po provedení výchovného zásahu a po odstranění souší a zlomů), 1k – kontrolní porost bez výchovy, 2á – srovnávací plocha s pozitivním výběrem v úrovni, N – počet stromů, G – výčetní kruhová základna, d – výčetní tloušťka středního kmene, h – střední výška, h/d – šířlostní kvocient, d₂₀₀ – průměrná výčetní tloušťka 200 nejsilnějších stromů na 1 hektar, h₂₀₀ – průměrná výška 200 nejsilnějších stromů na 1 hektar, h₂₀₀/d₂₀₀ – šířlostní kvocient 200 nejsilnějších stromů na 1 hektar

Note: P – increment, NT – salvage cut, T – thinning, ÚTP – planned intermediate cutting, Sdružený porost – before thinning (including dead individuals and trees marked for thinning), Hlavní porost – after thinning (stand after thinning and after removing of dead individuals), 1k – control plot without thinning, 2á – comparative plot with thinning from above, N – number of trees, G – basal area, d – diameter breast height of the mean stem, h – mean height, h/d – quotient of slenderness, d₂₀₀ – diameter of 200 thickest trees, h₂₀₀ – height of 200 thickest trees, h₂₀₀/d₂₀₀ – quotient of slenderness of 200 thickest trees

Tab. 2.

Základní údaje o vývoji experimentu Karlovice I

Basic data on Karlovice I experimental series



Obr. 2.

Vývoj počtu stromů N a výčetní kruhové základny G na srovnávacích plochách experimentální řady Karlovice I ve věku 54 – 93 let v porovnání s růstovými tabulkami (ČERNÝ, PAŘEZ, MALÍK 1996)

Number of trees (N) and basal area (G) on comparative plots of experimental series Karlovice I in the age 54 – 93 years comparing with Growth tables (ČERNÝ, PAŘEZ, MALÍK 1996)

Po započtení základny G stromů vytěžených při výchovných zásazích (nahodile těžené souše a zlomy nebyly započítány) byl přírůstek výčetní kruhové základny za období sledování experimentu (věk 54 – 93 let):

- na kontrolní ploše 1k 0,4 m²,
- na srovnávací ploše 2ú 29,8 m².

Tloušťková struktura

Efekt výchovy na tloušťkovou strukturu experimentálních porostů byl sledován od roku 1960 do roku 1984, tj. v období, kdy byly prováděny výchovné zásahy, většinou v pětiletých intervalech vždy k datu vyznačení a provedení zásahů. Na grafech (obr. 3) je znázorněno rozdělení stromů do tloušťkových tříd před provedením zásahů (čárový graf) a vyznačeno jednak umístění výchovného zásahu (bílé sloupce) a jednak mortalita na kontrolní ploše 1k (černé sloupce). Jak je patrné z obr. 3, před zahájením experimentu v roce 1960 (věk porostu 54 let) byla tloušťková struktura na srovnávacích plochách téměř identická (bez statisticky signifikantních rozdílů).

Z umístění výchovných zásahů v porostní struktuře je zřejmé, že charakter pozitivního výběru v úrovni na srovnávací ploše 2ú byl dodržen při všech pěti výchovných zásazích. Při úrovních zásazích pozitivním výběrem bylo potřebné z porostu 2ú odstranit také jednotlivé zlomy a souše především v nižších tloušťkových stupních, zejména je to patrné při zásazích ve věku 58 a 68 let. Posun výchovných zásahů do vyšších tloušťkových stupňů oproti přirozené mortalitě byl patrný při všech pěti provedených zásazích ve věku 54 – 78 let.

Při poslední revizi ve věku 93 let byly v experimentálních porostech zastoupeny stromy o tloušťce od 18 do 55 cm (obr. 4). Nejmenší tloušťkové třídy 17 – 30 cm s nejvyšším a nejméně příznivým štihllostním kvocientem (104 – 127) byly nejvíce zastoupeny na kontrolní ploše 1k bez výchovy, kde bylo těchto jedinců v přepočtu na 1 hektar 120. Na srovnávací ploše 2ú s pozitivním výběrem v úrovni byl počet stromů s výčetní tloušťkou do 30 cm o 44 % nižší (67 jedinců). Počet stromů s výčetní tloušťkou 40 cm a více s relativně příznivějším štihllostním kvocientem

(74 – 90) byl naopak vyšší na ploše 2ú s výchovou (180 jedinců), zatímco na kontrole bylo těchto nejsilnějších a nejstabilnějších jedinců pouze 128, tj. o 29 % méně než na ploše 2ú s výchovou. Rozdíl v tloušťkových strukturách zaznamenaný při poslední revizi ve věku 93 let byl statisticky průkazný.

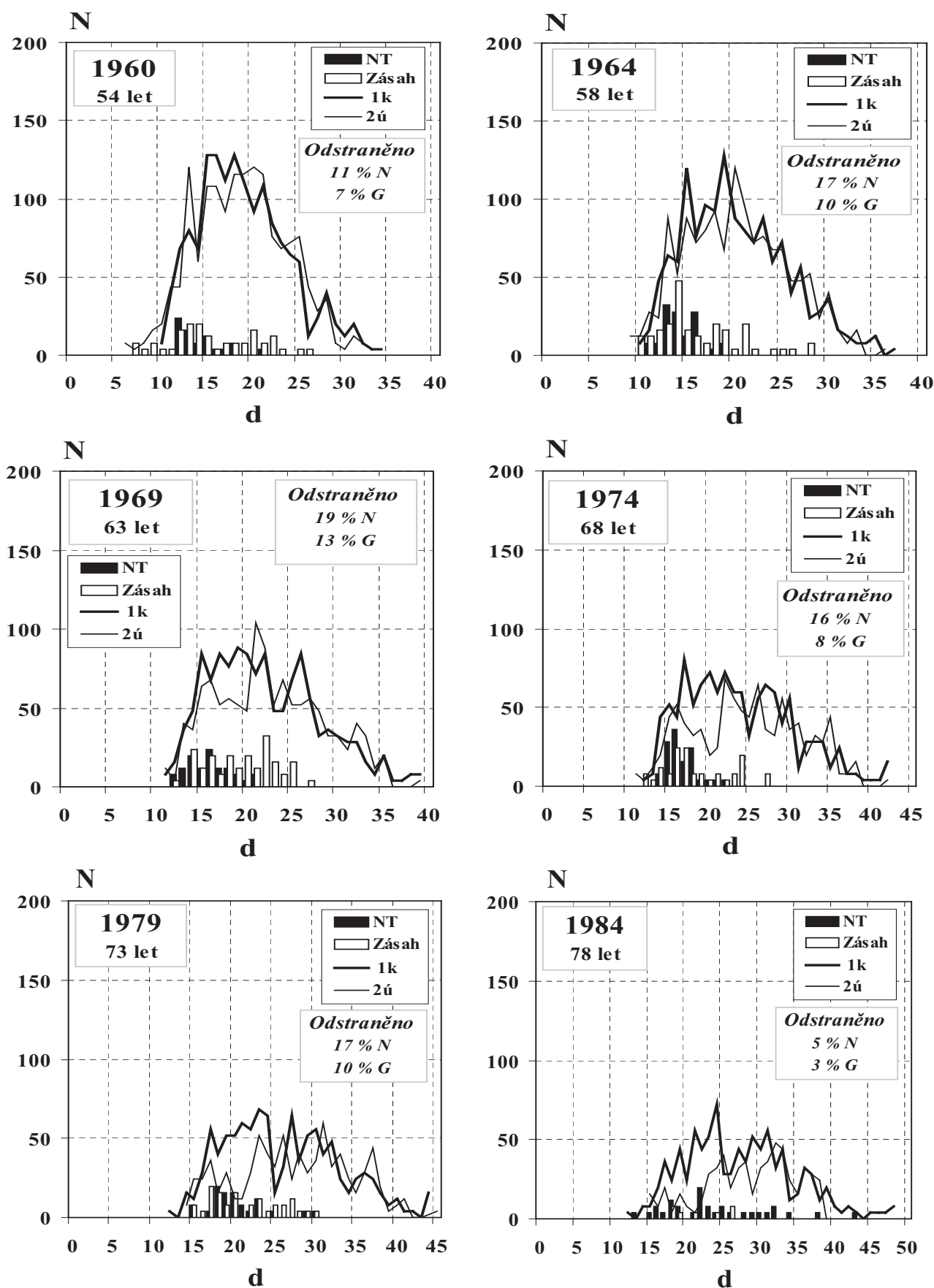
Pozitivní efekt výchovy se na této výzkumné řadě projevil jednak nárůstem počtu stromů ve vyšších tloušťkových stupních a jednak jejich příznivějším (o 2 – 3 body nižším) štihllostním kvocientem, který se na kontrole pro uvedené tloušťkové stupně pohyboval v rozmezí od 90 do 74, zatímco na zásahové ploše 2ú v rozmezí od 88 do 71.

Statická stabilita

Statická stabilita experimentálních porostů posuzovaná štihllostním kvocientem středního kmene a štihllostním kvocientem horního stromového patra (d_{200}) byla od počátku pokusu nepříznivá. Před zahájením experimentu v roce 1960 byl štihllostní kvocient středního kmene na obou srovnávacích plochách stejný, dosahoval hodnot 104 (tab. 2, obr. 5) a nacházel se ještě ve vzestupné fázi, která kulminovala na kontrole hodnotou 109 a na ploše 2ú hodnotou 108 při třetí revizi ve věku 63 let.

V dalším období štihllostní kvocient středního kmene na kontrole klesal, částečně také početními posuny v důsledku mortality stromů s nejvyšším kvocientem. Na srovnávací ploše 2ú s pozitivním výběrem v úrovni nebyl vzestup kvocientu výchovnými zásahy zpomalen, kulminoval podobně jako na kontrole ve věku 63 let hodnotou 108. Pokles po kulminaci byl výraznější, především v důsledku početních posunů po odstranění souší (převážně nejslabší stromy) při čtvrtém a pátém zásahu ve věku 68 a 73 let.

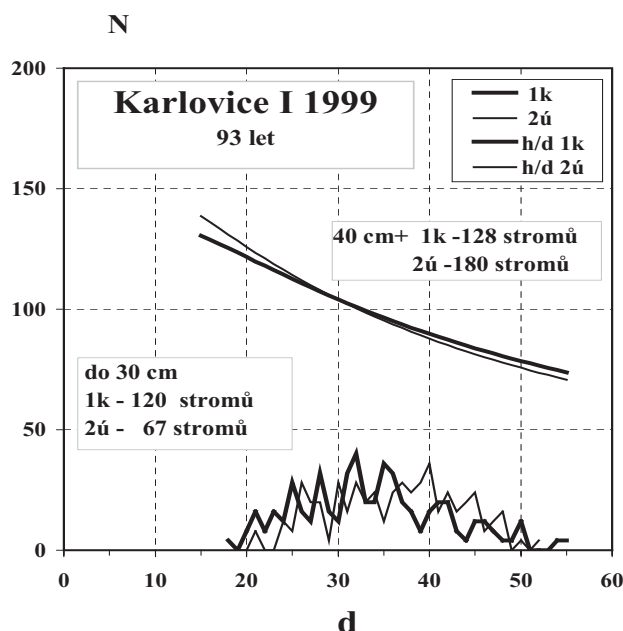
Při hodnocení horního stromového patra, kdy je do výpočtu zahrnut vždy stejný počet nejsilnějších jedinců na srovnávací ploše a tak nedochází k početním posunům, byly výchozí hodnoty štihllostního kvocientu h_{200}/d_{200} rovněž vyrovnané a dosahovaly na plochách 1k a 2ú hodnot 84 a 86.



Obr. 3.

Tloušťková struktura a provedené výchovné zásahy v porovnání s mortalitou na kontrolní ploše 1k bez zásahu na experimentální řadě Karlovice I ve věku 54 – 78 let (NT – nahodilá těžba, N – počet stromů na 1 ha, d – tloušťka v cm)

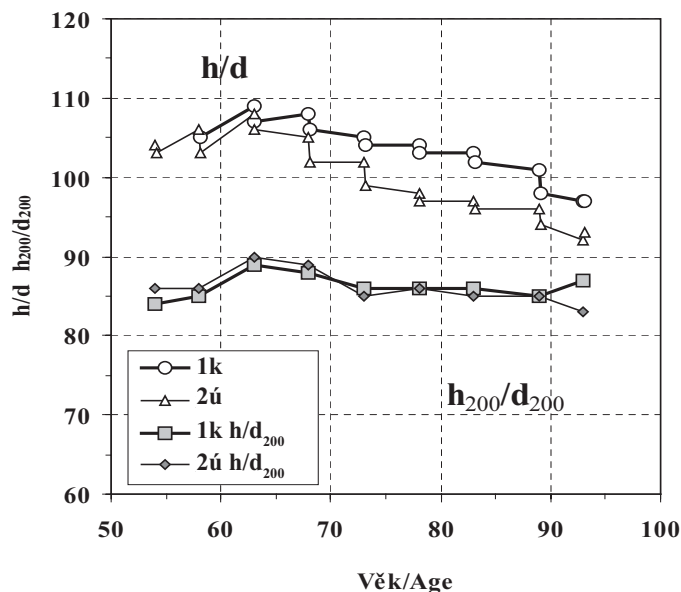
Diameter structure and experimental thinning comparing with mortality on control plot 1k without thinning on Karlovice I experimental series in the age of 54 – 78 years (NT – salvage cut, Zásah – thinning, N – number of trees per hectare, d – diameter in cm, odstraněno/removed)



Obr. 4.

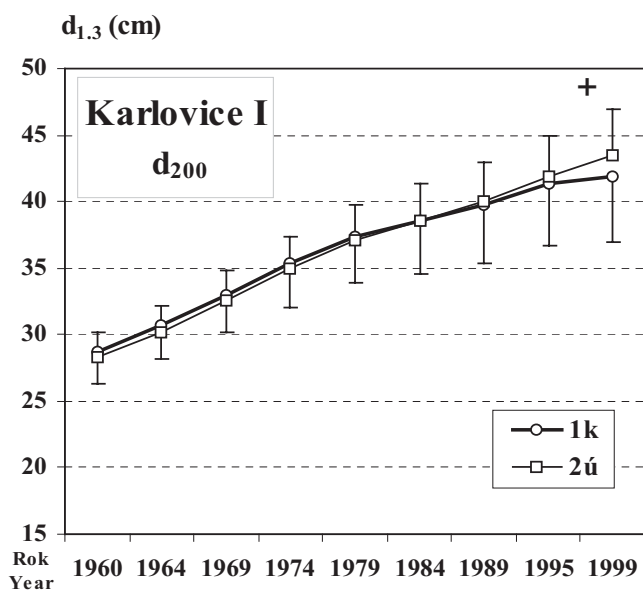
Tloušťková struktura a štíhlostní kvocient podle tloušťkových stupňů na experimentální řadě Karlovice I při poslední revizi ve věku 93 let (N – počet stromů na 1 ha, d – tloušťka v cm)

Diameter structure and h/d ratio for diameter classes on experimental series Karlovice I (last revision) in the age of 93 years (N – number of trees per hectare, d – diameter in cm)



Obr. 5.

Vývoj štíhlostního kvocientu středního kmene a horního stromového patra na experimentální řadě Karlovice I ve věku 54 – 93 let (Development of h/d ratio of mean stem and upper tree story (200 thickest trees per hectare) on experimental series Karlovice I in the age of 54 – 93 years)



Obr. 6.

Vývoj výčetní tloušťky d_{200} (se směrodatnými odchylkami) dominantních stromů (200 nejsilnějších jedinců na 1 hektar) na výzkumné řadě Karlovice I (porovnání variant 1k a 2ú) v období 1960 – 1999 (věk 54 – 93 let). Signifikantnost rozdílů je uvedena na hladině významnosti 0,95 (+) a 0,99 (++)

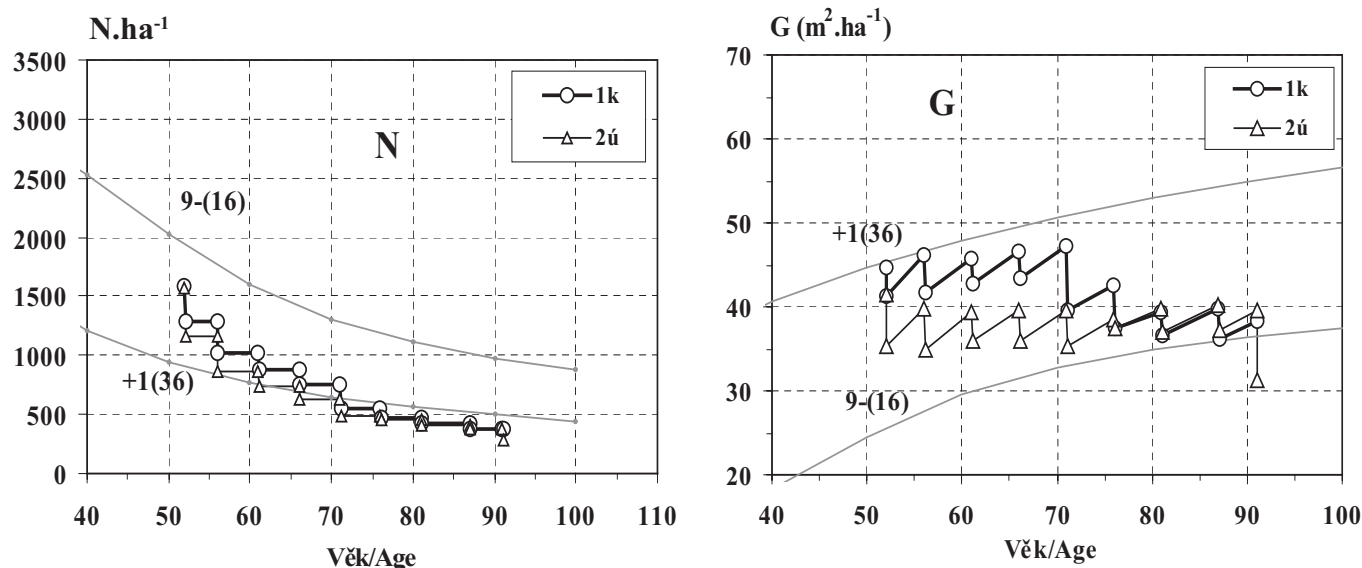
Development of diameter d_{200} (with standard deviations) of dominant trees (200 thickest individuals per hectare) on experimental series Karlovice I (comparison between variants 1k and 2ú) in the period 1960 – 1999 (age 54 – 93 years). Significant differences on confidence level 0.95 (+) and 0.99 (++) are showed.

Na kontrole byla kulminace nárůstu zaznamenána podobně jako u středního kmene ve věku 63 let při třetí revizi, kdy dosáhl na plochách 1k a 2ú hodnoty 89 a 90. V dalším období měl štíhlostní kvocient h_{200}/d_{200} na obou srovnávacích plochách klesající trend s podobnými hodnotami při jednotlivých revizích. Při předposlední revizi v roce 1995 (89 let) byl štíhlostní kvocient horního stromového patra na obou plochách stejný (85), při poslední revizi v roce 1999 však na kontrole ubylo několik nejsilnějších jedinců, a proto se závěrečné hodnoty kvocientu oproti srovnávací ploše 2ú signifikantně zvýšily (1k – 88, 2ú – 83).

Z provedené analýzy d_{200} (průměrná výčetní tloušťka 200 nejsilnějších stromů na hektar) je zřejmý identický vývoj (statisticky nevýznamné rozdíly) této veličiny na obou srovnávacích variantách v letech 1960 až 1995 (věk 54 až 89 let – obr. 6). Výpadek několika nejsilnějších stromů na kontrolní ploše zaznamenaný při poslední revizi (93 let) se projevil při hodnocení d_{200} , kdy byly rozdíly mezi sledovanými variantami poprvé statisticky významné (obr. 6).

Závěry z experimentu Karlovice I

- V období sledování (věk 54 – 93 let) byla na experimentální řadě Karlovice I od počátku sledování až do předposlední revize ve věku 89 let největší výčetní kruhová základna na kontrolní ploše 1k bez zásahu. Nárůst výčetní kruhové základny byl na kontrolní ploše redukován poškozením porostu a mortalitou zaznamenanou zejména při šesté a osmé revizi ve věku 79 a 89 let. Za 39 let sledování se základna kontrolního porostu zvýšila z původních 49,6 na 50,0 m^2 při poslední revizi (93 let). Za tuto dobu bylo z kontrolního porostu nahodile odstraněno 34,4 m^2 kruhové základny (99 % přírůstu) jako souše a zlomy. Na srovnávací ploše 2ú s pozitivním výběrem v úrovni byla výčetní kruhová základna hlavního porostu udržována pěti výchovnými zásahy ve věku 54 až 73 let zhruba na úrovni 46 až 47 m^2 . Od této doby byl na ploše s výchovou zaznamenaný její nárůst až



Obr. 7.

Vývoj počtu stromů N a výčetní kruhové základny G na srovnávacích plochách experimentální řady Karlovice II ve věku 52 – 91 let v porovnání s růstovými tabulkami (ČERNÝ, PAŘEZ, MALÍK 1996)

Number of trees (N) and basal area (G) on comparative plots of experimental series Karlovice II in the age 52 – 91 years comparing with Growth tables (ČERNÝ, PAŘEZ, MALÍK 1996)

na 55,3 m^2 při poslední revizi ve věku 93 let. Přírůst G za dobu sledování (věk 54 – 93 let) zde činil 36,2 m^2 a byl o 1,4 m^2 (o 4 %) vyšší než na kontrolní ploše 1k bez výchovy, z toho souše představovaly pouze 6,5 m^2 (18 % periodního přírůstu).

- Vliv úrovnových výchovných zásahů vedl po 39 letech sledování ke snížení zastoupení nejnižších tloušťkových tříd ve srovnání s kontrolní plochou 1k bez výchovy. Sledované výchovné zásahy se projeví zvýšením zastoupení stromů v nejvyšších tloušťkových třídách. Na variantě 2ú s pozitivním výběrem v úrovni byl počet nejslabších stromů s výčetní tloušťkou do 30 cm ve srovnání s kontrolou 1k bez výchovy o 44 % nižší (120 jedinců na ploše 1k a 67 jedinců na ploše 2ú). Počet stromů v nejvyšších tloušťkových třídách (40 cm a více) byl naopak vyšší na ploše 2ú s výchovou (180 jedinců), zatímco na kontrole bylo těchto nejsilnějších a nejstabilnějších jedinců pouze 128, tj. o 29 % méně než na ploše 2ú s výchovou. Rozdílný počet stromů sledovaných dimenzí na obou variantách pokusu se projevil při hodnocení tloušťkových struktur, které se ve věku 93 let statisticky významně lišily.
- Vzhledem k tomu, že na experimentální řadě Karlovice I je sledován vliv úrovnových zásahů s pozitivním výběrem (odstraňují se stromy přibližně středních rozměrů a ponechává se podúroveň, která má obvykle nepříznivé statické vlastnosti), byl vývoj štíhlostního kvocientu středního kmene na obou srovnávacích plochách zpočátku podobný. Kulminace byla zaznamenána při třetí revizi ve věku 63 let (na kontrole hodnotou 109 a na ploše 2ú hodnotou 108). Ve fázi poklesu se již projevil vliv výchovy a na srovnávací ploše 2ú s pozitivním výběrem v úrovni byl pokles kvocientu po kulminaci výraznější než na ploše kontrolní. Při poslední revizi ve věku 93 let dosáhl štíhlostní kvocient středního kmene na srovnávací ploše 2ú hodnoty 92, zatímco na kontrole 1k hodnoty 97.
- Štíhlostní kvocient horního stromového patra h_{200}/d_{200} , který není ovlivněn početními posuny, měl na obou srovnávacích plochách srovnatelné hodnoty a podobný průběh s kulminací při třetí revizi hodnotami 89 (1k) a 90 (2ú) s následným poklesem na hodnoty 85 na obou plochách při předposlední revizi ve věku 89 let. Při poslední revizi v roce 1999 štíhlostní kvocient horního stromové-

ho patra h_{200}/d_{200} na ploše s výchovou 2ú dále klesal na hodnotu 83, zatímco na kontrole po vytěžení několika poškozených nejsilnějších jedinců se závěrečné hodnoty kvocientu oproti srovnávací ploše 2ú signifikantně zvýšily (na 88).

Průběh experimentu Karlovice II

V době založení experimentální řady Karlovice II v roce 1960 dosáhl věk sledovaného porostu 52 let. Jednalo se o smrkovou monokulturu o hustotě 1 592 (1k) a 1 572 (2ú) jedinců na 1 hektar. Podle údajů z historického průzkumu porost vznikl přirozeným zmlazením doplněným výsadbou po holoseči v roce 1902. Mateřský porost byl původně převážně smrkovo-jedlový s přimíšeným bukem. Podíly jednotlivých dřevin historické prameny neuvádějí. Jedle a buk ze současného porostu vymizely.

Před prvními experimentálními zásahy nebyl sledovaný porost vychován. Svědčí o tom výrazná tloušťková diferenciace (v porostu se před prvními experimentálními zásahy vyskytovali jedinci s výčetní tloušťkou od 5 do 36 cm, obr. 8).

Z porovnání základních sledovaných charakteristik (tab. 3, obr. 7) je zřejmé, že výchozí stav porostů na dílčích srovnávacích plochách byl před prvními zásahy srovnatelný. Střední výčetní tloušťka d zde dosahovala 18,9 cm a 18,4 cm, horní porostní tloušťka, chápaná jako průměrná výčetní tloušťka 200 nejsilnějších stromů na 1 ha (d_{200}), 28,9 a 28,1 cm. Rovněž rozdíly mezi variantami ve střední a horní porostní výšce (h 21,1 a 20,6 m a h_{200} 24,8 a 24,3 m) byly zanedbatelné. Rozdíly ve sledovaných charakteristikách (N, G, d , h , h_{200}) byly shledány statisticky nevýznamnými.

Počet stromů a výčetní kruhová základna

Při prvním výchovném zásahu, provedeném ve věku 52 let, bylo v porostu srovnávací plochy 2ú pozitivním výběrem v úrovni odstraněno 26 % stromů (N) tvořících 15 % výčetní kruhové základny (G). Umístění zásahů v porostní struktuře je zřejmé z obr. 8. Zásahy se opakovaly až do věku 71 let (1979) většinou v pětiletých periodách a bylo při nich na srovnávací ploše 2ú odebráno pozitivním výběrem v úrovni 25, 15, 15 a 23 % N (12, 8, 9 a 10 % G).

Po pěti výchovných zásazích v ca pětiletých periodách, tj. 24 let po zahájení experimentu (rok 1984, věk 76 let), zůstalo:

- na kontrolní ploše 1k celkem 552 stromů (mortalita 1 040 stromů),
- na srovnávací ploše 2ú celkem 480 stromů (při výchově odstraněno 1 092 stromů).

Výčetní kruhová základna G dosáhla ve věku 76 let:

- na kontrolní ploše 1k – 42,6 m² (pokles o 2,1 m²),
- na srovnávací ploše 2ú – 38,4 m² (pokles o 3,2 m²).

Periodní přírůst na výčetní kruhové základně (ve věku 52 – 76 let) představoval po započtení nahodile vytěžených stromů a stromů vytěžených při výchovných zásazích záměrně na ploše 2ú – 19,7 m² a byl tedy o 0,8 m² větší než na ploše kontrolní (18,9 m²).

Od posledního (pátého) výchovného zásahu ve věku 71 let (1979) se oba porosty výzkumné řady vyvíjely bez záměrného ovlivňování. Odstraňovaly se pouze souše a nahodile vznikající polomy a vývraty. Počet stromů se do poslední revize v roce 1999 (věk 91 let) samovolně snížil:

- na kontrolní ploše 1k na 372 stromů (mortalita ve věku 52 – 91 let 1 220 jedinců),
- na srovnávací ploše 2ú na 376 stromů (zásahy 1 092 a mortalita 104 jedinců).

Mortalita v posledních 15 letech sledování (věk porostů 76 – 91 let) představovala na kontrolní ploše 180 jedinců (33 %), zatímco na srovnávací ploše 2ú s pozitivním výběrem v úrovni (prováděném ve věku 52 – 71 let) bylo v posledních 15 letech nahodile odstraněno 104 stromů (22 % stavu sdruženého porostu ve věku 76 let).

Největší úbytek stromů byl zaznamenán na kontrolní ploše 1k při páté revizi ve věku 71 let (1979), kdy ubylo po větrném polomu 27 % počtu (208 stromů) a 16 % výčetní kruhové základny G (7,5 m²). Poškození experimentálního porostu o něco menšího rozsahu bylo během sledování zaznamenáno ještě při druhé revizi ve věku 56 let (1964), kdy bylo z kontrolní plochy nahodile vytěženo 21 % jedinců (272 stromů na 1 hektar) tvořících 10 % výčetní kruhové základny G. Nahodilá těžba představovala na kontrole při jednotlivých revizích ca 11 až 14 % N (výjimečně 19 %), tvořících ca 7 až 12 % G.

Počet poškozených a nahodile vytěžených stromů a jejich výčetní kruhová základna byla v období pěstební klidu ve věku 76 až 91 let na srovnávací ploše 2ú přibližně poloviční (104 stromů, 6,9 m² G) než na kontrolní ploše bez zásahu (180 stromů, 11,4 m² G).

Výčetní kruhová základna G sdruženého porostu při poslední revizi ve věku porostu 91 let, tj. 39 let po zahájení experimentu, byla největší na srovnávací ploše 2ú (39,6 m²). Oproti výchozímu stavu se snížila o 2 m². Na kontrolní ploše 1k bez výchovy dosáhla základna 38,3 m² a oproti výchozímu stavu se snížila o 6,4 m².

Po započtení výčetní kruhové základny všech vytěžených stromů (tedy včetně souší a polomů) byl nárůst výčetní kruhové základny ve sledovaném období na kontrole 1k bez výchovy o 0,2 m² menší než na srovnávací ploše s výchovou 2ú (26,8 m² na kontrole a 27,0 m² na ploše 2ú). Na kontrolní ploše 1k však bylo v průběhu sledování 33,2 m² kruhové základny (104 % přírůstu) odstraněno jako souše a zlomy, zatímco na srovnávací ploše 2ú s výchovou zlomy a souše představovaly pouze 6,9 m² (26 % periodního přírůstu).

Po započtení základny G stromů vytěžených při výchovných zásazích (nahodile těžené souše a zlomy nebyly započítány) byl přírůst výčetní kruhové základny za období sledování experimentu (věk 52 – 91 let):

- na kontrolní ploše (1k) -6,4 m² (pokles),
- na srovnávací ploše s úroňovým výběrem (2ú) 20,1 m².

Tloušťková struktura

Efekt výchovy na tloušťkovou strukturu experimentálních porostů byl sledován od roku 1960 do roku 1984, tj. v období, kdy byly prováděny

výchovné zásahy, většinou v pětiletých intervalech vždy k datu vyznačení a provedení zásahů (věk 52, 56, 61, 66, 71 a 76 let). Na grafech (obr. 8) je znázorněno rozdělení stromů do tloušťkových tříd před provedením zásahů (čárový graf) a vyznačeno jednak umístění výchovného zásahu (bílé sloupce), a jednak mortalita na kontrolní ploše 1k (černé sloupce). Jak je patrné z obr. 8, před zahájením experimentu v roce 1960 (věk porostu 52 let) byla tloušťková struktura na srovnávacích plochách téměř identická. Rozdíly (statisticky potvrzené) spočívaly zejména v poněkud vyšším zastoupení jedinců v tloušťkových stupních do 15 cm (o 17 %) na variantě 2ú.

Z umístění výchovných zásahů v porostní struktuře je zřejmé, že charakter pozitivního výběru v úrovni na srovnávací ploše 2ú byl dodržen při všech pěti výchovných zásazích. Při úroňových zásazích pozitivním výběrem bylo potřebné z porostu 2ú odstranit také jednotlivé zlomy a souše především v nižších tloušťkových stupních, zejména je to patrné při prvním a druhém zásahu ve věku 52 a 56 let. Posun výchovných zásahů do vyšších tloušťkových stupňů oproti přirozené mortalitě byl patrný při všech pěti provedených zásazích ve věku 52 – 71 let.

Při poslední revizi ve věku 91 let byly v experimentálních porostech zastoupeny stromy o tloušťce od 20 do 52 cm (obr. 9). Nejnižší tloušťkové třídy 20 – 30 cm s nejvyšším a nejméně příznivým štíhlostním kvocientem (104 – 128) byly nejvíce zastoupeny na srovnávací ploše 2ú s pozitivním výběrem v úrovni, kde bylo těchto jedinců v přepočtu na 1 hektar 108. Na kontrolní ploše 1k bez výchovy byl počet stromů s výčetní tloušťkou do 30 cm o 8 % nižší (100 jedinců). Počet stromů s výčetní tloušťkou 40 cm a více s relativně příznivějším štíhlostním kvocientem (72 – 89) byl rovněž vyšší na ploše 2ú s výchovou (172 jedinců), zatímco na kontrole bylo těchto nejsilnějších a nejstabilnějších jedinců pouze 124, tj. o 39 % méně než na ploše 2ú s výchovou.

Pozitivní efekt výchovy se na této výzkumné řadě projevil jednak nárůstem počtu stromů ve vyšších tloušťkových stupních a jednak jejich příznivějším (o 2 body nižším) štíhlostním kvocientem, který se na kontrole pro uvedené tloušťkové stupně pohyboval v rozmezí od 89 do 74, zatímco na zásahové ploše 2ú v rozmezí od 87 do 72. Vliv pozitivního výběru v úrovni se na této sérii projevil také v mírném nárůstu počtu slabších jedinců ve srovnání s kontrolní plochou bez zásahů. Celkové rozdělení četností v tloušťkových strukturách se však na jednotlivých variantách při poslední revizi statisticky významně nelišilo.

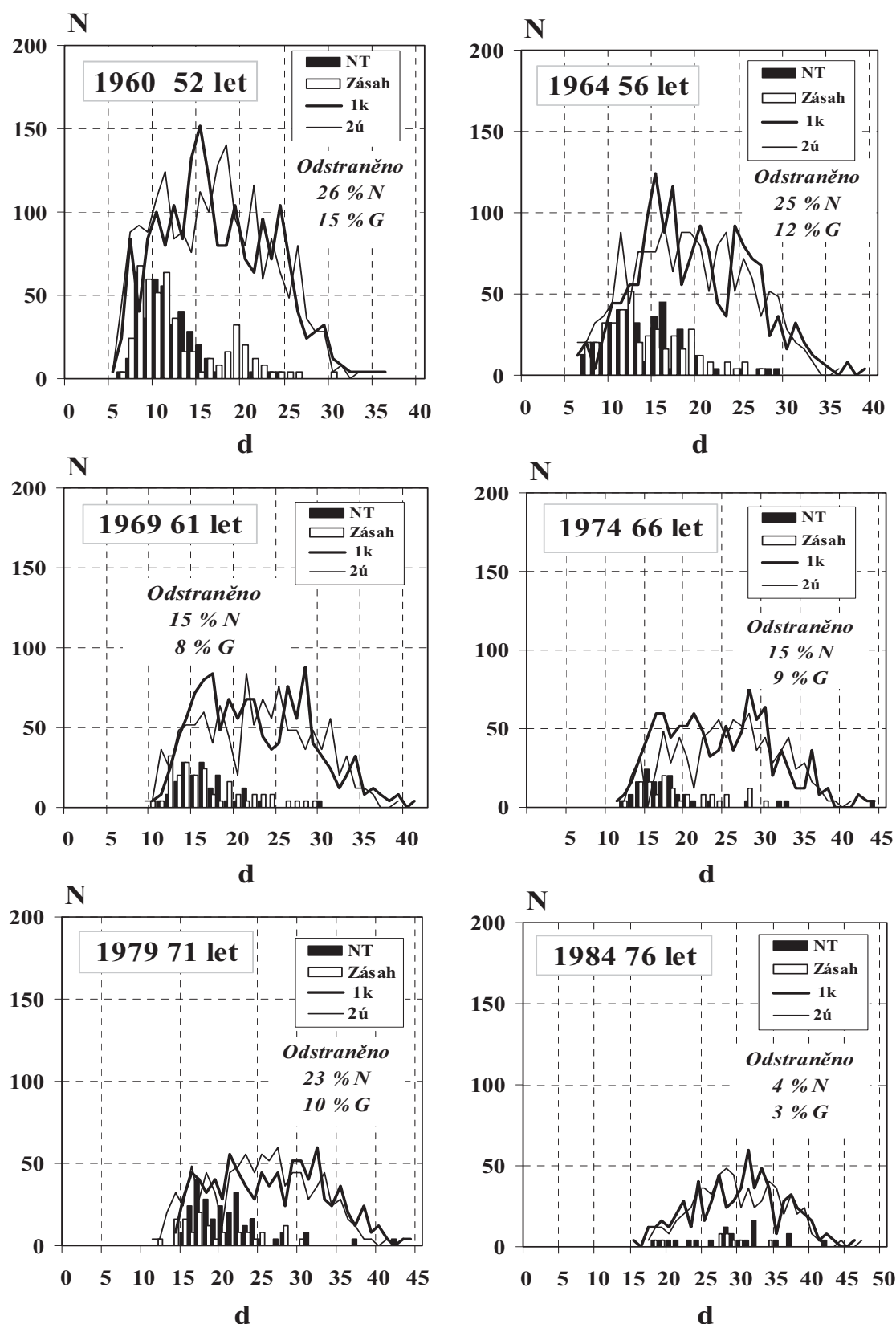
Statická stabilita

Statická stabilita experimentálních porostů posuzovaná štíhlostním kvocientem středního kmene a štíhlostním kvocientem horního stromového patra (d_{200}) byla od počátku pokusu nepříznivá. Před zahájením experimentu v roce 1960 (věk 52 let) byl štíhlostní kvocient středního kmene na obou srovnávacích plochách téměř stejný, dosahoval hodnot 111 a 112 na plochách 1k a 2ú (tab. 3, obr. 10) a nacházel se ve fázi kulminace, která byla zaznamenána na obou plochách při druhé revizi ve věku 56 let (hodnoty 113).

V dalším období štíhlostní kvocient středního kmene na obou srovnávacích plochách klesal, částečně také početními posuny v důsledku mortality stromů s nejvyšším kvocientem na kontrole a odstraňováním jedinců s vysokým štíhlostním kvocientem při výchovných zásazích na srovnávací ploše 2ú s pozitivním výběrem v úrovni.

Pokles po kulminaci byl výraznější na ploše 2ú, kde se kromě početních posunů projevil také vyšší přírůst střední výčetní tloušťky. Při poslední revizi v roce 1999 dosáhl štíhlostní kvocient středního kmene na zásahové ploše 2ú hodnoty 92 a byl o 3 body příznivější než na kontrole (hodnota 95).

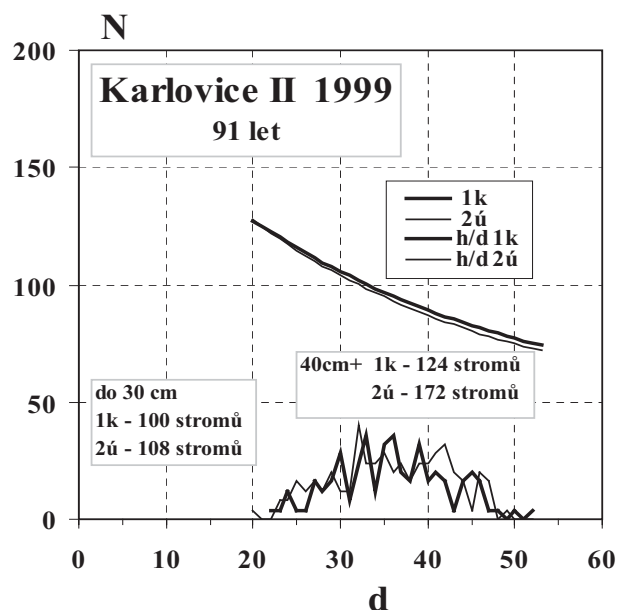
Při hodnocení horního stromového patra, kdy je do výpočtu zahrnut vždy stejný počet nejsilnějších jedinců na srovnávací ploše a tak nedo-



Obr. 8.

Tloušťková struktura a provedené výchovné zásahy v porovnání s mortalitou na kontrolní ploše 1k bez zásahu na experimentální řadě Karlovice II ve věku 52 – 76 let (NT – nahodilá těžba, N – počet stromů na 1 ha, d – tloušťka v cm)

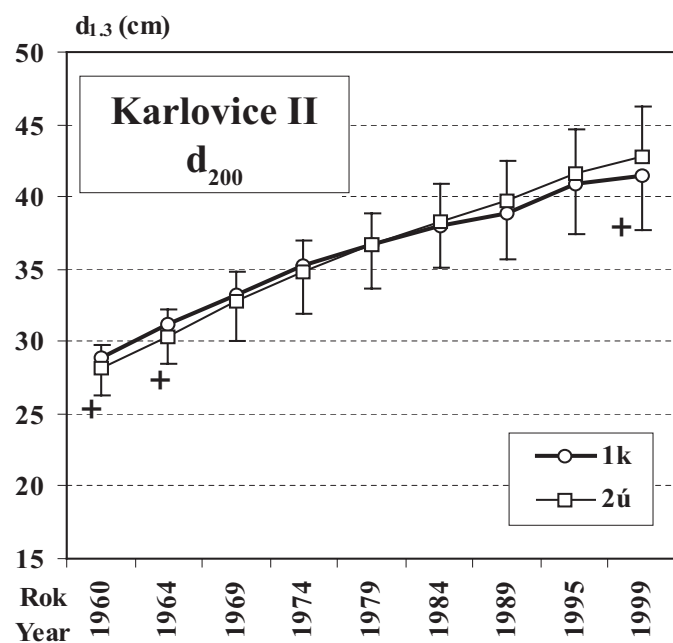
Diameter structure and experimental thinning comparing with mortality on control plot 1k without thinning on Karlovice II experimental series in the age of 52 – 76 years (NT – salvage cut, Zásah – thinning, N – number of trees per hectare, d – diameter in cm, odstraněno/removed)



Obr. 9.

Tloušťková struktura a štíhlostní kvocient podle tloušťkových stupňů na experimentální řadě Karlovice II při poslední revizi ve věku 91 let (N – počet stromů na 1 ha, d – tloušťka v cm)

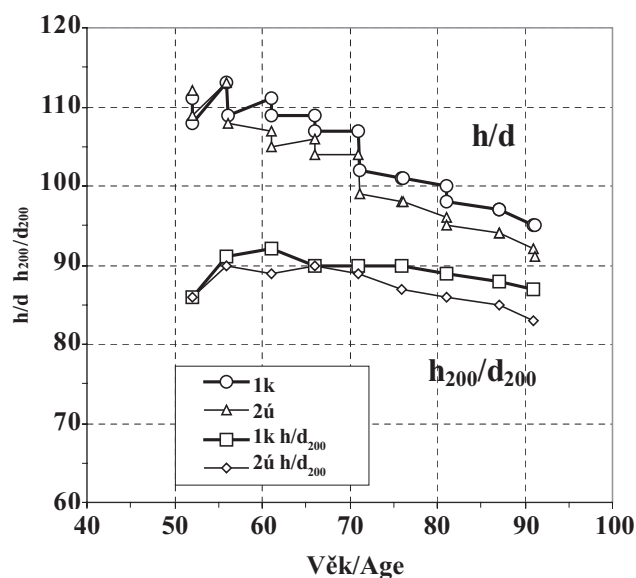
Diameter structure and h/d ratio for diameter classes on experimental series Karlovice II (last revision) in the age of 91 years (N – number of trees per hectare, d – diameter in cm)



Obr. 11.

Vývoj výčetní tloušťky d_{200} (se směrodatnými odchylkami) dominantních stromů (200 nejsilnějších jedinců na 1 hektar) na výzkumné řadě Karlovice II (porovnání variant 1k a 2ú) v období 1960 – 1999 (věk 52 – 91 let). Signifikantnost rozdílů je uvedena na hladině významnosti 0,95 (+) a 0,99 (++)

Development of diameter d_{200} (with standard deviations) of dominant trees (200 thickest individuals per hectare) on experimental series Karlovice II (comparison between variants 1k and 2ú) in the period 1960 – 1999 (age 52 – 91 years). Significant differences on confidence level 0.95 (+) and 0.99 (++) are showed.



Obr. 10.

Vývoj štíhlostního kvocientu středního kmene a horního stromového patra na experimentální řadě Karlovice II ve věku 52 – 91 let
Development of h/d ratio of mean stem and upper tree story (200 thickest trees per hectare) on experimental series Karlovice II in the age of 52 – 91 years

chází k početním posunům, byly výchozí hodnoty štíhlostního kvocientu h_{200}/d_{200} na obou srovnávacích plochách stejné (86).

Na kontrole byla kulminace nárůstu zaznamenána ve věku 61 let při třetí revizi, kdy dosáhl na plochách 1k hodnoty 92. Na zásahové ploše 2ú kulminoval kvocient horního stromového patra hodnotou 90 již při druhé revizi ve věku 56 let. V dalším období měl štíhlostní kvocient h_{200}/d_{200} na obou srovnávacích plochách klesající trend s podobnými hodnotami při čtvrté a páté revizi ve věku 66 a 71 let. Větší tloušťkový přírůst uvolňovaných stromů se však od šesté revize projevil signifikantním poklesem kvocientu na zásahové ploše. Při poslední revizi v roce 1999 (91 let) byl štíhlostní kvocient horního stromového patra na zásahové ploše 2ú o čtyři body nižší (83) než na kontrole (87).

K podobným závěrům směřuje i analýza d_{200} (průměrná výčetní tloušťka 200 nejsilnějších stromů na hektar), která ukazuje poněkud odlišný vývoj této veličiny na obou srovnávacích variantách (obr. 11). Zatímco při prvních dvou revizích (v letech 1960 a 1964, věk 52 a 56 let) byla hodnota d_{200} průkazně nižší na variantě 2ú, při poslední revizi (1999, 91 let) byla na této variantě zaznamenána hodnota d_{200} průkazně vyšší než na variantě kontrolní.

Závěry z experimentu Karlovice II

- V období sledování (věk 52 – 91 let) byla na experimentální řadě Karlovice II od počátku sledování až do věku 76 let (šestá revize) největší výčetní kruhová základna sdruženého porostu na kontrolní ploše 1k bez zásahu. Nárůst výčetní kruhové základny byl na kontrolní ploše redukován poškozením porostu a mortalitou zaznamenanou zejména při páté revizi ve věku 71 let, kdy muselo být z porostu odstraněno 27 % jedinců (16 % G). Za 39 let sledování se základna kontrolního porostu snížila z původních 44,7 na 38,3 m² při poslední revizi (91 let). Za tuto dobu bylo z kontrolního porostu nahodile odstraněno 33,2 m² kruhové základny (104 % přírůstu) jako souše a zlomy. Na srovnávací ploše 2ú s pozitivním výběrem v úrovni byla výčetní kruhová základna hlavního porostu udržována pěti vý-

chovnými zásahy ve věku 52 až 71 let zhruba na úrovni 35 až 36 m². Od této doby byl na ploše s výchovou zaznamenán její nárůst na ca 37 m² při poslední revizi ve věku 91 let. Přírůst G za dobu sledování (věk 52 – 91 let) zde činil 27,0 m² a byl o 0,2 m² (o ca 1 %) vyšší než na kontrolní ploše 1k bez výchovy, z toho souše představovaly pouze 6,9 m² (26 % periodního přírůstu).

- Vliv úrovnových výchovných zásahů vedl po 39 letech sledování ke zvýšení zastoupení nejnižších i nejvyšších tloušťkových tříd ve srovnání s kontrolní plochou 1k bez výchovy. Na variantě 2ú s pozitivním výběrem v úrovni byl počet nejslabších stromů s výčetní tloušťkou do 30 cm ve srovnání s kontrolou 1k bez výchovy o 8 % vyšší (100 jedinců na kontrole a 108 jedinců na ploše 2ú) a počet stromů s výčetní tloušťkou 40 cm o 39 % vyšší (124 jedinců na kontrole a 172 jedinců na ploše 2ú). Celkové rozdělení četností v tloušťkových strukturách se však na jednotlivých variantách při poslední revizi statisticky významně nelišilo.
- Vzhledem k tomu, že na experimentální řadě Karlovice II je sledován vliv úrovnových zásahů s pozitivním výběrem (odstraňují se stromy přibližně středních rozměrů a ponechává se podúroveň, která má obvykle nepříznivé statické vlastnosti), byl vývoj štíhlostního kvocientu středního kmene na obou srovnávacích plochách zpočátku podobný. Kulminace byla zaznamenána již při druhé revizi ve věku 56 let (hodnotou 113 na obou plochách). Ve fázi poklesu se již projevil vliv výchovy a na srovnávací ploše 2ú s pozitivním výběrem v úrovni byl pokles kvocientu po kulminaci výraznější než na ploše kontrolní. Při poslední revizi ve věku 91 let dosáhl štíhlostní kvocient středního kmene na srovnávací ploše 2ú hodnoty 92, zatímco na kontrole 1k hodnoty 95.
- Štíhlostní kvocient horního stromového patra h_{200}/d_{200} , který není ovlivněn početními posuny, měl na obou srovnávacích plochách stejné výchozí hodnoty (86). Na kontrole byla kulminace nárůstu zaznamenána ve věku 61 let při třetí revizi (hodnota 92), na zásahové ploše 2ú již při druhé revizi ve věku 56 let hodnotou 90. V dalším období měl štíhlostní kvocient h_{200}/d_{200} na obou srovnávacích plochách klesající trend s podobnými hodnotami při čtvrté a páté revizi ve věku 66 a 71 let. Větší tloušťkový přírůst uvolňovaných stromů se však od šesté revize projevil průkazně větším poklesem kvocientu na zásahové ploše. Při poslední revizi v roce 1999 (91 let) byl štíhlostní kvocient horního stromového patra na zásahové ploše 2ú o čtyři body nižší (83) než na kontrole (87).

Literatura

- ČERNÝ, M., PAŘEZ, J., MALÍK, Z.: Růstové a taxační tabulky hlavních dřevin České republiky. (Smrk, borovice, buk, dub.) Jílové u Prahy, IFER 1996. 245 s.
- Geobáze® 1997 – 2000: Česká republika 1 : 100 000. Digitální mapa. Česká Lípa, Geodézie ČS, a. s. 2000. 1 CD-ROM.
- MELOUN, M., MILITKÝ, J.: Statistické zpracování experimentálních dat. Praha, East Publishing 1998. 839 s.
- PAŘEZ, J.: Návrh postupu při zakládání, sledování a vyhodnocování trvalých pokusných ploch se zvláštním zřetelem k pokusným plochám probírkovým a výnosovým. Jíloviště-Strnady, VÚLHM 1958. 248 s.
- SLODIČÁK, M., NOVÁK, J.: Dlouhodobé experimenty s porostní výchovou smrku ztepilého – cíle a metodika. Zprávy lesnického výzkumu, 48, 2003, č. 4, s. 149 - 152
- SLODIČÁK, M., NOVÁK, J.: Zhodnocení poznatků z 1. série sledované od roku 1958. Zprávy lesnického výzkumu, 50, 2005, č. 1, s. 13 - 17

Poděkování:

Příspěvek vznikl v rámci řešení výzkumného záměru MZE ČR „Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností v měnících se podmínkách prostředí“ – MZE 0002070201.

Recenzováno

Karlovice II		1960				1964				1969				1974				1979				1984				P 52-91 let	P-NT	ÚTP 52-71 let	NT 52-91 let	NT 76-91 let	
		52 let				56 let				61 let				66 let				71 let				76 let									
		Sdruž. porost	T	T%	Hlavní porost	Sdruž. porost	T	T%	Hlavní porost	Sdruž. porost	T	T%	Hlavní porost	Sdruž. porost	T	T%	Hlavní porost	Sdruž. porost	T	T%	Hlavní porost	Sdruž. porost	T	T%	Hlavní porost						
1k	N (ks.ha ⁻¹)	1592	300	19	1292	1292	272	21	1020	1020	136	13	884	884	124	14	760	760	208	27	552	552	372	0	0	372	0	0	1220	180	
2ů		1572	416	26	1156	1156	292	25	864	864	132	15	732	732	112	15	620	620	140	23	480	480	376	88	23	288	0	0	1092	104	
1k	G	44,7	3,5	8	41,2	46,1	4,4	10	41,7	45,8	3,1	7	42,7	46,6	3,3	7	43,4	47,1	7,52	16	39,6	42,6	38,3	0,0	0,0	38,3	26,8	-6,4	0	33,2	
2ů	(m ² .ha ⁻¹)	41,6	6,2	15	35,4	39,8	4,8	12	35,0	39,4	3,3	8	36,0	39,7	3,6	9	36,1	39,5	4,1	10	35,4	38,4	39,6	8,4	21,2	31,2	27,0	20,1	22,1	6,9	
1k	d	18,9	12,2	-	20,2	21,3	14,3	-	22,8	23,9	17,1	-	24,8	25,9	18,3	-	27,0	28,1	21,5	-	30,2	31,4	36,2	0,0	-	36,2	25,8	-	-	-	
2ů	(cm)	18,4	13,8	-	19,5	20,9	14,5	-	22,7	24,1	17,9	-	25,0	26,3	20,3	-	27,2	28,5	19,3	-	30,7	31,9	36,6	34,9	-	37,2	26,3	-	-	-	
1k	h	21,1	16,8	-	21,7	24,0	19,0	-	24,8	26,6	22,4	-	27,1	28,3	23,8	-	28,8	30,1	26,7	-	30,9	31,7	34,4	0,0	-	34,4	18,1	-	-	-	
2ů	(m)	20,6	17,8	-	21,1	23,7	19,7	-	24,6	25,8	22,3	-	26,3	27,8	24,4	-	28,3	29,5	24,2	-	30,5	31,3	33,7	33,1	-	33,9	16,8	-	-	-	
1k	h/d	111	137	-	108	113	132	-	109	111	131	-	109	109	130	-	107	107	124	-	102	101	95	0	-	95	-	-	-	-	
2ů		112	129	-	109	113	136	-	108	107	124	-	105	106	120	-	104	104	125	-	99	98	92	95	-	91	-	-	-	-	
1k	d ₃₀₀	28,9	-	-	-	31,2	-	-	-	33,2	-	-	-	35,2	-	-	-	36,7	-	-	-	38,0	41,5	-	-	-	12,6	-	-	-	-
2ů	(cm)	28,1	-	-	-	30,4	-	-	-	32,8	-	-	-	34,8	-	-	-	36,6	-	-	-	38,4	42,8	-	-	-	14,7	-	-	-	-
1k	h ₃₀₀	24,8	-	-	-	28,5	-	-	-	30,4	-	-	-	31,8	-	-	-	33,2	-	-	-	34,1	36,2	-	-	-	11,4	-	-	-	-
2ů	(m)	24,3	-	-	-	27,5	-	-	-	29,2	-	-	-	31,3	-	-	-	32,7	-	-	-	33,5	35,6	-	-	-	11,3	-	-	-	-
1k	h ₃₀₀ /d ₃₀₀	86	-	-	-	91	-	-	-	92	-	-	-	90	-	-	-	90	-	-	-	90	87	-	-	-	0	-	-	-	-
2ů		86	-	-	-	90	-	-	-	89	-	-	-	90	-	-	-	89	-	-	-	87	83	-	-	-	0	-	-	-	-

Pozn.: viz Tab. 2
Note: see Tab. 2

Tab. 3.
Základní údaje o vývoji experimentu Karlovice II
Basic data on Karlovice II experimental series

EXPERIMENT S POROSTNÍ VÝCHOVOU SMRKU ZTEPILÉHO – FRÝDEK-MÍSTEK (1960)

Norway spruce thinning experiment – Series Frýdek-Místek (1960)

Abstract

Experimental series at Frýdek-Místek was founded in forest region 40 – the Moravskoslezské Beskydy Mts. in 1960 in 49-year-old Norway spruce stand as the parts of the second group of thinning series. Series consists of two comparative plots with dimensions 40 m x 62,5 m, i.e. 0.25 ha each. Comparative plot 1k is control plot without designed thinning and comparative plot 2ú is the stand with thinning by positive selection from above. Presented paper is oriented on evaluation of basal area development, diameter structure and static stability of investigated stands during the 40-year period of observation.

Klíčová slova: smrč ztepilý, *Picea abies*, pěstování, porostní výchova
Key words: Norway spruce, *Picea abies*, silviculture, thinning

Úvod

Experimentální řada Frýdek-Místek je součástí druhé série objektů založených VÚLHM roku 1960 pro řešení problematiky porostní výchovy smrku. Souhrnné vyhodnocení celé 2. série je obdobně jako u 1. série (SLODIČÁK, NOVÁK 2005) předmětem samostatného sdělení.

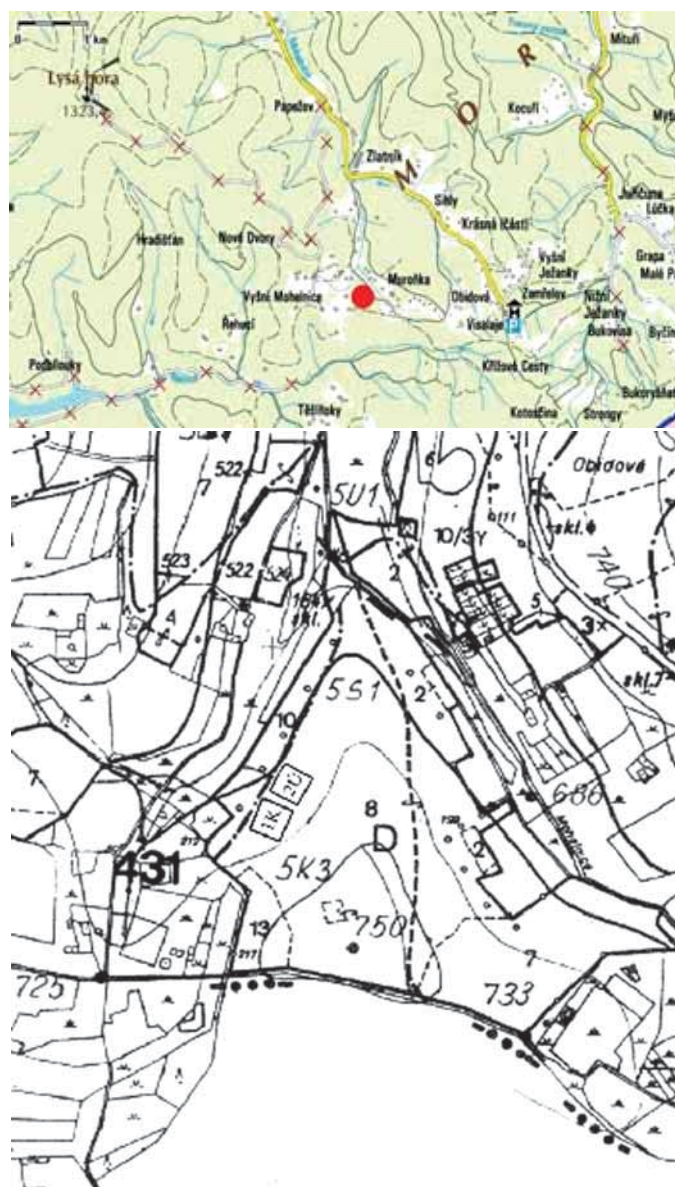
Experimentální řada Frýdek-Místek byla založena v lesní oblasti 40 – Moravskoslezské Beskydy v roce 1960 v 49letém smrkovém porostu na LHC Frýdek-Místek (porost 431 D8 podle LHP z roku 1990). Zeměpisné souřadnice experimentální řady jsou 18°29'59" v. d., 49°31'22" s. š. Porost se nachází na severozápadním svahu se sklonem 23 %, v nadmořské výšce 730 m. Půdní typ byl určen jako kambizem modální oligotrofní, lesní typ 6K3 – kyselá smrková bučina borůvková (*Piceeto-Fagetum acidophilum* – *Vaccinium myrtillus*), hospodářský soubor 53 – Smrkové hospodářství kyselých stanovišť vyšších poloh. Průměrný roční úhrn srážek za období 1961 – 1990 představoval podle údajů ČHMÚ 1 200 mm a průměrná roční teplota za stejné období dosahovala 5 °C.

Experimenty byly založeny podle metodiky VÚLHM (PÁŘEZ 1958). Popis prací, umístění a charakteristika výchovných zásahů včetně použitých metod při hodnocení výsledků jsou uvedeny v předchozím příspěvku (SLODIČÁK, NOVÁK 2003). Experimentální řadu tvoří dvě dílčí srovnávací plochy, každá o velikosti 40 x 62,5 m, tj. 0,25 ha (obr. 1). Srovnávací plocha 1k je kontrolní, bez výchovy. Na této ploše se odstraňují pouze souše a případné zlomy či vývraty. Srovnávací plocha 2ú slouží ke sledování vlivu úrovnových výchovných zásahů s pozitivním výběrem. Při poslední revizi v roce 2000 byl na srovnávací ploše 2ú vyznačen těžební zásah s cílem uvolnit zápoj a následně sledovat vývoj ponechaných stromů a výskyt přirozené obnovy.

Statistické analýzy byly provedeny pomocí softwaru UNISTAT® (verze 5.1) s využitím procedur ANOVA a Mnohonásobné porovnávání (Student-Newman-Keuls a Scheffe). Datové soubory s údaji o výčetní tloušťce (d , d_{200}) byly testovány jednak pomocí parametrických testů (t-test) a jednak pomocí vícevýběrových neparametrických testů (Kruskal-Wallisova jednofaktorová analýza rozptylu – metody: t-rozdělení, srovnání s kontrolní skupinou - Dunnett, Dunn). Tloušťkové struktury porostů na dílčích srovnávacích plochách byly analyzovány pomocí testů dobré shody (χ^2). Pro všechny provedené analýzy byla použita hladina významnosti 0,95 (MELOUN, MILITKÝ 1998).

Průběh experimentu

V době založení experimentální řady Frýdek-Místek v roce 1960 dosáhl věk sledovaného porostu 49 let. Jednalo se o smrkovou monokulturu o hustotě 1 960 až 1 992 jedinců na 1 hektar. Podle údajů hospodářské evidence porost vznikl přirozenou obnovou po clonných sečích



Obr. 1.

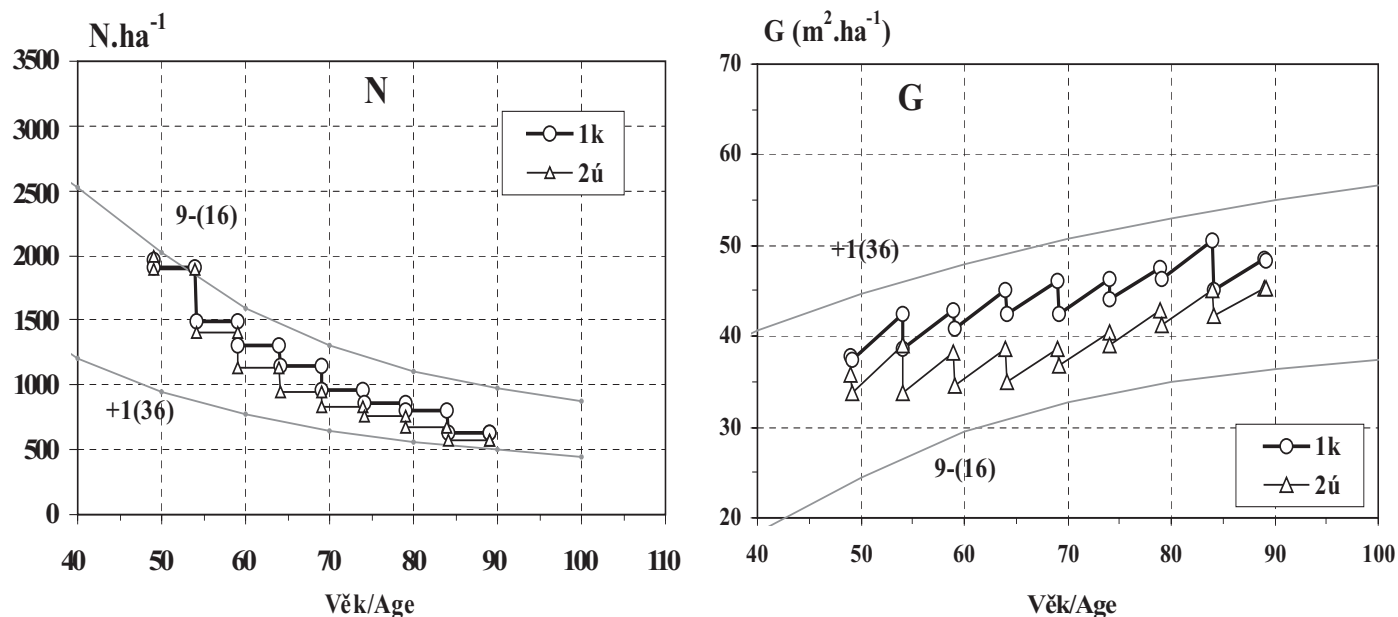
Umístění experimentální řady Frýdek-Místek (Geobáze® 1997 – 2000) a výřez z typologické mapy LHC Frýdek-Místek, LHP (1992) Geographic location (Geobáze® 1997 – 2000) and stand map of experimental series Frýdek-Místek on Forest Management Plan

Frýdek - Místek		1960				1965				1970				1975				1980	2000	Přírůst -NT let	NT 49-89 let	
		49 let				54 let				59 let				64 let				69 let	89 let			
		Sdružený porost	T	T%	Hlavní porost	Sdružený porost	T	T%	Hlavní porost	Sdružený porost	T	T%	Hlavní porost	Sdružený porost	T	T%	Hlavní porost	Sdružený porost				
1k	N	1960	52	3	1908	1908	412	22	1496	1496	188	13	1308	1308	164	13	1144	1144	628	-	-	1332
2ú	(ks.ha ⁻¹)	1992	96	5	1896	1896	488	26	1408	1408	268	19	1140	1140	200	18	940	940	580	-	-	360
1k	G	37,9	0,4	1	37,5	42,5	4,0	9	38,5	43,0	2,2	5	40,8	45,1	2,6	6	42,4	46,1	48,3	32,2	10,4	21,8
2ú	(m ² .ha ⁻¹)	35,8	2,0	6	33,8	39,0	5,1	13	33,9	38,3	3,8	10	34,5	38,7	3,6	9	35,1	38,7	45,4	31,7	24,1	7,6
1k	d	15,7	10,1	-	15,8	16,9	11,1	-	18,1	19,1	12,1	-	19,9	21,0	14,3	-	21,7	22,7	31,3	8,3	-	-
2ú	(cm)	15,1	16,4	-	15,1	16,2	11,6	-	18,5	18,6	13,4	-	19,6	20,8	15,2	-	22	22,9	31,6	8,2	-	-
1k	h	17,0	12,7	-	17,1	19,2	14,1	-	20,1	22,2	16,2	-	22,8	24,0	19,0	-	24,5	25,6	31,0	9,8	-	-
2ú	(m)	16,1	17,0	-	16,0	18,8	14,6	-	20,6	21,6	17,3	-	22,3	23,5	19,2	-	24,1	25,2	30,6	9,3	-	-
1k	h/d	108	126	-	108	114	127	-	111	116	134	-	114	114	132	-	113	113	99	-	-	-
2ú		106	104	-	107	116	126	-	111	116	129	-	114	113	126	-	111	110	97	-	-	-
1k	d ₂₀₀	23,2	-	-	-	25,6	-	-	-	27,7	-	-	-	29,9	-	-	-	31,8	39,5	16,3	-	-
2ú	(cm)	22,6	-	-	-	24,9	-	-	-	27,2	-	-	-	29,2	-	-	-	31,0	38,5	15,9	-	-
1k	h ₂₀₀	21,7	-	-	-	24,3	-	-	-	27,1	-	-	-	28,5	-	-	-	30,0	33,9	12,2	-	-
2ú	(m)	20,8	-	-	-	24,4	-	-	-	26,5	-	-	-	28,0	-	-	-	29,4	33,6	12,9	-	-
1k	h/d ₂₀₀	94	-	-	-	95	-	-	-	98	-	-	-	95	-	-	-	94	86	-	-	-
2ú		92	-	-	-	98	-	-	-	97	-	-	-	96	-	-	-	95	87	-	-	-

Pozn.: NT – nahodilá těžba, T – výchovný zásah, (případně těžba souší a zlomů), Sdružený porost (porost včetně souší, zlomů a stromů vyznačených k těžbě), Hlavní porost (porost po provedení výchovného zásahu a po odstranění souší a zlomů), 1k – kontrolní porost bez výchovy, 2ú – srovnávací plocha s pozitivním výběrem v úrovni, N – počet stromů, G – výčetní kruhová základna, d – výčetní tloušťka středního kmene, h – střední výška, h/d – štíhlostní kvocient, d₂₀₀ – průměrná výčetní tloušťka 200 nejsilnějších stromů na 1 hektar, h₂₀₀ – průměrná výška 200 nejsilnějších stromů na 1 hektar, h₂₀₀/d₂₀₀ – štíhlostní kvocient 200 nejsilnějších stromů na 1 hektar

Note: Přírůst - increment, NT – salvage cut, T – thinning, Sdružený porost – before thinning (including dead individuals and trees marked for thinning), Hlavní porost - after thinning (stand after thinning and after removing of dead individuals), 1k – control plot without thinning, 2ú – comparative plot with thinning from above, N – number of trees, G – basal area, d – diameter breast height of the mean stem, h – mean height, h/d – quotient of slenderness, d₂₀₀ – diameter of 200 thickest trees, h₂₀₀ – height of 200 thickest trees, h₂₀₀/d₂₀₀ – quotient of slenderness of 200 thickest trees

Tab. 1.
Základní údaje o vývoji experimentu Frýdek-Místek
Basic data on Frýdek-Místek experimental series



Obr. 2.

Vývoj počtu stromů N a výčetní kruhové základny G na srovnávacích plochách experimentální řady Frýdek-Místek ve věku 49 – 89 let v porovnání s růstovými tabulkami (ČERNÝ, PAŘEZ, MALÍK 1996)

Number of trees (N) and basal area (G) on comparative plots of experimental series Frýdek-Místek in the age 49 – 89 years comparing with Growth tables (ČERNÝ, PAŘEZ, MALÍK 1996)

a větrném polomu v letech 1902 až 1919. Mateřský porost byl původně převážně jedlový (jd 6, sm 4). Přirozeně zmlazená jedle však ze současného porostu postupně vymizela.

Před prvními experimentálními zásahy nebyl sledovaný porost vychovávan. Svědčí o tom výrazná tloušťková diferenciace (v porostu se před prvními experimentálními zásahy vyskytovali jedinci s výčetní tloušťkou od 5 do 27 cm, obr. 3).

Z porovnání základních sledovaných charakteristik (tab. 1, obr. 2) je zřejmé, že výchozí stav porostů na dílčích srovnávacích plochách byl před prvními zásahy srovnatelný.

Střední výčetní tloušťka d zde dosahovala 15,7 cm a 15,1 cm, horní porostní tloušťka, chápána jako průměrná výčetní tloušťka 200 nejsilnějších stromů na 1 ha (d_{200}), 23,2 a 22,6 cm. Rovněž rozdíly mezi variantami ve střední a horní porostní výšce (h 17,0 a 16,1 m a h_{200} 21,7 a 20,8 m) byly přijatelné. Rozdíly ve všech sledovaných charakteristikách (N, G, d, h , h_{200} , d_{200}) byly shledány statisticky nevýznamnými.

Počet stromů a výčetní kruhová základna

Při prvním výchovném zásahu, provedeném ve věku 49 let, bylo v porostu srovnávací plochy 2ú pozitivním výběrem v úrovni odstraněno 5 % stromů (N) tvořících 6 % výčetní kruhové základny (G).

Umístění zásahů v porostní struktuře je zřejmé z obr. 3. Zásahy se opakovaly až do věku 64 let (1975) v pětiletých periodách a bylo při nich na srovnávací ploše 2ú odebráno pozitivním výběrem v úrovni 26, 19 a 18 % N (13, 10 a 9 % G).

Po čtyřech výchovných zásazích v pětiletých periodách, tj. dvacet let po zahájení experimentu (rok 1980, věk 69 let), zůstalo:

- na kontrolní ploše 1k celkem 1 144 stromů (mortalita 816 stromů),
- na srovnávací ploše 2ú celkem 940 stromů (při výchově odstraněno 1 052 stromů).

Výčetní kruhová základna G dosáhla ve věku 69 let:

- na kontrolní ploše 1k – 46,1 m^2 (nárůst o 8,2 m^2),
- na srovnávací ploše 2ú – 38,7 m^2 (nárůst o 2,9 m^2).

Periodní přírůst na výčetní kruhové základně (ve věku 49 – 69 let) představoval po započtení záměrně vytěžených stromů při výchovných

zásazích na plochách 2ú – 17,4 m^2 a byl tedy o 9,2 m^2 větší než na ploše kontrolní (8,2 m^2).

Od posledního výchovného zásahu ve věku 64 let (1975) se oba porosty výzkumné řady vyvíjely bez záměrného ovlivňování. Odstraňovaly se pouze souše a nahodile vznikající polomy a vývraty. Počet stromů se do poslední revize v roce 2000 (věk 89 let) samovolně snížil:

- na kontrolní ploše 1k na 628 stromů (mortalita ve věku 49 – 89 let 1 332 jedinců),
- na srovnávací ploše 2ú na 580 stromů (mortalita 360 jedinců).

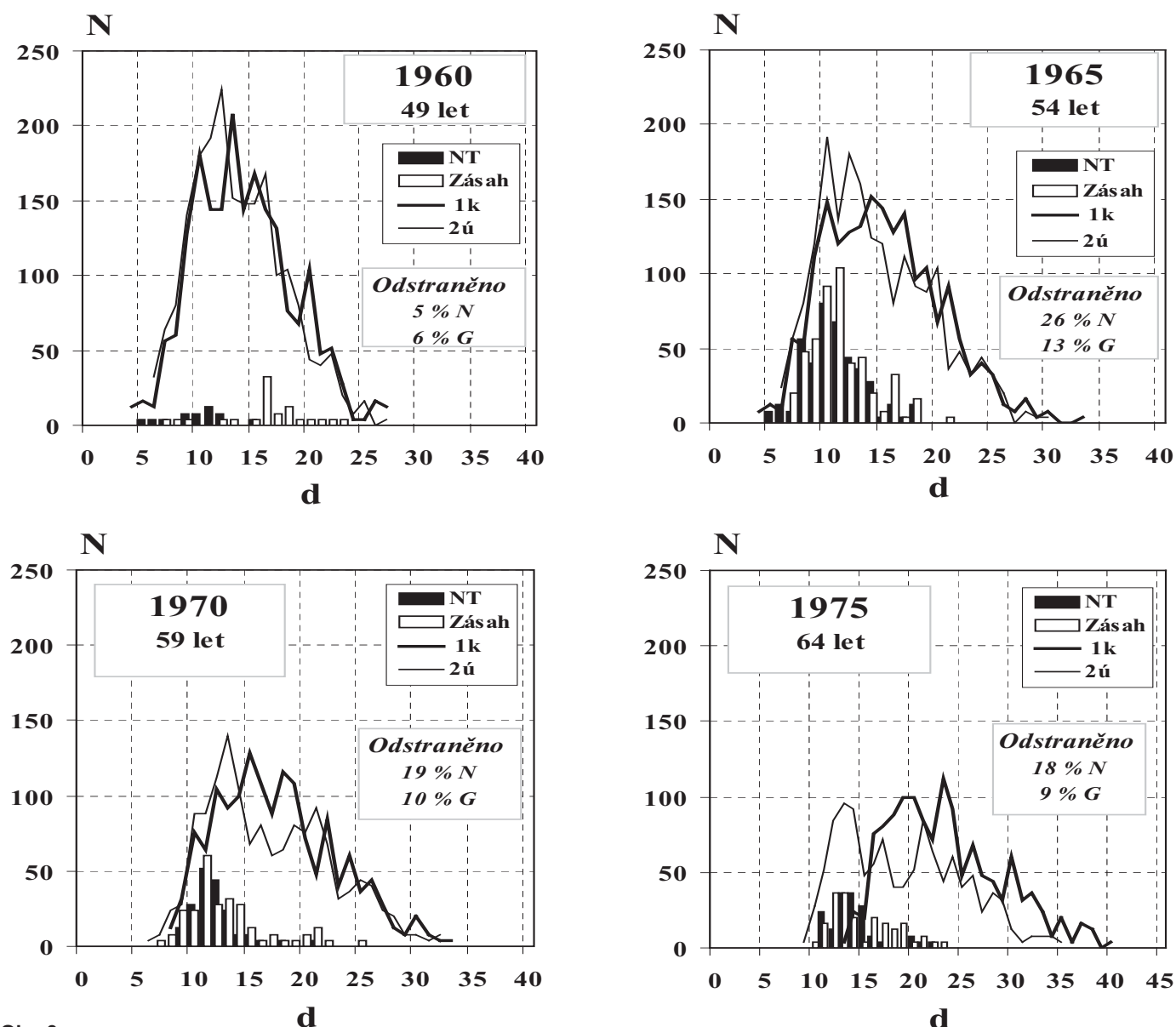
Mortalita v posledních dvaceti letech sledování (věk porostů 69 – 89 let) představovala na kontrolní ploše 516 (27 %) jedinců, zatímco na srovnávací ploše 2ú s pozitivním výběrem v úrovni (prováděném ve věku 49 – 64 let) bylo odstraněno 360 stromů (38 % stavu ve věku 69 let).

Největší úbytek stromů byl zaznamenán na kontrolní ploše 1k při druhé revizi ve věku 54 let (1965), kdy ubylo po sněhovém polomu 22 % počtu (412 stromů) a 9 % výčetní kruhové základny G (4,0 m^2). Poškození experimentálního porostu se opakovalo v takovém rozsahu ještě ve věku 84 let (1995), kdy muselo být na kontrole odstraněno 22 % N tvořících ca 11 % výčetní kruhové základny (180 stromů, 5,5 m^2 G). Počet poškozených stromů a jejich výčetní kruhová základna na srovnávací ploše 2ú s výchovou byla přibližně poloviční (92 stromů, 2,8 m^2 G).

Výčetní kruhová základna G při poslední revizi ve věku porostu 89 let, tj. 40 let po zahájení experimentu, zůstala největší na kontrolní ploše 1k bez výchovy (48,3 m^2). Na srovnávací ploše 2ú se oproti výchozímu stavu zvýšila o 9,6 m^2 a dosáhla 45,4 m^2 .

Po započtení výčetní kruhové základny všech vytěžených stromů (tedy včetně souší a polomů) byl nárůst výčetní kruhové základny ve sledovaném období na kontrole 1k bez výchovy o 0,5 m^2 větší než na srovnávací ploše s výchovou 2ú (32,2 m^2 na kontrole a 31,7 m^2 na ploše 2ú).

Na kontrolní ploše 1k však bylo v průběhu sledování 21,8 m^2 kruhové základny (68 % přírůstu) odstraněno jako souše a zlomy, zatímco na srovnávací ploše 2ú s výchovou zlomy a souše představovaly pouze 7,6 m^2 (24 % periodního přírůstu).



Obr. 3.

Tloušťková struktura a provedené výchovné zásahy v porovnání s mortalitou na kontrolní ploše 1k bez zásahu na experimentální řadě Frýdek-Místek ve věku 49 – 64 let (NT – nahodilá těžba, N – počet stromů na 1 ha, d – tloušťka v cm)

Diameter structure and experimental thinning comparing with mortality on control plot 1k without thinning on Frýdek-Místek experimental series in the age of 49 – 64 years (NT – salvage cut, Zásah – thinning, N – number of trees per hectare, d – diameter in cm, odstraněno/removed)

Po započtení základny G stromů vytěžených při výchovných zásazích (nahodile těžené souše a zlomy nebyly započítány) byl přírůst výčetní kruhové základny za období sledování experimentu (věk 49 – 89 let):

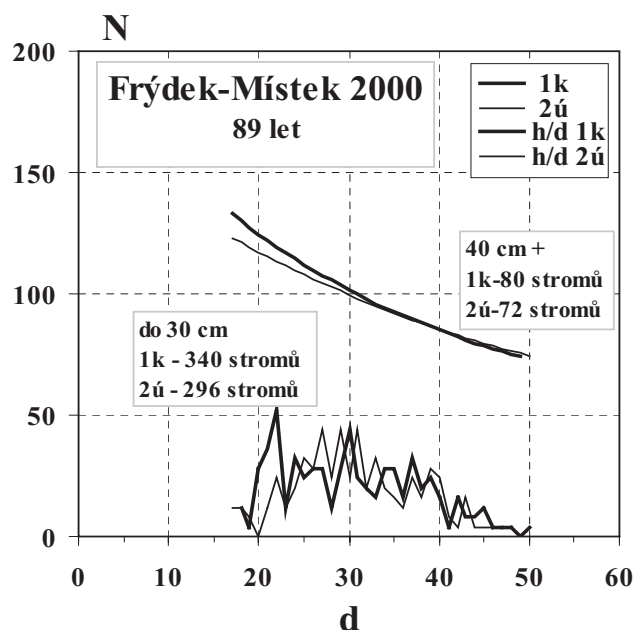
- na kontrolní ploše 1k 10,4 m²,
- na srovnávací ploše 2ú 24,1 m².

Tloušťková struktura

Efekt výchovy na tloušťkovou strukturu experimentálních porostů byl sledován od roku 1960 do roku 1975, tj. v období, kdy byly prováděny výchovné zásahy, v pětiletých intervalech vždy k datu vyznačení a provedení zásahů. Na grafech (obr. 3) je znázorněno rozdělení stromů do tloušťkových tříd před provedením zásahů (čárový graf) a vyznačeno jednak umístění výchovného zásahu (bílé sloupce) a jednak mortalita na kontrolní ploše 1k (černé sloupce). Jak je patrné z obr. 3, před zahájením experimentu v roce 1960 (věk porostu 49 let) byla tloušťková struktura na srovnávacích plochách téměř identická (bez statisticky signifikantních rozdílů).

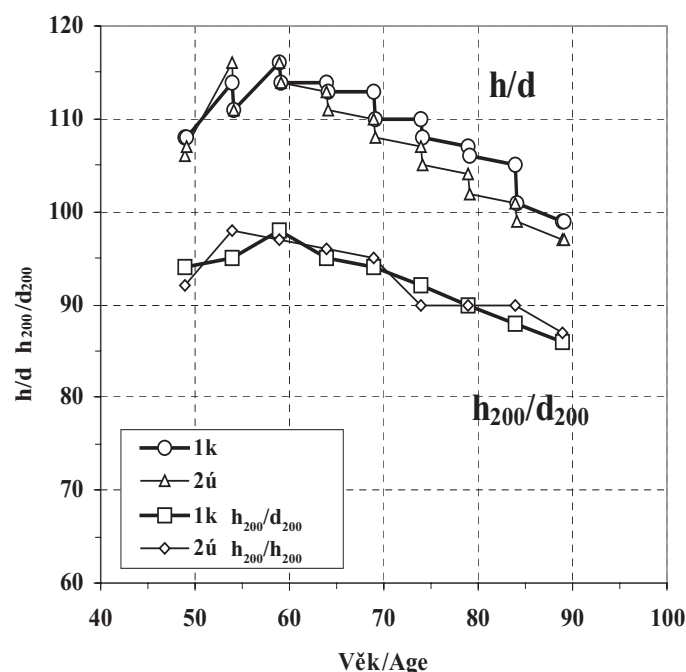
Z umístění výchovných zásahů v porostní struktuře je zřejmé, že charakter pozitivního výběru v úrovni na srovnávací ploše 2ú byl dodržen při všech čtyřech výchovných zásazích. Při úrovních zásazích pozitivním výběrem bylo potřebné z porostu 2ú odstranit také jednotlivé zlomy a souše především v nižších tloušťkových stupních, zejména je to patrné při zásazích ve věku 54 a 59 let. Posun výchovných zásahů do vyšších tloušťkových stupňů oproti přirozené mortalitě byl patrný především při prvním, třetím a čtvrtém zásahu ve věku 49, 59 a 64 let.

Při poslední revizi ve věku 89 let byly v experimentálních porostech zastoupeny stromy o tloušťce od 17 do 50 cm (obr. 4). Nejnížší tloušťkové třídy 17 – 30 cm s nejvyšším a nejméně příznivým štíhlostním kvocientem (100 – 133) byly nejvíce zastoupeny na kontrolní ploše 1k bez výchovy, kde bylo těchto jedinců v přepočtu na 1 hektar 340. Na srovnávací ploše 2ú s pozitivním výběrem v úrovni klesl počet stromů s výčetní tloušťkou do 30 cm o 13 % (na 296). Počet stromů s výčetní tloušťkou 40 cm a více s relativně příznivějším štíhlostním kvocientem (85 – 74) zůstal rovněž nejvyšší na kontrole (80 jedinců),



Obr. 4.

Tloušťková struktura a štihllostní kvocient podle tloušťkových stupňů na experimentální řadě Frýdek-Místek při poslední revizi ve věku 89 let (N – počet stromů na 1 ha, d – tloušťka v cm)
Diameter structure and h/d ratio for diameter classes on experimental series Frýdek-Místek (last revision) in the age of 89 years (N – number of trees per hectare, d – diameter in cm)



Obr. 5.

Vývoj štihllostního kvocientu středního kmene a horního stromového patra na experimentální řadě Frýdek-Místek ve věku 49 – 89 let
Development of h/d ratio of mean stem and upper tree story (200 thickest trees per hectare) on experimental series Frýdek-Místek in the age of 49 – 89 years

zatímco na ploše 2ú s výchovou bylo těchto nejsilnějších a nejstabilnějších jedinců pouze 72, tj. o 10 % méně než na kontrole. Uvedený rozdíl v tloušťkových strukturách zaznamenaný při poslední revizi ve věku 89 let byl statisticky průkazný.

Pozitivní efekt výchovy je patrný zejména na hodnotách štihllostního kvocientu nejslabších stromů (tloušťkové stupně 20 – 22), který dosáhl na ploše 2ú s výchovou hodnot 114 – 117, zatímco na kontrole byly hodnoty méně příznivé (119 – 124).

Statická stabilita

Statická stabilita experimentálních porostů posuzovaná štihllostním kvocientem středního kmene a štihllostním kvocientem horního stromového patra (d_{200}) byla od počátku pokusu nepříznivá. Před zahájením experimentu v roce 1960 byl štihllostní kvocient středního kmene na obou srovnávacích plochách téměř stejný a dosahoval hodnot 106 na ploše 2ú a 108 na ploše 1k (tab. 1, obr. 5). Kvocient se nacházel ještě ve vzestupné fázi, která kulminovala na kontrole hodnotou 116 při třetí revizi ve věku 59 let. V dalším období štihllostní kvocient středního kmene na kontrole klesal, částečně také početními posuny v důsledku mortality stromů s nejvyšším kvocientem. Na srovnávací ploše 2ú s pozitivním výběrem v úrovni nebyl vzestup kvocientu výchovnými zásahy zpomalen, kulminoval podobně jako na kontrole ve věku 59 let hodnotou 116. Pokles po kulminaci byl výraznější než na kontrole a byl způsoben zejména početními posuny po odstranění souší (převážně nejslabší stromy).

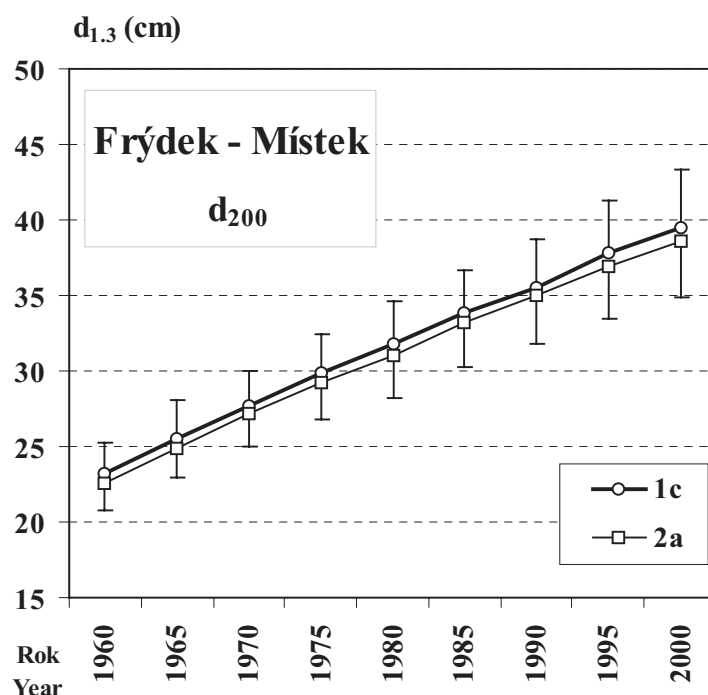
Při hodnocení horního stromového patra, kdy je do výpočtu zahrnut vždy stejný počet nejsilnějších jedinců na srovnávací ploše a tak nedochází k početním posunům, byly výchozí hodnoty štihllostního kvocientu h_{200}/d_{200} rovněž vyrovnané a dosahovaly na plochách 1k a 2ú hodnot 94 a 92.

Na kontrole byla kulminace nárůstu zaznamenána podobně jako u středního kmene ve věku 59 let při třetí revizi, kdy dosáhl hodnoty 98. V dalším období měl štihllostní kvocient h_{200}/d_{200} na kontrole klesající trend trvající až do poslední revize ve věku 89 let, kdy dosáhl hodnoty 86. Na srovnávací ploše 2ú s pozitivním výběrem v úrovni štihllostní kvocient horního stromového patra kulminoval hodnotou 98 již při druhé revizi ve věku 54 let a do poslední revize ve věku 89 let klesl na hodnotu 87.

Z provedené analýzy d_{200} (průměrná výčetní tloušťka 200 nejsilnějších stromů na hektar) je zřejmý identický vývoj (statisticky nevýznamné rozdíly) této veličiny na obou srovnávacích variantách po celou dobu sledování (obr. 6).

Závěry z experimentu Frýdek-Místek

- V období sledování (věk 19 – 89 let) byla na experimentální řadě Frýdek-Místek největší výčetní kruhová základna na kontrolní ploše 1k bez zásahu. Nárůst výčetní kruhové základny byl na kontrolní ploše 1k redukován poškozením porostu a mortalitou zaznamenanou zejména při druhé, páté a osmé revizi ve věku 54, 69 a 84 let. Za 40 let sledování se základna kontrolního porostu zvýšila z původních 37,9 na 48,3 m² při poslední revizi (89 let), navíc bylo z kontrolního porostu odstraněno 21,8 m² kruhové základny (68 % přírůstu) jako souše a zlomy. Na srovnávací ploše 2ú s pozitivním výběrem v úrovni byla výčetní kruhová základna hlavního porostu udržována čtyřmi výchovnými zásahy ve věku 49 až 64 let zhruba na úrovni 34 až 35 m². Od této doby byl na ploše s výchovou zaznamenán její nárůst až na 45,4 m² při poslední revizi ve věku 89 let. Přírůstek G za dobu sledování (věk 49 – 89 let) zde činil 31,7 m² a byl o 0,5 m² (o 1,5 %) nižší než na kontrolní ploše 1k bez výchovy, z toho souše představovaly pouze 7,6 m² (24 %).
- Vliv úrovnových výchovných zásahů vedl po 40 letech sledování ke snížení zastoupení nejnižších tloušťkových tříd ve srovnání s kont-



Obr. 6.

Vývoj výčetní tloušťky d_{200} (se směrodatnými odchylkami) dominantních stromů (200 nejsilnějších jedinců na 1 hektar) na výzkumné řadě Frýdek-Místek (porovnání variant 1k a 2ú) v období 1960 – 2000 (věk 49 – 89 let). Signifikantnost rozdílů je uvedena na hladině významnosti 0,95 (+) a 0,99 (++)

Development of diameter d_{200} (with standard deviations) of dominant trees (200 thickest individuals per hectare) on experimental series Frýdek-Místek (comparison between variants 1k and 2ú) in the period 1960 – 2000 (age 49 – 89 years). Significant differences on confidence level 0.95 (+) and 0.99 (++) are showed.

rovní plochou 1k bez výchovy. Sledované výchovné zásahy se neprojevily ani ve zvýšení zastoupení stromů v nejvyšších tloušťkových třídách. Na variantě 2ú s pozitivním výběrem v úrovni byl počet nejslabších stromů s výčetní tloušťkou do 30 cm ve srovnání s kontrolou 1k bez výchovy o 13 % nižší (340 jedinců na ploše 1k a 296 jedinců na ploše 2ú). Počet stromů v nejvyšších tloušťkových třídách (40 cm a více) byl rovněž na kontrole vyšší o 10 % (80 stromů na 1k a 72 stromů na 2ú).

- Vzhledem k tomu, že na experimentální řadě Frýdek-Místek je sledován vliv úrovnových zásahů s pozitivním výběrem (odstraňují se stromy přibližně středních rozměrů a ponechává se podúroveň, která má obvykle nepříznivé statické vlastnosti), byl vývoj štíhlostního kvocientu středního kmene na obou srovnávacích plochách zpočátku podobný. Kulminace byla zaznamenána při třetí revizi ve věku 59 let (116 na obou srovnávacích plochách). Ve fázi poklesu se již projevil vliv výchovy a na srovnávací ploše 2ú s pozitivním výběrem v úrovni byl pokles kvocientu po kulminaci výraznější než na ploše kontrolní. Při poslední revizi ve věku 89 let dosáhl štíhlostní kvocient středního kmene na srovnávací ploše 2ú hodnoty 97, zatímco na kontrole 1k hodnoty 99.
- Štíhlostní kvocient horního stromového patra h_{200}/d_{200} , který není ovlivněn početními posuny, měl na obou srovnávacích plochách srovnatelné hodnoty a podobný průběh s kulminací při druhé (2ú) a třetí (1k) revizi hodnotami 98 s následným poklesem na hodnoty 86 (1k) a 87 (2ú) při poslední revizi ve věku 89 let.

Literatura

- ČERNÝ, M., PAŘEZ, J., MALÍK, Z.: Růstové a taxační tabulky hlavních dřevin České republiky. (Smrk, borovice, buk, dub.) Jílové u Prahy, IFER 1996. 245 s.
- Geobáze® 1997 – 2000: Česká republika 1 : 100 000. Digitální mapa. Česká Lípa, Geodézie ČS, a. s. 2000. 1 CD-ROM.
- MELOUN, M., MILITKÝ, J.: Statistické zpracování experimentálních dat. Praha, East Publishing 1998. 839 s.
- PAŘEZ, J.: Návrh postupu při zakládání, sledování a vyhodnocování trvalých pokusných ploch se zvláštním zřetelem k pokusným plochám probírkovým a výnosovým. Jíloviště-Strnady, VÚLHM 1958. 248 s.
- SLODIČÁK, M., NOVÁK, J.: Dlouhodobé experimenty s porostní výchovou smrku ztepilého – cíle a metodika. Zprávy lesnického výzkumu, 48, 2003, č. 4, s. 149 - 152.
- SLODIČÁK, M., NOVÁK, J.: Zhodnocení poznatků z 1. série sledované od roku 1958. Zprávy lesnického výzkumu, 50, 2005, č. 1, s. 13 - 17

Poděkování:

Příspěvek vznikl v rámci řešení výzkumného záměru Ministerstva zemědělství ČR „Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností v měnících se podmínkách prostředí“ – MZE 0002070201.

Recenzováno

EXPERIMENT S POROSTNÍ VÝCHOVOU SMRKU ZTEPILÉHO – OSTRAVICE (1960)

Norway spruce thinning experiment – Series Ostravice (1960)

Abstract

Experimental series at Ostravice was founded in forest region 40 – the Moravskoslezské Beskydy Mts. in 1960 in 43-year-old Norway spruce stand as the part of the second group of thinning series. Series consists of three comparative plots with dimensions 40 m x 62,5 m, i.e. 0.25 ha each. Comparative plot 1k is control plot without designed thinning, comparative plot 2ú is the stand with thinning by positive selection from above and comparative plot 3p is the stand with thinning by negative selection from below. Presented paper is oriented on evaluation of basal area development, diameter structure and static stability of investigated stands during the 40-year period of observation.

Klíčová slova: smrč ztepilý, *Picea abies*, pěstování, porostní výchova

Key words: Norway spruce, *Picea abies*, silviculture, thinning

Úvod

Experimentální řada Ostravice je součástí druhé série objektů založených VÚLHM roku 1960 pro řešení problematiky porostní výchovy smrku. Souhrnné vyhodnocení celé 2. série je obdobně jako u 1. série (SLODIČÁK, NOVÁK 2005) předmětem samostatného sdělení.

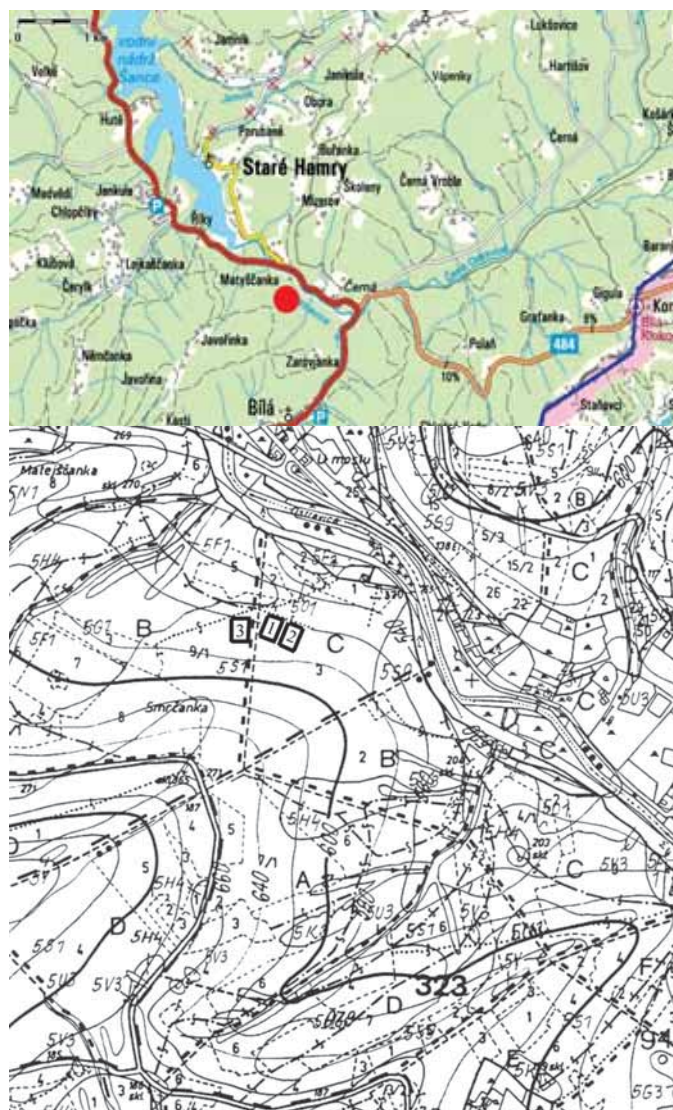
Experimentální řada Ostravice byla založena v lesní oblasti 40 – Moravskoslezské Beskydy v roce 1960 v 43letém smrkovém porostu na LHC Ostravice (porost 452 C3 podle LHP z roku 1985). Zeměpisné souřadnice experimentální řady jsou 18°27'18" v. d., 49°27'32" s. š. Porost se nachází na 33 - 45% severním svahu, v nadmořské výšce 570 m. Půdní typ byl charakterizován jako (horský) humusový podzol pseudoglejový, lesní typ 6P1(d) - kyselá smrková jedlina třtinová v degradovaném stadiu s borůvkou (*Piceeto-Abietum variohumidum acidophilum* – *Calamagrostis villosa*), hospodářský soubor 57 – Smrkové hospodářství oglejených stanovišť vyšších poloh. Průměrný roční úhrn srážek za období 1961 – 1990 představoval podle údajů ČHMÚ 1 000 mm a průměrná roční teplota za stejné období dosahovala 6 °C.

Experimenty byly založeny podle metodiky VÚLHM (PÁŘEZ 1958). Popis prací, umístění a charakteristika výchovných zásahů včetně použitých metod při hodnocení výsledků jsou uvedeny v předchozím příspěvku (SLODIČÁK, NOVÁK 2003). Experimentální řadu tvoří tři dílčí srovnávací plochy, každá o velikosti 40 x 62,5 m, tj. 0,25 ha (obr. 1). Srovnávací plocha 1k je kontrolní, bez výchovy. Na této ploše se odstraňují pouze souše a případné zlomy či vývraty. Srovnávací plocha 2ú slouží ke sledování vlivu úrovně výchovných zásahů s pozitivním výběrem a na ploše 3p se uskutečňuje výchovný program s negativním výběrem, v podúrovni. Při poslední revizi v roce 2000 byl na srovnávacích plochách 2ú a 3p vyznačen těžební zásah s cílem uvolnit zápoj a následně sledovat vývoj ponechaných stromů a výskyt přirozené obnovy.

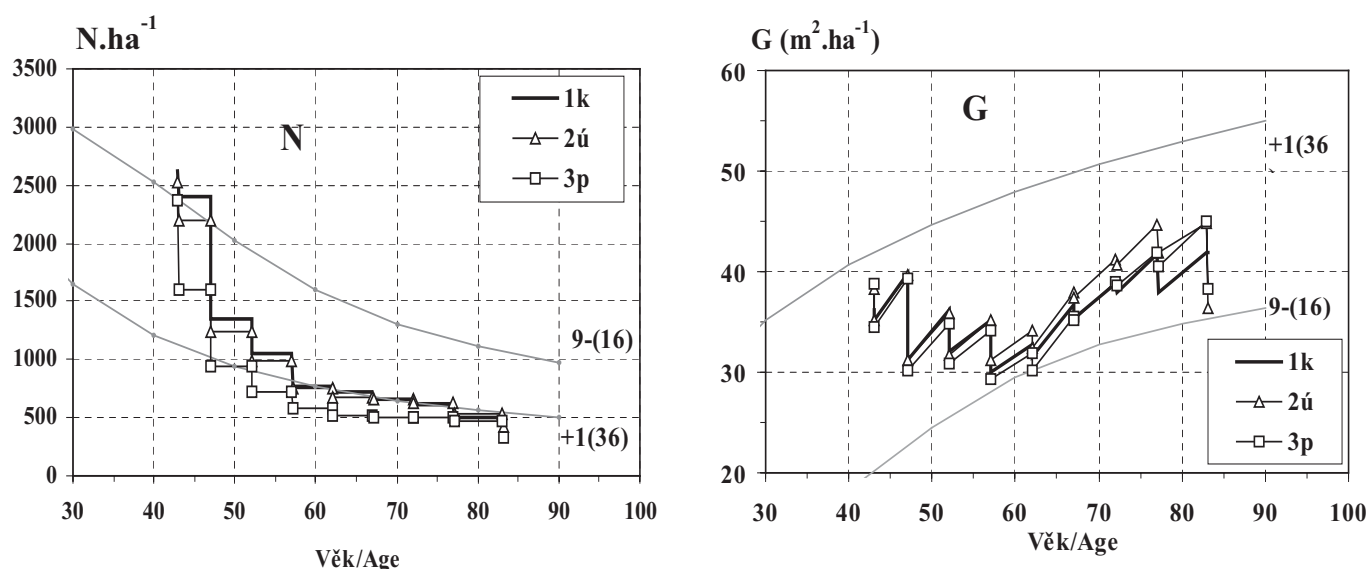
Statistické analýzy byly provedeny pomocí softwaru UNISTAT® (verze 5.1) s využitím procedur ANOVA a Mnohonásobné porovnávání (Student-Newman-Keuls a Scheffe). Datové soubory s údaji o výčetní tloušťce (d , d_{200}) byly testovány jednak pomocí parametrických testů (t-test) a jednak pomocí vícevýběrových neparametrických testů (Kruskal-Wallisova jednofaktorová analýza rozptylu – metody: t-rozdělení, srovnání s kontrolní skupinou - Dunnett, Dunn). Tloušťkové struktury porostů na dílčích srovnávacích plochách byly analyzovány pomocí testů dobré shody (χ^2). Pro všechny provedené analýzy byla použita hladina významnosti 0,95 (MELOUN, MILITKÝ 1998).

Průběh experimentu

V době založení experimentální řady Ostravice v roce 1960 dosáhl věk sledovaného porostu 43 let. Jednalo se o smrkovou monokulturu



Obr. 1. Umístění experimentální řady Ostravice (Geobáze® 1997 – 2000) a výřez z typologické mapy LHC Ostravice, LHP (1985)
Geographic location (Geobáze® 1997 – 2000) and stand map of experimental series Ostravice on Forest Management Plan



Obr. 2.

Vývoj počtu stromů N a výčetní kruhové základny G na srovnávacích plochách experimentální řady Ostravice ve věku 43 – 83 let v porovnání s růstovými tabulkami (ČERNÝ, PAŘEZ, MALÍK 1996)

Number of trees (N) and basal area (G) on comparative plots of experimental series Ostravice in the age 43 – 83 years comparing with Growth tables (ČERNÝ, PAŘEZ, MALÍK 1996)

o hustotě 2 364 až 2 616 jedinců na 1 hektar. Porost vznikl přirozenou obnovou v letech 1916 až 1925 a nálet byl doplněn výsadbou smrku. Před prvními experimentálními zásahy nebyl sledovaný porost vychováván. Svědčí o tom výrazná tloušťková diferenciace (v porostu se před prvními experimentálními zásahy vyskytovali jedinci s výčetní tloušťkou od 5 do 32 cm, obr. 3).

Z porovnání základních sledovaných charakteristik (tab. 1, obr. 2) je zřejmé, že výchozí stav porostů na dílčích srovnávacích plochách byl před prvními zásahy srovnatelný.

Zejména dílčí srovnávací plochy 1k a 3p byly podle středního kmeně téměř identické. Střední výčetní tloušťka d zde dosahovala 13,3 cm a 13,4 cm, horní porostní tloušťka, chápaná jako průměrná výčetní tloušťka 200 nejsilnějších stromů na 1 ha (d_{200}), 22,7 a 24,0 cm. Rovněž rozdíly ve střední a horní porostní výšce (h 15,9 a 16,1 m a h_{200} 21,8 a 22,5 m) byly minimální. Srovnávací plocha 2ú měla na počátku o 0,6 cm silnější a o 0,8 m vyšší střední kmen, naopak horní porostní tloušťka a výška se lišila od kontroly pouze o 0,4 cm a 0,1 m.

Porost na srovnávací ploše 3p se od kontroly na počátku lišil především o ca 10 % nižším počtem stromů, kterých zde bylo v přepočtu na 1 hektar 2 364, tj. o 252 méně než na kontrole. Střední výčetní tloušťka d 13,4 cm zde však byla pouze o 1 mm a výška h pouze o 20 cm větší oproti kontrole 1k. Rozdíly ve sledovaných charakteristikách (N, G, d , h , h_{200} , d_{200}) byly shledány statisticky nevýznamnými. Výjimku tvoří plocha 3p, která vykazovala průkazně vyšší hodnoty d_{200} ve srovnání s ostatními variantami.

Počet stromů a výčetní kruhová základna

Při prvním výchovném zásahu, provedeném ve věku 43 let, bylo v porostu srovnávací plochy 2ú pozitivním výběrem v úrovni odstraněno 13 % stromů (N) tvořících 11 % výčetní kruhové základny (G) a v porostu srovnávací plochy 3p negativním výběrem v podúrovni 32 % N tvořících rovněž 11 % G. Umístění zásahů v porostní struktuře je zřejmé z obr. 3. Zásahy se opakovaly až do věku 57 let (1974) v pětiletých periodách a bylo při nich odebráno pozitivním výběrem v úrovni 44, 21 a 24 % N (22, 12 a 11 % G) na srovnávací ploše 2ú a negativním výběrem v podúrovni 42, 23 a 20 % N (23, 12 a 14 % G) na srovnávací ploše 3p.

Sledované porosty byly v období 1966 – 1969 (věk 49 – 52 let) na všech třech variantách poškozovány sněhem (zlomy), následně větrem (vývraty) a také zvěří (ohryz). Na variantách s výchovou byly proto úmyslné zásahy vyznačovány s ohledem na tato poškození a v celkovém počtu odstraněných stromů při výchově v tomto období jsou zahrnuty i stromy z polomů. Na kontrolní variantě (bez úmyslných zásahů) jsou všechny stromy z polomů evidovány jako nahodilá těžba. Po čtyřech výchovných zásazích ve čtyř až pětiletých periodách, tj. 19 let po zahájení experimentu (rok 1979, věk 62 let), zůstalo:

- na kontrolní ploše 1k celkem 772 stromů (mortalita 1 844 stromů),
- na srovnávací ploše 2ú celkem 748 stromů (při výchově odstraněno 1 784 stromů),
- na srovnávací ploše 3p celkem 576 stromů (při výchově odstraněno 1 788 jedinců).

Výčetní kruhová základna G dosáhla ve věku 62 let:

- na kontrolní ploše 1k – 32,7 m^2 (pokles o 3,4 m^2),
- na srovnávací ploše 2ú – 34,1 m^2 (pokles o 4,2 m^2),
- na srovnávací ploše 3p – 32,0 m^2 (pokles o 6,8 m^2).

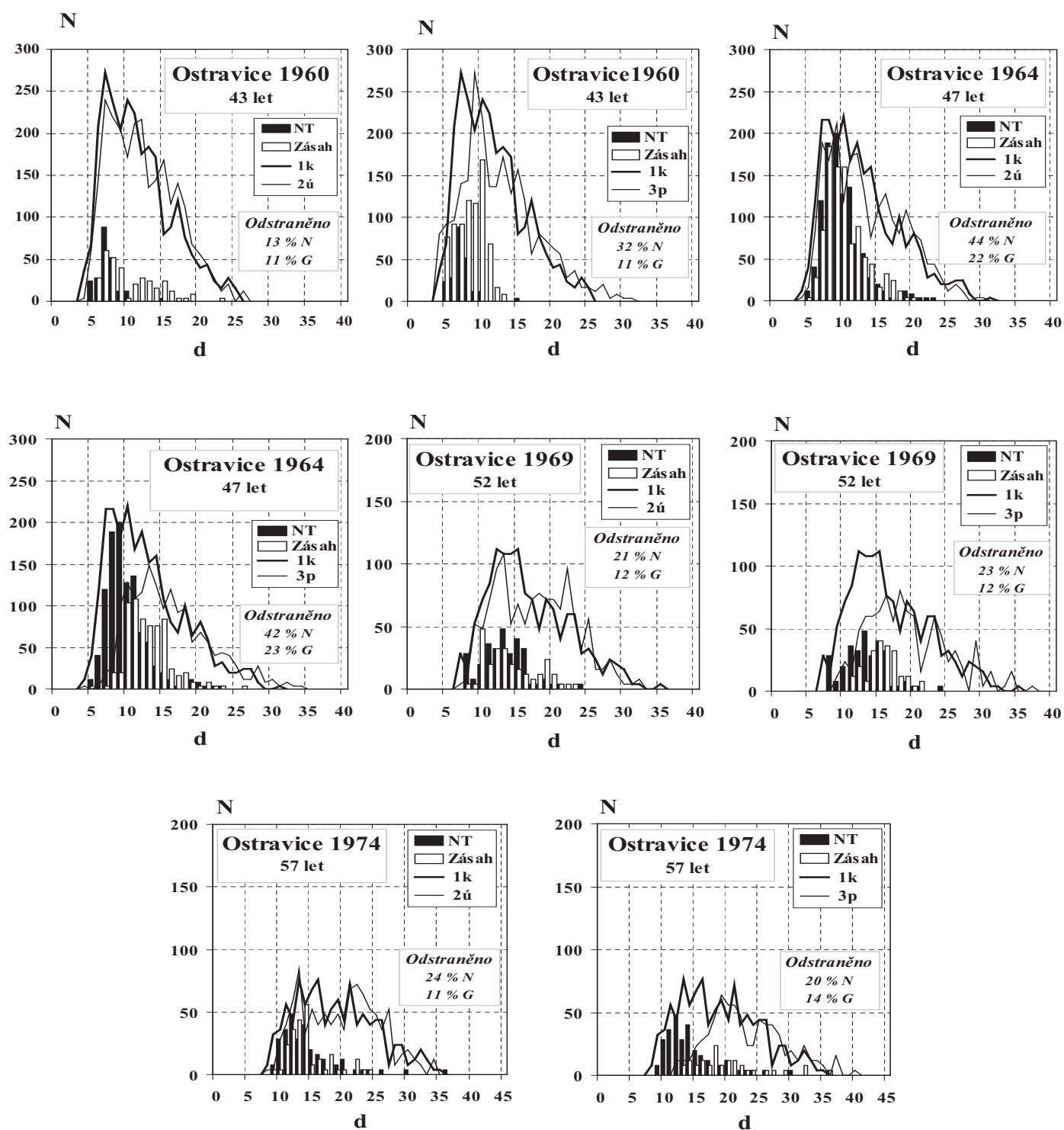
Periodní přírůst na výčetní kruhové základně (ve věku 43 – 62 let) představoval po započtení záměrně vytěžených stromů při výchovných zásazích na plochách 2ú a 3p – 17,0 a 15,8 m^2 a byl tedy na ploše 2ú o 1,5 m^2 a na ploše 3p o 0,3 m^2 větší než na ploše kontrolní (15,5 m^2).

Od posledního výchovného zásahu ve věku 57 let (1974) se všechny tři porosty výzkumné řady vyvíjely bez dalšího záměrného ovlivňování. Odstraňovaly se pouze souše a nahodile vznikající polomy a vývraty. Počet stromů se do poslední revize v roce 2000 (věk 83 let) samovolně snížil:

- na kontrolní ploše 1k na 504 stromů (mortalita 268 jedinců),
- na srovnávací ploše 2ú na 540 stromů (mortalita 208 jedinců),
- na srovnávací ploše 3p na 472 stromů (mortalita 104 jedinců).

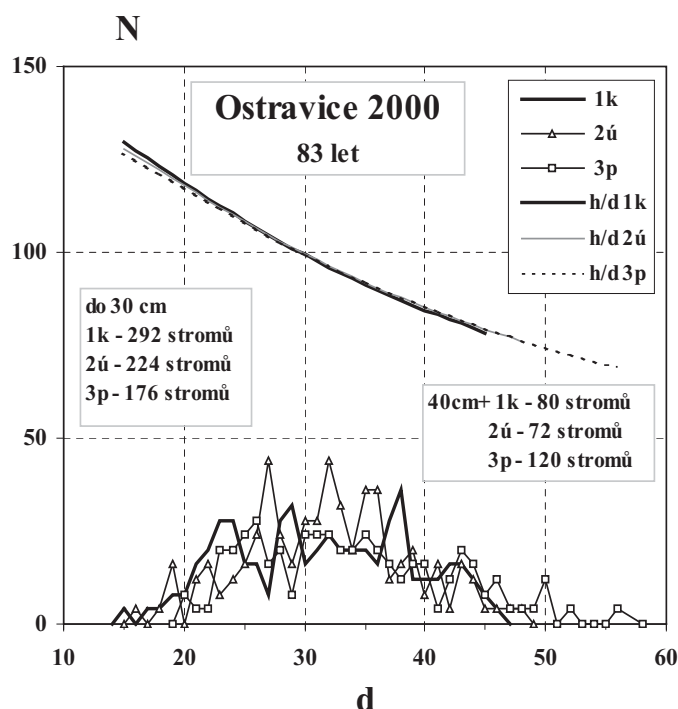
Výčetní kruhová základna G dosáhla při poslední revizi ve věku porostu 83 let, tj. 40 let po zahájení experimentu, na plochách s výchovou 2ú a 3p téměř stejných hodnot 44,9 a 45,0 m^2 a byla o ca 3 m^2 vyšší než na kontrole 1k (41,9 m^2).

Po započtení výčetní kruhové základny všech vytěžených stromů (tedy včetně souší a polomů) byl nárůst výčetní kruhové základny



Obr. 3.

Tloušťková struktura a provedené výchovné zásahy v porovnání s mortalitou na kontrolní ploše 1k bez zásahu a na srovnávacích plochách 2ú a 3p na experimentální řadě Ostravice ve věku 43 – 57 let (NT – nahodilá těžba, N – počet stromů na 1 ha, d – tloušťka v cm) Diameter structure and experimental thinning comparing with mortality on control plot 1k without thinning and on comparative plots 2ú and 3p on Ostravice experimental series in the age of 43 – 57 years (NT – salvage cut, Zásah – thinning, N – number of trees per hectare, d – diameter in cm, odstraněno/removed)



Obr. 4.

Tloušťková struktura a štíhlostní kvocient podle tloušťkových stupňů na experimentální řadě Ostravice při poslední revizi ve věku 83 let (N – počet stromů na 1 ha, d – tloušťka v cm)

Diameter structure and h/d ratio for diameter classes on experimental series Ostravice (last revision) in the age of 83 years (N – number of trees per hectare, d – diameter in cm)

ve sledovaném období na srovnávacích plochách s výchovou 2ú a 3p o ca 1,4 a 0,6 m² větší než na kontrole 1k bez výchovy (31,8 m² na kontrole a 33,2 a 32,4 m² na plochách 2ú a 3p).

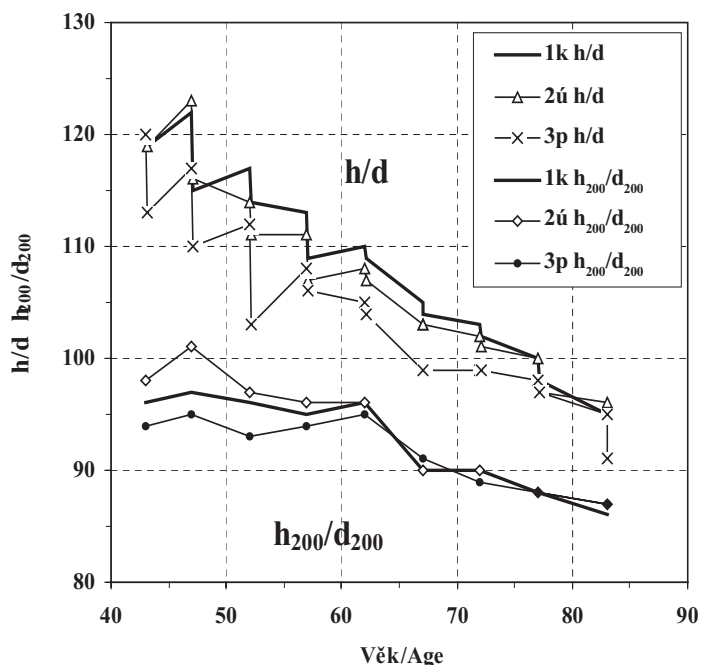
Na kontrolní ploše 1k však bylo 82 % (26,1 m²) přírůstu kruhové základny tvořeno soušemi a zlomy, zatímco na obou srovnávacích plochách 2ú a 3p s výchovou zlomy a souše představovaly shodně 16 a 11 % (5,4 a 3,6 m²). Vzhledem k tomu, že se nedochovaly údaje o podílu zlomů a vývrátů při zásazích ve věku 47 a 52 let, kdy byly všechny porosty experimentální řady Ostravice opakovaně silně poškozovány sněhem a větrem, jsou data o podílu nahodilé těžby pouze orientační.

Po započtení základny G stromů vytěžených při zásazích (nahodile těžené souše a zlomy nebyly započítány na kontrole za celou dobu sledování a na zásahových plochách ve věku 62 až 83 let) byl přírůst výčetní kruhové základny za období sledování experimentu (věk 43 – 83 let):

- na kontrolní ploše 1k – 5,7 m²,
- na srovnávací ploše 2ú – 27,8 m²,
- na srovnávací ploše 3p – 28,8 m².

Tloušťková struktura

Efekt výchovy na tloušťkovou strukturu experimentálních porostů byl sledován od roku 1960 do roku 1974, tj. v období, kdy byly prováděny výchovné zásahy, ve čtyř až pětiletých intervalech vždy k datu vyznačení a provedení zásahů. Na grafech (obr. 3) je znázorněno rozdělení stromů do tloušťkových tříd před provedením zásahů (čárový graf) a vyznačeno jednak umístění výchovného zásahu (bílé sloupce) a jednak mortalita na kontrolní ploše 1k (černé sloupce). Z obr. 3 je zřejmé, že před zahájením experimentu v roce 1960 (věk porostu 51 let) byla tloušťková struktura na srovnávacích plochách téměř identická zejména mezi plochami 1k a 2ú. Menší počet stromů (o 250) na variantě 3p a srovnatelná (vůči kontrole o 2,6 m² větší) výčetní kruhová základna se projevila signifi-



Obr. 5.

Vývoj štíhlostního kvocientu středního kmene a horního stromového patra na experimentální řadě Ostravice ve věku 43 – 83 let

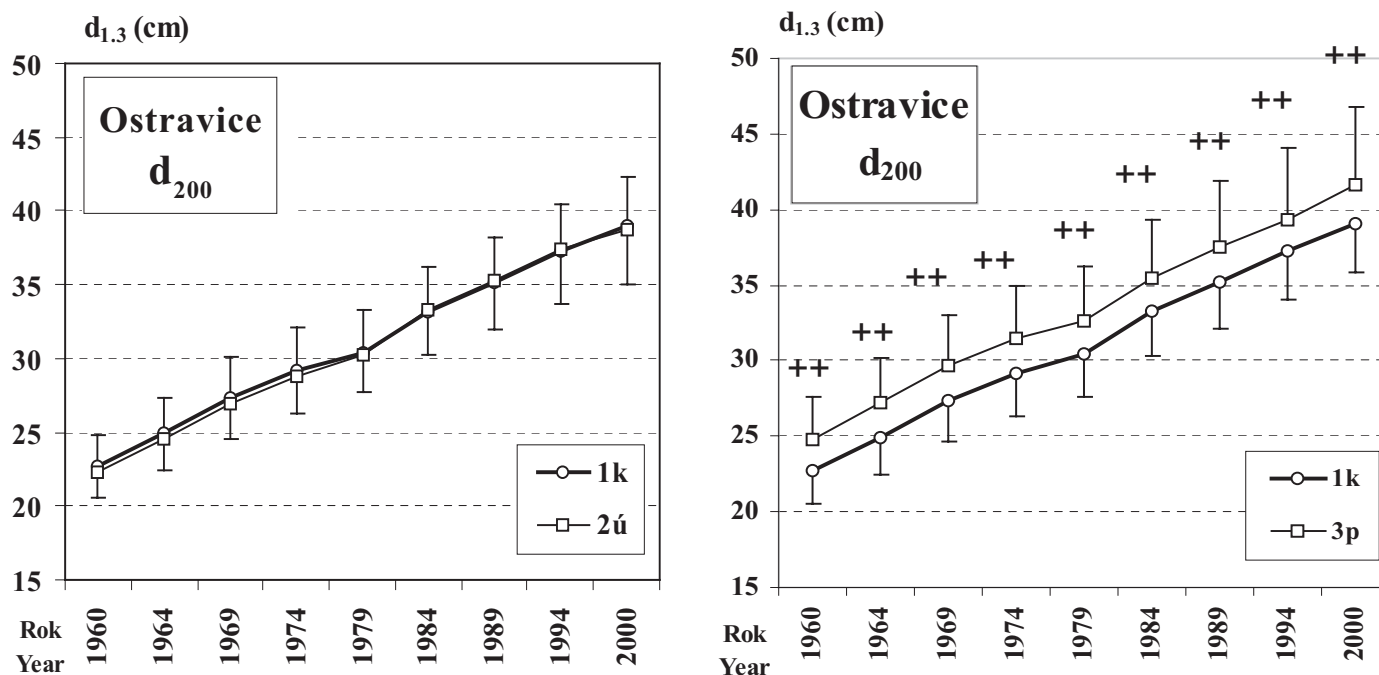
Development of h/d ratio of mean stem and upper tree story (200 thickest trees per hectare) on experimental series Ostravice in the age of 43 – 83 years

kantním posunem tloušťkové struktury na ploše 3p směrem k silnějším dimenzím (o ca 20 % menší počet stromů s výčetní tloušťkou do 10 cm a o ca 50 % vyšší počet stromů s tloušťkou nad 20 cm).

Z umístění výchovných zásahů v porostní struktuře je zřejmé, že charakter pozitivního výběru v úrovni na srovnávací ploše 2ú byl dodržen především při prvním a částečně při třetím a čtvrtém výchovném zásahu. Zejména při druhém zásahu ve věku 47 let, ale také při třetím a čtvrtém zásahu ve věku 52 a 57 let bylo nutné z porostu odstraňovat také četné jednotlivé zlomy, vývraty a také souše a tak se umístění zásahů ve struktuře porostů vyznačuje vrcholem v levé části spektra rovněž na srovnávací ploše 2ú.

Posun výchovných zásahů do vyšších tloušťkových stupňů oproti přirozené mortalitě byl patrný na obou srovnávacích plochách především při třetím a čtvrtém zásahu ve věku 52 a 57 let.

Při poslední revizi ve věku 83 let byly v experimentálních porostech zastoupeny stromy o tloušťce od 15 do 56 cm (obr. 4). Nejnížší tloušťkové třídy do 30 cm s nejvyšším a nejméně příznivým štíhlostním kvocientem (99 – 130) byly nejvíce zastoupeny na kontrolní ploše 1k bez výchovy, kde bylo těchto jedinců v přepočtu na 1 hektar 292. Na srovnávací ploše 2ú s pozitivním výběrem v úrovni klesl počet stromů s výčetním průměrem do 30 cm o 23 % (na 224) a na srovnávací ploše 3p s negativním výběrem v podúrovni o 40 % (na 176). Počet nejsilnějších stromů s výčetní tloušťkou 40 cm a více s relativně příznivým štíhlostním kvocientem (83 – 70) vzrostl oproti kontrole pouze na srovnávací ploše 3p s negativním výběrem v podúrovni (120, tj. 150 % kontroly). Na srovnávací ploše 2ú s pozitivním výběrem v úrovni byl počet stromů s výčetní tloušťkou 40 cm + o 10 % nižší než na kontrole (80 stromů na ploše 1k a 72 stromů na ploše 2ú). Statistická analýza však ukazuje na shodné (bez signifikantních rozdílů) rozdělení četností na všech třech variantách experimentu.



Obr. 6.

Vývoj výčetní tloušťky d_{200} (se směrodatnými odchylkami) dominantních stromů (200 nejsilnějších jedinců na hektar) na výzkumné řadě Ostravice (porovnání variant 1k a 2ú vlevo a 1k a 3p vpravo) v období 1960 – 2000 (věk 43 – 83 let). Signifikantnost rozdílů je uvedena na hladině významnosti 0,95 (+) a 0,99 (++) .

Development of diameter d_{200} (with standard deviations) of dominant trees (200 thickest individuals per hectare) on experimental series Ostravice (comparison between variants 1k and 2ú – left and 1k and 3p – right) in the period 1960 – 2000 (age 43 – 83 years). Significant differences on confidence level 0.95 (+) and 0.99 (++) are showed.

Statická stabilita

Statická stabilita experimentálních porostů posuzovaná štíhlostním kvocientem středního kmene a štíhlostním kvocientem horního stromového patra byla vzhledem k vysoké hustotě experimentálních porostů (obr. 2) od počátku pokusu nepříznivá.

Před zahájením experimentu v roce 1960 byl štíhlostní kvocient středního kmene na všech třech srovnávacích plochách téměř stejný a dosahoval hodnoty 120 (tab. 1, obr. 5). Kulminace vzestupu byla zaznamenána na kontrole a na ploše s úroňovými zásahy 2ú při druhé revizi ve věku 47 let (hodnoty 122 a 123). Na srovnávací ploše 3p byl pokles štíhlostního kvocientu zaznamenán již při druhé revizi. Další vývoj štíhlostního kvocientu měl zde klesající tendenci především v důsledku mortality stromů s nejvyšším kvocientem. Plochy této série byly opakovaně poškozovány sněhem a větrem. Nejsilnější škody sněhem byly zaznamenány v roce 1964 (věk 47 let), kdy muselo být z kontrolní plochy odstraněno 44 % stromů tvořících 22 % výčetní kruhové základny. Z tloušťkové struktury odstraněných stromů a jejich velmi vysokých štíhlostních kvocientů je zřejmé, že se poškození vyskytlo i na plochách s výchovou. Poškození sněhem se opalovalo ještě v roce 1969 (věk 52 let), kdy bylo na kontrole odstraněno 22 % N a 12 % G a v roce 1974 byly plochy poškozeny větrem (27 % N a 14 % G na kontrole). Následkem opakovaného poškození se hustota srovnávacích porostů a jejich výčetní kruhová základna přiblížila a efekt výchovy se minimalizoval. Při poslední revizi v roce 2000 (věk 83 let) byl štíhlostní kvocient středního kmene a horního stromového patra na všech třech srovnávacích plochách téměř stejný (střední kmen 95 až 96, horní stromové patro 86 až 87).

Provedená analýza potvrdila rozdílné hodnoty d_{200} a h_{200}/d_{200} na variantě 3p, které se ve srovnání s ostatními variantami statisticky významně lišily po celou dobu sledování (obr. 6).

Závěry z experimentu Ostravice

- Od počátku sledování (věk 43 let) se výčetní kruhová základna na experimentální řadě Ostravice až do věku 62 let na všech třech srovnávacích plochách snižovala. Při výchovných zásazích na srovnávacích plochách 2ú a 3p ve věku 43, 47, 52 a 57 let muselo být kromě záměrně těžných stromů odstraněno také značné množství poškozených stromů. Rozsah nahodile těžných zlomů, vývrátů a souší na kontrolní ploše 1k byl v uvedeném věku tak vysoký, že se počet stromů a zejména výčetní kruhová základna na všech třech srovnávacích plochách téměř vyrovnaly a efekt výchovy minimalizoval. Od věku 62 let, kdy byl ukončen program výchovy a škody ve sledovaných porostech ustaly, byl zaznamenán nárůst výčetní základny. Za 40 let sledování základna kontrolního porostu přirostla o 31,8 m², z toho však 26,1 m² (82 %) tvořily souše a zlomy odstraňované především do věku 62 let. Na plochách 2ú a 3p s výchovnými zásahy ve stejném období přirostlo 33,2 a 32,4 m² G a souše a zlomy zde tvořily pouze 5,4 a 3,6 m² (16 a 11 %). Na experimentální řadě Ostravice byl tedy zaznamenán pozitivní přírůstový efekt výchovy na výčetní kruhovou základnu G v rozsahu ca 1,4 a 0,6 m², tj. ca 4 a 2 % ve srovnání s kontrolou bez výchovy.
- Vliv úroňových a podúroňových výchovných zásahů vedl po 40 letech sledování ke snížení zastoupení nejnižších tloušťkových tříd a na variantě 3p také ke zvýšení zastoupení stromů tříd vyšších ve srovnání s kontrolní plochou 1k bez výchovy. Na srovnávací ploše 2ú s pozitivním výběrem v úrovni klesl počet stromů s výčetní tloušťkou do 30 cm o 23 % (na 224) a na srovnávací ploše 3p s negativním výběrem v podúrovní o 40 % (na 176). Na kontrolní ploše 1k bez výchovy bylo těchto jedinců v přepočtu na 1 hektar 292. Počet nejsilnějších stromů s výčetní tloušťkou 40 cm a více vzrostl

oproti kontrole pouze na srovnávací ploše 3p s negativním výběrem v podúrovni (120, tj. 150 % kontroly). Na srovnávací ploše 2ú s pozitivním výběrem v úrovni byl počet stromů s výčetní tloušťkou 40 cm o 10 % nižší než na kontrole (80 stromů na ploše 1k a 72 stromů na ploše 2ú). Statistická analýza však ukazuje na shodné (bez signifikantních rozdílů) rozdělení četností na všech třech variantách experimentu.

- Statická stabilita experimentálních porostů posuzovaná štíhlostním kvocientem byla výchovnými zásahy ovlivněna pouze odstraněním nejlabilnější porostní složky při výchovných zásazích a nárůstem podílu stromů ve vyšších tloušťkových stupních s příznivějšími statickými vlastnostmi na variantě 3p. Před zahájením experimentu v roce 1960 byl štíhlostní kvocient středního kmene na všech třech srovnávacích plochách téměř stejný a dosahoval velmi nepříznivé hodnoty 120. Kulminace vzestupu byla zaznamenána na kontrole a na ploše s úrovňovými zásahy 2ú při druhé revizi ve věku 47 let (hodnoty 122 a 123). Na srovnávací ploše 3p byl pokles štíhlostního kvocientu zaznamenán již při druhé revizi. Další vývoj štíhlostního kvocientu měl zde klesající tendenci především v důsledku mortality stromů s nejvyšším kvocientem. Následkem opakovaného poškození se hustota srovnávacích porostů a jejich výčetní kruhová základna přiblížila a efekt výchovy se minimalizoval. Při poslední revizi v roce 2000 (věk 83 let) byl štíhlostní kvocient středního kmene a horního stromového patra na všech třech srovnávacích plochách téměř stejný (střední kmen 95 až 96, horní stromové patro 86 až 87).

Literatura

- ČERNÝ, M., PAŘEZ, J., MALÍK, Z.: Růstové a taxační tabulky hlavních dřevin České republiky. (Smrk, borovice, buk, dub.) Jílové u Prahy, IFER 1996. 245 s.
- Geobáze® 1997 – 2000: Česká republika 1 : 100 000. Digitální mapa. Česká Lípa, Geodézie ČS, a. s. 2000. 1 CD-ROM.
- MELOUN, M., MILITKÝ, J.: Statistické zpracování experimentálních dat. Praha, East Publishing 1998. 839 s.
- PAŘEZ, J.: Návrh postupu při zakládání, sledování a vyhodnocování trvalých pokusných ploch se zvláštním zřetelem k pokusným plochám probírkovým a výnosovým. Jíloviště-Strnady, VÚLHM 1958. 248 s.
- SLODIČÁK, M., NOVÁK, J.: Dlouhodobé experimenty s porostní výchovou smrku ztepilého – cíle a metodika. Zprávy lesnického výzkumu, 48, 2003, č. 4, s. 149 - 152
- SLODIČÁK, M., NOVÁK, J.: Zhodnocení poznatků z 1. série sledované od roku 1958. Zprávy lesnického výzkumu, 50, 2005, č. 1, s. 13 - 17

Poděkování:

Příspěvek vznikl v rámci řešení výzkumného záměru Ministerstva zemědělství ČR „Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností v měnících se podmínkách prostředí“ – MZE 0002070201.

Recenzováno

Ostravice			1960			1964			1969			1974			1979	2000				P	ÚTP	NT	NT
			43 let			47 let			52 let			57 let			62 let	83 let				43-83 let	43-57 let	43-83 let	62-83 let
			Sdruž. porost	T	T%	Hlav. porost	Sdruž. porost	T	T%	Hlav. porost	Sdruž. porost	T	T%	Hlav. porost	Sdruž. porost	Sdruž. porost	T	T%	Hlav. porost	P	ÚTP	NT	NT
1k	N	(ks.ha ⁻¹)	2616	220	8	2396	2396	1044	44	1352	1352	300	22	1052	772	504	0	0	504	-	-	-	268
2ú			2532	328	13	2204	2204	964	44	1240	1240	256	21	984	748	540	112	21	428	-	1784	208	208
3p			2364	756	32	1608	1608	672	42	936	936	216	23	720	576	472	136	29	336	-	1788	104	104
1k	G	(m ² .ha ⁻¹)	36,2	1,0	3	35,2	39,9	8,7	22	31,2	36,2	4,2	12	32,0	32,7	41,9	0,00	0	41,9	31,8	5,7	-	7,2
2ú			38,3	4,4	11	35,2	39,7	8,6	22	31,2	36,0	4,2	12	31,8	34,1	44,9	8,50	19	36,4	33,2	27,8	21,2	5,4
3p			38,8	4,4	11	34,4	39,3	9,2	23	30,1	34,9	4,1	12	30,8	32,0	45,0	6,80	15	38,2	32,4	28,8	22,6	3,6
1k	d	(cm)	13,3	7,4	-	13,7	14,6	10,3	-	17,1	18,5	13,4	-	19,7	20,6	32,6	0,0	-	32,6	10,2	-	-	-
2ú			13,9	11,1	-	14,3	15,2	10,6	-	17,9	19,2	14,5	-	20,3	21,4	32,6	31,1	-	32,9	10,1	-	-	-
3p			13,4	8,3	-	15,8	16,8	12,8	-	19,6	21,1	15,4	-	23,3	24,6	34,9	25,3	-	38,1	11,8	-	-	-
1k	h	(m)	15,9	10,0	-	16,3	17,8	14,1	-	19,8	21,6	16,7	-	22,4	23,4	31,0	-	-	31,0	9,4	-	-	-
2ú			16,7	14,2	-	17,0	18,7	14,2	-	20,8	21,8	18,1	-	22,6	23,7	31,1	-	-	31,3	8,9	-	-	-
3p			16,1	11,1	-	17,9	19,7	16,4	-	21,7	23,5	19,2	-	24,1	26,5	33,3	-	-	34,8	11,7	-	-	-
1k	h/d		120	134	-	119	122	137	-	115	117	125	-	114	113	95	-	-	95	-	-	-	-
2ú			120	128	-	119	123	134	-	116	114	125	-	111	111	96	-	-	95	-	-	-	-
3p			120	134	-	113	117	128	-	110	112	124	-	103	108	95	-	-	91	-	-	-	-
1k	d ₂₀₀	(cm)	22,7	-	-	-	24,9	-	-	-	27,4	-	-	-	29,2	30,4	39,1	-	-	16,4	-	-	-
2ú			22,3	-	-	-	24,5	-	-	-	26,9	-	-	-	28,8	30,3	38,8	-	-	16,5	-	-	-
3p			24,0	-	-	-	26,6	-	-	-	29,1	-	-	-	31,5	32,6	41,7	-	-	17,7	-	-	-
1k	h ₂₀₀	(m)	21,8	-	-	-	24,2	-	-	-	26,4	-	-	-	27,7	29,0	33,5	-	-	11,7	-	-	-
2ú			21,9	-	-	-	24,7	-	-	-	26,2	-	-	-	27,6	29,2	33,6	-	-	11,8	-	-	-
3p			22,5	-	-	-	25,4	-	-	-	27,1	-	-	-	29,6	31,0	36,3	-	-	13,8	-	-	-
1k			96	-	-	-	97	-	-	-	96	-	-	-	95	96	86	-	-	-	-	-	-
2ú			98	-	-	-	101	-	-	-	97	-	-	-	96	87	-	-	-	-	-	-	-
3p			94	-	-	-	95	-	-	-	93	-	-	-	94	87	-	-	-	-	-	-	-

Pozn.: P – přírůstek, NT – nahodilá těžba, T – výchovný zásah, (případně těžba souší a zlomů), Sdružený porost (porost včetně souší, zlomů a stromů vyznačených k těžbě), Hlavní porost (porost po provedení výchovného zásahu a po odstranění souší a zlomů), 1k – kontrolní porost bez výchovy, 2ú – srovnávací plocha s pozitivním výběrem v úrovni, 3p – srovnávací plocha s negativním výběrem v podúrovni, N – počet stromů, G – výčetní kruhová základna, d – výčetní tloušťka středního kmene, h – střední výška, h/d – štiřlostní kvocient, d₂₀₀ – průměrná výčetní tloušťka 200 nejsilnějších stromů na 1 hektar, h₂₀₀ – průměrná výška 200 nejsilnějších stromů na 1 hektar, h₂₀₀/d₂₀₀ – štiřlostní kvocient 200 nejsilnějších stromů na 1 hektar

Note: P – increment, NT – salvage cut, T – thinning, Sdružený porost – before thinning (including dead individuals and trees marked for thinning), Hlavní porost – after thinning (stand after thinning and after removing of dead individuals), k – control plot without thinning, 2ú – comparative plot with thinning from below, 3p – comparative plot with thinning from above, 3p – comparative plot with thinning from below, N – number of trees, G – basal area, d – diameter breast height of the mean stem, h – mean height, h/d – quotient of slenderness, d₂₀₀ – diameter of 200 thickest trees, h₂₀₀ – height of 200 thickest trees, h₂₀₀/d₂₀₀ – quotient of slenderness of 200 thickest trees

Tab. 1.

Základní údaje o vývoji experimentu Ostravice

Basic data on Ostravice experimental series

EXPERIMENTY S POROSTNÍ VÝCHOVOU SMRKU ZTEPILÉHO – VELKÉ KARLOVICE I, II A III (1960)

Norway spruce thinning experiments – Series Velké Karlovice I, II and III (1960)

Abstract

Experimental series at Velké Karlovice I, II and III were founded in forest region 41 - Hostýnsko-vsetínská vrchovina a Javorníky Mts. in 1960 in 48 and 40-year-old Norway spruce stands as the parts of the second group of thinning series. Series Velké Karlovice I consists of four comparative plots (1k, 2ú, 3p and 9p), series Velké Karlovice II consists of two comparative plots (1k, 2ú) and series Velké Karlovice III consists of two comparative plots (1k, 2ú) with dimensions 0.25 ha each. Comparative plots 1k are control plots without designed thinning, comparative plots 2ú are the stands with thinning by positive selection from above, comparative plots 3p are the stands with light thinning by negative selection from below and comparative plot 9p is the stands with heavy thinning by negative selection from below. Presented paper is oriented on evaluation of basal area development, diameter structure and static stability of investigated stands during the 40-year period of observation.

Klíčová slova: smrk ztepilý, *Picea abies*, pěstování, porostní výchova

Key words: Norway spruce, *Picea abies*, silviculture, thinning

Úvod

Experimentální řady Velké Karlovice I, II a III jsou poslední součástí v souboru druhé série objektů založených VÚLHM roku 1960 pro řešení problematiky porostní výchovy smrku. Souhrnné vyhodnocení celé 2. série je obdobně jako u 1. série (SLODIČÁK, NOVÁK 2005) předmětem samostatného sdělení.

V roce 1960 byly v lesní oblasti 41 - Hostýnsko-vsetínská vrchovina a Javorníky na LHC Velké Karlovice založeny experimentální řady Velké Karlovice I a II v 48letém smrkovém porostu (označení 113 E3 podle LHP z roku 1986) a Velké Karlovice III ve 40letém smrkovém porostu (označení 138 A2 podle LHP z roku 1986).

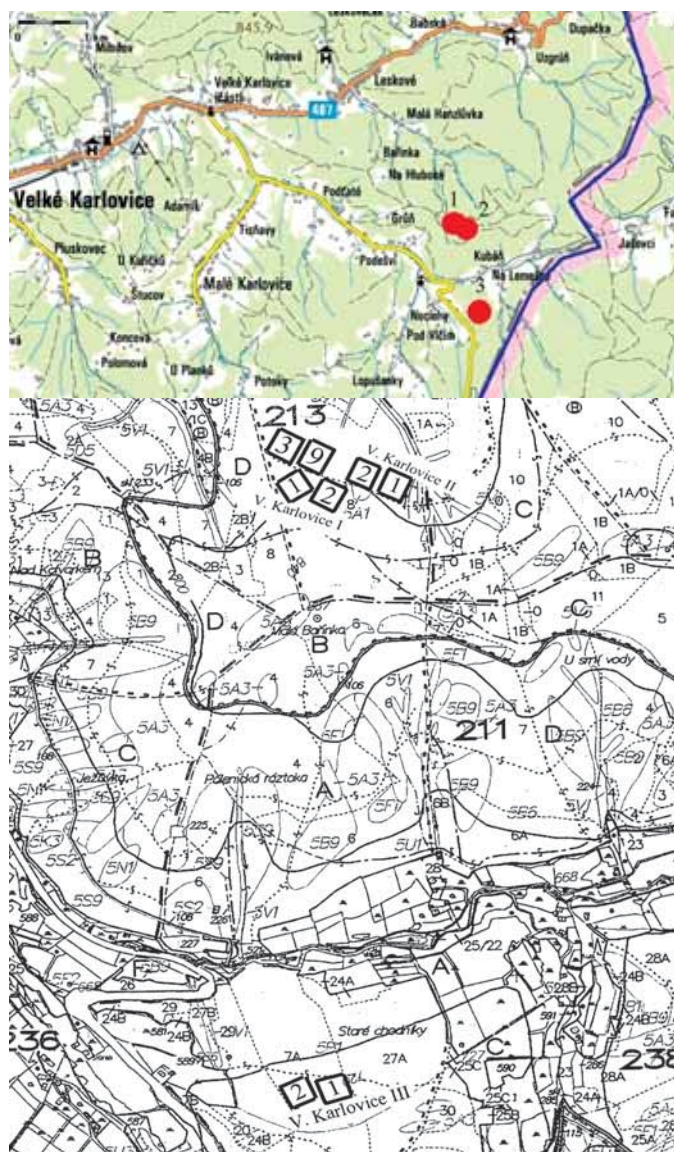
Zeměpisné souřadnice experimentálních řad jsou: Velké Karlovice I a II - 18°22'33" v. d., 49°21'19" s. š. a Velké Karlovice III - 18°22'38" v. d., 49°20'34" s. š.

Porosty experimentů Velké Karlovice I a II se nachází na 40% severním svahu, v nadmořské výšce 794 m. Jedná se o smíšenou smrčinu s jedlí na LT 6B9 - Bohatá smrková bučina svahová (*Piceeto-Fagetum mesotrophicum*). Živný charakter stanoviště určují mezotrofní druhy (*Carex sylvatica*, *Dactylis glomerata*, *Petasites albus*) a dokonce přítomnost druhů heminitrofilních (*Festuca altissima*, *Hordelymus europaeus*). Acidofilní druhy, zde přítomné, jsou většinou už průvodci tohoto (6.) LVS (*Carex pilulifera*, *Dryopteris filix-mas*, *Dryopteris dilatata*, *Senecio ovatus*), kdy již vlivem klimatických podmínek (a v tomto případě převládání smrku) dochází k horšímu rozkladu humusu. Důvodem zařazení do 6. LVS je výskyt montánního druhu *Polygonatum verticillatum*. Jde však o spodní hranici tohoto LVS. Půdní typ kryptopodzol mezotrofní, hospodářský soubor 55 – Smrkové hospodářství živných stanovišť vyšších poloh.

Porost experimentu Velké Karlovice III se nachází na severním svahu se sklonem 15 %, v nadmořské výšce 734 m. Půdní typ je 6V1 - vlhká smrková bučina papratková (*Piceeto-Fagetum fraxinosum humidum* – *Athyrium filix femina*) s kambizemí mezotrofní oglejenou. 6. LVS byl určen na základě výskytu druhu *Polygonatum verticillatum*, což je druh horských smrčin a též na základě vyšší pokryvnosti druhem *Petasites albus* (vlhko až mokro a živiny) a dále druhy *Athyrium filix-femina* (přímo v ploše) a *Phyteuma spicatum* (asi 200 m od plochy).

Průměrný roční úhrn srážek za období 1961 – 1990 představoval pro oblast všech třech experimentálních řad podle údajů ČHMÚ 800 mm a průměrná roční teplota za stejné období dosahovala 7 °C.

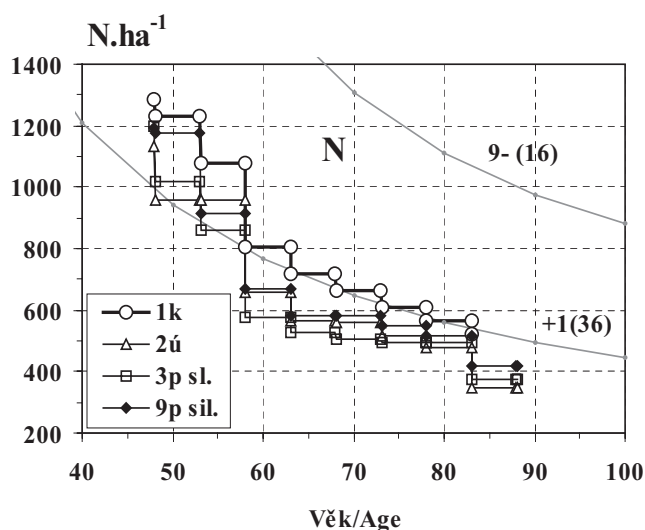
Experimenty byly založeny podle metodiky VÚLHM (PAŘEZ 1958). Popis prací, umístění a charakteristika výchovných zásahů včetně použitých metod při hodnocení výsledků jsou uvedeny v předchozím pří-



Obr. 1.

Umístění experimentálních řad Velké Karlovice I, II a III (Geobáze® 1997 – 2000) a výřez z typologické mapy LHC Velké Karlovice, LHP (1986)

Geographic location (Geobáze® 1997 – 2000) and stand map of experimental series Velké Karlovice I, II and III on Forest Management Plan



Obr. 2.

Vývoj počtu stromů N a výčetní kruhové základny G na srovnávacích plochách experimentální řady Velké Karlovice I ve věku 48 – 88 let v porovnání s růstovými tabulkami (ČERNÝ, PÁŘEZ, MALÍK 1996)

Number of trees (N) and basal area (G) on comparative plots of experimental series Velké Karlovice I in the age 48 – 88 years comparing with Growth tables (ČERNÝ, PÁŘEZ, MALÍK 1996)

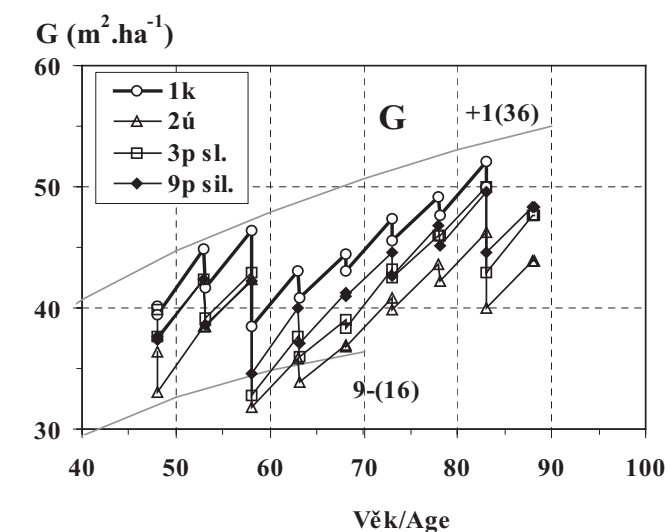
spěvku (SLODIČÁK, NOVÁK 2003). Experimentální řadu Velké Karlovice I tvoří čtyři dílčí srovnávací plochy (1k, 2ú, 3p a 9p), Velké Karlovice II tvoří dvě srovnávací plochy (1k a 2ú) a Velké Karlovice III tvoří dvě srovnávací plochy (1k a 2ú), každá o velikosti 50 x 50 m (plocha 2ú řady V. Karlovice III o velikosti 40 x 62,5), tj. 0,25 ha (obr. 1). Srovnávací plochy 1k jsou kontrolní, bez výchovy. Na těchto plochách se odstraňují pouze souše a případné zlomy či vývraty. Srovnávací plochy 2ú slouží ke sledování vlivu úrovnňových výchovných zásahů s pozitivním výběrem a na plochách 3p a 9p se uskutečňuje výchovný program s negativním výběrem s různou intenzitou v podúrovni (3p – mírné podúrovňové zásahy, 9p – silné podúrovňové zásahy). Kontrolní plocha 1k řady V. Karlovice I byla rozvrácena při likvidaci ohniska kůrovce po předposlední revizi v roce 1996. Při poslední revizi v roce 2000 byl na srovnávacích plochách 2ú a 3p a 9p vyznačen těžební zásah s cílem uvolnit zápoj a následně sledovat vývoj ponechaných stromů a výskyt přirozené obnovy.

Statistické analýzy byly provedeny pomocí softwaru UNISTAT® (verze 5.1) s využitím procedur ANOVA a Mnohonásobné porovnávání (Student-Newman-Keuls a Scheffe). Datové soubory s údaji o výčetní tloušťce (d , d_{200}) byly testovány jednak pomocí parametrických testů (t-test) a jednak pomocí vícevýběrových neparametrických testů (Kruskal-Wallisova jednofaktorová analýza rozptylu – metody: t-rozdělení, srovnání s kontrolní skupinou - Dunnett, Dunn). Tloušťkové struktury porostů na dílčích srovnávacích plochách byly analyzovány pomocí testů dobré shody (χ^2). Pro všechny provedené analýzy byla použita hladina významnosti 0,95 (MELOUN, MILITKÝ 1998).

Průběh experimentu Velké Karlovice I

V době založení experimentální řady Velké Karlovice I v roce 1960 dosáhl věk sledovaného porostu 48 let. Jednalo se o smrkovou monokulturu o hustotě 1 132 až 1 288 jedinců na 1 hektar. Porost vznikl výsadbou smrku v letech 1910 až 1912.

Před prvními experimentálními zásahy nebyl sledovaný porost vychováván. Svědčí o tom výrazná tloušťková diferenciace (v porostu se před prvními experimentálními zásahy vyskytovali jedinci s výčetní tloušťkou od 6 do 34 cm, obr. 3 a 4).



Z porovnání základních sledovaných charakteristik (tab. 1, obr. 2) je zřejmé, že výchozí stav porostů na dílčích srovnávacích plochách byl před prvními zásahy srovnatelný.

Střední výčetní tloušťka d se pohybovala od 19,9 cm (pl. 1k) do 20,6 cm (pl. 3p), horní porostní tloušťka, chápaná jako průměrná výčetní tloušťka 200 nejsilnějších stromů na 1 ha (d_{200}), od 26,9 cm (1k) do 28,0 cm (3p). Rovněž rozdíly ve střední a horní porostní výšce (h 20,3 až 21,2 m a h_{200} 24,4 až 25,1 m) byly minimální. Rozdíly ve sledovaných charakteristikách (N, G, d , h , h_{200}) byly shledány statisticky nevýznamnými. Výjimku tvoří tloušťka d_{200} , která vykazovala průkazně nižší hodnoty na kontrolní ploše 1k ve vztahu k variantám 2ú a 3p (obr. 8).

Počet stromů a výčetní kruhová základna

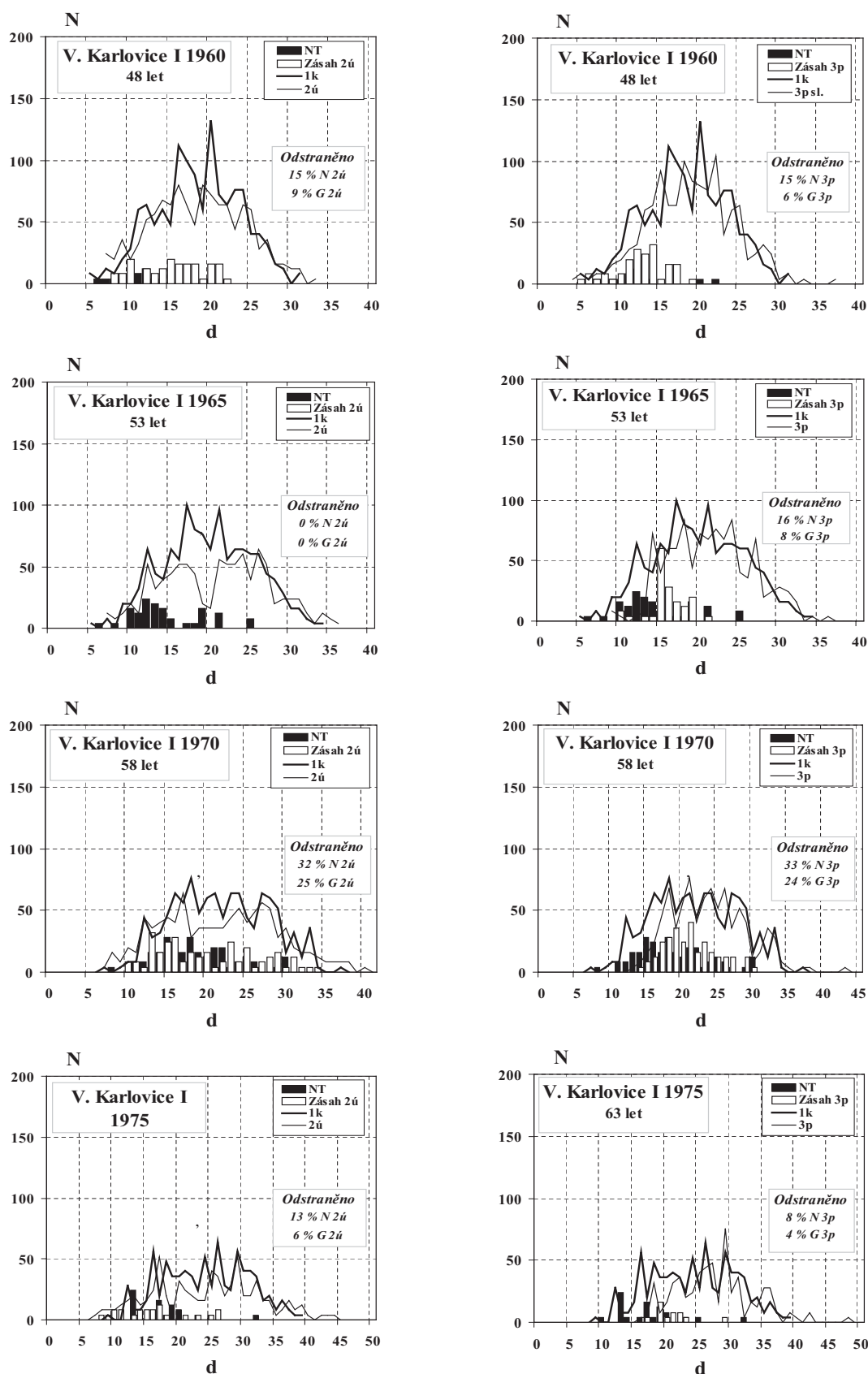
Při prvním výchovném zásahu, provedeném ve věku 48 let, bylo v porostu srovnávací plochy 2ú pozitivním výběrem v úrovni odstraněno 15 % stromů (N) tvořících 9 % výčetní kruhové základny (G). V porostu srovnávací plochy 3p bylo negativním výběrem v podúrovni odebráno rovněž 15 % počtu stromů N tvořících 6 % výčetní základny G. Srovnávací plocha 9p zůstala ve věku 48 let bez zásahu. Umístění zásahů v porostní struktuře je zřejmé z obr. 3 a 4. Zásahy se opakovaly až do věku 63 let (1975) v pětiletých periodách a bylo při nich odebráno pozitivním výběrem v úrovni 0 %, 32 % a 13 % N (0 %, 25 % a 6 % G) na srovnávací ploše 2ú a negativním výběrem v podúrovni na srovnávací ploše 3p 16, 33 a 8 % N (8, 24 a 4 % G) a na ploše 9p 22, 27 a 13 % N (9, 18 a 7 % G).

Po třech zásazích na plochách 2ú a 9p a čtyřech zásazích na ploše 3p v pětiletých periodách, tj. 20 let po zahájení experimentu (rok 1980, věk 68 let), zůstalo:

- na kontrolní ploše 1k celkem 720 stromů (mortalita 568 stromů),
- na srovnávací ploše 2ú celkem 568 stromů (při výchově odstraněno 564 stromů),
- na srovnávací ploše 3p celkem 528 stromů (při výchově odstraněno 668 jedinců),
- na srovnávací ploše 9p celkem 584 stromů (při výchově odstraněno 608 jedinců).

Výčetní kruhová základna G dosáhla ve věku 62 let:

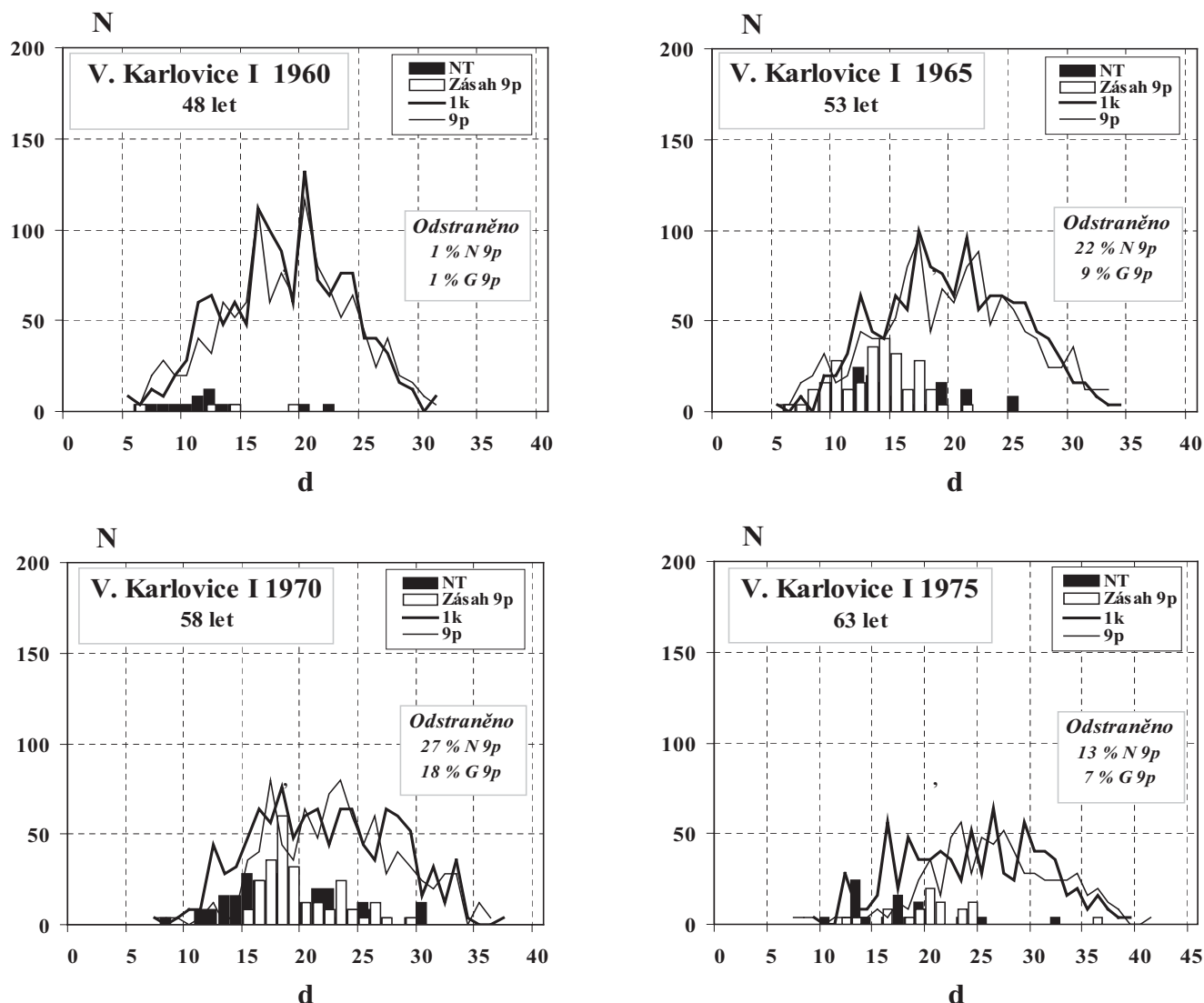
- na kontrolní ploše 1k – 44,4 m² (vzestup o 4,2 m²),
- na srovnávací ploše 2ú – 37,0 m² (vzestup o 0,6 m²),



Obr. 3.

Tloušťková struktura a provedené výchovné zásahy v porovnání s mortalitou na kontrolní ploše 1k bez zásahu a na srovnávacích plochách 2ú (vlevo) a 3p (vpravo) na experimentální řadě Velké Karlovice I ve věku 48 – 63 let (NT – nahodilá těžba, N – počet stromů na 1 ha, d – tloušťka v cm)

Diameter structure and experimental thinning comparing with mortality on control plot 1k without thinning and on comparative plots 2ú (left) and 3p (right) on Velké Karlovice I experimental series in the age of 48 – 63 years (NT – salvage cut, Zásah – thinning, N – number of trees per hectare, d – diameter in cm, odstraněno/removed)



Obr. 4.

Thloušťková struktura a provedené výchovné zásahy v porovnání s mortalitou na kontrolní ploše 1k bez zásahu a na srovnávací ploše 9p na experimentální řadě Velké Karlovice I ve věku 48 – 63 let (NT – nahodilá těžba, N – počet stromů na 1 ha, d – tloušťka v cm). Diameter structure and experimental thinning comparing with mortality on control plot 1k without thinning and on comparative plot 9p on Velké Karlovice I experimental series in the age of 48 – 63 years (NT – salvage cut, Zásah – thinning, N – number of trees per hectare, d – diameter in cm, odstraněno/removed)

- na srovnávací ploše 3p – 39,0 m² (pokles o 0,9 m²),
- na srovnávací ploše 9p – 41,2 m² (vzestup o 3,6 m²).

Periodní přírůst na výčetní kruhové základně (ve věku 48 – 68 let) představoval po započtení záměrně vytěžených stromů při výchovných zásazích na plochách 2ú, 3p a 9p – 16,7, 16,3 a 18,2 m² a byl tedy na plochách 2ú a 3p o 1,3 a 1,7 m² menší a na ploše 9p o 0,2 m² větší než na ploše kontrolní (18,0 m² včetně nahodilé těžby).

Od posledního výchovného zásahu ve věku 63 let (1975) se všechny čtyři porosty výzkumné řady vyvíjely bez dalšího záměrného ovlivňování. Odstraňovaly se pouze souše a nahodile vznikající polomy a vývraty. V roce 1996 byla rozvrácena kontrolní plocha 1k bez výchovy po likvidaci ohniska kůrovce a při poslední revizi v roce 2000 (věk 88 let) byly již měřeny a hodnoceny pouze varianty s výchovou, na kterých se počet stromu samovolně snížil:

- na srovnávací ploše 2ú na 348 stromů (mortalita 220 jedinců),
- na srovnávací ploše 3p na 372 stromů (mortalita 156 jedinců),
- na srovnávací ploše 9p na 420 stromů (mortalita 164 jedinců).

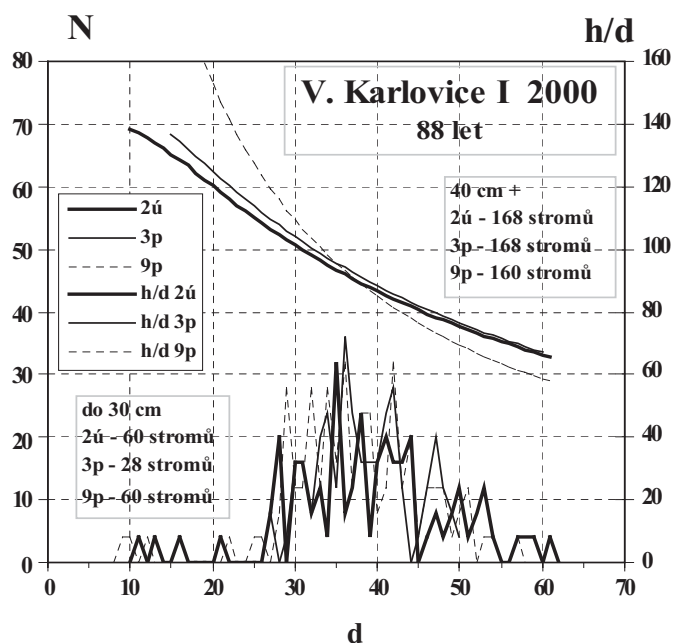
Výčetní kruhová základna G dosáhla při poslední revizi ve věku porostu 88 let, tj. 40 let po zahájení experimentu, na plochách s výchovou 2ú,

3p a 9p 43,9, 47,6 a 48,4 m² a byla o 3,7 až 8,2 m² nižší než na kontrole 1k před polomem ve věku 83 let (52,1 m²).

Po započtení výčetní kruhové základny všech vytěžených stromů (tedy včetně souší a polomů) byl nárůst výčetní kruhové základny ve sledovaném období na srovnávacích plochách s výchovou 2ú, 3p a 9p o 2,1, 3,2 a 3,9 m² větší než na kontrole 1k bez výchovy (30,3 m² na kontrole před polomem a 32,4, 33,5 a 34,2 m² na plochách 2ú, 3p a 9p).

Na kontrolní ploše 1k však bylo 68 % (20,6 m²) přírůstu kruhové základny tvořeno soušemi a zlomy, zatímco na srovnávacích plochách 2ú, 3p a 9p s výchovou zlomy a souše představovaly shodně 27, 25 a 26 % (8,8, 8,5 a 8,8 m²). Vzhledem k tomu, že se nedochovaly údaje o podílu zlomů a vývrátů při zásazích ve věku 58 let, kdy byly všechny porosty experimentální řady Velké Karlovice I silně poškozeny sněhem, jsou data o podílu nahodilé těžby pouze orientační.

Po započtení základny G stromů vytěžených při zásazích (nahodile těžené souše a zlomy nebyly započítány na kontrole za celou dobu sledování a na zásahových plochách ve věku 68 až 88 let) byl přírůst výčetní kruhové základny za období sledování experimentu (věk 48 – 88 let):



Obr. 5.

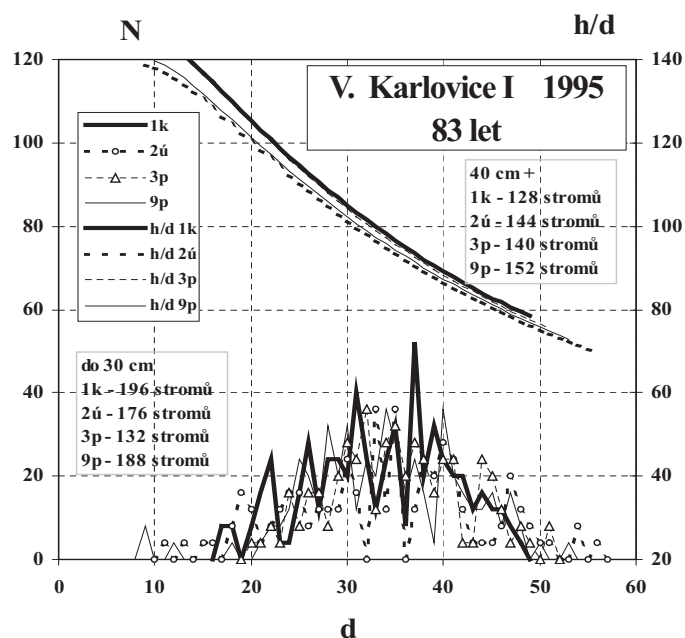
Tloušťková struktura a štihllostní kvocient podle tloušťkových stupňů na experimentální řadě Velké Karlovice I při poslední revizi ve věku 88 let (N – počet stromů na 1 ha, d – tloušťka v cm)
Diameter structure and h/d ratio for diameter classes on experimental series Velké Karlovice I (last revision) in the age of 88 years (N – number of trees per hectare, d – diameter in cm)

- na kontrolní ploše 1k – 9,8 m²,
- na srovnávací ploše 2ú – 23,6 m²,
- na srovnávací ploše 3p – 25,0 m²,
- na srovnávací ploše 9p – 25,4 m².

Tloušťková struktura

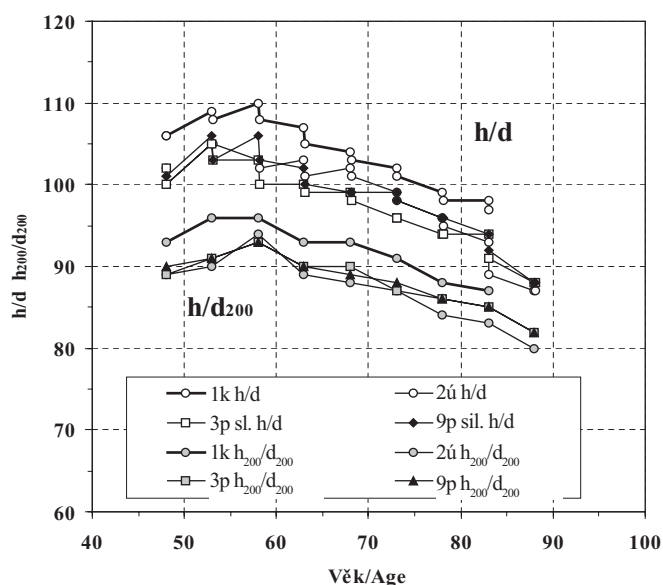
Efekt výchovy na tloušťkovou strukturu experimentálních porostů byl sledován od roku 1960 do roku 1975, tj. v období, kdy byly prováděny výchovné zásahy, v pětiletých intervalech vždy k datu vyznačení a provedení zásahů. Na grafech (obr. 3 a 4) je znázorněno rozdělení stromů do tloušťkových tříd před provedením zásahů (čárový graf) a vyznačeno jednak umístění výchovného zásahu (bílé sloupce) a jednak mortalita na kontrolní ploše 1k (černé sloupce). Z obr. 3 a 4 je patrné, že před zahájením experimentu v roce 1960 (věk porostu 48 let) byla tloušťková struktura na srovnávacích plochách téměř identická. Z umístění výchovných zásahů v porostní struktuře je zřejmé, že charakter pozitivního výběru v úrovni na srovnávací ploše 2ú byl dodržen při prvním i při třetím a čtvrtém výchovném zásahu. Druhý zásah ve věku 53 let (1965) byl na této srovnávací ploše 2ú vypuštěn. Při třetím a částečně i při čtvrtém zásahu ve věku 58 a 63 let bylo nutné z porostu odstraňovat také četné jednotlivé zlomy, vývraty a také souše a tak se umístění zásahů ve struktuře porostů vyznačuje vrcholem v levé části spektra rovněž na srovnávací ploše 2ú. Posun výchovných zásahů do vyšších tloušťkových stupňů oproti přirozené mortalitě byl patrný na všech třech srovnávacích plochách s výchovou.

Při poslední revizi třech zbývajících ploch řady ve věku 88 let byly v experimentálních porostech zastoupeny stromy o tloušťce od 11 do 61 cm (obr. 5). Nejnižší tloušťkové třídy do 30 cm s nejvyšším a nejméně příznivým štihllostním kvocientem (100 – 140) byly nejvíce zastoupeny na variantách 2ú a 9p, kde bylo těchto jedinců v přepočtu na 1 hektar shodně 60. Na srovnávací ploše 3p s negativním výběrem klesl počet stromů s výčetním průměrem do 30 cm o 63 % (na 28). Počet nejsilnějších stromů s výčetní tloušťkou 40 cm a více s relativně příznivějším



Obr. 6.

Tloušťková struktura a štihllostní kvocient podle tloušťkových stupňů na experimentální řadě Velké Karlovice I při předposlední revizi ve věku 83 let (N – počet stromů na 1 ha, d – tloušťka v cm)
Diameter structure and h/d ratio for diameter classes on experimental series Velké Karlovice I (foregoing revision) in the age of 83 years (N – number of trees per hectare, d – diameter in cm)



Obr. 7.

Vývoj štihllostního kvocientu středního kmene a horního stromového patra na experimentální řadě Velké Karlovice I ve věku 48 – 88 let

Development of h/d ratio of mean stem and upper tree story (200 thickest trees per hectare) on experimental series Velké Karlovice I in the age of 48 – 88 years

štihllostním kvocientem (87 – 58) byl na všech třech srovnávacích variantách 2ú, 3p a 9p téměř stejný (168, 168 a 160).

Porovnání variant s výchovou s kontrolním porostem bez výchovy bylo možné provést na datech z předposlední revize ve věku 83 let (1995), tedy ještě před zničením kontrolní plochy v roce 1997 (obr. 6). Největší počet tenkých stromů s výčetní tloušťkou do 30 cm a s velmi nepříznivým štihllostním kvocientem 105 až 146 byl na kontrolní ploše 1k

Velké Karlovice I	1960				1965				1970				1975				1980		NT 68-88 let	NT 48-88 let	2000 88 let Sdruž. porost	Přírůst 48-88 let	Přírůst -NT	ÚTP 48-63 let
	48 let				53 let				58 let				63 let				68 let							
	Sdruž. porost	T	T%	Hlavní porost	Sdruž. porost	T	T%	Hlavní porost	Sdruž. porost	T	T%	Hlavní porost	Sdruž. porost	T	T%	Hlavní porost	Sdruž. porost							
1k	1288	56	4	1232	1232	156	13	1076	1076	268	25	808	808	88	11	720	720	200	768	568*	-	-	-	-
2ú	1132	172	15	960	960	0	0	960	960	304	32	656	656	88	13	568	568	220	220	348	-	-	-	564
3p	1196	176	15	1020	1020	160	16	860	860	284	33	576	576	48	8	528	528	156	156	372	-	-	-	668
9p	1192	16	1	1176	1176	260	22	916	916	248	27	668	668	84	13	584	584	164	164	420	-	-	-	608
1k	40,2	0,7	2	39,5	44,8	3,1	7	41,7	46,4	7,8	17	38,5	43,0	2,2	5	40,8	44,4	6,7	20,6	52,1*	-	-	9,8	-
2ú	36,4	3,4	9	33,0	38,5	0	0	38,5	42,4	10,7	25	31,8	35,9	2,0	6	33,9	37,0	8,8	8,8	43,9	32,4	23,6	16,1	17,3
3p sl.	39,9	2,3	6	37,6	42,3	3,2	8	39,2	42,9	10,1	24	32,8	37,7	1,7	4	36,0	39,0	8,5	8,5	47,6	33,5	25,0	17,3	17,3
9p	37,6	0,2	1	37,3	42,4	3,8	9	38,6	42,2	7,7	18	34,6	40,0	2,9	7	37,1	41,2	8,8	8,8	48,4	34,2	25,4	14,6	14,6
1k	19,9	12,8	-	20,2	21,5	15,9	-	22,2	23,5	19,3	-	24,6	26,0	17,6	-	26,9	28,0	-	-	34,2*	9,6	-	-	-
2ú	20,3	15,9	-	20,9	22,6	-	-	22,6	23,7	21,2	-	24,8	26,4	16,9	-	27,6	28,8	-	-	40,1	12,0	-	-	-
3p	20,6	12,8	-	21,7	23,0	15,9	-	24,1	25,2	21,3	-	26,9	28,9	21,0	-	29,5	30,7	-	-	40,4	12,4	-	-	-
9p	20,0	13,6	-	20,1	21,4	13,6	-	23,2	24,2	19,8	-	25,7	27,6	20,9	-	28,4	30,0	-	-	38,3	11,8	-	-	-
1k	21,2	15,6	-	21,4	23,4	18,9	-	23,9	25,8	22,7	-	26,5	27,8	22,2	-	28,3	29,3	-	-	33,4*	9,0	-	-	-
2ú	20,6	17,4	-	21,0	23,8	-	-	23,8	24,6	22,7	-	25,4	27,3	21,3	-	27,8	29,3	-	-	35,0	10,6	-	-	-
3	21,0	15,0	-	21,6	24,2	19,9	-	24,9	24,7	21,1	-	26,2	28,9	24,8	-	29,1	30,3	-	-	35,5	10,3	-	-	-
9p	20,3	15,3	-	20,4	22,8	16,8	-	23,9	25,9	23,1	-	25,6	28,1	24,3	-	28,5	29,7	-	-	33,8	11,3	-	-	-
1k	106	121	-	106	109	119	-	108	110	118	-	108	107	126	-	105	104	-	-	98*	-	-	-	-
2ú	102	110	-	100	105	-	-	105	103	107	-	102	103	126	-	101	102	-	-	87	-	-	-	-
3p	102	117	-	100	105	125	-	103	98	99	-	97	100	118	-	99	99	-	-	88	-	-	-	-
9p	101	112	-	101	106	123	-	103	107	117	-	99	102	117	-	100	99	-	-	88	-	-	-	-
1k	26,9	-	-	-	29,2	-	-	-	31,2	-	-	-	33,5	-	-	-	35,1	-	-	41,2*	14,3	-	-	-
2ú	27,8	-	-	-	30,5	-	-	-	32,5	-	-	-	34,5	-	-	-	36,2	-	-	45,3	17,5	-	-	-
3p	28,0	-	-	-	30,1	-	-	-	31,9	-	-	-	34,4	-	-	-	35,9	-	-	44,9	16,9	-	-	-
9p	27,2	-	-	-	29,6	-	-	-	31,4	-	-	-	34,2	-	-	-	36,0	-	-	44,1	16,9	-	-	-
1k	25,1	-	-	-	28,0	-	-	-	30,1	-	-	-	31,1	-	-	-	32,5	-	-	35,9*	10,1	-	-	-
2ú	24,7	-	-	-	27,5	-	-	-	30,2	-	-	-	30,6	-	-	-	32,0	-	-	36,3	11,6	-	-	-
3p	24,9	-	-	-	27,5	-	-	-	30,1	-	-	-	31,0	-	-	-	32,2	-	-	36,9	12,0	-	-	-
9p	24,4	-	-	-	27,0	-	-	-	29,2	-	-	-	30,8	-	-	-	31,9	-	-	36,3	11,9	-	-	-
1k	93	-	-	-	96	-	-	-	96	-	-	-	93	-	-	-	93	-	-	87*	-	-	-	-
2ú	89	-	-	-	90	-	-	-	93	-	-	-	89	-	-	-	88	-	-	80	-	-	-	-
3p	89	-	-	-	91	-	-	-	94	-	-	-	90	-	-	-	90	-	-	82	-	-	-	-
9p	90	-	-	-	91	-	-	-	93	-	-	-	90	-	-	-	89	-	-	82	-	-	-	-

Pozn.: NT – nahodilá těžba, T – výchovný zásah, (případně těžba souší a zlomů), Sdružený porost (porost včetně souší, zlomů a stromů vyznačených k těžbě), Hlavní porost (porost po provedení výchovného zásahu a po odstranění souší a zlomů), 1k – kontrolní porost bez výchovy, 2ú – srovnávací plocha s pozitivním výběrem v úrovni, 3p – srovnávací plocha s negativním výběrem v podúrovni (slabší zásah), 9p – srovnávací plocha s negativním výběrem v podúrovni (silnější zásah), N – počet stromů, G – výčetní tloušťka základna, d – výčetní tloušťka středního kmene, h – střední výška, h/d – štíhlostní kvocient, d_{200} – průměrná výčetní tloušťka 200 nejsilnějších stromů na 1 hektar, h_{200} – průměrná výška 200 nejsilnějších stromů na 1 hektar, h_{200}/d_{200} – štíhlostní kvocient 200 nejsilnějších stromů na 1 hektar, * - údaj z předposlední revize

Note: Přírůst – increment, NT – salvage cut, T – thinning, Sdružený porost – before thinning (including dead individuals and trees marked for thinning), Hlavní porost – after thinning (stand after thinning and after removing of dead individuals), 1k – control plot without thinning, 2ú – comparative plot with thinning from above, 3p – comparative plot with light thinning from below, 9p – comparative plot with heavy thinning from below, N – number of trees, G – basal area, d – diameter breast height of the mean stem, h – mean height, h/d – quotient of slenderness, d_{200} – diameter of 200 thickest trees, h_{200} – height of 200 thickest trees, h_{200}/d_{200} – quotient of slenderness of 200 thickest trees, * - data from foregoing revision

Tab. 1.

Základní údaje o vývoji experimentu Velké Karlovice I

Basic data on Velké Karlovice I experimental series

bez výchovy (196 jedinců). Na plochách s výchovou, ať již s pozitivním výběrem v úrovni (2ú) nebo s negativním výběrem v podúrovni (3p a 9p), byl počet těchto nejtenčích a nejlabilnějších jedinců nižší (o 4 % na ploše 9p, o 10 % na ploše 2ú a o 33 % na ploše 3p). Naopak počet jedinců s výčetní tloušťkou 40 cm a více s příznivým štihlостním kvocien-tem 89 až 66 byl na plochách s výchovou 2ú, 3p a 9p o 13, 9 a 19 % vyšší než na kontrole (kontrola 128 jedinců, plochy 2ú, 3p a 9p 144, 140 a 152 jedinců). Rozdělení četností v tloušťkových stupních bylo ve srovnání se všemi variantami signifikantně odlišné pouze na ploše 2ú.

Statická stabilita

Statická stabilita experimentálních porostů posuzovaná štihlостním kvocien-tem středního kmene a štihlостním kvocien-tem horního stromového patra byla od počátku pokusu nepříznivá.

Před zahájením experimentu v roce 1960 se štihlостní kvocien-tem středního kmene na všech čtyřech srovnávacích plochách pohyboval od 101 na variantě 9p do 106 na kontrole (tab. 1, obr. 7). Kulminace vzestupu byla zaznamenána na kontrole a na ploše 9p s podúrovňovými zásahy při třetí revizi ve věku 58 let (hodnoty 110 a 107). Na srovnávacích plochách 2ú a 3p byla kulminace zaznamenána již při druhé revizi. Další vývoj štihlостního kvocientu měl na všech plochách klesající tendenci především v důsledku mortality stromů s nejvyšším kvocien-tem, podpořenou početními posuny na variantách s výchovou.

Plochy této série byly opakovaně poškozovány sněhem a větrem. Nejsilnější škody sněhem byly zaznamenány v roce 1970 (věk 58 let), kdy muselo být z kontrolní plochy odstraněno 25 % stromů tvořících 17 % výčetní kruhové základny. Menší poškození v rozsahu 13 a 11 % N (7 a 5 % G) se vyskytlo také v letech 1965 a 1975 (věk 53 a 63 let). V roce 1997 (věk 85 let) pak byla kontrolní plocha této řady kompletně zničena při likvidaci ohniska kůrovce a její sledování bylo ukončeno.

Z tloušťkové struktury odstraněných stromů a jejich velmi vysokých štihlостních kvocien-ťů je zřejmé, že se poškození vyskytovalo v průběhu sledování experimentu i na plochách s výchovou. Následkem opakovaného poškození se hustota srovnávacích porostů a jejich výčetní kruhová základna přiblížila a efekt výchovy se minimalizoval.

Při předposlední revizi v roce 1995 (83 let), kdy byla celá řada ještě kompletní, byl na variantách s výchovou štihlостní kvocien-tem středního kmene 93 až 94 a štihlостní kvocien-tem horního stromového patra 83 až 85, zatímco na kontrole dosahovala hodnota h/d středního kmene 98 a horního stromového patra 87.

Při poslední revizi v roce 2000 (věk 88 let) štihlостní kvocien-tem středního kmene a horního stromového patra na variantách s výchovou dále poklesl (87 až 88 – střední kmen a 80 až 82 – horní stromové patro).

Provedená analýza d_{200} potvrdila signifikantně rozdílné hodnoty na variantě 2ú, které se však ve srovnání s kontrolní variantou statisticky významně lišily po celou dobu sledování (obr. 8).

Závěry z experimentu Velké Karlovice I

- Od počátku sledování (věk 48 let) se výčetní kruhová základna na experimentální řadě Velké Karlovice I až do věku 58 let na všech čtyřech srovnávacích plochách zvyšovala. Od věku 63 let (1975), kdy byl ukončen program výchovy, se všechny čtyři porosty výzkumné řady vyvíjely bez dalšího záměrného ovlivňování. Odstraňovaly se pouze souše a nahodile vznikající polomy a vývraty. Za 35 let sledování základna kontrolního porostu přirostla o 30,3 m², z toho však 20,6 m² (68 %) tvořily souše a zlomy. Na plochách 2ú, 3p a 9p s výchovnými zásahy přirostlo za 40 let sledování 32,4, 33,5 a 34,2 m² G a souše a zlomy zde tvořily pouze 8,8, 8,5 a 8,8 m² (27, 25

a 26 %). Na experimentální řadě Velké Karlovice I byl tedy zaznamenán pozitivní přírůstový efekt výchovy na výčetní kruhovou základnu G v rozsahu ca 2,1, 3,2 a 3,9 m², tj. ca 7, 11 a 13 % ve srovnání s kontrolou bez výchovy rozvrácenou při likvidaci ohniska kůrovce ve věku 84 let (1996).

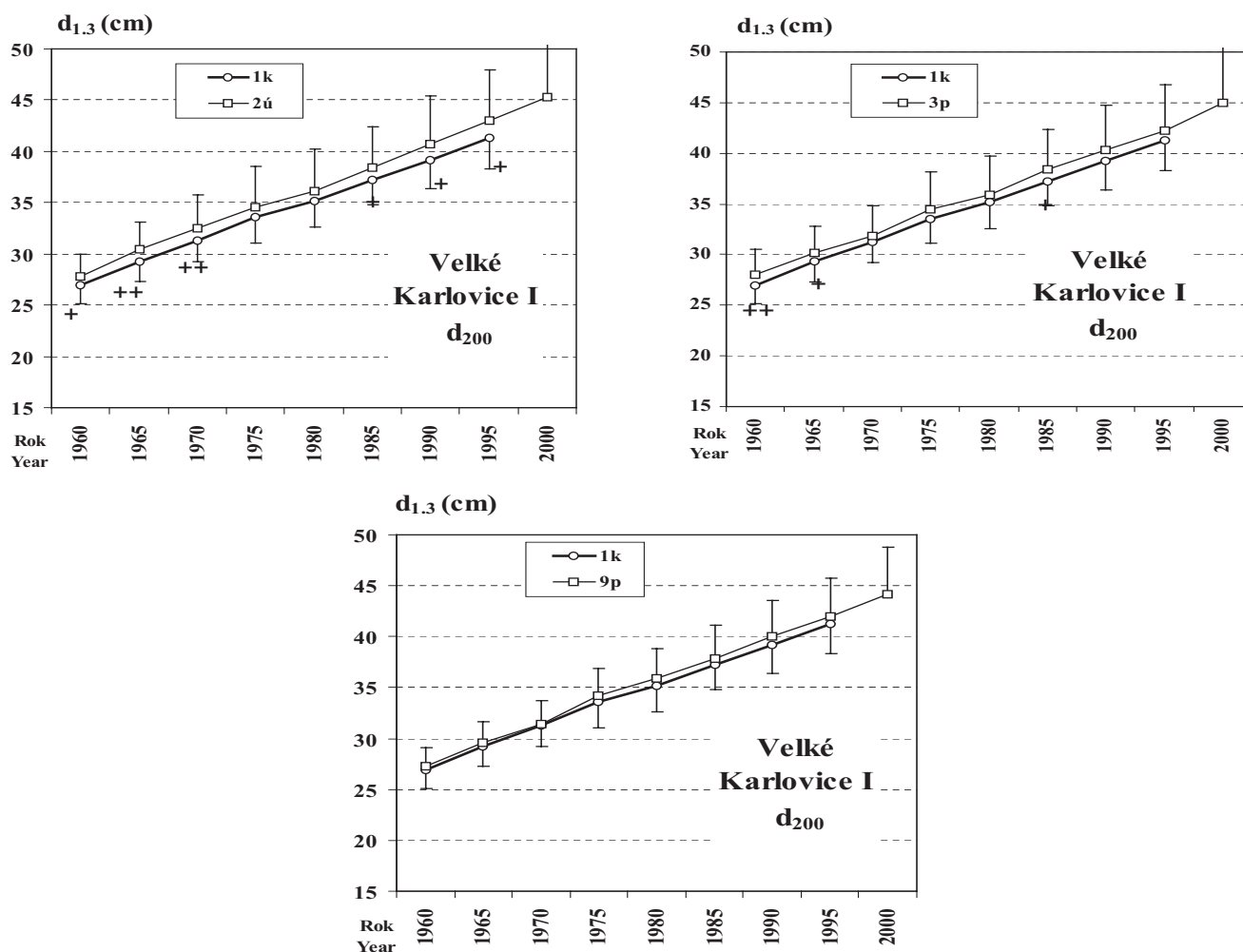
- Úrovňové (2ú) a podúrovňové (3p a 9p) výchovné zásahy se po 35 letech sledování projevíly nižším zastoupením nejslabších tloušťkových tříd. Největší počet tenkých stromů s výčetní tloušťkou do 30 cm a s velmi nepříznivým štihlостním kvocien-tem 105 až 146 byl na kontrolní ploše 1k bez výchovy (196 jedinců). Na plochách s výchovou byl počet těchto nejtenčích a nejlabilnějších jedinců nižší o 4 % na ploše 9p, o 10 % na ploše 2ú a o 33 % na ploše 3p (188, 176 a 132 na variantách 9p, 2ú a 3p). Naopak počet jedinců s výčetní tloušťkou 40 cm a více s příznivým štihlостním kvocien-tem 89 až 66 byl na plochách s výchovou 2ú, 3p a 9p o 13, 6 a 19 % vyšší než na kontrole (kontrola 128 jedinců, plochy 2ú, 3p a 9p 144, 136 a 119 jedinců). Rozdělení četností v tloušťkových stupních bylo ve srovnání se všemi variantami signifikantně odlišné pouze na ploše 2ú.
- Statická stabilita experimentálních porostů posuzovaná štihlостním kvocien-tem byla výchovnými zásahy ovlivněna pouze odstraněním nejlabilnější porostní složky při výchovných zásazích a nárůstem podílu stromů ve vyšších tloušťkových stupních s příznivějšími statickými vlastnostmi na variantách s výchovou. Před zahájením experimentu v roce 1960 se štihlостní kvocien-tem středního kmene na všech čtyřech srovnávacích plochách pohyboval od 101 na variantě 9p do 106 na kontrole. Kulminace vzestupu byla zaznamenána na kontrole a na ploše 9p s podúrovňovými zásahy při třetí revizi ve věku 58 let (hodnoty 110 a 107). Na srovnávacích plochách 2ú a 3p byla kulminace zaznamenána již při druhé revizi. Další vývoj štihlостního kvocientu měl na všech plochách klesající tendenci především v důsledku mortality stromů s nejvyšším kvocien-tem, podpořenou početními posuny na variantách s výchovou. Při předposlední revizi v roce 1995 (83 let), kdy byla celá řada ještě kompletní, byl na variantách s výchovou štihlостní kvocien-tem středního kmene 93 až 94 a štihlостní kvocien-tem horního stromového patra 83 až 85, zatímco na kontrole dosahovala hodnota h/d středního kmene 98 a horního stromového patra 87. V roce 1996 (84 let) byla nejlabilnější kontrolní plocha rozvrácena při likvidaci ohniska kůrovce. Při poslední revizi v roce 2000 (věk 88 let) štihlостní kvocien-tem středního kmene a horního stromového patra na variantách s výchovou dále poklesl (87 až 88 – střední kmen a 80 až 82 – horní stromové patro).

Průběh experimentu Velké Karlovice II

V době založení experimentální řady Velké Karlovice II v roce 1960 dosáhl věk sledovaného porostu 48 let. Jednalo se o smrkovou monokulturu o hustotě 1 480 (1k) a 1 528 (2ú) jedinců na 1 hektar. Podle údajů z historického průzkumu porost vznikl přirozeným zmlazením doplněným výsadbou po holoseči v roce 1912.

Před prvními experimentálními zásahy nebyl sledovaný porost vychováván. Svědčí o tom výrazná tloušťková diferenciace (v porostu se před prvními experimentálními zásahy vyskytovali jedinci s výčetní tloušťkou od 5 do 34 cm, obr. 10).

Z porovnání základních sledovaných charakteristik (tab. 2, obr. 9) je zřejmé, že výchozí stav porostů na dílčích srovnávacích plochách byl před prvními zásahy srovnatelný. Střední výčetní tloušťka d zde dosahovala 18,0 cm a 17,6 cm, horní porostní tloušťka, chápaná jako průměrná výčetní tloušťka 200 nejsilnějších stromů na 1 ha (d_{200}), 27,4 a 26,7 cm. Rovněž rozdíly mezi variantami ve střední a horní porostní výšce (h 19,8 a 19,3 m a h_{200} 25,2 a 24,9 m) byly zanedbatelné. Rozdíly ve všech sledo-



Obr. 8.

Vývoj výčetní tloušťky d_{200} (se směrodatnými odchylkami) dominantních stromů (200 nejsilnějších jedinců na hektar) na výzkumné řadě Velké Karlovice I (porovnání variant 1k a 2ú vlevo nahoře, 1k a 3p vpravo nahoře a 1k a 9p dole) v období 1960 – 2000 (věk 48 – 88 let). Signifikantnost rozdílů je uvedena na hladině významnosti 0,95 (+) a 0,99 (++)

Development of diameter d_{200} (with standard deviations) of dominant trees (200 thickest individuals per hectare) on experimental series Velké Karlovice I (comparison between variants 1k and 2ú – left above, 1k and 3p – right above and 1k and 9p – below) in the period 1960 – 2000 (age 48 – 88 years). Significant differences on confidence level 0.95 (+) and 0.99 (++) are showed.

vaných charakteristikách (N , G , d , h , h_{200} , d_{200}) byly shledány statisticky nevýznamnými.

Počet stromů a výčetní kruhová základna

Při prvním výchovném zásahu, provedeném ve věku 48 let, bylo v porostu srovnávací plochy 2ú pozitivním výběrem v úrovni odstraněno 14 % stromů (N) tvořících 8 % výčetní kruhové základny (G). Umístění zásahů v porostní struktuře je zřejmé z obr. 10. Zásahy se opakovaly až do věku 63 let (1975) v pětiletých periodách a bylo při nich na srovnávací ploše 2ú odebráno pozitivním výběrem v úrovni 14, 21 a 22 % N (7, 14 a 10 % G).

Po čtyřech výchovných zásazích v pětiletých periodách, tj. dvacet let po zahájení experimentu (rok 1980, věk 68 let), zůstalo:

- na kontrolní ploše 1k celkem 912 stromů (mortalita 568 stromů),
- na srovnávací ploše 2ú celkem 696 stromů (při výchově odstraněno 832 stromů).

Výčetní kruhová základna G dosáhla ve věku 68 let:

- na kontrolní ploše 1k – 45,7 m² (zvýšení o 8,0 m²),
- na srovnávací ploše 2ú – 38,8 m² (zvýšení o 1,7 m²).

Periodní přírůst na výčetní kruhové základně (ve věku 48 – 68 let)

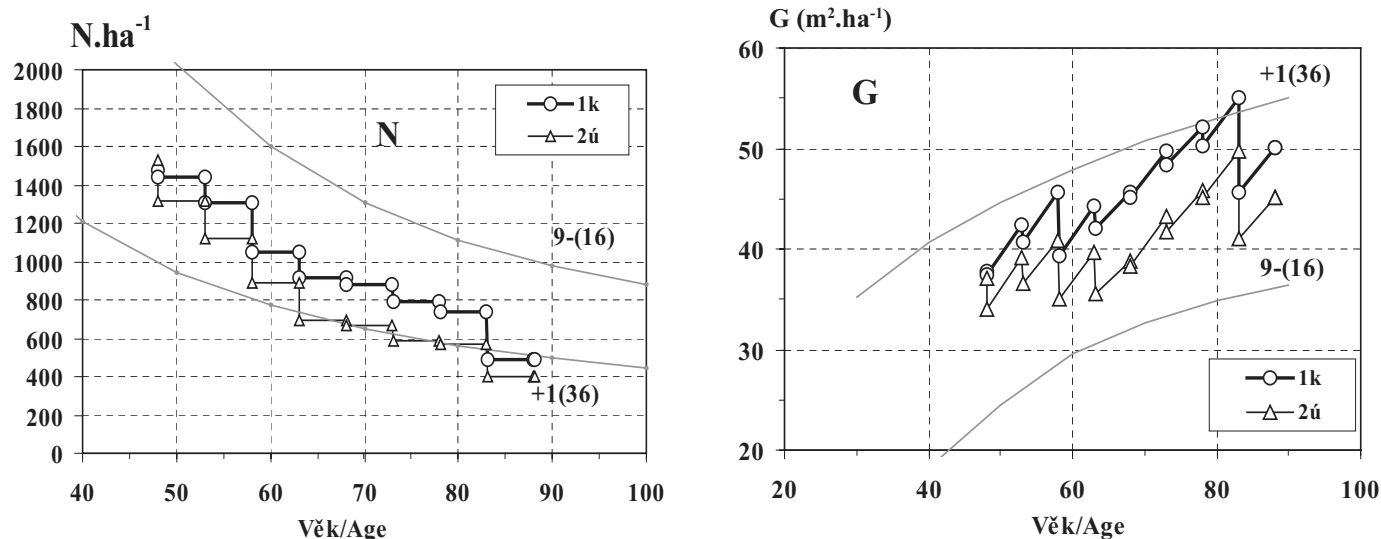
představoval po započtení záměrně vytěžených stromů při výchovných zásazích na plochách 2ú – 17,3 m² a byl tedy o 9,4 m² větší než na ploše kontrolní (7,9 m²).

Od posledního (čtvrtého) výchovného zásahu ve věku 63 let (1975) se oba porosty výzkumné řady vyvíjely bez záměrného ovlivňování. Odstraňovaly se pouze souše a nahodile vznikající polomy a vývraty. Počet stromů se do poslední revize v roce 2000 (věk 88 let) samovolně snížil:

- na kontrolní ploše 1k na 488 stromů (mortalita ve věku 48 – 88 let 992 jedinců),
- na srovnávací ploše 2ú na 400 stromů (zásahy 832 a mortalita 296 jedinců).

Mortalita v posledních 20 letech sledování (věk porostů 68 – 88 let) představovala na kontrolní ploše 424 (46 %) jedinců, zatímco na srovnávací ploše 2ú s pozitivním výběrem v úrovni (prováděném ve věku 48 – 63 let) bylo v posledních 20 letech nahodile odstraněno 296 stromů (43 % stavu sdruženého porostu ve věku 68 let).

Největší úbytek stromů byl zaznamenán na kontrolní ploše 1k při předposlední osmé revizi ve věku 83 let (1995), kdy ubylo po větrném polomu 34 % počtu (248 stromů) a 17 % výčetní kruhové základny G



Obr. 9.

Vývoj počtu stromů N a výčetní kruhové základny G na srovnávacích plochách experimentální řady Velké Karlovice II ve věku 48 – 88 let v porovnání s růstovými tabulkami (ČERNÝ, PAŘEZ, MALÍK 1996)

Number of trees (N) and basal area (G) on comparative plots of experimental series Velké Karlovice II in the age 48 – 88 years comparing with Growth tables (ČERNÝ, PAŘEZ, MALÍK 1996)

(9,5 m²). Poškození experimentálního porostu takového rozsahu se během sledování nevyskytlo. Nahodilá těžba představovala na kontrole při jednotlivých revizích ca 3 až 20 % N (většinou 1 až 4 %, výjimečně 14 % G).

Počet poškozených stromů a jejich výčetní kruhová základna na srovnávací ploše 2ú s výchovou byla při polomu ve věku 83 let nižší (172 stromů, 8,7 m² G).

Výčetní kruhová základna G sdruženého porostu při poslední revizi ve věku porostu 88 let, tj. 40 let po zahájení experimentu, zůstala největší na kontrolní ploše bez výchovy (50,1 m²). Na srovnávací ploše 2ú dosáhla 45,1 m² a oproti výchozímu stavu se zvýšila o 8 m².

Po započtení výčetní kruhové základny všech vytěžených stromů (tedy včetně souší a polomů) byl nárůst výčetní kruhové základny ve sledovaném období na kontrole 1k bez výchovy o 1,3 m² větší než na srovnávací ploše s výchovou 2ú (36,2 m² na kontrole a 34,9 m² na ploše 2ú). Na kontrolní ploše 1k však bylo v průběhu sledování 23,9 m² kruhové základny (66 % přírůstu) odstraněno jako souše a zlomy, zatímco na srovnávací ploše 2ú s výchovou zlomy a souše představovaly pouze 11,3 m² (32 % periodního přírůstu).

Po započtení základny G stromů vytěžených při výchovných zásazích (nahodile těžené souše a zlomy nebyly započítány) byl přírůst výčetní kruhové základny za období sledování experimentu (věk 48 – 88 let):

- na kontrolní ploše 1k 12,4 m²,
- na srovnávací ploše 2ú 23,6 m².

Tloušťková struktura

Efekt výchovy na tloušťkovou strukturu experimentálních porostů byl sledován od roku 1960 do roku 1975, tj. v období, kdy byly prováděny výchovné zásahy, v pětiletých intervalech vždy k datu vyznačení a provedení zásahů. Na grafech (obr. 10) je znázorněno rozdělení stromů do tloušťkových tříd před provedením zásahů (čárový graf) a vyznačeno jednak umístění výchovného zásahu (bílé sloupce) a jednak mortalita na kontrolní ploše 1k (černé sloupce). Před zahájením experimentu v roce 1960 (věk porostu 48 let) byla tloušťková struktura na jednotlivých variantách vizuálně podobná (obr. 10). Rozdělení četností v tloušťkových stupních však bylo na zvolené hladině významnosti (0,95) hodnoceno jako signifikantně odlišné.

Z umístění výchovných zásahů v porostní struktuře je zřejmé, že charakter pozitivního výběru v úrovni na srovnávací ploše 2ú byl dodržen při všech čtyřech výchovných zásazích. Při úrovních zásazích pozitivním výběrem bylo potřebné z porostu 2ú odstranit také jednotlivé zlomy a souše především v nižších tloušťkových stupních, zejména je to patrné při zásazích ve věku 48 a 53 let. Posun výchovných zásahů do vyšších tloušťkových stupňů oproti přirozené mortalitě byl patrný při všech čtyřech provedených zásazích ve věku 48 – 63 let.

Při poslední revizi ve věku 88 let byly v experimentálních porostech zastoupeny stromy o tloušťce od 9 do 60 cm (obr. 11). Nejnížší tloušťkové třídy 9 – 20 cm s nejvyšším a nejméně příznivým štihlостním kvocientem (111 – 135) byly nejvíce zastoupeny na kontrolní ploše 1k bez výchovy, kde bylo těchto jedinců v přepočtu na 1 hektar 92. Na srovnávací ploše 2ú s pozitivním výběrem v úrovni byl počet stromů s výčetní tloušťkou do 20 cm o 52 % nižší (44 jedinců). Počet stromů s výčetní tloušťkou 40 cm a více s relativně příznivějším štihlостním kvocientem (68 – 87) byl na obou srovnávacích plochách podobný (160 na kontrole a 168 na ploše 2ú), tj. lišil se pouze o 5 % ve prospěch varianty s výchovou.

Efekt pozitivního výběru v úrovni uplatňovaný v průběhu 20 let (věk 48 – 63 let) nepřinesl ani očekávaný nárůst počtu stromů nižších tloušťkových stupňů ani výraznější nárůst podílů stromů silnějších.

Statická stabilita

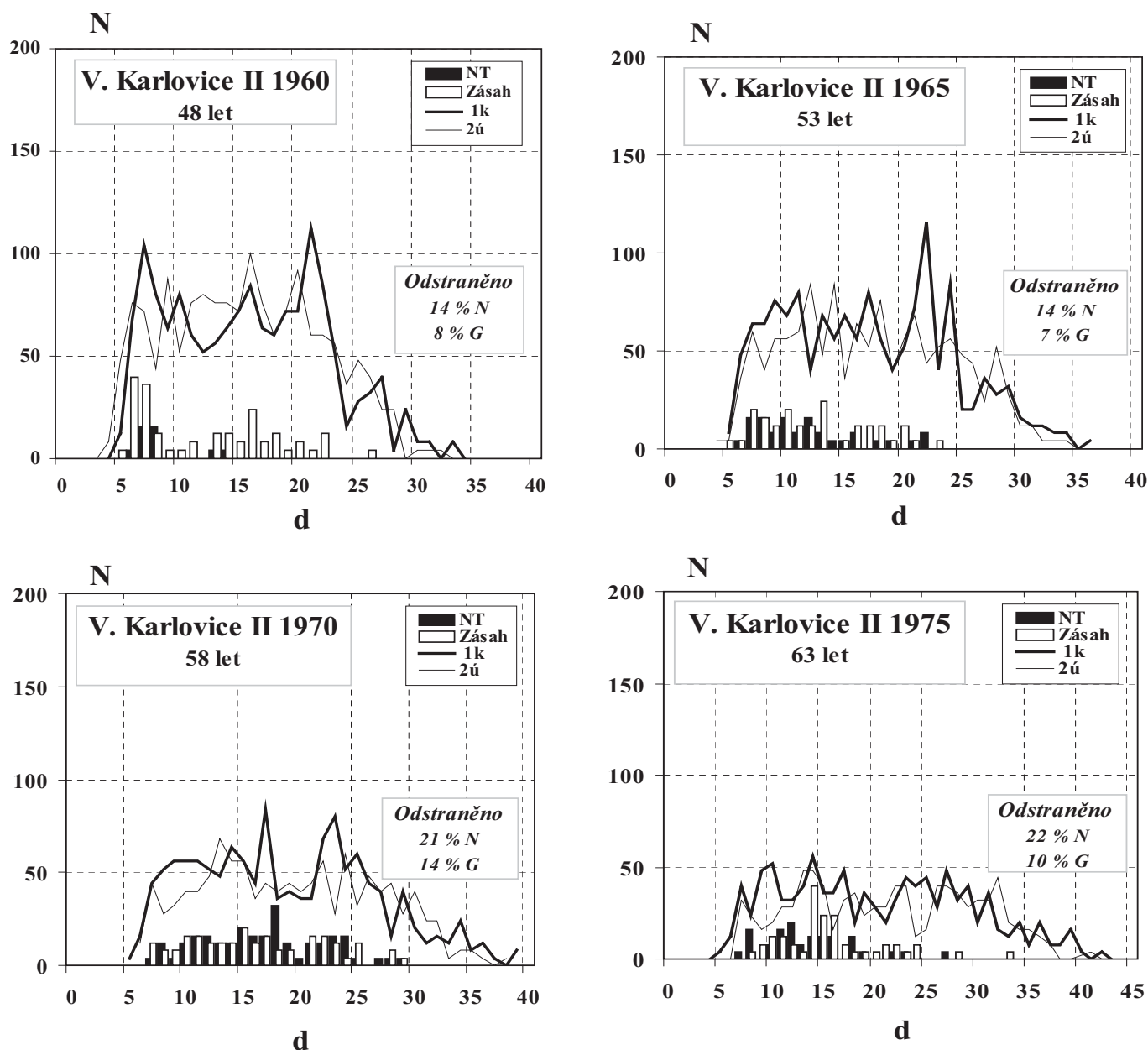
Statická stabilita experimentálních porostů posuzovaná štihlостním kvocientem středního kmene a štihlостním kvocientem horního stromového patra (d_{200}) byla od počátku pokusu nepříznivá. Před zahájením experimentu v roce 1960 byl štihlостní kvocient středního kmene na obou srovnávacích plochách stejný, dosahoval hodnot 110 (tab. 2, obr. 12) a nacházel se ještě ve vzestupné fázi, která kulminovala na kontrole hodnotou 114 a na ploše 2ú hodnotou 112 při druhé revizi ve věku 53 let.

V dalším období štihlостní kvocient středního kmene na obou srovnávacích plochách klesal, částečně početními posuny v důsledku mortality stromů s nejvyšším kvocientem. Na srovnávací ploše 2ú s pozitivním výběrem v úrovni byl vzestup kvocientu výchovnými zásahy zpomalen, kulminoval podobně jako na kontrole již ve věku 53 let hodnotou 112. Po třetím zásahu ve věku 58 let již kvocient na ploše 2ú klesal, zatímco

Velké Karlovice II		1960				1965				-1970				-1975				1980		P. 48-88 let	ÚTP 48-63 let	P. -NT	NT 68-88 let	NT 48-88 let
		48 let				53 let				58 let				63 let				68 let	2000					
		Sdružený porost	T	T%	Hlavní porost	Sdružený porost	T	T%	Hlavní porost	Sdružený porost	T	T%	Hlavní porost	Sdružený porost	T	T%	Hlavní porost	Sdružený porost	88 let					
1k	N	1480	44	3	1436	1436	128	9	1308	1308	260	20	1048	1048	136	13	912	912	-	-	-	424	992	
2ú	(ks.ha ⁻¹)	1528	216	14	1312	1312	188	14	1124	1124	236	21	888	888	192	22	696	696	-	-	-	296	296	
1k	G	37,7	0,3	1	37,5	42,3	1,6	4	40,7	45,6	6,3	14	39,2	44,2	2,2	5	42,0	45,7	50,1	36,2	12,4	-	13,4	23,9
2ú	(m ² .ha ⁻¹)	37,1	3,1	8	34,1	39,2	2,7	7	36,5	40,8	5,9	14	35,0	39,6	4,1	10	35,5	38,8	45,1	34,9	23,6	15,7	11,3	11,3
1k	d	18,0	8,7	-	18,2	19,4	12,7	-	19,9	21,1	17,6	-	21,8	23,2	14,4	-	24,2	25,3	36,2	10,1	-	-	-	-
2ú	(cm)	17,6	13,4	-	18,2	19,5	13,4	-	20,3	21,5	17,8	-	22,4	23,8	16,5	-	25,5	26,6	37,9	11,5	-	-	-	-
1k	h	19,8	11,1	-	20,0	22,0	16,7	-	22,3	24,0	21,7	-	24,0	25,8	19,4	-	26,4	27,6	32,9	9,4	-	-	-	-
2ú	(m)	19,3	15,8	-	19,8	21,8	17,5	-	22,3	23,7	21,4	-	24,2	25,6	20,9	-	26,4	27,8	33,5	9,9	-	-	-	-
1k	h/d	110	128	-	110	114	132	-	112	114	123	-	110	111	135	-	109	109	91	-	-	-	-	-
2ú		110	117	-	109	112	130	-	109	110	120	-	108	107	126	-	104	104	88	-	-	-	-	-
1k	d ₃₀₀ (cm)	27,4	-	-	-	29,7	-	-	-	32,1	-	-	-	34,6	-	-	-	36,3	45,2	17,8	-	-	-	-
2ú		26,7	-	-	-	29,1	-	-	-	31,3	-	-	-	33,7	-	-	-	35,3	44,1	17,4	-	-	-	-
1k	h ₂₀₀ (m)	25,2	-	-	-	27,2	-	-	-	29,1	-	-	-	30,8	-	-	-	32,2	37,0	11,8	-	-	-	-
2ú		24,9	-	-	-	26,1	-	-	-	28,0	-	-	-	29,7	-	-	-	31,1	35,5	10,6	-	-	-	-
1k	h ₂₀₀ /d ₂₀₀	92	-	-	-	91	-	-	-	91	-	-	-	89	-	-	-	89	82	-	-	-	-	-
2ú		93	-	-	-	90	-	-	-	89	-	-	-	88	-	-	-	88	81	-	-	-	-	-

Pozn.: viz Tab. 1
Note: see Tab. 1

Tab. 2.
Základní údaje o vývoji experimentu Velké Karlovice II
Basic data on Velké Karlovice II experimental series



Obr. 10.

Tloušťková struktura a provedené výchovné zásahy v porovnání s mortalitou na kontrolní ploše 1k bez zásahu na experimentální řadě Velké Karlovice II ve věku 48 – 63 let (NT – nahodilá těžba, N – počet stromů na 1 ha, d – tloušťka v cm)

Diameter structure and experimental thinning comparing with mortality on control plot 1k without thinning on Velké Karlovice II experimental series in the age of 48 – 63 years (NT – salvage cut, Zásah – thinning, N – number of trees per hectare, d – diameter in cm, odstraněno/removed)

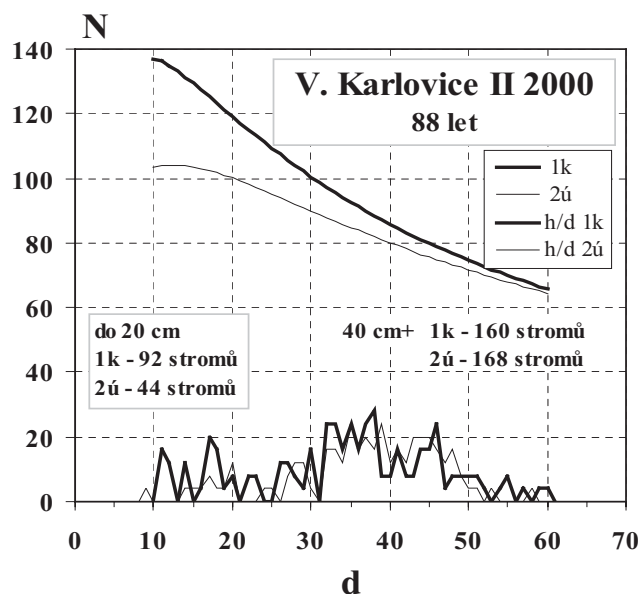
na kontrole byla po odstranění souší (a po početním posunu) zaznamenána ještě vzestupná tendence. Pokles štihlостního kvocientu po jeho kulminaci byl výraznější na variantě s výchovou. Ke skokovému snížení štihlостního kvocientu (na kontrole ze 101 na 95 a na ploše 2ú z 95 na 91) došlo početním posunem po poškození sledovaných porostů zaznamenaném při předposlední revizi ve věku 83 let (1995). Po tomto poškození bylo na kontrole odstraněno 34 % N a 17 % G a na variantě s výchovou 30 % N a 18 % G. Průměrný štihlостní kvocient těžných stromů byl na kontrole 119 a na ploše s výchovou 109.

Při hodnocení horního stromového patra, kdy je do výpočtu zahrnut vždy stejný počet nejsilnějších jedinců na každé srovnávací ploše a tak nedochází k početním posunům, byly výchozí hodnoty štihlостního kvocientu h_{200}/d_{200} rovněž vyrovnané a dosahovaly na plochách 1k a 2ú hodnot 92 a 93. Od počátku sledování měl štihlостní kvocient h_{200}/d_{200}

na obou srovnávacích plochách klesající trend s podobnými hodnotami při jednotlivých revizích. Při poslední revizi v roce 2000 (věk 88 let) klesly hodnoty kvocientu na variantách 1k a 2ú na 82 a 81. Provedená analýza d_{200} potvrdila shodný vývoj hodnot na obou variantách experimentu po celou dobu sledování (obr. 13).

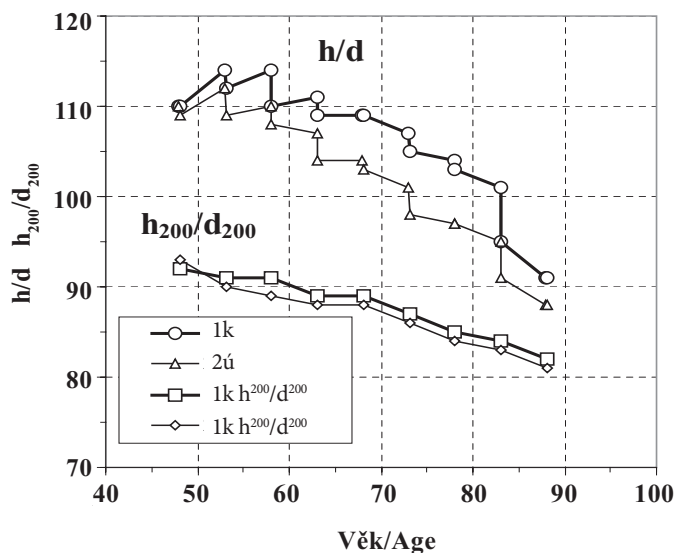
Závěry z experimentu Velké Karlovice II

- V období sledování (věk 48 – 88 let) byla na experimentální řadě Velké Karlovice II od počátku experimentu až do předposlední revize ve věku 89 let největší výčetní kruhová základna na kontrolní ploše 1k bez zásahu. Nárůst výčetní kruhové základny byl na kontrolní ploše 1k redukován poškozením porostu a mortalitou zaznamenanou zejména při druhé a sedmé revizi ve věku 58 a 83 let.



Obr. 11.

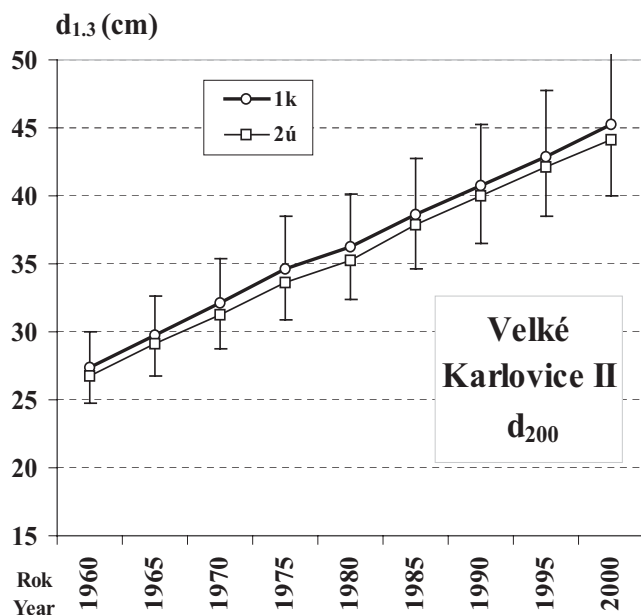
Tloušťková struktura a štíhlostní kvocient podle tloušťkových stupňů na experimentální řadě Velké Karlovice II při poslední revizi ve věku 88 let (N – počet stromů na 1 ha, d – tloušťka v cm)
Diameter structure and h/d ratio for diameter classes on experimental series Velké Karlovice II (last revision) in the age of 88 years (N – number of trees per hectare, d – diameter in cm)



Obr. 12.

Vývoj štíhlostního kvocientu středního kmene a horního stromového patra na experimentální řadě Velké Karlovice II ve věku 48 – 88 let

Development of h/d ratio of mean stem and upper tree story (200 thickest trees per hectare) on experimental series Velké Karlovice II in the age of 48 – 88 years

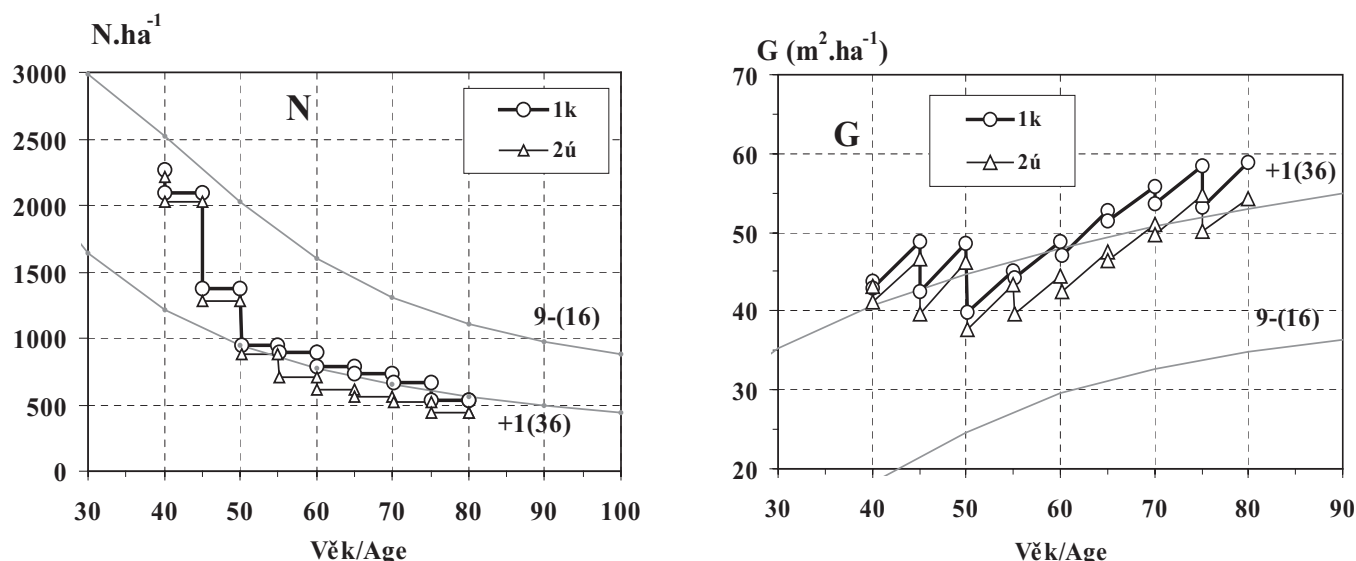


Obr. 13.

Vývoj výčetní tloušťky d_{200} (se směrodatnými odchylkami) dominantních stromů (200 nejsilnějších jedinců na hektar) na výzkumné řadě Velké Karlovice II (porovnání variant 1k a 2ú) v období 1960 – 2000 (věk 48 – 88 let). Signifikantnost rozdílů je uvedena na hladině významnosti 0,95 (+) a 0,99 (++)
Development of diameter d_{200} (with standard deviations) of dominant trees (200 thickest individuals per hectare) on experimental series Velké Karlovice II (comparison between variants 1k and 2ú) in the period 1960 – 2000 (age 48 – 88 years). Significant differences on confidence level 0.95 (+) and 0.99 (++) are showed.

Za 40 let sledování se základna kontrolního porostu zvýšila z původních 37,7 na 50,1 m^2 při poslední revizi (88 let). Za tuto dobu bylo z kontrolního porostu nahodile odstraněno 23,9 m^2 kruhové základny (66 % přírůstu) jako souše a zlomy. Na srovnávací ploše 2ú s pozitivním výběrem v úrovni byla výčetní kruhová základna hlavního porostu udržována čtyřmi výchovnými zásahy ve věku 48 až 63 let zhruba na úrovni ca 35 až 36 m^2 . Od této doby byl na ploše s výchovou zaznamenán její nárůst až na ca 50 m^2 při předposlední revizi ve věku 83 let (1995). Přírůst G za dobu sledování (věk 48 – 88 let) zde činil 34,9 m^2 a byl o 1,3 m^2 (o ca 4 %) vyšší než na kontrolní ploše 1k bez výchovy, z toho souše představovaly pouze 11,3 m^2 (32 % periodního přírůstu).

- Vliv úrovnových výchovných zásahů vedl po 40 letech sledování ke snížení zastoupení nejnižších tloušťkových tříd ve srovnání s kontrolní plochou 1k bez výchovy. Sledované výchovné zásahy se projeví zvýšením zastoupením stromů v nejvyšších tloušťkových třídách. Na variantě 2ú s pozitivním výběrem v úrovni byl počet nejslabších stromů s výčetní tloušťkou do 20 cm ve srovnání s kontrolou 1k bez výchovy o 52 % nižší (92 jedinců na ploše 1k a 44 jedinců na ploše 2ú). Počet stromů s výčetní tloušťkou 40 cm a více s relativně příznivějším štíhlostním kvocientem (68 – 87) byl na obou srovnávacích plochách podobný (160 na kontrole a 168 na ploše 2ú), tj. lišil se pouze o 5 % ve prospěch varianty s výchovou. Efekt pozitivního výběru v úrovni uplatňovaný na této výzkumné řadě v průběhu 20 let (věk 48 – 63 let) nepřinesl ani očekávaný nárůst počtu stromů nižších tloušťkových stupňů ani výraznější nárůst podílu stromů silnějších.
- Vzhledem k tomu, že na experimentální řadě Velké Karlovice II je sledován vliv úrovnových zásahů s pozitivním výběrem (odstraňuje se stromy přibližně středních rozměrů a ponechává se podúroveň, která má obvykle nepříznivé statické vlastnosti), byl vývoj štíhlostního kvocientu středního kmene na obou srovnávacích plochách zpočátku podobný. Kulminace byla zaznamenána již při druhé revizi



Obr. 14.

Vývoj počtu stromů N a výčetní kruhové základny G na srovnávacích plochách experimentální řady Velké Karlovice III ve věku 40 – 80 let v porovnání s růstovými tabulkami (ČERNÝ, PÁŘEZ, MALÍK 1996)

Number of trees (N) and basal area (G) on comparative plots of experimental series Velké Karlovice III in the age 40 – 80 years comparing with Growth tables (ČERNÝ, PÁŘEZ, MALÍK 1996)

ve věku 53 let (na kontrole hodnotou 114 a na ploše 2ú hodnotou 112). Ve fázi poklesu se již projevil vliv výchovy a na srovnávací ploše 2ú s pozitivním výběrem v úrovni byl pokles kvocientu středního kmene po kulminaci výraznější než na ploše kontrolní. Při poslední revizi ve věku 83 let dosáhl štihllostní kvocient středního kmene na srovnávací ploše 2ú hodnoty 88, zatímco na kontrole 1k hodnoty 91. Na výrazném poklesu kvocientu se podílel především početní posun po odstranění nejlabilnějších jedinců po polomu v roce 1994 (věk 82 let).

- Štihllostní kvocient horního stromového patra h_{200}/d_{200} , který není ovlivněn početními posuny, měl na obou srovnávacích plochách srovnatelné hodnoty a podobný průběh s kulminací hodnotami 92 (1k) a 93 (2ú) již při prvním měření ve věku 48 let s následným poklesem na hodnoty 82 a 81 na plochách 1k a 2ú při poslední revizi ve věku 88 let. Statistickou analýzou byl potvrzen shodný vývoj hodnot d_{200} na obou variantách experimentu po celou dobu sledování.

Průběh experimentu Velké Karlovice III

V době založení experimentální řady Velké Karlovice III v roce 1960 dosáhl věk sledovaného porostu 40 let. Jednalo se o smrkovou monokulturu o hustotě 2 264 (1k) a 2 216 (2ú) jedinců na 1 hektar. Před prvními experimentálními zásahy nebyl sledovaný porost vychovávan. Svědčí o tom výrazná tloušťková diferenciace (v porostu se před prvními experimentálními zásahy vyskytovali jedinci s výčetní tloušťkou od 4 do 33 cm, obr. 15).

Z porovnání základních sledovaných charakteristik (tab. 3, obr. 14) je zřejmé, že výchozí stav porostů na dílčích srovnávacích plochách byl před prvními zásahy srovnatelný. Střední výčetní tloušťka d zde dosahovala na obou srovnávacích plochách shodně 15,7 cm, horní porostní tloušťka, chápána jako průměrná výčetní tloušťka 200 nejsilnějších stromů na 1 ha (d_{200}), 25,8 a 25,7 cm. Rovněž rozdíly mezi variantami ve střední a horní porostní výšce (h 17,6 a 17,4 m a h_{200} 24,4 a 24,3 m) byly zanedbatelné. Rozdíly ve všech sledovaných charakteristikách (N, G, d , h , h_{200} , d_{200}) byly shledány statisticky nevýznamnými.

Počet stromů a výčetní kruhová základna

Při prvním výchovném zásahu, provedeném ve věku 40 let, bylo v porostu srovnávací plochy 2ú pozitivním výběrem v úrovni odstraněno 8 % stromů (N) tvořících 4 % výčetní kruhové základny (G). Umístění zásahů v porostní struktuře je zřejmé z obr. 15. Zásahy se opakovaly až do věku 55 let (1975) v pětiletých periodách a bylo při nich na srovnávací ploše 2ú odebráno pozitivním výběrem v úrovni 37, 31 a 20 % N (15, 18 a 9 % G).

Po čtyřech výchovných zásazích v pětiletých periodách, tj. dvacet let po zahájení experimentu (rok 1980, věk 60 let), zůstalo:

- na kontrolní ploše 1k celkem 888 stromů (mortalita 1 376 stromů),
- na srovnávací ploše 2ú celkem 704 stromů (při výchově odstraněno 1 512 stromů).

Výčetní kruhová základna G dosáhla ve věku 60 let:

- na kontrolní ploše 1k – 48,9 m² (zvýšení oproti výchozímu stavu o 5,1 m²),
- na srovnávací ploše 2ú – 44,5 m² (zvýšení oproti výchozímu stavu o 1,4 m²).

Periodní přírůst na výčetní kruhové základně (ve věku 40 – 60 let) představoval po započtení záměrně vytěžených stromů při výchovných zásazích na ploše 2ú – 22,6 m² a byl tedy o 17,5 m² větší než na ploše kontrolní (5,1 m²), kde bylo v tomto období 17,9 m² výčetní kruhové základny odstraněno nahodilou těžbou.

Od posledního (čtvrtého) výchovného zásahu ve věku 55 let (1975) se oba porosty výzkumné řady vyvíjely bez záměrného ovlivňování. Odstraňovaly se pouze souše a nahodile vznikající polomy a vývraty. Počet stromů se do poslední revize v roce 2000 (věk 80 let) samovolně snížil:

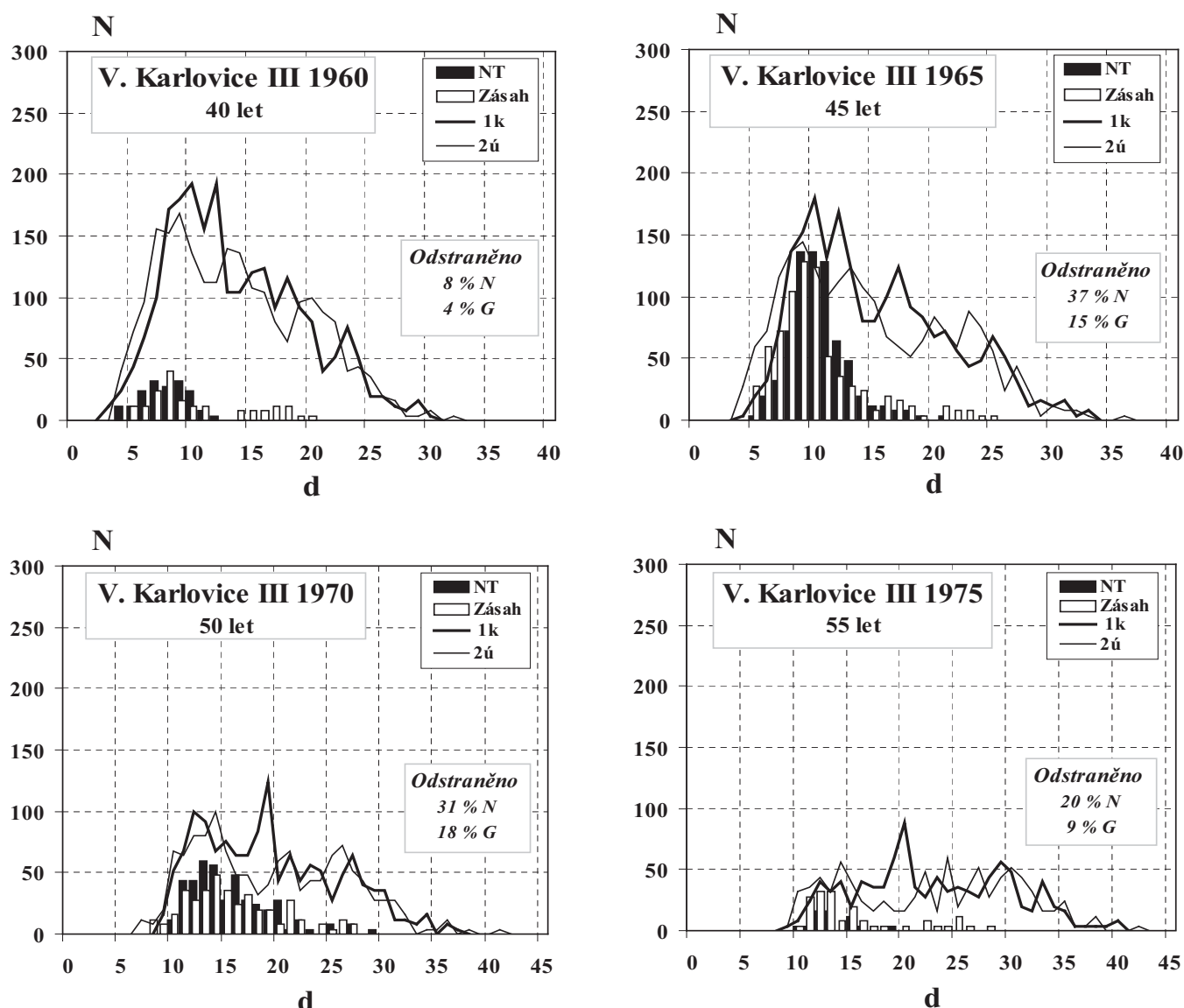
- na kontrolní ploše 1k na 528 stromů (mortalita ve věku 40 – 80 let 1 736 jedinců),
- na srovnávací ploše 2ú na 444 stromů (zásahy 1 512 a mortalita 260 jedinců).

Mortalita v posledních 20 letech sledování (věk porostů 60 – 80 let) představovala na kontrolní ploše 360 jedinců (41 %), zatímco na srovnávací ploše 2ú s pozitivním výběrem v úrovni (prováděném ve věku 40 – 60 let) bylo v posledních 20 letech nahodile odstraněno 260 stromů (37 % stavu sruženého porostu ve věku 60 let).

Velké Karlovice III		1960				1965				1970				1975				1980	2000	P. 40-80 let	P. -NT	ÚTP 40-55 let	NT 60-80 let	NT 40-80 let
		40 let				45 let				50 let				55 let										
		Sdružený porost	T	T%	Hlavní porost	Sdružený porost	T	T%	Hlavní porost	Sdružený porost	T	T%	Hlavní porost	Sdružený porost	T	T%	Hlavní porost							
1k	N	2264	176	8	2088	2088	708	34	1380	1380	432	31	948	948	60	6	888	888	528	-	-	360	1736	
2ú	(ks.ha ⁻¹)	2216	184	8	2032	2032	752	37	1280	1280	396	31	884	884	180	20	704	704	444	-	-	260	260	
1k	G	43,8	1,9	4	42,9	48,9	6,4	13	42,5	48,6	8,7	18	39,9	45,2	0,9	2	44,3	48,9	58,8	43,3	15,0	-	28,3	
2ú	(m ² .ha ⁻¹)	43,1	1,9	4	41,2	46,7	7,2	15	39,6	46,2	8,4	18	37,8	43,5	3,7	9	39,7	44,5	54,3	41,6	32,3	21,2	9,3	
1k	d	15,7	7,9	-	16,2	17,3	10,7	-	19,8	21,2	16,0	-	23,2	24,6	13,6	-	25,2	26,5	37,7	11,3	-	-	-	
2ú	(cm)	15,7	11,5	-	16,1	17,1	11,0	-	19,8	21,4	16,4	-	23,3	25,0	16,3	-	26,8	28,4	39,5	12,5	-	-	-	
1k	h	17,6	9,7	-	18,1	21,0	15,2	-	22,7	23,9	20,0	-	25,2	26,2	17,9	-	26,6	27,9	34,2	10,7	-	-	-	
2ú	(m)	17,4	13,2	-	17,5	20,3	13,0	-	21,6	23,5	19,5	-	24,2	26,1	20,3	-	27,0	28,4	33,7	11,6	-	-	-	
1k	h/d	112	122	-	112	122	142	-	115	113	125	-	109	106	132	-	105	105	91	-	-	-	-	
2ú		111	115	-	109	119	118	-	109	110	119	-	104	104	125	-	101	100	85	-	-	-	-	
1k	d ₂₀₀	25,8	-	-	-	28,2	-	-	-	31,0	-	-	-	33,5	-	-	-	35,5	44,9	19,1	-	-	-	
2ú	(cm)	25,7	-	-	-	28,1	-	-	-	31,2	-	-	-	34,0	-	-	-	36,1	45,4	19,7	-	-	-	
1k	h ₂₀₀	24,4	-	-	-	26,9	-	-	-	29,1	-	-	-	30,4	-	-	-	32,0	36,3	11,9	-	-	-	
2ú	(m)	24,3	-	-	-	26,9	-	-	-	28,2	-	-	-	30,0	-	-	-	31,5	36,0	11,7	-	-	-	
1k	h ₂₀₀ /d ₂₀₀	95	-	-	-	95	-	-	-	94	-	-	-	91	-	-	-	90	81	-	-	-	-	
2ú		95	-	-	-	96	-	-	-	90	-	-	-	88	-	-	-	87	79	-	-	-	-	

Pozn.: viz Tab. 1
Note: see Tab. 1

Tab. 3.
Základní údaje o vývoji experimentu Velké Karlovice III
Basic data on Velké Karlovice III experimental series



Obr. 15.

Tloušťková struktura a provedené výchovné zásahy v porovnání s mortalitou na kontrolní ploše 1k bez zásahu na experimentální řadě Velké Karlovice III ve věku 40 – 55 let (NT – nahodilá těžba, N – počet stromů na 1 ha, d – tloušťka v cm)

Diameter structure and experimental thinning comparing with mortality on control plot 1k without thinning on Velké Karlovice III experimental series in the age of 40 – 55 years (NT – salvage cut, Zásah – thinning, N – number of trees per hectare, d – diameter in cm, odstraněno/removed)

Největší úbytek stromů byl zaznamenán na kontrolní ploše 1k při druhém a třetím měření ve věku 45 a 50 let (1965, 1970), kdy ubylo po větrném polomu 34 a 31 % počtu (708 a 432 stromů) a 13 a 18 % výčetní kruhové základny G (6,4 a 8,7 m²). Poškození experimentálního porostu podobného rozsahu se během sledování vyskytlo ještě při předposlední revizi ve věku 75 let (1995), kdy bylo v důsledku poškození odstraněno z porostu kontrolní plochy 21 % stromů (144) a 9 % G (5,4 m²). Při ostatních revizích se nahodilá těžba na kontrole pohybovala kolem 10 % N a 2 až 4 % G. Počet poškozených stromů a jejich výčetní kruhová základna na srovnávací ploše 2ú s výchovou byla při polomu ve věku 75 let nižší (80 stromů, 4,6 m² G).

Výčetní kruhová základna G sdruženého porostu při poslední revizi ve věku porostu 80 let, tj. 40 let po zahájení experimentu, zůstala největší na kontrolní ploše bez výchovy (58,8 m²). Na srovnávací ploše 2ú dosáhla 54,3 m² a oproti výchozímu stavu se zvýšila o 11,1 m² (na kontrole o 15 m²).

Po započtení výčetní kruhové základny všech vytěžených stromů (tedy včetně souší a polomů) byl nárůst výčetní kruhové základ-

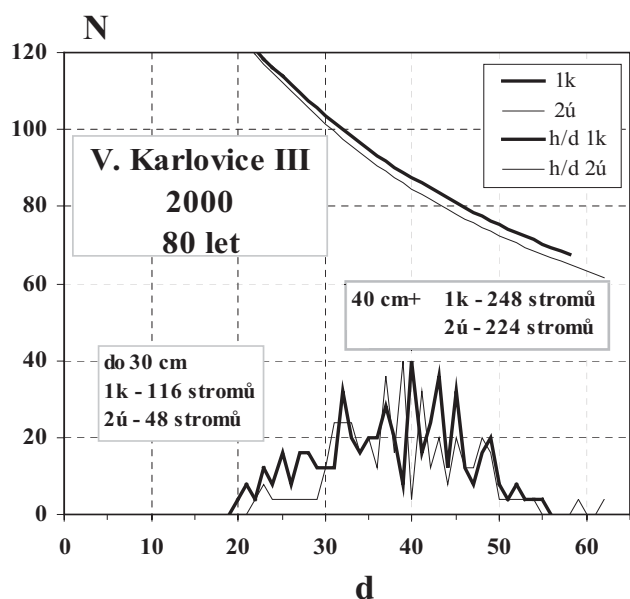
ny ve sledovaném období na kontrole 1k bez výchovy o 1,7 m² větší než na srovnávací ploše s výchovou 2ú (43,3 m² na kontrole a 41,6 m² na ploše 2ú). Na kontrolní ploše 1k však bylo v průběhu sledování 28,3 m² kruhové základny (65 % přírůstu) odstraněno jako souše a zlomy, zatímco na srovnávací ploše 2ú s výchovou zlomy a souše představovaly pouze 9,3 m² (22 % periodního přírůstu).

Po započtení základny G stromů vytěžených při výchovných zásazích (nahodile těžené souše a zlomy nebyly započítány) byl přírůst výčetní kruhové základny za období sledování experimentu (věk 40 – 80 let):

- na kontrolní ploše 1k 15,0 m²,
- na srovnávací ploše 2ú 32,3 m².

Tloušťková struktura

Efekt výchovy na tloušťkovou strukturu experimentálních porostů byl sledován od roku 1960 do roku 1975, tj. v období, kdy byly prováděny výchovné zásahy, v pětiletých intervalech vždy k datu vyznačení a provedení zásahů. Na grafech (obr. 15) je znázorněno rozdělení stromů do tloušťkových tříd před provedením zásahů (čárový graf) a vyznačeno



Obr. 16.

Tloušťková struktura a štíhlostní kvocient podle tloušťkových stupňů na experimentální řadě Velké Karlovice III při poslední revizi ve věku 80 let (N – počet stromů na 1 ha, d – tloušťka v cm)

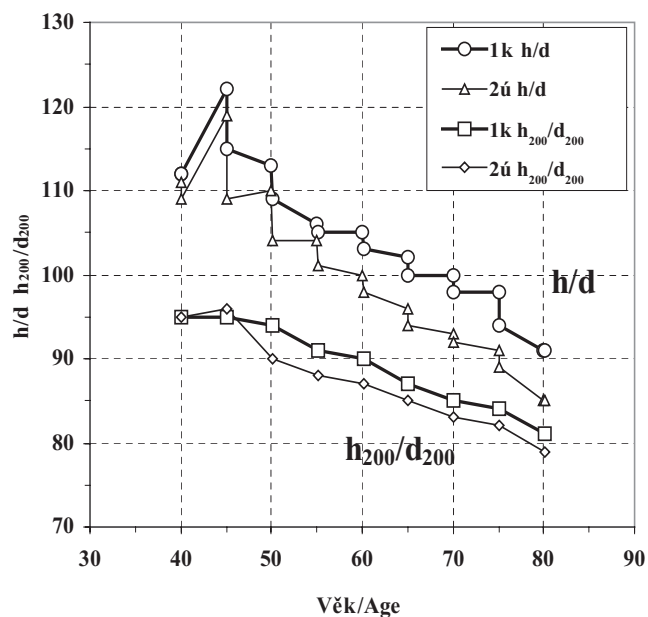
Diameter structure and h/d ratio for diameter classes on experimental series Velké Karlovice III (last revision) in the age of 80 years (N – number of trees per hectare, d – diameter in cm)

jednak umístění výchovného zásahu (bílé sloupce), a jednak mortalita na kontrolní ploše 1k (černé sloupce). Jak je patrné z obr. 15, před zahájením experimentu v roce 1960 (věk porostu 40 let) byla tloušťková struktura na srovnávacích plochách téměř identická. Počet stromů o výčetní tloušťce 15 cm a méně (střední výčetní tloušťka na obou plochách byla ve věku 40 let 15,7 cm) byl na kontrole 1 348 a na variantě 2ú 1 320 a stromů s výčetní tloušťkou 16 cm a více na kontrole 924 a na variantě 2ú 896.

Z umístění výchovných zásahů v porostní struktuře je zřejmé, že charakter pozitivního výběru v úrovni na srovnávací ploše 2ú byl dodržen při všech čtyřech experimentálních výchovných zásazích. Při úrovních zásazích pozitivním výběrem bylo potřebné z porostu 2ú odstranit také jednotlivé zlomy a souše především v nižších tloušťkových stupních, zejména je to patrné při zásazích ve věku 45 a 50 let. Posun výchovných zásahů do vyšších tloušťkových stupňů oproti přirozené mortalitě byl patrný při všech čtyřech provedených zásazích ve věku 40 – 55 let.

Při poslední revizi ve věku 80 let byly v experimentálních porostech zastoupeny stromy o tloušťce od 20 do 62 cm (obr. 16). Nejnižší tloušťkové třídy 20 – 30 cm s nejvyšším a nejméně příznivým štíhlostním kvocientem (101 – 126) byly nejvíce zastoupeny na kontrolní ploše 1k bez výchovy, kde bylo těchto jedinců v přepočtu na 1 hektar 116. Na srovnávací ploše 2ú s pozitivním výběrem v úrovni byl počet stromů s výčetní tloušťkou do 30 cm o 59 % nižší (48 jedinců). Počet stromů s výčetní tloušťkou 40 cm a více s relativně příznivějším štíhlostním kvocientem (62 – 87) byl rovněž vyšší na kontrole (248 na kontrole a 224 na ploše 2ú), rozdíl byl však pouze 24 stromů, tj. ca 10 % v neprospěch varianty s výchovou.

Efekt pozitivního výběru v úrovni uplatňovaný v průběhu 20 let (věk 40 – 60 let) nepřinesl ani očekávaný nárůst počtu stromů nižších tloušťkových stupňů ani nárůst podílů stromů silnějších. Při poslední revizi (věk 80 let) bylo rozdělení četností v jednotlivých tloušťkových stupních na sledovaných variantách signifikantně odlišné.



Obr. 17.

Vývoj štíhlostního kvocientu středního kmene a horního stromového patra na experimentální řadě Velké Karlovice III ve věku 40 – 80 let

Development of h/d ratio of mean stem and upper tree story (200 thickest trees per hectare) on experimental series Velké Karlovice III in the age of 40 – 80 years

Statická stabilita

Statická stabilita experimentálních porostů posuzovaná štíhlostním kvocientem středního kmene a štíhlostním kvocientem horního stromového patra (d_{200}) byla od počátku pokusu nepříznivá. Před zahájením experimentu v roce 1960 byl štíhlostní kvocient středního kmene na obou srovnávacích plochách téměř stejný, dosahoval hodnot 112 na kontrole a 111 na variantě 2ú (tab. 3, obr. 17) a nacházel se ještě ve vzestupné fázi, která kulminovala na kontrole hodnotou 122 a na ploše 2ú hodnotou 119 při druhé revizi ve věku 45 let.

V dalším období štíhlostní kvocient středního kmene na obou srovnávacích plochách klesal, částečně početními posuny v důsledku mortality stromů s nejvyšším kvocientem.

Pokles štíhlostního kvocientu po jeho kulminaci byl výraznější na variantě s výchovou. Ke skokovému snížení štíhlostního kvocientu (na kontrole ze 122 na 115 a na ploše 2ú ze 119 na 109) došlo početním posunem po poškození sledovaných porostů zaznamenaném při druhé revizi ve věku 45 let (1965). Po tomto poškození bylo na kontrole odstraněno 34 % N a 13 % G a na variantě s výchovou 37 % N a 15 % G. Průměrný štíhlostní kvocient těžných stromů byl na kontrole 142 a na ploše s výchovou 118.

Podobný pokles kvocientu byl zaznamenán také při třetí revizi (na kontrole ze 113 na 109 a na variantě 2ú ze 110 na 104) a při předposlední revizi ve věku 75 let (1995). Při posledním měření ve věku porostu 80 let (2000) klesl kvocient na kontrole na 91 a na variantě 2ú na 85.

Při hodnocení horního stromového patra, kdy je do výpočtu zahrnut vždy stejný počet nejsilnějších jedinců na každé srovnávací ploše a tak nedochází k početním posunům, byly výchozí hodnoty štíhlostního kvocientu h_{200}/d_{200} stejné a dosahovaly na obou srovnávacích plochách 1k a 2ú hodnoty 95. Od počátku sledování měl štíhlostní kvocient h_{200}/d_{200} na obou srovnávacích plochách klesající trend více patrný na variantě s výchovou 2ú. Při poslední revizi v roce 2000 (věk 80 let) klesly hodnoty kvocientu na variantách 1k a 2ú na 81 a 79. Provedená

analýza d_{200} potvrdila shodný vývoj hodnot na obou variantách experimentu po celou dobu sledování (obr. 18).

Závěry z experimentu Velké Karlovice III

- V období sledování (věk 40 – 80 let) byla na experimentální řadě Velké Karlovice III od počátku sledování až do předposlední revize ve věku 89 let největší výčetní kruhová základna na kontrolní ploše 1k bez zásahu. Nárůst výčetní kruhové základny byl na kontrolní ploše 1k redukován poškozením porostu a mortalitou zaznamenanou zejména při druhé a třetí a sedmé revizi ve věku 45, 50 a 75 let. Za 40 let sledování se základna kontrolního porostu zvýšila z původních 43,8 na 58,8 m² při poslední revizi (80 let). Za tuto dobu bylo z kontrolního porostu nahodile odstraněno 28,3 m² kruhové základny (66 % přírůstu) jako souše a zlomy. Na srovnávací ploše 2ú s pozitivním výběrem v úrovni byla výčetní kruhová základna hlavního porostu udržována čtyřmi výchovnými zásahy ve věku 40 až 55 let zhruba na úrovni ca 38 až 40 m². Od této doby byl na ploše s výchovou zaznamenán její nárůst až na ca 50 m² při předposlední revizi ve věku 75 let (1995). Přírůst G za dobu sledování (věk 40 – 80 let) zde činil 41,6 m² a byl o 1,7 m² (o ca 4 %) nižší než na kontrolní ploše 1k bez výchovy, z toho souše představovaly pouze 9,3 m² (17 % periodního přírůstu).
- Po 40 letech sledování vlivu úrovnových výchovných zásahů bylo zjištěno zastoupení nejnižších (do 30 cm) i nejvyšších (40 cm a více) tloušťkových tříd vyšší na kontrolní ploše bez výchovy. Nejnižší tloušťkové třídy 20 – 30 cm s nejvyšším a nejméně příznivým štihllostním kvocientem (101 – 126) byly nejvíce zastoupeny na kontrolní ploše 1k bez výchovy, kde bylo těchto jedinců v přepočtu na 1 hektar 116 (na variantě 2ú 48, tj. o 59 % méně). Stromů s výčetní tloušťkou 40 cm a více s relativně příznivějším štihllostním kvocientem (62 – 87) bylo na kontrole 248 a na variantě 2ú 224, tj. o 10% méně. Efekt pozitivního výběru v úrovni uplatňovaný v průběhu 20 let (věk 40 – 55 let) nepřinesl ani očekávaný nárůst počtu stromů nižších tloušťkových stupňů ani nárůst podílů stromů silnějších. Při poslední revizi (věk 80 let) bylo rozdělení četností v jednotlivých tloušťkových stupních na sledovaných variantách signifikantně odlišné.
- Vzhledem k tomu, že na experimentální řadě Velké Karlovice III je sledován vliv úrovnových zásahů s pozitivním výběrem (odstraňují se stromy přibližně středních rozměrů a ponechává se podúroveň, která má obvykle nepříznivé statické vlastnosti), byl vývoj štihllostního kvocientu středního kmene na obou srovnávacích plochách zpočátku podobný. Kulminace byla zaznamenána již při druhé revizi ve věku 45 let (na kontrole hodnotou 122 a na ploše 2ú hodnotou 119). Ve fázi poklesu se již projevil vliv výchovy a na srovnávací ploše 2ú s pozitivním výběrem v úrovni byl pokles kvocientu středního kmene po kulminaci výraznější než na ploše kontrolní. Při poslední revizi ve věku 80 let dosáhl štihllostní kvocient středního kmene na srovnávací ploše 2ú hodnoty 85, zatímco na kontrole 1k hodnoty 91. Na výrazném poklesu kvocientu se podílel především početní posun po odstranění nejlabilnějších jedinců po polomu v letech 1975 a 1980 (věk 45 a 50 let).
- Štihllostní kvocient horního stromového patra h_{200}/d_{200} , který není ovlivněn početními posuny, měl na počátku na obou srovnávacích plochách stejné hodnoty 95 a podobný průběh. Od počátku sledování měl kvocient h_{200}/d_{200} na obou srovnávacích plochách klesající trend více patrný na variantě s výchovou 2ú. Při poslední revizi v roce 2000 (věk 80 let) klesly hodnoty kvocientu na variantách 1k a 2ú na 81 a 79. Statistickou analýzou byl potvrzen shodný vývoj hodnot d_{200} na obou variantách experimentu po celou dobu sledování.

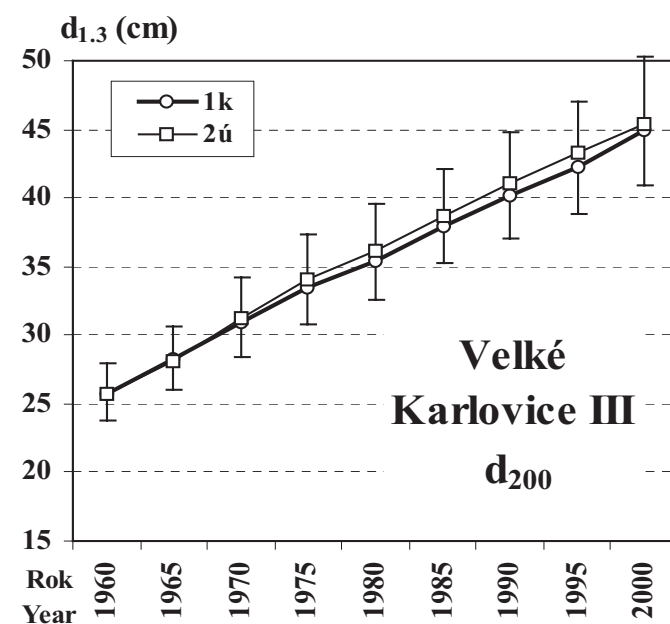
Literatura

- ČERNÝ, M., PAŘEZ, J., MALÍK, Z.: Růstové a taxační tabulky hlavních dřevin České republiky. (Smrk, borovice, buk, dub.) Jílové u Prahy, IFER 1996. 245 s.
- Geobáze® 1997 – 2000: Česká republika 1 : 100 000. Digitální mapa. Česká Lípa, Geodézie ČS, a. s. 2000. 1 CD-ROM.
- MELOUN, M., MILITKÝ, J.: Statistické zpracování experimentálních dat. Praha, East Publishing 1998. 839 s.
- PAŘEZ, J.: Návrh postupu při zakládání, sledování a vyhodnocování trvalých pokusných ploch se zvláštním zřetelem k pokusným plochám probírkovým a výnosovým. Jíloviště-Strnady, VÚLHM 1958. 248 s.
- SLODIČÁK, M., NOVÁK, J.: Dlouhodobé experimenty s porostní výchovou smrku ztepilého – cíle a metodika. Zprávy lesnického výzkumu, 48, 2003, č. 4, s. 149 – 152
- SLODIČÁK, M., NOVÁK, J.: Zhodnocení poznatků z 1. série sledované od roku 1958. Zprávy lesnického výzkumu, 50, 2005, č. 1, s. 13 – 17

Poděkování:

Příspěvek vznikl v rámci řešení výzkumného záměru Ministerstva zemědělství ČR „Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností v měnících se podmínkách prostředí“ – MZE 0002070201.

Recenzováno



Obr. 18.

Vývoj výčetní tloušťky d_{200} (se směrodatnými odchylkami) dominantních stromů (200 nejsilnějších jedinců na hektar) na výzkumné řadě Velké Karlovice III (porovnání variant 1k a 2ú) v období 1960 – 2000 (věk 40 – 80 let). Signifikantnost rozdílů je uvedena na hladině významnosti 0,95 (+) a 0,99 (++)

Development of diameter d_{200} (with standard deviations) of dominant trees (200 thickest individuals per hectare) on experimental series Velké Karlovice III (comparison between variants 1k and 2ú) in the period 1960 – 2000 (age 40 – 80 years). Significant differences on confidence level 0.95 (+) and 0.99 (++) are showed.

DLOUHODOBÉ EXPERIMENTY S POROSTNÍ VÝCHOVOU SMRKU ZTEPILÉHO – ZHODNOCENÍ POZNATKŮ Z 2. SÉRIE ZALOŽENÉ V ROCE 1960

Long-term Norway spruce thinning experiments – Evaluation of results of the 2nd series founded in 1960

Abstract

From the 2nd group of thinning experimental series (established 1960), only seven series persisted to present time – Karlovice I and II, Frýdek-Místek, Ostravice, Velké Karlovice I, II and III. The method used in the thinning experiment did not suppose the replication inside the individual series, but using particular variants inside the group of the series as replication was not possible because of high initial differences between series. Therefore the final evaluation of the 2nd group of series was aimed at common phenomena observed on particular series after 40 years of investigation. Positive selection from above resulted (contrary to the expectations) in decreased abundance of trees in lower diameter classes comparing to control plots. Effect of positive selection from above on abundance of thick trees was non-uniform and static stability (characterised by h/d ratio) was influenced by thinning mostly positively.

Klíčová slova: smrk ztepilý, *Picea abies*, pěstování, porostní výchova

Key words: Norway spruce, *Picea abies*, silviculture, thinning

Úvod

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti (VÚLHM) Jíloviště-Strnady byl v poválečných letech pověřen úkolem vytvořit experimentální základnu pro řešení problematiky porostní výchovy hlavních hospodářských dřevin – smrku ztepilého (*Picea abies* L./ KARST.) a borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.). Ve smrkových porostech bylo v rámci zadání založeno v letech 1956 až 1973 celkem 46 experimentálních řad. Metodika sledování a zakládání experimentů byla vypracována ve VÚLHM v letech 1956 až 1957 (PAŘEZ 1958, SLODIČÁK, NOVÁK 2003). Hlavním cílem experimentu bylo sledovat vliv výchovy porostů na vývoj výšky, tloušťky a tvaru kmenů v porostu a na kvantitativní i kvalitativní stránku produkce. Získané výsledky měly zároveň objasnit vliv výchovných opatření na zvýšení či snížení odolnosti proti živelným kalamitám a na stav porostního mikroklimatu.

Z původního počtu 46 experimentálních řad ve smrkových porostech se jich doposud dochovalo pouze 24. Ostatní výzkumné řady byly částečně nebo zcela zničeny působením sněhu a větru nebo dalších škodlivých činitelů. První série, ze které se dochovalo celkem 5 experimentálních řad založených v roce 1958, byla vyhodnocena samostatně (SLODIČÁK, NOVÁK 2005). Předkládaná práce je orientována na zhodnocení a analýzu poznatků z 2. série (výzkumné řady: Karlovice I a II, Frýdek-Místek, Ostravice, Velké Karlovice I, II a III – obr. 1), založené v mladých smrkových porostech v roce 1960. Jednotlivé experimenty této série jsou podrobně hodnoceny v předcházejících příspěvcích periodika Zprávy lesnického výzkumu.

Podobně jako u 1. série bylo hlavním cílem experimentů 2. série sledovat vliv výchovy porostů na vývoj výšky, tloušťky a tvaru kmenů v porostu a na kvantitativní i kvalitativní stránku produkce. Výsledky měly zároveň přispět k objasnění vlivu výchovných opatření na zvýšení či snížení odolnosti proti živelným kalamitám a na stav porostního mikroklimatu.

Metodika

Všechny experimentální řady jsou založeny podle jednotné metodiky (PAŘEZ 1958, SLODIČÁK, NOVÁK 2003). Vliv výchovných zásahů na smrkové porosty je zde sledován pomocí metody srovnávacích ploch. Každý experiment se skládá z dílčích srovnávacích ploch s různými výchovnými režimy. Jedna dílčí plocha byla vždy ponechána bez zásahu (1k - kontrolní) a na ostatních začaly být uplatňovány výchovné režimy

(2ú - zásahy úrovňové s výběrem pozitivním a 3p (9p) - podúrovňové zásahy s negativním výběrem). Charakteristiky experimentálních porostů byly zjišťovány v pětiletých periodách (podrobněji viz SLODIČÁK, NOVÁK 2003).

Zhodnocení poznatků získaných z experimentů 2. série je založeno především na údajích o počtu stromů (N), výčetní kruhové základně (G), průměrné tloušťce (d) a výšce (h), tloušťkové struktuře a hodnotách štíhlostních kvocientů (h/d) sledovaných porostů. V další fázi byly vyhodnoceny charakteristiky horního stromového patra (200 nejsilnějších jedinců na jeden hektar): tloušťka (d_{200}) a štíhlostní kvocient (h_{200}/d_{200}). Hodnocení objemové produkce experimentálních porostů (objemový přírůst) bude za jednotlivé série provedeno samostatně (po získání a vyhodnocení dostatečného počtu vzorků) a není součástí této analýzy.

V původní metodice experimentů (PAŘEZ 1958) se nepředpokládalo vzájemné porovnávání individuálních sérií. Zejména rozdílná počáteční hustota porostů jednotlivých řad zabraňuje aplikaci metod klasického porovnávání dílčích variant výchovy. Vyhodnocování jednotlivých sérií je proto zaměřeno na společné jevy zjištěné na jednotlivých výzkumných řadách po 40 letech sledování.

Statistické analýzy byly provedeny pomocí softwaru UNISTAT® (verze 5.1) s využitím procedur ANOVA a Mnohonásobné porovnávání (Student-Newman-Keuls a Scheffe). Datové soubory s údaji o výčetní tloušťce (d, d_{200}) byly testovány jednak pomocí parametrických testů (t-test) a jednak pomocí vícevýběrových neparametrických testů (Kruskal-Wallisova jednofaktorová analýza rozptylu – metody: t-rozdělení, srovnání s kontrolní skupinou - Dunnett, Dunn). Tloušťkové struktury porostů na dílčích srovnávacích plochách byly analyzovány pomocí testů dobré shody (χ^2). Pro všechny provedené analýzy byla použita hladina významnosti 0,95 (GROFÍK, FLAK 1990, MELOUN, MILITKÝ 1998).

Výsledky

Podobně jako u první série zabraňuje rozdílná počáteční hustota porostů na jednotlivých řadách aplikaci metod klasického porovnávání dílčích variant výchovy. Původní hustota experimentálních porostů však vykazuje menší rozdíly než tomu bylo u první série. Počáteční hustota se pohybovala od 1 288 jedinců (kontrolní plocha 1k řady Velké Karlovice I) do 2 616 jedinců na jeden hektar (kontrolní plocha 1k řady Ostravice). Z analýzy vývoje počtu stromů na kontrolních plochách (porosty bez úmyslných zásahů) jednotlivých výzkumných řad (obr. 2) vyplývá, že u experimentů Ostravice a Velké Karlovice III byla počáteční

Experiment	Včetně nahodilé těžby ¹ (m ²)				Bez nahodilé těžby ² (m ²)			
	1k	2ú	3p	9p	1k	2ú	3p	9p
Karlovice I	34,8	36,2	-	-	0,4	29,8	-	-
Karlovice II	26,8	27,0	-	-	*-6,4	20,1	-	-
Frýdek-Místek	32,2	31,7	-	-	10,4	24,1	-	-
Ostravice	31,8	33,2	32,4	-	5,7	27,8	28,8	-
Vel. Karlovice I	30,3+	32,4	33,5	34,2	9,8+	23,6	25,0	25,4
Vel. Karlovice II	36,2	34,9	-	-	12,4	23,6	-	-
Vel. Karlovice III	43,3	41,6	-	-	15,0	32,3	-	-

Pozn.: Srovnávací plochy: 1k – kontrolní plochy bez zásahů, 2ú – srovnávací plochy s úrovniovými zásahy, 3p (9p) – srovnávací plochy s (silnými – 9p) podúrovniovými zásahy

* výčetní kruhová základna se snížila, + - data z předposlední revize (1995 - 83 let) z důvodů pozdějšího rozpadu kontrolního porostu

Note: Comparative plots: 1k – control plots without thinning, 2ú – comparative plots with thinning from above, 3p (9p) – comparative plots with (heavy – 9p) thinning from below

¹Including salvage cut, ²Excluding salvage cut, * basal area was decreased, + - we used data from revision at the age of 83 years (1995) because of the following breakdown of control stand

Tab. 1.

Celkový periodický přírůst výčetní kruhové základny (včetně nahodilé těžby) a periodický přírůst výčetní kruhové základny bez nahodilé těžby (souše, zlomy a vývraty) na jednotlivých experimentech druhé série v letech 1960 – 1999 (2000)

Total period basal area increment (including salvage cut) and period basal area increment without salvage cut (dead, broken and uprooted trees) in particular series of the 2nd series in 1960 – 1999 (2000)

hustota porostů téměř dvojnásobná než na zbývajících třech řadách. Rozdíly souvisí s počátečním věkem porostů. Zatímco experimenty Ostravice a Velké Karlovice III vykazovaly počáteční věk porostů ca 40 let, zbývajících experimenty této série byly založeny v porostech téměř padesátiletých. Podobné rozdíly byly zaznamenány v hodnotách výčetní kruhové základny na kontrolních plochách (od 36,2 m² na řadě Ostravice do 49,6 m² na řadě Karlovice I). Sledovanou 2. sérii tak lze rozdělit do dvou skupin:

- Ostravice, Velké Karlovice III – výzkumné řady s relativně vyšší počáteční hustotou porostů od 2 264 do 2 616 jedinců na hektar a s nižším počátečním věkem kolem 40 let (rozmezí 40 až 43 let),
- Frýdek-Místek, Karlovice I a II, Velké Karlovice I a II – výzkumné řady s relativně nižší počáteční hustotou porostů od 1 288 do 1 960 jedinců na hektar a s vyšším počátečním věkem kolem 50 let (rozmezí 48 až 54 let).

Uvedené rozdíly mezi výzkumnými řadami jsou též patrné z porovnání počáteční tloušťkové struktury porostů na jednotlivých dílčích plochách (obr. 3). Z uvedených důvodů je následující analýza podobně jako u první série zaměřena především na společné jevy zjištěné na jednotlivých výzkumných řadách této druhé série.

Produkce porostů

Produkce experimentálních smrkových porostů byla hodnocena pomocí stanovení periodického přírůstu výčetní kruhové základny. Z výsledků vyplývá, že výchovné zásahy neměly vždy stejný efekt na tuto sledovanou veličinu (tab. 1).

V porostech s pozitivním výběrem v úrovni (díleč plochy 2ú na všech řadách druhé série) byl zjištěn ve čtyřech případech vyšší a ve třech případech nižší celkový periodický přírůst výčetní kruhové základny (včetně nahodilé těžby) ve srovnání s kontrolními plochami bez výchovy. Vyšší přírůst výčetní kruhové základny byl zaznamenán na řadě Karlovice I (+1,4 m², tj. +4 %), Karlovice II (+0,2 m², tj. +1 %), Ostravice (+1,4 m², tj. +4 %) a Velké Karlovice I (rozdíl nevyčíslován z důvodů rozpadu kontrolního porostu po předposlední revizi). Celkové snížení výčetní kruhové základny bylo zjištěno na řadě Frýdek-Místek (-0,5 m², tj. -2 %), Velké Karlovice II (-1,3 m², tj. -4 %) a Velké Karlovice III (-1,7 m², tj. -4 %).

V porostech s negativním výběrem v podúrovni (díleč plochy 3p a 9p – řady Ostravice a Velké Karlovice I) byla situace poněkud odlišná. Ve srovnání s kontrolními plochami byl celkový periodický přírůst

výčetní kruhové základny (včetně nahodilé těžby) vyšší ve všech třech případech: Ostravice (+0,6 m², tj. +2 %) a Velké Karlovice I (rozdíl nevyčíslován z důvodů rozpadu kontrolního porostu po předposlední revizi).

Efekt výchovných zásahů se projevil především ve snížení objemu výčetní kruhové základny odstraňované při nahodilých těžbách (souše, zlomy a vývraty). Za celou dobu sledování bylo na všech plochách s výchovou (bez rozlišení) odstraněno při nahodilých těžbách od 11 % (plocha 3p, řada Ostravice) do 32 % (plocha 2ú, řada Velké Karlovice II) periodického přírůstu výčetní kruhové základny. Na kontrolních plochách bez výchovy činil podíl nahodilé těžby 65 % (řada Velké Karlovice III) až 124 % (řada Karlovice II) periodického přírůstu výčetní kruhové základny.

Po odečtení nahodilé těžby (většinou hůře prodejné nebo neprodejné sortimenty) byl přírůst výčetní kruhové základny na vychovávaných variantách řady Frýdek-Místek, Velké Karlovice I, II a III více než dvakrát vyšší a na řadě Ostravice dokonce více než čtyřikrát vyšší ve srovnání s variantami bez výchovy. Zvláštním případem jsou výzkumné řady Karlovice I a II. V těchto porostech byla zaznamenána použitelná produkce pouze na vychovávaných variantách (varianty 2ú s úrovniovými zásahy), zatímco přírůst výčetní kruhové základny na kontrolních plochách se téměř rovnal (řada Karlovice I) nebo byl nižší (řada Karlovice II) než výčetní kruhová základna odstraněná při nahodilých těžbách.

Tloušťková struktura porostů

Předpoklad podpory přežívání vyššího počtu tenkých podúrovniových stromů (zachování širší tloušťkové struktury porostu) pomocí pozitivního výběru v úrovni nebyl ve sledovaných smrkových porostech druhé série potvrzen. Pouze na řadě Karlovice II byl zjištěn nevýznamně vyšší (o 8 ks.ha⁻¹) počet slabších stromů (do výčetní tloušťky 30 cm - tab. 2) na variantě s pozitivním výběrem v úrovni. Na všech ostatních řadách bylo na variantách s pozitivním výběrem zaznamenáno po čtyřiceti letech sledování o 10 až 59 % menší zastoupení jedinců nižších stromových tříd ve srovnání s kontrolními plochami bez výchovy. V porostech s negativním výběrem v podúrovni (srovnávací plochy 3p a 9p – řady Ostravice a Velké Karlovice I) bylo zjištěné zastoupení přežívajících tenkých stromů překvapivě v podobném rozmezí (ca o 4 – 40 % ve srovnání s plochami kontrolními).



Obr. 1.
Umístění experimentů s výchovou smrkových porostů - 2. série založená 1960

Position of Norway spruce thinning experiments – 2nd series founded in 1960

Na všech plochách s podúrovňovými výchovnými zásahy (varianty 3p a 9p) bylo zaznamenáno po čtyřiceti letech sledování vyšší (o 6 až 50 %) zastoupení silnějších stromů (s výčetní tloušťkou 40 cm a více) ve srovnání s plochami bez výchovy. Vliv úrovnových zásahů (varianta 2ú) na zastoupení stromů silnějších dimenzí nebyl jednoznačný. Z celkem sedmi řad, kde byla tato varianta zastoupena, byl ve srovnání s kontrolní variantou ve třech případech zjištěn vyšší počet (Karlovice I a II, Velké Karlovice II) a ve čtyřech případech nižší počet (Frýdek-Místek, Ostravice, Velké Karlovice I a III) jedinců s výčetní tloušťkou 40 cm a více. Nejvyšší rozdíl v počtu silných stromů byl zaznamenán na řadě Karlovice I, kde bylo na variantě 2ú s úrovnovými zásahy zjištěno o 41 % více těchto jedinců ve srovnání s variantou kontrolní.

Uvedené změny v rozložení tloušťkových struktur po čtyřiceti letech sledování byly statisticky průkazné pouze u variant s pozitivním výběrem v úrovni (plochy 2ú), navíc s výjimkou řad Karlovice II a Ostravice. Na všech variantách s podúrovňovou výchovou byly změny v tloušťkové struktuře neprůkazné.

Porovnání dvou hlavních sledovaných variant výchovy (úrovnový nebo podúrovňový výběr) je u této druhé série experimentů podmíněno menším počtem variant s podúrovňovými zásahy. Na základě provedené analýzy lze konstatovat, že u výzkumných řad s oběma variantami výchovy (pouze dva případy v této sérii) byl větší počet stromů slabších dimenzí zaznamenán na plochách 2ú s úrovnovými zásahy, kde se do podúrovňové úmyslně nezasahuje. Tento výsledek poněkud zpochybňuje údaje z varianty 9p se silnými podúrovňovými zásahy (řada Velké Karlovice I), kde byl zaznamenán vyšší počet slabších stromů ve srovnání s úrovnově vychovávaným porostem varianty 2ú.

Výrazná podpora podúrovňových jedinců uplatňováním pozitivního výběru v úrovni tak nebyla potvrzena na žádné ze sledovaných výzkumných řad druhé série. Prakticky ve všech těchto sledovaných případech byl nejvyšší počet slabších stromů zjištěn na plochách kontrolních (bez výchovných zásahů).

Statická stabilita porostů

Statická stabilita charakterizovaná štíhlostním kvocientem (h/d) středního kmene byla ovlivněna výchovou ve většině případů pozitivně, tj. vychovávané porosty vykazovaly v závěrečném hodnocení (poslední revize) ve srovnání s porosty bez výchovy principiálně nižší (o 2 až 6 %) hodnoty h/d středního kmene (tab. 3). Výjimku tvoří řada Ostravice, kde byly na konci sledovaného období hodnoty h/d středního kmene

na variantách 1k a 2ú shodné. U řady Velké Karlovice I nelze analýzu spolehlivě provést z důvodů rozpadu kontrolní plochy po předposlední revizi. Vývoj hodnot h/d středního kmene na této řadě v předchozích letech je však podobný jako na ostatních řadách druhé série.

Podobný trend byl zaznamenán při vyhodnocení štíhlostního kvocientu dominantních stromů (200 nejsilnějších stromů na jeden hektar, tj. stejný počet jedinců na každé dílčí srovnávací ploše). Na většině sledovaných řad (s výjimkou řady Frýdek-Místek a Ostravice) byl štíhlostní kvocient dominantních jedinců pozitivně ovlivněn výchovnými zásahy. Tento efekt byl potvrzen jako statisticky průkazný na variantách s úrovnovými zásahy řad Karlovice I a II. Jak již bylo uvedeno, u řady Velké Karlovice I nelze analýzu spolehlivě provést z důvodů rozpadu kontrolní plochy po předposlední revizi. Trend vývoje štíhlostního kvocientu dominantních jedinců na této řadě v předchozích letech však potvrzuje pozitivní vliv výchovy na hodnoty tohoto ukazatele stability.

Menší počet variant s podúrovňovými zásahy u druhé série experimentů (pouze u dvou řad) neumožňuje odpovídající porovnání dvou hlavních sledovaných variant výchovy (úrovnový nebo podúrovňový výběr). Na základě provedené analýzy lze konstatovat, že u výzkumných řad s oběma variantami byl vliv zvoleného režimu výchovy na statickou stabilitu dominantních stromů nejednoznačný (zaznamenány neprůkazné rozdíly).

Z celkového hodnocení štíhlostního kvocientu dominantních jedinců tak vyplývá, že ve většině případů druhé série byla statická stabilita experimentálních porostů pozitivně ovlivněna výchovnými zásahy.

Diskuse a závěr

Publikování výsledků dlouhodobě (desítky let) sledovaných experimentů s výchovou smrkových porostů není v lesnické literatuře příliš častým jevem (např. ASSMANN 1968, SPELLMANN 1986, PEERENBOOM, PETRI 1986, PERSSON 1986, KORPEL 1992). Důvodem jsou zejména velké nároky (finanční a personální) na udržení kontinuity a dodržení metodiky měření jednotlivých pokusů založených většinou předchozími generacemi lesníků. V případě experimentální základny založené Ing. Pařezem v 50. až 70. letech minulého století se z původního počtu 46 experimentálních řad ve smrkových porostech podařilo udržet do současnosti 24 experimentů (ostatní výzkumné řady částečně nebo zcela zničeny působením sněhu a větru nebo dalších škodlivých činitelů). První série, ze které se dochovalo celkem 5 experimentálních řad založených v roce 1958, byla vyhodnocena samostatně (SLODIČÁK, NOVÁK 2005). Analýza poznatků z 2. série (dochovalo se 7 výzkumných řad), založené v mladých smrkových porostech v roce 1960, je dalším příspěvkem v postupném sledu vyhodnocování této rozsáhlé experimentální základny.

Podobně jako u první série bylo podle zvolené metodiky hlavním cílem experimentů druhé série sledovat vliv výchovy porostů na vývoj výšky, tloušťky a tvaru kmenů v porostu a na kvantitativní i kvalitativní stránku produkce. Získané výsledky měly zároveň objasnit vliv výchovných opatření na zvýšení či snížení odolnosti proti živelným kalamitám a na stav porostního mikroklimatu. Jak již bylo uvedeno, dílčí výsledky, zaměřené na kvantitu a kvalitu produkce, byly průběžně publikovány ve výzkumných zprávách (PAŘEZ 1972a, 1975, 1979, 1980, 1985). Předkládané zhodnocení, založené především na údajích o počtu stromů (N), výčetní kruhové základně (G), průměrné tloušťce (d) a výšce (h), tloušťkové struktuře a hodnotách štíhlostních kvocientů (h/d) sledovaných porostů, je svého druhu první ucelenou analýzou poznatků 2. série výzkumných řad po čtyřiceti letech sledování.

Na základě vyhodnocení výsledků 2. série (založené 1960) výzkumných řad s výchovou smrku ztepilého lze konstatovat:

Experiment	Tenké stromy ¹ (<30 cm)(N.ha ⁻¹)				Silné stromy ² (>40 cm)(N.ha ⁻¹)				Rozdíly v porovnání tloušťkových struktur ³		
	1k	2ú	3p	9p	1k	2ú	3p	9p	1k/2ú	1k/3p	1k/9p
Karlovice I	120	67			128	180			+		
Karlovice II	100	108			124	172			ns		
Frýdek-Místek	340	296			80	72			+		
Ostravice	292	224	176		80	72	120		ns	ns	
Vel. Karlovice I	196*	176*	132*	188*	128*	113*	136*	152*	+	ns	ns
Vel. Karlovice II	92	44			160	168			+		
Vel. Karlovice III	116	48			248	224			+		

Pozn.: Srovnávací plochy: 1k – kontrolní plochy bez zásahů, 2ú – srovnávací plochy s úrovňovými zásahy, 3p (9p) – srovnávací plochy s (silnými – 9) podúrovňovými zásahy
+ - statisticky průkazné (p 0,05), ns – statisticky neprůkazné, * - data z předposlední revize (1995 - 83 let) z důvodů pozdějšího rozpadu kontrolního porostu

Note: Comparative plots: 1k – control plots without thinning, 2ú – comparative plots with thinning from above, 3p (9p) – comparative plots with (heavy – 9) thinning from below

+ - statistically significant (p 0.05), ns – no significant, ¹thin trees, ²thick trees, ³differences in frequencies of diameter distribution, * - we used data from revision at the age of 83 years (1995) because of the following breakdown of control stand

Tab. 2.

Počet tenkých ($d_{1,3} < 30$ cm) a silných ($d_{1,3} > 40$ cm) stromů (N.ha⁻¹) na jednotlivých experimentech druhé série v roce 1999 (2000) – poslední revize

Number of thin ($d_{1,3} < 30$ cm) and thick ($d_{1,3} > 40$ cm) trees (N.ha⁻¹) in particular series of the 2nd group of series in 1999 (2000) – last revision

Experiment	Střední kmen ¹ h/d				Horní stromové patro ² h ₂₀₀ /d ₂₀₀				Rozdíly ² h ₂₀₀ /d ₂₀₀		
	1k	2ú	3p	9p	1k	2ú	3p	9p	1k/2ú	1p/3p	1k/9p
Karlovice I	97	93			88	83			+		
Karlovice II	95	91			87	83			+		
Frýdek-Místek	99	97			86	87			ns		
Ostravice	95	95	91		86	87	87		ns	ns	
Vel. Karlovice I	98*	87	88	88	87*	80	82	82	nehodnoceno		
Vel. Karlovice II	91	88			82	81			ns		
Vel. Karlovice III	91	85			81	79			ns		

Pozn.: Srovnávací plochy: 1k – kontrolní plochy bez zásahů, 2ú – srovnávací plochy s úrovňovými zásahy, 3p (9p) – srovnávací plochy s (silnými – 9) podúrovňovými zásahy

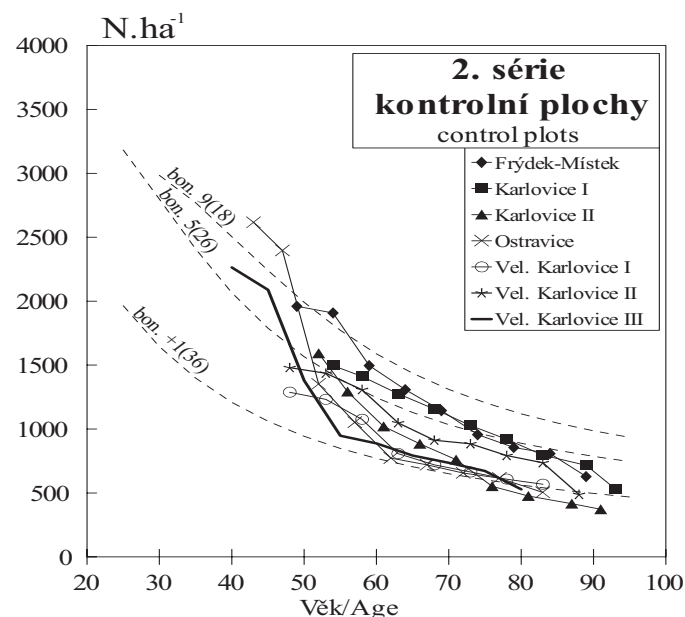
+ - statisticky průkazné (p 0,05), ns – statisticky neprůkazné, * - data z předposlední revize (1995 - 83 let) z důvodů pozdějšího rozpadu kontrolního porostu
Note: Comparative plots: 1k – control plots without thinning, 2ú – comparative plots with thinning from above, 3p (9p) – comparative plots with (heavy – 9) thinning from below

+ - statistically significant (p 0.05), ns – no significant, ¹mean stem, ²dominant trees, ³differences, * - we used data from revision at the age of 83 years (1995) because of the following breakdown of control stand

Tab. 3.

Hodnoty štíhlostního kvocientu (h/d) středního kmene a horního stromového patra (200 nejsilnějších jedinců na 1 hektar) na experimentech druhé série v roce 1999 (2000) – poslední revize

Values of h/d ratio of mean stem and dominant trees (200 thickest trees per hectare) in particular series of the 2nd series in 1999 (2000) – last revision

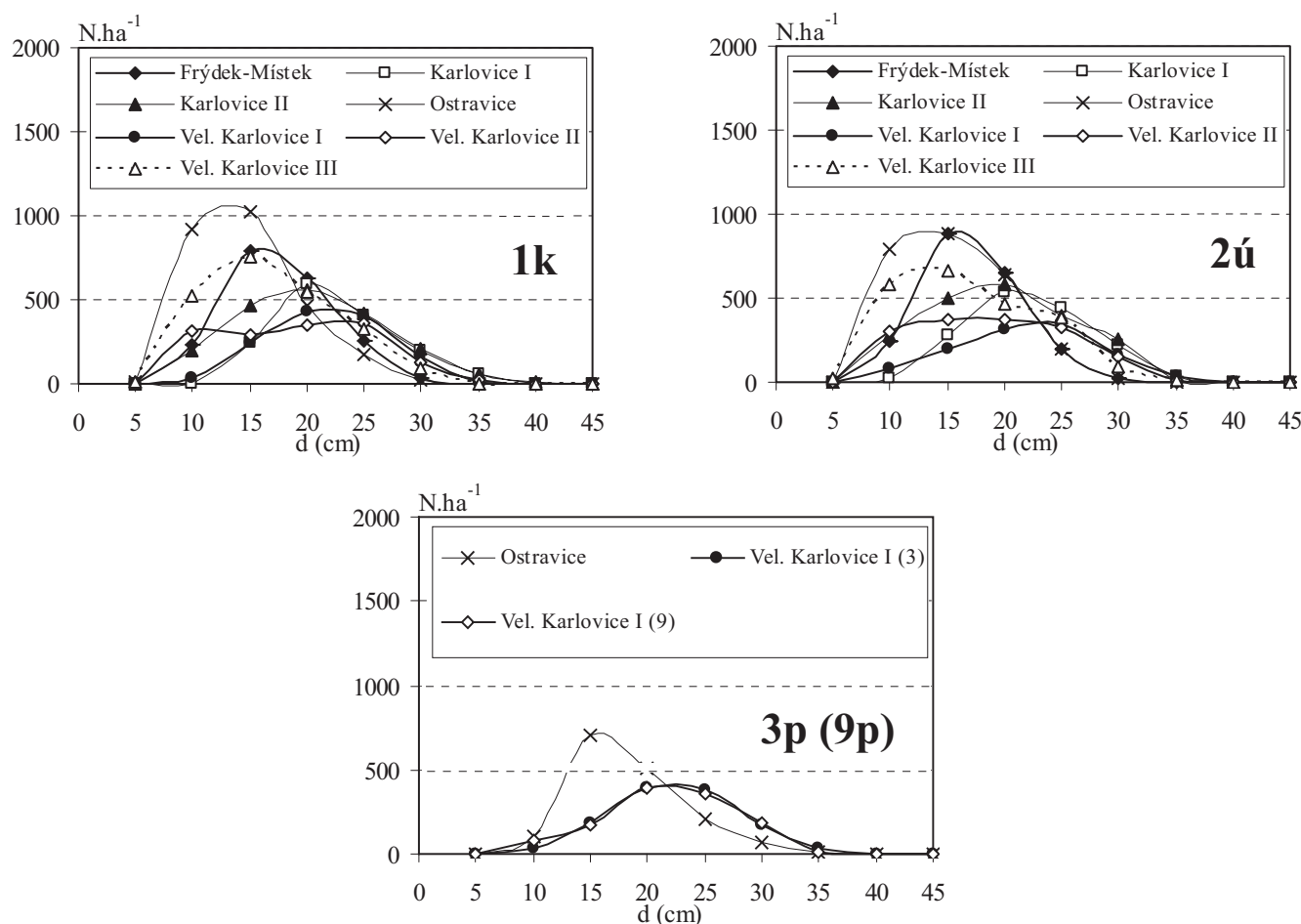


Obr. 2.

Vývoj počtu stromů (N.ha⁻¹) podle věku na kontrolních plochách (bez výchovy) experimentů 2. série založené v roce 1960 ve srovnání s údaji z růstových tabulek (ČERNÝ, PAŘEZ, MALÍK 1996)

Number of trees (N.ha⁻¹) by age on control plots (without thinning) of experiments of 2nd series founded in 1960 comparing with growth tables (ČERNÝ, PAŘEZ, MALÍK 1996)

- Rozdílná počáteční hustota porostů jednotlivých řad zabraňuje použití metod podrobného porovnávání dílčích variant výchovy. Sledované výzkumné řady 2. série lze rozdělit do dvou skupin: řady s relativně vyšší počáteční hustotou porostů od 2 264 do 2 616 jedinců na hektar a s nižším počátečním věkem v rozmezí 40 až 43 let (Ostravice, Velké Karlovice III) a řady s relativně nižší počáteční hustotou porostů od 1 288 do 1 960 jedinců na hektar a s vyšším počátečním věkem v rozmezí 48 až 54 let (Frýdek-Místek, Karlovice I a II, Velké Karlovice I a II).
- Výchovné zásahy neměly vždy stejný efekt na produkci experimentálních smrkových porostů hodnocenou pomocí stanovení periodického přírůstu výčetní kruhové základny. V porostech s pozitivním výběrem v úrovni byl zjištěn ve čtyřech případech vyšší a ve třech případech nižší celkový periodický přírůst výčetní kruhové základny (včetně nahodilé těžby) ve srovnání s kontrolními plochami bez výchovy. Poněkud odlišná situace byla v porostech s negativním výběrem v podúrovni, kde byl celkový periodický přírůst výčetní kruhové základny (včetně nahodilé těžby) vždy vyšší ve srovnání s kontrolními plochami. Tento poznatek koresponduje se závěry MACKENZIEHO (1962) a HAMILTONA (1976), kteří na základě vyhodnocení experimentu Bowmont ve Velké Británii konstatují vyšší přírůst výčetní kruhové základny na plochách s výchovnými zásahy ve srovnání s plochami bez výchovy (nejlépe byly hodnoceny varianty se slabšími úrovnovými a silnějšími podúrovnovými zásahy).
- Nejvýraznější efekt výchovy tak spočíval ve snížení podílu výčetní kruhové základny odstraněné při nahodilých těžbách (souše, zlomy, vývraty). Za celou dobu sledování bylo na všech plochách s výchovou (bez rozlišení) odstraněno při nahodilých těžbách od 11 do 32 % periodického přírůstu výčetní kruhové základny, zatímco na kontrolních plochách bez výchovy činil podíl nahodilé těžby 65 až 124 % periodického přírůstu výčetní kruhové základny.
- Předpoklad výrazné podpory podúrovnových jedinců uplatňováním pozitivního výběru v úrovni nebyl potvrzen na žádné ze sledovaných výzkumných řad druhé série. Prakticky ve všech těchto sledovaných případech byl nejvyšší počet slabších stromů zjištěn na plochách kontrolních (bez výchovných zásahů). Vliv úrovnových zásahů (varianty zastoupené na všech řadách druhé série) na zastoupení stromů silnějších dimenzí nebyl jednoznačný. Ve srovnání s kontrolní variantou byl ve třech případech zjištěn vyšší počet a ve čtyřech případech nižší počet jedinců s výčetní tloušťkou 40 cm a více. Výrazné změny v tloušťkové struktuře, popisované PAŘEZEM (1965) po prvních podúrovnových zásadách (varianty 3p) na plochách první a druhé série, tak nebyly po čtyřiceti letech sledování identifikovány. U variant s úrovnovými zásahy (2ú) byl po prvních zásadách



Obr. 3.

Počáteční tloušťková struktura (1960) na dílčích plochách experimentů 2. série. 1k – kontrolní plochy bez zásahů, 2ú – srovnávací plochy s úrovnovými zásahy, 3p (9p) – srovnávací plochy s podúrovnovými zásahy

Initial diameter distribution (in 1960) in particular plots of experiments of the 2nd series. 1k – control plots without thinning, 2ú – comparative plots with thinning from above, 3p (9p) – comparative plots with thinning from below

zaznamenán minimální vliv na charakteristiky tloušťkové struktury. Po čtyřiceti letech sledování byly změny v rozložení tloušťkových struktur u variant s pozitivním výběrem v úrovni statisticky průkazné (ve srovnání s kontrolní variantou) v pěti ze sedmi případů této série.

- Statická stabilita charakterizovaná štíhlostním kvocieniem středního kmene a horního stromového patra (200 nejsilnějších stromů na hektar) byla na převážné většině experimentů ovlivněna pozitivně, tj. konečná hodnota štíhlostního kvocientu (středního kmene i horního stromového patra) byla nižší (o 2 – 6 %) na vychovávaných plochách ve srovnání s plochami bez výchovy. Vliv zvolené varianty výchovy (úrovňová nebo podúrovňová) na statickou stabilitu dominantních stromů byl nejednoznačný. Slabší efekt výchovných zásahů na zvýšení stability porostů (charakterizované štíhlostním kvocieniem) je zřejmě způsoben počátečním věkem experimentálních porostů (41 až 54 let) při realizaci prvních zásahů. Tato skutečnost již byla konstatována PAŘEZEM (1972b) při vyhodnocování poškození sněhem na výzkumných plochách. Z analýzy vyplývá, že v porostech se zanedbanou výchovou v mládí (do 30 let věku) nelze již výchovnými zásahy podstatně ovlivnit výši poškození sněhem. Experimenty druhé série jsou navíc svou polohou 570 až 794 m n. m. v oblastech s největším ohrožením působení sněhu (od 500 do 900 m n. m.). Na malé možnosti ovlivňování stability výchovnými zásahy ve starších smrkových porostech upozorňuje také KONŮPKA et al. (1989). Kritické stadium pro poškození sněhem (KONŮPKA 1985) je však v období 25 (30) až 40 (50) let věku (později u porostů na horších bonitách). V experimentálních porostech druhé série, kde prováděné zásahy měly v převážné většině pozitivní vliv na hodnoty štíhlostního kvocientu středního kmene a horního stromového patra, tak výchovné programy spíše přispěly ke stabilizaci porostů vůči větru.

Literatura

- ASSMANN, E.: Náuka o výnose lesa. Bratislava, Příroda 1968. 488 s.
- ČERNÝ, M., PAŘEZ, J., MALÍK, Z.: Růstové a taxační tabulky hlavních dřevin České republiky. (Smrk, borovice, buk, dub.) Jílové u Prahy, IFER 1996. 245 s.
- GROFÍK, R., FLEK, P.: Statistické metody v poľnohospodárstve. Bratislava, Příroda 1990. 344 s.
- HAMILTON, G. J.: The Bowmont Norway spruce thinning experiment 1930 - 1974. *Forestry*, 49, 1976, č. 2, s. 109 - 119.
- KONŮPKA, J.: Modely rastových vlastností cieľových stromov smreka z hľadiska ochrany proti polomom, hlavne snehovým. *Lesnictví*, 31, 1985, č. 4, s. 309 - 332.
- KONŮPKA, J., LEHOTSKÝ, L., TOMA, R.: Vplyv výchovy na statickú stabilitu smrekových porastov. *Lesnícky časopis*, 35, 1989, č. 2, s. 87 - 99.
- KORPEL, Š.: Vplyv prebierok na štruktúru a produkciu v smrekových porostoch. In: *Acta Facultatis Forestalis Zvolen (Czechoslovakia)*. 34. Bratislava, Příroda 1992, s. 151 - 167.
- MACKENZIE, A. M.: The Bowmont Norway spruce sample plots 1930 - 60. *Forestry*, 35, 1962, s. 129 - 138.
- MELOUN, M., MILITKÝ, J.: Statistické zpracování experimentálních dat. Praha, East Publishing 1998. 839 s.
- PAŘEZ, J.: Návrh postupu při zakládání, sledování a vyhodnocování trvalých pokusných ploch se zvláštním zřetelem k pokusným plochám probírkovým a výnosovým. Jíloviště-Strnady, VÚLHM 1958. 248 s.
- PAŘEZ, J.: Vliv první podúrovňové a úrovňové probírky na změnu tloušťkové struktury mladých smrkových porostů. *Práce výzkumných ústavů lesnických ČSSR*, 31, 1965, s. 103 - 126.

- PAŘEZ, J.: Škody sněhem a větrem ve smrkových porostech probírkových pokusných ploch v období 1959 – 1968. Jíloviště-Strnady, VÚLHM 1972a. 97 s.
- PAŘEZ, J.: Vliv podúrovňové a úrovňové probírky na výši škod sněhem v porostech pokusných probírkových ploch v období 1959 – 1968. *Lesnictví*, 18, 1972b, č. 2, s. 143 – 154.
- PAŘEZ, J.: Vliv výchovných zásahů na kvantitativní a kvalitativní produkci smrkových porostů. Jíloviště-Strnady, VÚLHM 1975. 77 s.
- PAŘEZ, J.: Diferenciace probírek ve smrkových porostech jedlo-bukového až dubo-bukového vegetačního stupně. Jíloviště-Strnady, VÚLHM 1979. 48 s.
- PAŘEZ, J.: Vliv podúrovňové a úrovňové probírky na produkci smrkových a borových porostů v ČSR. Jíloviště-Strnady, VÚLHM 1980. 30 s.
- PAŘEZ, J.: Zhodnocení výzkumných ploch ve smrkových a borových porostech. Jíloviště-Strnady, VÚLHM 1985. 102 s.
- PEERENBOOM, H. G., PETRI, H.: Standortgerechte und standraumbezogene Ertragsdaten für die Bewirtschaftung der Fichte. *Forstarchiv*, 57, 1986, č. 4, s. 123 - 128.
- PERSSON, O. A.: Thinning in Norway spruce in southern Sweden. Department of Forest Yield Research. Report No. 18. Swedish University of Agricultural Sciences. Garpenberg 1986, 24. s.
- SLODIČÁK, M., NOVÁK, J.: Dlouhodobé experimenty s porostní výchovou smrku ztepilého – cíle a metodika. *Zprávy lesnického výzkumu*, 48, 2003, č. 4, s. 149 - 152.
- SLODIČÁK, M., NOVÁK, J.: Zhodnocení poznatků z 1. série sledované od roku 1958. *Zprávy lesnického výzkumu*, 49, 2004, č. 1, s. 13 - 17.
- SPELLMANN, H.: Auswirkungen verschiedener Durchforstungsarten und Durchforstungsstärken auf die Entwicklung eines weitständig begründeten Fichtenbestandes. *Allgemeine Forst-und Jagdzeitung*, 157, 1986, č. 2, s. 27 - 31.

Poděkování:

Příspěvek vznikl v rámci řešení výzkumného záměru Ministerstva zemědělství ČR „Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností v měnících se podmínkách prostředí“ – MZE 0002070201.

Recenzováno

HODNOCENÍ VYBRANÝCH PROVENIENČNÍCH PLOCH S JEDLÍ BĚLOROU VE VĚKU 31 LET SE ZŘEATEM NA OVĚŘENÍ FYTOGEOGRAFICKÉ PROMĚNLIVOSTI TÉTO DŘEVINY V ČESKÉ REPUBLICE

Evaluation of selected silver fir provenance plots at the age of 31 years with aim to verify this species phytogeographical variability in the Czech Republic

Abstract

Silver fir (*Abies alba* MILL.) used to be considered from volume production point of view as an important forest tree species, especially in Central Europe, including some other European countries. Beside its considerable volume and mass production, this forest tree species has other positive properties in forest ecosystems. Silver fir, especially as admixture in mixed forest stands, contributes to creation of desirable humus types, by needle shedding and with regards to its root system penetration to deeper soil layers. By this way, this tree species contributes significantly to forest ecosystems stability, too. From these reasons, there is not any compensation for this species, especially in case of heavy clay soils on gleying sites of middle and higher elevation sites, currently. In relation to numerous research projects having been realized with silver fir earlier, there are presented results of three research plots (Nýrsko, Litovel, Vítkov) evaluation at the age of 31 years, in this paper. Research works have been aimed especially to verification of silver fir populations' variability with consideration of this tree species distribution in the Czech Republic. Obtained results will contribute to an extension of findings about silver fir variability. Also, these results of research will be possible to use for practical aims of forest management. Use of these new findings in the field of silver fir seed management is presupposed, too, as well as in case of this forest tree species reproductive material zoning.

Klíčová slova: jedle bělokorá, *Abies alba*, fytogeografie, proměnlivost, plochy provenienční, hodnocení, Česká republika

Key words: silver fir, *Abies alba*, phytogeography, variability, provenance plots, evaluation, Czech Republic

Úvod a cíl práce

Zastoupení jedle bělokoré v původních přírodních podmínkách ČR je na základě dostupných informací odhadováno na ca 16 % (ŠINDELÁŘ 1994). V souvislosti s monokulturním a holosečným hospodářstvím, které bylo zaměřeno zejména na smrk ztepilý a borovicí lesní a rovněž v důsledku znečištění ovzduší, došlo k poklesu zastoupení jedle na kritickou mez pod 1 % redukované plochy. Jedle byla v minulosti obnovována pouze na ploše několika málo set hektarů. Teprve v posledních letech se podíl obnovy tohoto druhu v lesních porostech poněkud zvyšuje.

Podle návrhů dlouhodobé koncepce úprav druhové skladby lesních porostů v ČR (např. ŠINDELÁŘ 1994) by měl podíl redukované plochy jedle se zřetelem na hospodářské soubory a soubory lesních typů perspektivně diferencovaně vzrůst na 4 až 5 %. Možnosti využití přirozené obnovy jedle jsou s ohledem na její nízký podíl v dospívajících, dospělých a přestárých porostech a vzhledem k jejímu nerovnoměrnému výskytu velmi omezené. V souvislosti s umělou obnovou, která má a nadále bude mít prioritní postavení, je aktuálním úkolem zabezpečení genových zdrojů jedle bělokoré, jejich využívání pro sklizeň osiva a přirozenou obnovu. K základním cílům patří zpřesnění koncepce využívání osiva a sazenic této dřeviny na území ČR podle vhodné rajonizace. Význam má diskuse o dalších možnostech zajišťování reprodukčního materiálu pro případy, kdy osivo a sazenice z vlastních zdrojů nebudou v žádoucím rozsahu k dispozici.

K řešení naznačených problémů mohou vedle konkrétních opatření k záchraně a reprodukci genových zdrojů (vyhlášení zvláště chráněných území, genových základů, porostů uznaných ke sklizni semenného materiálu, zakládání reproduktivních výsadeb) přispět i srovnávací experimentální výsadby (provenienční a ověřovací plochy). Mají sloužit zvláště k upřesnění současných poznatků o proměnlivosti jedle bělokoré, k řešení praktických otázek týkajících se zejména rajonizace reprodukčního materiálu a k ověření vybraných genových zdrojů (uznaných jednotek). Zakládání srovnávacích výsadeb s jedlí bělokorou nemá v České republice příliš dlouhou tradici. První výzkumná provenienční plocha s touto dřevinou, založená s cílem přispět k poznání variability dílčích

populací jedle v ČR, pochází z roku 1961 (VINŠ 1966, ŠINDELÁŘ, FRÝDL, NOVOTNÝ 2005). Významným příspěvkem k řešení problematiky jedle bělokoré jsou práce KANTORA (1974, 1982 aj.) a jeho spolupracovníků a následovníků (KOBLIHA 1988, 1993 aj.), orientované na individuální výběr, vnitrodruhovou a mezidruhovou hybridizaci.

Základní práci značného rozsahu představuje projekt započatý v roce 1971, jehož obsahem bylo založení velké série výzkumných srovnávacích ploch, na kterých jsou zastoupeny dílčí populace druhu *Abies alba* a dále početný sortiment cizokrajných taxonů rodu *Abies*. V rámci tohoto projektu bylo získáno 151 proveniencí jedle bělokoré a celkem 72 dílčích populací 21 ostatních druhů a přirozených hybridů z řady evropských i mimoevropských zemí (ŠINDELÁŘ 1987).

V předkládaném příspěvku jsou shrnuty výsledky pozorování z výzkumných ploch č. 62 – Nýrsko, Dešenice s 36 proveniencemi, č. 70 – Litovel, Úsov s 25 proveniencemi a č. 71 – Vítkov, Jánské Koupele s 36 jednotkami. Jde o potomstva lesních porostů z České republiky, dále ze Slovenska, Spolkové republiky Německo, Rakouska, Itálie, bývalé Jugoslávie, Francie, Španělska, Polska, Rumunska a Bulharska. V sortimentu výrazně převládají provenience z ČR, ze zahraničí je zastoupen početnější sortiment ze Slovenska.

Výzkum variability populací jedle bělokoré se uskutečnil se zřetelem na jejich geografickou polohu. V první řadě se jedná o proměnlivost v rámci celého areálu podle jednotek rajonizace evropských lesů (RUBNER, REINHOLD 1953), viz tab. 3. V České republice jsou navíc uvažovány i přírodní lesní oblasti (PLO) a v rámci nich lesní vegetační stupně (LVS). Zhodnocení zastoupených dílčích populací má naznačit možnosti obecného posouzení variability jedle bělokoré jako druhu a může sloužit rovněž jako jeden z podkladů pro lesní hospodářství. Lze předpokládat, že poznatky bude možno využít k usměrňování aktivit, spojených se zajišťováním osiva a při zpřesňování rajonizace reprodukčního materiálu jedle bělokoré. Cíl výzkumu je rovněž orientován na problematiku záchranu a reprodukce genových zdrojů jedle bělokoré.

Na hodnocených výzkumných plochách je věnována pozornost i proveniencím ze Slovenska. Výsledky hodnocení tohoto materiálu mohou být zohledňovány při posuzování možností potenciálního využívání

reprodukčního materiálu ze Slovenska v případech opakujících se neúrod v ČR. Obdobný postup může přicházet v úvahu i pro provenience z Polska. Problematika je aktuální mimo jiné proto, že v posledních letech se dovoz osiva a sazenic z Polska do ČR již několikrát uskutečnil a je potřeba posoudit, zda jde o opatření vhodná.

Č. plochy/ Plot	Lesní správa/ Forest admin.	Revír/ Forest district	Porost/Stand	Nadmořská výška (m n. m.)/Elevation	HS/ Man. unit	SLT/ For. type	Lesní rajonizace ¹⁾ / Regionalization	PLO/Natural forest zone	Výměra/ Area (ha)	Počet proveniencí/ Number of provenances
62	Nýrsko	Dešenice	305 B1, 306 B1	700	45	jdBK	3.05.4	12	2,04	36
70	Litovel	Úsov	317 D1	400 - 420	23	bkDB	3.14.0	31	1,00	25
71	Vítkov	Jánské Koupele	502 D2	450	43	dbBK	3.05.1	29	1,44	36

¹⁾Podle/According to RUBNER, REINHOLD (1953)

Tab. 1.
Charakteristika ekologických poměrů výzkumných ploch
Characteristic of ecological conditions of experimental plots

Materiál a metodika

Základní informace o všech třech výzkumných plochách jsou stručně uvedeny v tab. 1. Výsadba 4 a 5letých sazenic se uskutečnila metodou dvojité mříže ve 4 opakováních na parcelách 10 x 10 m. Na každé parcele bylo vysazeno 50 sazenic ve sponu 2 x 1 m. Plochy byly běžným způsobem ošetřovány a chráněny oplocením před poškozením zvěří. Ztráty po výsadbě byly nízké (do 10 %). Výchovné zásahy se uskutečnily ve věku 15 až 20 let a orientovaly se v první řadě na odstraňování náletových dřevin, zejména břízy.

V rámci této práce byly zjišťovány hodnoty výškového růstu a výčetní tloušťky, tedy základní prvky objemové produkce. Orientačně jsou na základě uvedených veličin kalkulovány i objemy průměrného stromu a produkce biomasy na 1 ha. Tyto veličiny však nemusí být pro jedlí bělokorou zvláště v mladším věku rozhodující s ohledem na dynamiku růstu této dřeviny, která se v porostních podmínkách, zejména jde-li o nárosty z přirozené obnovy, vyvíjí pod clonou mateřských porostů často i po několik desetiletí. Soustavná pozorování i v dalších fázích vývoje jsou proto žádoucí. Významným kritériem pro hodnocení dílčích populací jedle bělokoré, především vzhledem k ústupu této dřeviny z lesních porostů, by mělo být hodnocení zdravotního stavu. Možnosti jsou ovšem v konkrétních podmínkách výzkumných ploch omezené, neboť všechny zastoupené provenience jsou bez ohledu na svůj původ bez zřetelných známek jeho narušení.

Na ploše č. 62 – Nýrsko, Dešenice je vysazeno 24 proveniencí z České republiky, 2 ze Slovenska a 10 z dalších osmi evropských zemí. Pokud jde o lokalizaci proveniencí podle regionů evropských lesů, pak největší počet jednotek pochází ze středoevropského regionu bukodubových lesů (21), v pořadí následuje region východoevropských a jihoevropských dubobukových lesů (10 proveniencí). Jednou až dvěma proveniencemi jsou zastoupeny i další tři regiony, jak je patrné z tab. 2a, 4a. Provenience z České republiky pocházejí z 11 PLO, z LVS 1 až 6.

Ve výsadbě č. 70 – Litovel, Úsov (tab. 2b, 4b) roste 13 proveniencí z ČR původem ze 7 PLO, z LVS 2 až 6. Slovensko je reprezentováno 4 dílčími populacemi a zbytek, tj. 8 proveniencí, připadá na dalších 6 evropských zemí. Pokud jde o regiony evropských lesů, je na ploše zastoupen materiál ze 4 regionů, převážně ze středoevropského regionu bukodubových lesů (14 proveniencí) a východoevropského a jihoevropského regionu dubobukových lesů (8 jednotek).

Výzkumná plocha č. 71 – Vítkov, Jánské Koupele je charakteristická zastoupením 23 proveniencí z ČR, 4 ze Slovenska a 9 dílčími populacemi z ostatních sedmi evropských zemí. Vysazený materiál pochází ze 4 regionů evropských lesů, největší počet opět ze středoevropského regionu bukodubových lesů. Pokud jde o provenience z ČR, je jako oblast původu zastoupeno celkem 12 PLO a opět LVS 2 až 6 (tab. 2c, 4c).

Na všech třech výzkumných plochách jsou paralelně vysazeny pouze 3 provenience a to 32 – Nýrsko, Dešenice, dále 71 – VLS Plumlov, Ruprechtov a S₁ – Banská Bystrica, Badín. Pokud jde o dvojice výzkumných ploch, je společně vysazený materiál početnější a to na dvojici ploch č. 62 a č. 70 – 8 proveniencí, č. 62 a č. 71 – 9 dílčích populací a na lokalitách č. 70 a č. 71 – 11 jednotek. Tento paralelně vysazený materiál je možno v rámci hodnocení orientačně porovnávat.

Na ploše č. 62 – Nýrsko, Dešenice se uskutečnilo první měření výšek v 9 letech (HYNEK 1983), na všech třech plochách současně ve věku 15 let (HYNEK 1989) a na plochách č. 70 a č. 71 ještě ve 20 a 22 letech (KOHOUTOVÁ 1995, PODLENA 1995).

V rámci tohoto sdělení jsou shrnuty výsledky pozorování, které se uskutečnilo na všech rostoucích jedincích ve věku 31 let (podzim 2001). Při tomto šetření již nebylo s ohledem na provedené výchovné zásahy možno registrovat s dostatečnou spolehlivostí podíly rostoucích jedinců (resp. spontánní mortalitu). Číselné údaje byly zpracovány obvyklý-

Číslo proven./ Number of proven.	Provenience	Země původu/ Land of origin	Nadm. výška (m n. m.)/ Elevation	Lesní region)/ Forest region	PLO/Natural forest area	LVS/Forest veg. zone	Počet stromů/ Number of trees	Sřední výška/ Mean height (m)	Sřední výč. tloušťka/ Mean D.B.H. (cm)	Objem prům. stromu/ Volume of mean tree (m³)	Zásoba)/ Supply (m³·ha⁻¹)
32	Nýrsko - Dešenice	ČR/CR	500	3.05.4	12	3	32	10,38	10,72	0,094	75
33	VLS Horní Planá - Drhovice	ČR/CR	400	3.05.4	10	3	29	12,24	12,59	0,152	110
37	Rychnov nad Kněžnou - Skuhrov nad Bělou	ČR/CR	440 - 600	3.05.1	26	3	45	12,21	12,53	0,151	169
45	Vsetín - Kýčová	ČR/CR	570	6.07.0	40	4	51	12,49	12,59	0,155	198
53	Opocno - Bolehošť	ČR/CR	385	3.11.0	26	2	41	13,62	13,23	0,187	192
58	Vimperk - Javorník - Pohorsko	ČR/CR	680	3.05.4	13	5	45	11,33	11,99	0,128	144
60	Velké Karlovice - Karolinka	ČR/CR	590 - 640	6.07.0	40	5	45	12,14	12,94	0,160	180
61	Velké Karlovice - Dinotice	ČR/CR	600	6.07.0	40	5	36	12,00	11,85	0,132	119
65	Vlašim - Jankov	ČR/CR	440	3.12.0	16	3	45	12,19	12,40	0,147	165
66	Nýrsko - Liščí	ČR/CR	600	3.05.4	12	5	31	11,60	12,39	0,140	108
69	Přibyslav - Rankov	ČR/CR	570 - 640	3.13.0	16	5	49	13,38	13,62	0,195	239
71	VLS Plumlov - Ruprechtov	ČR/CR	450 - 510	3.14.0	30	3	43	10,12	10,15	0,082	88
72	Nížbor - Dřevíč	ČR/CR	340	3.07.0	8	1	47	11,95	12,26	0,141	166
76	Nýrsko - Suchý Kámen	ČR/CR	620	3.05.4	12	5	56	12,68	12,12	0,146	205
78	Nové Hradce - Hvozď - Trocnov	ČR/CR	490 - 550	3.05.4	15	3	54	12,13	12,54	0,150	202
79	Český Krumlov - Chvalšiny	ČR/CR	760 - 900	3.05.4	12	6	54	12,05	12,78	0,154	208
81	Vyšší Brod - Vítkův Kámen	ČR/CR	800 - 900	3.05.4	13	6	27	11,44	11,07	0,110	74
84	Kasparské Hory - Bílý Potok	ČR/CR	760 - 800	3.05.4	13	6	71	12,35	12,71	0,157	278
86	VLS Hořovice - Strašice	ČR/CR	650	3.07.0	7	5	63	12,44	12,21	0,146	229
94	Schneeggarten - Kobersausserwald	Rakousko/Austria	550 - 750	5.01.3			50	13,01	12,54	0,161	201
95	Grehming - Steiermark	Rakousko/Austria	850	5.04.3			34	11,22	11,22	0,111	94
102	Velké Karlovice - Malé Karlovice	ČR/CR	600 - 700	6.07.0	40	5	49	13,30	13,03	0,177	217
118	Saint Evroult II	Francie/France	250 - 300	4.09.2			49	12,86	12,46	0,157	192
131	Razlog - Pirin. hory	Bulharsko/Bulgaria	1600	6.26.0			67	12,51	12,43	0,152	254
145	Kozara Mankovica	Jugoslávie/Yugoslavia		6.22.0			35	10,96	11,14	0,107	93
149	Osbayer - Vieschtach	SRN/Germany	700 - 780	3.05.4			37	14,15	13,24	0,195	180
162	Les Fanges IV	Francie/France	1000	4.14.1			32	12,09	12,03	0,137	110
183	Český Rudolec - Rožnov	ČR/CR	650 - 670	3.13.0	16	5	32	12,48	12,20	0,146	117
185	Brunál - Děřichov nad Bystřicí	ČR/CR	640	3.05.1	29	5	25	13,58	13,36	0,190	119
198	Vítkov - Budišov nad Budišovkou	ČR/CR	500 - 570	3.05.1	29	4	24	12,88	13,06	0,173	104
209	Nové Město na Moravě - Lísek	ČR/CR	680	3.13.0	16	5	30	9,18	9,13	0,060	45
212	Nieskurzów	Polsko/Poland	480	6.05.0			34	11,85	11,56	0,124	106
214	Prahova - Minceiu	Rumunsko/Romania		6.19.0			56	12,71	12,70	0,161	225
227	Carnaldoli - Carnaldoli	Itálie/Italy	1 000 - 1 100	9.12.0			28	11,20	11,39	0,114	80
S1	Banská Bystrica - Badin	Slovensko/Slovakia	800	6.07.0			51	13,38	12,95	0,176	225
S9	Kriváň - Snoly	Slovensko/Slovakia	630	6.07.0			46	12,48	12,43	0,152	174

¹Podle/According to RUBNER, REINHOLD (1953); ²Hmotnost stromová včetně větví - z objemových tabulek/Tree mass incl. branches - based on volume tables (GRUNDNER, SCHWAPPACH 1942)

Tab. 2a.
Základní charakteristika jednotek zastoupených na ploše č. 62
Basic characteristic of units on the plot no. 62

Číslo proven./ Number of proven.	Provenience	Země původu/Land of origin	Nadm. výška (m n. m.)/ Elevation	Lesní region ¹⁾ / Forest region	PLO/Natural forest area	LVS/Forest veg. zone	Počet stromů/ Number of trees	Střední výška/ Mean height (m)	Střední výč. tloušťka/ Mean D.B.H. (cm)	Objem prům. stromu/ Volume of mean tree (m ³)	Zásoba ²⁾ / Supply (m ³ .ha ⁻¹)
1-15	Kamenice nad Lipou - Losy	ČR/CR	780 - 820	3.13.0	16	6	65	12,82	13,78	0,191	310
16-30	Jihlava-Henčov - Popice	ČR/CR	600	3.13.0	16	5	53	13,50	14,59	0,226	299
32	Nýrsko - Dešnice	ČR/CR	500	3.05.4	12	3	63	12,29	12,91	0,161	254
51	VLS Lipník nad Bečvou - Podhoří	ČR/CR	550 - 600	3.05.1	39	5	49	10,57	12,01	0,120	147
68	Vyšší Brod - Bělá	ČR/CR	680	3.05.4	13	5	57	11,75	12,41	0,143	204
70	Nasavrky - Maleč	ČR/CR	390 - 400	3.13.0	16	2	71	12,41	13,32	0,173	307
71	VLS Plumlov - Ruprechtov	ČR/CR	450 - 510	3.14.0	30	3	67	13,01	13,62	0,190	318
76	Nýrsko - Suchý Kámen	ČR/CR	620	3.05.4	12	5	74	12,35	12,56	0,153	283
82	Vizovice - Bratřejov	ČR/CR	550	6.07.0	38	4	83	12,10	13,34	0,169	351
86	VLS Hořovice - Strašice	ČR/CR	650	3.07.0	7	5	67	13,10	14,22	0,208	348
88	VLS Hořovice - Mirošov	ČR/CR	620	3.05.4	7	5	66	11,95	12,61	0,149	246
94	Schneegattern - Kobernauserwald	Rakousko/Austria	550 - 750	5.01.3			70	12,46	13,41	0,176	308
96	Thal - Wechselgebiet	Rakousko/Austria	550	5.03.0			57	10,48	10,91	0,098	140
132	Borovec - Rils. hory	Bulharsko/Bulgaria	1400	6.26.0			75	11,04	11,81	0,121	227
147	Schwäb. Fränk. Wald - Geschwend	SRN/Germany	480 - 530	3.21.0			62	12,64	13,23	0,174	269
148	Schwarzwald - Gengenbach	SRN/Germany	465 - 740	3.32.0			54	11,81	12,96	0,156	210
210	Nové Město na Moravě - Cikláj	ČR/CR	690	3.13.0	16	5	49	9,36	9,86	0,071	87
211	Nové Město na Moravě - Vojnův Městec	ČR/CR	660	3.13.0	16	5	46	8,83	9,14	0,058	67
212	Nieskurzów	Polsko/Poland	480	6.05.0			66	9,14	9,76	0,068	113
217	Neamt - Gircina	Rumunsko/Romania	950	6.19.0			58	10,59	10,31	0,088	128
227	Carnaldoli - Carnaldoli	Itálie/Italy	1 000 - 1 100	9.12.0			51	6,95	7,61	0,032	40
S1	Banská Bystrica - Badín	Slovensko/Slovakia	800	6.07.0			93	11,61	12,46	0,142	329
S6	Čierny Váh - Čierny Váh	Slovensko/Slovakia	850	6.06.4			74	11,47	11,92	0,128	237
S9	Kriváň - Snohy	Slovensko/Slovakia	630	6.07.0			65	10,15	10,84	0,094	152
S13	Bardejov - Kružľov	Slovensko/Slovakia	580	6.06.1			69	11,36	12,82	0,147	253

¹⁾Podle/According to RUBNER et REINHOLD (1953); ²⁾Hmoty stromová včetně větví - z objemových tabulek/Tree mass incl. branches - based on volume tables (GRUNDNER, SCHWAPPACH 1942)

Tab. 2b.
Základní charakteristika jednotek zastoupených na ploše č. 70
Basic characteristic of units on the plot no. 70

mi statistickými metodami (popisné charakteristiky, analýza variance, Duncanův mnohonásobný pořadový test, korelační a regresní analýza). Dosažené výsledky proveniencí z ČR byly zhodnoceny se zřetelem na možnost zařazení jejich mateřských porostů do kategorie uznaných jednotek ověřených (testovaných).

Při posuzování proměnlivosti analýzou variance byl využit model pro dvě příčiny proměnlivosti $y_{ij} = \mu + p_i + o_j + e_{ij}$, kde y_{ij} je hodnota i -tého potomstva v j -tém opakování, μ představuje průměr pokusu, p_i efekt i -tého potomstva ve vztahu k průměru pokusu, o_j efekt j -tého opakování, e_{ij} pak představuje náhodnou odchylku od průměru pokusu (experimentální chybu). Průměrné efekty proveniencí, opakování i podíly, které připadají na nekontrolované faktory, jsou vyčísleny na základě výsledků analýzy variance řešením příslušných normálních rovnic (WEBER 1961). Pro kontrolu spolehlivosti pokusů byly vypočteny i hodnoty opakovatelnosti (heritability) podle postupu, navrženého IUFRO (1965). Rozdíly mezi jednotlivými proveniencemi v rámci pokusů byly pro výšky a výčetní tloušťky zkoumány Duncanovým mnohonásobným pořadovým testem.

Pro každou provenienci byl na jednotlivých plochách vypočten objem průměrného stromu na bázi aritmetických průměrů výšek a výčetních tloušťek. K výpočtu bylo použito objemových tabulek GRUNDNERA a SCHWAPPACHA (1942). Jako doplněk pro zvýšení názornosti diferencí mezi jednotlivými proveniencemi byly pro orientaci vypočteny celkové objemy stromové biomasy na jednotku plochy, v našem případě na plochu 1 ha. Výpočet se uskutečnil s využitím objemu průměrného stromu a počtu rostoucích jedinců.

Výsledky

Výškový růst jedlí je na všech třech výzkumných plochách uspokojivý, průměrné hodnoty zastoupených proveniencí jsou na všech lokalitách přibližně stejné. Úroveň výškového růstu odpovídá v celkovém průměru I. bonitě růstových tabulek (SCHÖBER 1995) a absolutní výškové bonitě 28 až 30 m podle tabulek, které jsou součástí vyhlášky MZe č. 84/1996 Sb. Počty stromů, které se do věku 31 let na výzkumných plochách udržely, jsou ve všech případech výrazně nižší než model růstových tabulek. Průměrné výšky proveniencí kolísají kolem průměrné hodnoty každé plochy (12,2 m, 11,4 m, 11,8 m) v dosti širokých mezích, čemuž odpovídají i hodnoty variačních koeficientů. Pro celé soubory potomstev na jednotlivých plochách však variační koeficienty kolísají pouze v rozmezí 0,23 až 0,30. Na základě výsledků analýzy variance bylo možno na všech plochách konstatovat statisticky vysoce významné rozdíly mezi průměrnými výškami proveniencí. Diference mezi opakováními jsou rovněž statisticky vysoce významné a dokládají tak ekologickou nestejnorodost výzkumných ploch. Podíl variance připadající na provenienci jako příčinu proměnlivosti se na plochách pohybuje od 31 do 46 %. Přes relativně značný podíl variance, která připadá na reziduální faktor, jsou hodnoty opakovatelnosti (heritability) jako kritéria spolehlivosti pokusů na plochách č. 62 a č. 70 vysoké (0,82, 0,78) a dokládají tak relativní spolehlivost experimentálních prací. Na ploše č. 71 se tento ukazatel hodnotou 0,67 přibližuje kritériu pro žádoucí spolehlivost pokusu (0,70). Výsledky Duncanova testu umožnily rozdělení zkoumaných proveniencí na jednotlivých plochách podle výškového růstu do základních kategorií.

Výčetní tloušťky, kalkulované pro celé soubory proveniencí, odpovídají na všech třech sledovaných výzkumných plochách úrovni výškového růstu a tím i údajům růstových tabulek pro I. bonitu a mírné probírky, resp. absolutní výškové bonitě 28 až 30 m (výška ve věku 100 let). Průměrné hodnoty výčetních tloušťek jsou na všech třech plochách téměř stejné a pohybují se v mezích 12 až 13 cm. Proměnlivost mezi průměrnými hodnotami veličin jednotlivých potomstev je se zřetelem na sortiment zastoupených proveniencí na plochách různá. Této skutečnosti

odpovídají i hodnoty variačních koeficientů celých souborů (0,23, 0,31, 0,39). Na všech plochách vyplývá z výsledků analýzy variance vysoká statistická signifikance rozdílů mezi průměrnými hodnotami výčetních tloušťek. Totéž platí i pro faktor opakování, což dokládá, podobně jako u analýzy výškového růstu, nestejnorodost stanovištních podmínek. Podíly variance, které připadají na faktor proveniencie, jsou diferencované. Zatímco na plochách č. 62 a č. 71 představují přibližně třetinu celkové variance (36 % a 34 %), na lokalitě č. 70 jde o 63 %. Na základě výsledků Duncanova testu bylo na jednotlivých plochách podle úrovně výčetních tloušťek možno soubory potomstev diferencovat. Jde zpravidla pouze o dvě kategorie – s intenzivním tloušťkovým růstem a s nižší úrovní výčetních tloušťek. Specifické případy představuje několik dílčích populací s extrémními, tj. minimálními a maximálními hodnotami.

Objem průměrného stromu se v průměru jednotlivých výzkumných ploch jako celků pohybuje v mezích 0,137 m³ (plocha č. 70 – Litovel, Úsov) až 0,145 m³ (výsadba č. 62 – Nýrsko, Dešenice), resp. 0,140 m³ (lokalita č. 71 – Vítkov, Jánské Koupele). Pokud jde o jednotlivé zastoupené proveniencie, je variabilita kalkulovaných veličin značná a pohybuje se v mezích 41 – 134 % (č. 62), 23 – 165 % (č. 70) a 29 – 149 % (č. 71) uvedených celkových aritmetických průměrů. Maximálních hodnot objemu průměrného stromu dosahuje na ploše č. 62 proveniencie 69 – Přibyslav, Rankov (0,195 m³), na lokalitě č. 70 potomstvo jednotky 16-30 – Jihlava-Henčov, Popice (0,226 m³) a na výsadbě č. 71 dílčí populace 82 – Vizovice, Bratřejov (0,208 m³).

Zásoby stromové biomasy jsou již ve věku 31 let značné a dosahují jako průměry pro celé plochy na lokalitě č. 62 – 158 m³. ha⁻¹, ve výsadbě č. 70 – 225 m³. ha⁻¹ a na ploše č. 71 pak 184 m³. ha⁻¹. Proměnlivost objemových veličin mezi proveniencemi je na plochách značná, mimo jiné v důsledku velkých diferencí v počtech dosud rostoucích jedinců jednotlivých potomstev. Maximální zásoby stromové biomasy na plochu 1 ha vykazuje na výzkumné ploše č. 62 proveniencie 84 – Kašperské Hory, Bílý Potok (278 m³. ha⁻¹), na lokalitě č. 70 potomstvo 82 – Vizovice, Bratřejov (351 m³. ha⁻¹) a u výsadby č. 71 proveniencie 32 – Nýrsko, Dešenice (384 m³. ha⁻¹). Relativně značné jsou ve věku 31 let zásoby technicky zhodnotitelné biomasy hroubí, kterou lze odhadnout na základě snížení stromového objemu o 25 až 30 %.

Potomstva jednotek „místního“ původu

Jedním ze základních principů rajonizace reprodukčního materiálu lesních dřevin, který je patrný i ze současných právních předpisů, je prioritní používání semen a sazenic „místního“ původu. V užším smyslu jde o lokality z míst nebo z blízkosti míst, kde má být reprodukční materiál použit. V širším smyslu se za „místní“ původ považuje tatáž přírodní lesní oblast a tentýž lesní vegetační stupeň. Předpokládá se, především v případě jde-li o autochtonní populace lesních dřevin, vhodná adaptace na místní podmínky prostředí. Dále se počítá s tím, že vedle žádoucí vitality budou potomstva „místních“ populací lesních dřevin vykazovat uspokojivý až optimální růst a produkci. Tyto předpoklady bylo možno ověřit na výzkumné ploše č. 62 – Nýrsko, Dešenice, kde jsou zastoupeny tři místní populace v užším smyslu, a dále ve výsadbě č. 71 – Vítkov, Jánské Koupele s jednou dílčí populací z oblasti těžby správních jednotky lesů a dvěma potomstvy z objektů bezprostředně sousedících. Zdravotní stav jedlí je na plochách uspokojivý, hodnoty výškového i tloušťkového růstu a objemové produkce uvedených místních populací se pohybují pouze v užších či širších mezích kolem průměrů celých pokusů. V souladu s informacemi řady pozorování různých autorů lze i zde konstatovat, že ne vždy patří „místní“ populace z hlediska růstu a produkce k nejvýkonnějším.

Číslo proven./ Number of proven.	Provenience	Země původu/ Land of origin	Nadm. výška (m n. m.)/ Elevation	Lesní region/ Forest region	PLO/Natural forest area	LVS/Forest veg. zone	Počet stromů/ Number of trees	Střední výška/ Mean height (m)	Střední výč. tloušťka/ Mean D.B.H. (cm)	Objem prům. stromu/ Volume of mean tree (m³)	Zásoba²/ Supply (m³·ha⁻¹)
1-15	Kamenice nad Lipou - Losy	ČR/CR	780 - 820	3.13.0	16	6	57	12,91	14,05	0,200	285
32	Nýrsko - Dešenice	ČR/CR	500	3.05.4	12	3	80	12,90	13,76	0,192	384
35	Petrohrad - Oračov	ČR/CR	400	3.05.4	9	3	69	12,01	12,11	0,138	239
43	Vsetín - Hošťálková	ČR/CR	490 - 530	6.07.0	40	4	54	13,04	14,22	0,207	280
49	Přibyslav - Hamry	ČR/CR	580 - 590	3.13.0	16	4	63	13,34	13,67	0,196	308
51	VLS Lipník nad Bečvou - Podhoří	ČR/CR	550 - 600	3.05.1	39	5	69	11,39	11,54	0,119	205
59	Velké Karlovice - Vranča	ČR/CR	590 - 680	6.07.0	40	5	51	10,95	10,72	0,099	126
64	Dobříš - Chouzavá	ČR/CR	410 - 420	3.07.0	10	3	67	12,88	14,02	0,199	333
68	Výšší Brod - Bělá	ČR/CR	680	3.05.4	13	5	62	10,71	10,69	0,096	149
70	Nasavrky - Maleč	ČR/CR	390 - 400	3.13.0	16	2	64	13,20	13,67	0,194	310
71	VLS Plumlov - Ruprechtov	ČR/CR	450 - 510	3.14.0	30	3	69	12,86	13,38	0,181	312
74	Milevsko - Klučnice	ČR/CR	380	3.12.0	10	2	68	12,51	12,67	0,158	268
82	Vizovice - Bratřejov	ČR/CR	550	6.07.0	38	4	63	13,06	14,24	0,208	327
85	Kašperské Hory - Kašperské Hory	ČR/CR	800 - 960	3.05.4	13	6	51	12,81	13,47	0,118	150
90	Prachovice - Včelná	ČR/CR	750 - 1020	3.05.4	13	6	39	10,95	11,71	0,118	115
95	Grobming - Steiermark	Rakousko/Austria	850	5.04.3			56	11,77	11,56	0,124	173
101	Velké Karlovice - Brodské	ČR/CR	700 - 760	6.07.0	40	6	57	12,41	12,42	0,150	214
132	Borovec - Rils, hory	Bulharsko/Bulgaria	1400	6.26.0			41	11,78	12,27	0,139	143
148	Schwarzwald - Gengenbach	SRN/Germany	465 - 740	3.32.0			43	11,34	11,02	0,108	116
149	Ostbayer - Viechtach	SRN/Germany	700 - 780	3.05.4			27	11,28	11,78	0,123	83
186	Šternberk - Řídeč	ČR/CR	380 - 500	3.05.1	29	3	43	12,00	12,21	0,141	151
194	Karlovice - Karlov sever	ČR/CR	720	3.05.1	27	6	26	11,04	11,17	0,108	70
198	Vitkov - Budišov nad Budišovkou	ČR/CR	500 - 570	3.05.1	29	4	28	12,27	11,93	0,137	96
199	Krnov - Horní Benešov	ČR/CR	500 - 600	3.05.1	28	4	33	11,64	12,59	0,145	120
205	Bilovec - Skřípov	ČR/CR	440	3.05.1	29	3	49	12,11	12,48	0,148	182
207	Nové Město na Moravě - Nové Město n. M.	ČR/CR	630	3.13.0	16	5	15	10,77	10,70	0,097	36
209	Nové Město na Moravě - Lísek	ČR/CR	680	3.13.0	16	5	2	3,00	3,00	0,002	0
214	Prahova - Mineciu	Rumunsko/Romania		6.19.0			47	12,28	12,31	0,146	172
222	Gornja Stupčanica - Olovo	Jugoslávie/Yugoslavia	1 060	6.22.0			38	12,01	12,24	0,141	134
225	Vitez - Kruščica	Jugoslávie/Yugoslavia	1 200	6.22.0			43	12,21	12,44	0,148	160
228	Vallombrosa - Vallombrosa	Itálie/Italy	900 - 1 120	9.12.0			9	8,89	7,56	0,040	9
231	Baligród	Polsko/Poland	550	6.06.1			15	10,00	9,50	0,071	27
S1	Banská Bystrica - Badin	Slovensko/Slovakia	800	6.07.0			57	12,18	12,02	0,138	197
S5	Ružomberok - Korytnica	Slovensko/Slovakia	750	6.06.4			70	12,97	13,21	0,178	311
S9	Kriváň - Snohy	Slovensko/Slovakia	630	6.07.0			45	13,56	13,80	0,203	228
S14	Svidník - Komárnik	Slovensko/Slovakia	480	6.06.1			57	13,63	13,81	0,144	205

¹Podle/According to RUBNER, REINHOLD (1953); ²Hmotnost stromová včetně větví - z objemových tabulek/Tree mass incl. branches - based on volume tables (GRUNDNER, SCHWAPPACH 1942)

Tab. 2c.
Základní charakteristika jednotek zastoupených na ploše č. 71
Basic characteristic of units on the plot no. 71

Středoevropský region bukodubových lesů/Central European region of beech-oak forests	
3.05.1	Oblast hercynsko-sudetského smíšeného lesa horského – sudetská podoblast/Area of Hercynian-Sudeten mixed mountain forest – Sudeten subarea
3.05.4	Oblast hercynsko-sudetského smíšeného lesa horského – jihohercynská podoblast/Area of Hercynian-Sudeten mixed mountain forest – southern Hercynian subarea
3.07.0	Středočeská pahorkatina/Central Bohemian Hills
3.11.0	České Polabí/Czech Elbe valley
3.12.0	Středočeská pahorkatina/Central Bohemian Upland
3.13.0	Českomoravská vrchovina s jižním předhořím/Bohemian-Moravian Hills with southern foothills
3.14.0	Drahanská vrchovina se severním okrajem/Drahanská Hills with northern margin
3.21.0	Švábsko-franský Jura/Schwabian-Frankish Jura
3.32.0	Černý les (Schwarzwald) s předhořím a Baar/Black Forest (Schwarzwald) with the Foothills and Baar
Západoevropský region listnatých lesů/Western European region of deciduous tree species	
4.09.2	Severofrancouzská oblast dubo-smíšeného lesa – normandská podoblast/Northern French area of oak-mixed forest – Norman subarea
4.14.0	Pyreneje – francouzská podoblast/Pyrenees – French subarea
Alpský region/Alpine region	
5.01.3	Buko-jedlo-smrková oblast západních a severních Alp – podoblast severních okrajů Alp/Beech-fir-spruce area of western and northern Alps – subarea of northern Alpine margins
5.03.0	Východoalpská předhoří/Eastern Alpine Foothills
5.04.3	Vnitřní Alpy – východní podoblast/Central Alps - Eastern subarea
Východoevropský a jihovýchodoevropský region dubobukových lesů/ Eastern European and south-eastern European region of oak-beech forests	
6.05.0	Dubo-buko-jedlová oblast polského předhoří Karpat/Oak-beech-fir area of Polish Foothills of Carpathians
6.06.1	Buko-jedlo-smrková oblast severních Karpat – východní podoblast/Beech-fir-spruce area of northern Carpathians – eastern subarea
6.06.4	Buko-jedlo-smrková oblast severních Karpat – tatranská podoblast/Beech-fir-spruce area of northern Carpathians –Tatra subarea
6.07.0	Slovenské Karpaty/Slovakian Carpathians
6.19.0	Buko-jedlo-smrková oblast rumunských Karpat (včetně Biharského pohoří)/Beech-fir-spruce area of Romanian Carpathians (incl. Bihari Mts.)
6.22.0	Smíšený horský les dinárských Alp/Mixed mountain forest of Dinaric Alps
6.26.0	Středobulharská pohoří/Central Bulgarian Mts.
Jihoevropský region tvrdých listnáčů a kaštanových lesů/Southern European region of hard broadleaves and chestnut forests	
9.12.0	Horský les severních Apenin/Mountain forest of northern Apennines

Legenda ke kódu/Key to codes:

1. číslo/no. 1 = region (v originálu značen římskou číslicí)/region (in basic material by Roman numeral)
2. číslo/no. 2 = oblast/area
3. číslo/no. 3 = podoblast (v originálu značena malým písmenem)/subarea (in basic material by small letter)

Tab. 3.

Seznam (klíč) číselných kódů lesních regionů, oblastí a podoblastí podle RUBNERA, REINHOLDA (1953), ze kterých pochází materiál vysazený na plochách č. 62 – Nýrsko, č. 70 – Litovel a č. 71 – Vítkov

Key of numerical codes of forest regions, areas and subareas according to RUBNER, REINHOLD (1953), from which the material planted on the plots no. 62 – Nýrsko, no. 70 – Litovel and no. 71 – Vítkov originates

Proměnlivost na základě jednotek rajonizace evropských lesů, PLO a LVS

Na plochách, které jsou předmětem hodnocení, je zastoupen sortiment proveniencí z relativně početných regionů a oblastí evropských lesů (RUBNER, REINHOLD 1953) a u proveniencí z České republiky i z různých přírodních lesních oblastí a lesních vegetačních stupňů. Možnost posouzení fytogeografické proměnlivosti jedle na základě těchto kategorií je však omezená s ohledem na to, že kategorie jsou v řadě případů reprezentovány jen malým počtem zastoupených jednotek. Často reprezentuje region, PLO či LVS pouze jediná provenience. Výsledky analýz proto mohou být jen orientační.

Pokud jde o jednotky rajonizace evropských lesů, nejsou na žádné z ploch patrné usměrněné tendence proměnlivosti. Hercynsko-sudetská oblast smíšeného horského lesa v rámci středoevropského regionu bukodubových lesů se vyznačuje relativně početným souborem zastoupených proveniencí s průměrným výškovým a tloušťkovým růstem i produkcí. Relativně dobře přirůstají provenience ze slovenských Karpat. Podprůměrné ukazatele vykazují dílčí populace z regionů, resp. oblastí 6.19.0 – Východoevropský a jihovýchodoevropský region dubobukových lesů (Buko-jedlo-smrková oblast rumunských Karpat, včetně Bihárského pohorí) a 9.12.0 – Jihoevropský region tvrdých listnáčů a kaštanových lesů (Horský les severních Apenin).

Podobně jako u analýzy růstových projevů a produkce na základě regionů evropských lesů, byly u proveniencí z České republiky zjištěny nezřetelné tendence proměnlivosti i u přírodních lesních oblastí. Provenience z téže PLO, v níž je založena výzkumná plocha, přirůstají většinou průměrně, pouze na ploše č. 70 – Litovel, Úsov vykazují místní provenience v širším smyslu, tj. z téže PLO, zřetelně nadprůměrný růst a produkci (provenience 71 – VLS Plumlov, Ruprechtov). Rovněž vliv lesních vegetačních stupňů lokalit mateřských porostů na růst a produkci potomstev jedle bělokoré je nezřetelný. Analýza všech zkoumaných ukazatelů na základě výpočtu korelačních koeficientů naznačuje záporným znaménkem tendence poklesu přirůstu a produkce se stoupající nadmořskou výškou lokalit mateřských porostů. Korelační vztah však není až na jedinou výjimku statisticky významný.

Návrh na zařazení reprodukčního materiálu pozitivně ověřených potomstev do kategorie „testovaný“

Pokud je na výzkumných provenienčních plochách zastoupen dostatečný počet dílčích populací z ČR, mohou posloužit k selekci jednotek, které se na nich nejlépe osvědčily po zdravotní a produkční stránce. Takové jednotky lze pak navrhnout na zařazení mezi ověřené zdroje reprodukčního materiálu v kategorii „testovaný“ a reprodukční materiál sklizený z mateřských porostů těchto osvědčených potomstev v souladu s platnými předpisy patřičně využívat.

Na všech třech plochách, které byly předmětem předkládaného hodnocení, byly jako selekční kritérium využity průměrné výšky a výčetní tloušťky. Základem selekce byly výsledky analýzy variance a Duncanova testu těchto ukazatelů. S ohledem na to, že do sortimentu, který je na výzkumných plochách zastoupen, nebyla vzhledem k původnímu cíli pokusu zařazena standardní provenience, byly jako selekční kritérium použity aritmetické průměry všech na ploše testovaných potomstev. Jde o řešení, které v případě podobných situací metodické postupy ověřování připouští.

Na základě zmíněných zásad přicházejí na jednotlivých plochách jako jednotky ověřené (testované) v úvahu mateřské porosty dále uvedených potomstev:

- Plocha č. 62 – Nýrsko, Dešenice: 53 – Opočno, Bolehošť; 185 – Bruntál, Děřichov nad Bystřicí; 69 – Přibyslav, Rankov; 102 – Velké Karlovice, Malé Karlovice

- Plocha č. 70 – Litovel, Úsov: 16-30 – Jihlava-Henčov, Popice; 86 – VLS Hořovice, Strašice; 71 – VLS Plumlov, Ruprechtov
- Plocha č. 71 – Vítkov, Jánské Koupele: 49 – Přibyslav, Hamry; 70 – Nasavrky, Maleč; 82 – Vizovice, Bratřejov; 43 – Vsetín, Hošťálková

Uvedená potomstva se statisticky významně liší od průměru pokusu. Ve výškovém růstu převyšují průměr pokusu na ploše č. 62 o 9 – 12 %, na lokalitě č. 70 o 15 – 19 % a ve výsadbě č. 71 o 11 – 13 %; u tloušťkového růstu na ploše č. 62 o 7 – 12 %, u výsadby č. 70 o 13 – 21 % a u plochy č. 71 o 13 – 18 %. Jestliže bychom uvažovali objemy průměrného stromu, jsou difference od průměru zřetelnější a to na lokalitě č. 62 o 22 – 34 %, na ploše č. 70 o 39 – 65 % a na výsadbě č. 71 o 39 – 49 %. Předpokladem možné realizace návrhu je existence mateřských porostů a jejich dobrý zdravotní a pěstební stav umožňující sklizeň osiva. V případě, že mateřské porosty osvědčených potomstev již neexistují, přichází se zřetelem na uchování a reprodukci genových zdrojů cenných populací v úvahu využití konkrétních jedinců těchto potomstev z výzkumných ploch. Na bázi eventuální individuální selekce ve výsadbách a následného vegetativního množení (roubování, řízkování, kultury in vitro) lze uvažovat o založení semenných sadů, reproduktivních výsadeb (semenných porostů) a o případném využití vegetativně namnoženého materiálu pro provozní účely. Tato problematika však zatím není pro jedli bělokorou dostatečně dořešena s ohledem na některá druhová specifika (neuspokojivé zkušenosti se semennými sady, relativně dlouhodobý plagiotropní růst u sazenic z řízků aj.).

Diskuse

Konfrontace výsledků ze tří hodnocených výzkumných ploch s výsledky ze srovnatelných ploch v ČR dokládá u řady proveniencí analogické tendence růstu a produkce. Tato skutečnost platí zejména pro soubory jednotek, resp. jejich potomstva, která vynikají nad průměr a naopak pro některá další, která oproti průměrům pokusů ve vzrůstu a produkci zřetelně zaostávají. V řadě případů jsou však tendence odlišné, což naznačuje existenci interakce zkoumaných potomstev a prostředí. S ohledem na tyto skutečnosti bude vhodné definitivní návrhy na selekci jednotek, které se nejlépe osvědčily, formulovat až na základě syntetického zhodnocení pokud možno celé nebo převážné části soustavy ploch.

Některé z výzkumných ploch s jedlí bělokorou, které jsou součástí výzkumné série z let 1973 až 1977, byly až dosud hodnoceny ve věku 9 let (HYNEK 1983, 1985) a dále ve věku 15 let (HYNEK 1989, 1991). Ve věku 28 let se uskutečnilo měření dvou ploch, a to č. 67 – Pelhřimov, Černovice v r. 1999 (ŠINDELÁŘ, FRÝDL 2000) a č. 57 – Jíloviště, Cukrák v r. 1998 (ŠINDELÁŘ 2001). Z těchto dvou posledně jmenovaných ploch jsou tedy k dispozici výsledky, které jsou s ohledem na věk měření do určité míry porovnatelné s informacemi, jež byly získány na plochách č. 62, č. 70 a č. 71. Konfrontace výsledků je ovšem možná pouze u tří potomstev, která jsou na výzkumných plochách společně zastoupena. Srovnatelné stanovištní podmínky ve vztahu k plochám, jejichž hodnocení je předmětem této práce, jsou pouze na ploše č. 67 – Pelhřimov, Černovice, založené v PLO 16 – Českomoravská vrchovina na lokalitě v nadmořské výšce 690 m n. m. a typologicky charakterizované jako jedlová bučina. Průměrná výška na ploše činí 8,14 m a průměrná výčetní tloušťka 11,46 cm. Výčetní tloušťky této plochy jsou zcela srovnatelné s informacemi z nyní hodnocených ploch, zatímco průměrná výška 8,14 m je výrazně nižší. Vedle nižšího věku lze tuto diferenci přičítat jednak stanovištním podmínkám plochy (relativně větší nadmořská výška lokality), jednak tomu, že je na ní zastoupen odlišný sortiment proveniencí. Možnosti srovnání s vypočtenými průměrnými údaji plochy č. 57 – Jíloviště, Cukrák jsou omezené

Region	Počet proveniencí/ Number of provenances	Průměrné hodnoty/Average values				
		Počet stromů/ Number of trees	Výška/ Height (m)	d _{1,3} (cm)	Objem prům. stromu/ Volume of mean tree (m³)	Zásoba/ Supply (m³.ha ⁻¹)
3	21	880	12,11	12,20	0,144	153
4	2	81	12,48	12,25	0,147	151
5	2	84	12,12	11,88	0,136	148
6	10	470	12,38	12,36	0,150	179
9	1	28	11,20	11,39	0,114	80
PLO/ Nat. forest area	Počet proveniencí/ Number of provenances	Průměrné hodnoty/Average values				
		Počet stromů/ Number of trees	Výška/ Height (m)	d _{1,3} (cm)	Objem prům. stromu/ Volume of mean tree (m³)	Zásoba/ Supply (m³.ha ⁻¹)
7	1	63	12,44	12,21	0,146	229
8	1	47	11,95	12,26	0,141	166
10	1	29	12,24	12,59	0,152	110
12	4	173	11,68	12,00	0,134	149
13	3	143	11,71	11,92	0,132	122
15	1	54	12,13	12,54	0,150	202
16	4	156	11,81	11,84	0,137	142
26	2	86	12,92	12,88	0,169	181
29	2	49	13,23	13,21	0,182	112
30	1	43	10,12	10,15	0,082	88
40	4	181	12,48	12,60	0,156	179
LVS/Forest vegetation zone	Počet proveniencí/ Number of provenances	Průměrné hodnoty/Average values				
		Počet stromů/ Number of trees	Výška/ Height (m)	d _{1,3} (cm)	Objem prům. stromu/ Volume of mean tree (m³)	Zásoba/ Supply (m³.ha ⁻¹)
1	1	47	11,95	12,26	0,141	166
2	1	41	13,62	13,23	0,187	192
3	6	248	11,55	11,82	0,129	135
4	2	75	12,69	12,83	0,164	151
5	11	461	12,19	12,26	0,147	156
6	3	152	11,95	12,19	0,140	187

Tab. 4a.

Průměrné hodnoty veličin podle lesních regionů, přírodních lesních oblastí a lesních vegetačních stupňů (plocha č. 62)
Average values of coefficients according to forest regions, natural forest areas and forest vegetation zone (plot no. 62)

zejména z toho důvodu, že lokalita je charakteristická stanovištními podmínkami, které jsou pro jedlí bělokorou až extrémní.

Pozornost si zasluhuje konfrontace výsledků růstu a produkce u proveniencí, které se na plochách č. 62, č. 70 a č. 71 osvědčily, a které proto mohou přicházet v úvahu jako jednotky ověřené (testované). Z proveniencí, které jsou zastoupeny na plochách č. 67 a č. 57, se z nadprůměrně rostoucích dílčích populací osvědčily zejména jednotky 102 – Velké Karlovice, Malé Karlovice, dále 16-30 – Jihlava-Henčov, Popice a 82 – Vizovice, Bratřejov. Pokud jde o slabě přirůstající provenience, potvrzují výsledky, registrované na ploše č. 67 – Pelhřimov, Černovice, velmi slabý růst provenience 228 – Vallombrosa, Itálie z oblasti severních Apenin.

Slabším růstem jsou na výzkumných plochách charakteristické některé provenience z Českomoravské vrchoviny z oblasti Žďárských vrchů. Jde zejména o provenience 209 – Nové Město na Moravě, Lísek, rostoucí na výzkumné ploše č. 62 – Nýrsko, Dešenice a dále 210 – Nové Město na Moravě, Cikháj na lokalitě č. 67 – Pelhřimov, Černovice. Naproti tomu některé provenience z téže oblasti (např. 69 – Přibyslav, Rankov na ploše č. 62) vykazují zřetelně nadprůměrný růst a produkci a mohou proto přicházet v úvahu pro zařazení do kategorie jednotek testovaných.

Za pozornost stojí skutečnost, že na výzkumných plochách v ČR jsou průměrným až nadprůměrným růstem charakteristické provenience ze slovenských karpatských oblastí, např. S₁ – Banská Bystrica, Badín, S₉ – Kriváň, Snohy, S₁₄ – Svidník, Komárník na lokalitě č. 71 – Vítkov, Jánské Koupele.

Pokud jde o italské provenience z oblasti Apenin, mimo jiné i z Kalábrie (ve výsadbách v ČR zastoupeny 2 provenience a to 227 – Carnaldoli, Itálie a 228 – Vallombrosa, Itálie), vzbudily pozornost výsledky hodnocení dánských ploch (LARSEN 1981, 1986). Na těchto lokalitách vykazují italské, zejména kalábrijské populace nadprůměrný růst a zřetelný předstih oproti zastoupeným středoevropským proveniencím. Tyto skutečnosti jsou vysvětlovány tím, že dílčí populace z jižních částí areálu jsou charakteristické zvláště výraznou, geneticky podmíněnou variabilitou a s tím související adaptační schopností na proměnlivé podmínky prostředí. Tuto skutečnost v podmínkách České republiky naznačuje pouze provenience 230 – Arch. e Boscarella di Serra S. Brano na výzkumné ploše č. 67 – Pelhřimov, Černovice, zatímco dvě ostatní italské provenience patří do skupiny slabě rostoucích.

Určitou pozornost si jako námět do diskuse zasluhuje návrh semenářských oblastí a způsobu přenosu reprodukčního materiálu, který byl zpracován a publikován (HYNEK 2000) pro řadu listnatých dřevin i pro jedlí

Region	Počet proveniencí/ Number of provenances	Průměrné hodnoty/Average values				
		Počet stromů/ Number of trees	Výška/ Height (m)	d _{1,3} (cm)	Objem prům. stromu/ Volume of mean tree (m ³)	Zásoba/ Supply (m ³ .ha ⁻¹)
3	14	843	11,89	12,66	0,155	239
5	2	127	11,47	12,16	0,137	234
6	8	583	10,93	11,66	0,120	224
9	1	51	6,95	7,61	0,032	40
PLO/ Nat. forest area	Počet proveniencí/ Number of provenances	Průměrné hodnoty/Average values				
		Počet stromů/ Number of trees	Výška/ Height (m)	d _{1,3} (cm)	Objem prům. stromu/ Volume of mean tree (m ³)	Zásoba/ Supply (m ³ .ha ⁻¹)
7	2	133	12,53	13,42	0,179	298
12	2	137	12,32	12,74	0,157	269
13	1	57	11,75	12,41	0,143	204
16	5	284	11,38	12,14	0,144	214
30	1	67	13,01	13,62	0,190	318
38	1	83	12,1	13,34	0,169	351
39	1	49	10,57	12,01	0,120	147
LVS/ Forest vegetation zone	Počet proveniencí/ Number of provenances	Průměrné hodnoty/Average values				
		Počet stromů/ Number of trees	Výška/ Height (m)	d _{1,3} (cm)	Objem prům. stromu/ Volume of mean tree (m ³)	Zásoba/ Supply (m ³ .ha ⁻¹)
2	1	71	12,41	13,32	0,173	307
3	2	130	12,65	13,27	0,176	286
4	1	83	12,10	13,34	0,169	351
5	8	461	11,43	12,18	0,141	210
6	1	65	12,82	13,78	0,191	310

Tab. 4b.

Průměrné hodnoty veličin podle lesních regionů, přírodních lesních oblastí a lesních vegetačních stupňů (plocha č. 70)
Average values of coefficients according to forest regions, natural forest areas and forest vegetation zone (plot no. 70)

bělokorou. Výsledky výzkumu, které vycházejí z hodnocení ploch ve věku kolem 30 let, sice nepotvrzují, avšak ani nezpochybňují obecné principy rajonizace, založené na bázi PLO a LVS. Zhodnocení ploch také nenaznačuje oprávněnost a účelnost členění území na semenářské oblasti, mimo jiné se zřetelem na kritické zastoupení této dřeviny v ČR a dále již zmíněnou téměř úplnou absencí jedle bělokoré v některých oblastech. Určité oprávnění může mít diferenciace podle dvou základních regionů v ČR (hercynsko-sudetského a karpatského). Výsledky výzkumu však zatím s ohledem na růst, produkci a zdravotní stav porostů nenaznačují nutnost omezování nebo vylučování reprodukčního materiálu z karpatských PLO v hercynsko-sudetském regionu.

Slovenské provenience, které jsou na výzkumných plochách zastoupeny ve větším počtu, vykazují vedle dobrého zdravotního stavu průměrný až nadprůměrný přírůst a produkci. Eventuální dovoz reprodukčního materiálu ze Slovenska přichází proto v případech nezbytnosti v úvahu. Dílčí populace z Polské republiky v počtu dvou jednotek rostou zatím na sledovaných plochách spíše podprůměrně až průměrně. Stanovisko k otázce případných dovozů reprodukčního materiálu z Polska lze proto za současného stavu poznání preventivně formulovat jako zdrženlivé.

Závěr

V souladu s výsledky pozorování lze tedy konstatovat, že zvýšení podílu jedle bělokoré v druhové skladbě lesů na 4 až 5 % může výrazně přispět nejen k vyšší biodiverzitě a stabilitě lesních ekosystémů, ale může být významné i z hlediska zvýšení objemové produkce.

Analýza proměnlivosti jedle bělokoré na bázi fytogeografických kritérií sice jednoznačně nepotvrdila zásady rajonizace reprodukčního materiálu pro tuto dřevinu, které stanovovala dnes již zrušená vyhláška č. 82/1996 Sb., současně však použitelnost těchto postupů nezpochybnila. Z dosavadních výsledků výzkumu zatím nevyplynuly žádné skutečnosti, které by zdůvodňovaly revizi, realizovanou v nově vydané vyhlášce č. 139/2004 Sb.

Region	Počet proveniencí/ Number of provenances	Průměrné hodnoty/Average values				
		Počet stromů/ Number of trees	Výška/ Height (m)	d _{1,3} (cm)	Objem prům. stromu/ Volume of mean tree (m ³)	Zásoba/ Supply (m ³ .ha ⁻¹)
3	21	1 024	11,62	12,07	0,145	194
5	1	56	11,77	11,56	0,124	173
6	13	638	12,31	12,68	0,160	206
9	1	9	8,89	7,56	0,040	9
PLO/ Nat. forest area	Počet proveniencí/ Number of provenances	Průměrné hodnoty/Average values				
		Počet stromů/ Number of trees	Výška/ Height (m)	d _{1,3} (cm)	Objem prům. stromu/ Volume of mean tree (m ³)	Zásoba/ Supply (m ³ .ha ⁻¹)
9	1	69	12,01	12,11	0,138	239
10	2	135	12,70	13,35	0,179	301
12	1	80	12,9	13,76	0,192	384
13	3	152	11,49	12,57	0,150	188
16	5	201	10,64	11,02	0,138	188
27	1	26	11,04	11,17	0,108	70
28	1	33	11,64	12,59	0,145	120
29	3	120	12,13	12,21	0,142	143
30	1	69	12,86	13,38	0,181	312
38	1	63	13,06	14,24	0,208	327
39	1	69	11,39	11,54	0,119	205
40	3	162	12,13	12,45	0,152	207
LVS/ Forest vegetation zone	Počet proveniencí/ Number of provenances	Průměrné hodnoty/Average values				
		Počet stromů/ Number of trees	Výška/ Height (m)	d _{1,3} (cm)	Objem prům. stromu/ Volume of mean tree (m ³)	Zásoba/ Supply (m ³ .ha ⁻¹)
2	3	201	12,57	12,82	0,163	272
3	5	308	12,55	13,17	0,172	272
4	5	241	12,67	13,33	0,179	226
5	5	199	9,36	9,33	0,083	103
6	5	230	12,02	12,93	0,163	197

Tab. 4c.

Průměrné hodnoty veličin podle lesních regionů, přírodních lesních oblastí a lesních vegetačních stupňů (plocha č. 71)
Average values of coefficients according to forest regions, natural forest areas and forest vegetation zone (plot no. 71)

Literatura

- GRUNDNER, SCHWAPPACH: Massentafeln zur Bestimmung des Holzgehaltes stehender Waldbäume und Waldbestände. Berlin, P. Parey 1942. 126 s.
- HYNEK, V.: Proměnlivost výšky proveniencí jedle bílé *Abies alba* MILL. ve věku 9 let na plochách založených na LZ Nýrsko, Kamenice nad Lipou a Vimperk. Práce VÚLHM, 1983, 63, s. 77-108.
- HYNEK, V.: Předběžné výsledky hodnocení genetické proměnlivosti jedle bělokoré (*Abies alba* MILL.). Lesnictví, 1985, 31, č. 3, s. 33-46.
- HYNEK, V.: Hodnocení provenienčních ploch s jedlí bělokorou na Šumavě. Práce VÚLHM, 1989, 74, s. 207-238.
- HYNEK, V.: Evaluation of the provenance plots with Silver fir (*Abies alba* MILL.) in Moravia. Communicationes Instituti Forestalis Cechoslovaca, 1991, 17, s. 89-106.
- HYNEK, V.: Návrh semenářských oblastí a přenosu reprodukčního materiálu. Lesnická práce, 2000, 79, č. 4, s. 174-176.
- IUFRO: Vereinheitlichung der Methoden der forstlichen Herkunftsforschung. Paříž, IUFRO 1965. 62 s., přílohy.
- KANTOR, J.: Výběrové stromy jako základna pro šlechtění jedle bělokoré (*Abies alba* MILL.). Časopis Slezského muzea, 1974, 23, série C, č. 1, s. 1-21.
- KANTOR, J.: Problematika jedlových semenných plantáží. Lesnictví, 1982, č. 3, 367-378.
- KOBLIHA, J.: Proměnlivost hybridních potomstev v rámci rodu *Abies*. Lesnictví, 1988, 34, č. 9, s. 769-780.
- KOBLIHA, J.: Novošlechtění a reprodukce jedle. In: Sborník konf. Zvolen, I. sekce, 1993, s. 12-20.
- KOHOUTOVÁ, P.: Hodnocení provenienční pokusné plochy s jedlí bělokorou (*Abies alba* MILL.) na LS Litovel (Úsov). Diplomová práce. Brno, MZLU 1995. 66 s., přílohy.
- LARSEN, J. B.: Waldbauliche und ertragskundliche Erfahrungen mit verschiedenen Provenienzen der Weisstanne (*Abies alba* MILL.) in Dänemark. Forstw. Cbl., 1981, 130, s. 265-287.
- LARSEN, J. B.: Die geografische Variation der Weisstanne (*Abies alba* MILL.). Wachstumsentwicklung und Frostresistenz. Forstw. Cbl., 1986, 125, s. 396-426.

- PODLENA, R.: Hodnocení provenienční pokusné plochy s jedlí bělokorou (*Abies alba* MILL.) na LS Vítkov (Kružberk). Diplomová práce. Brno, MZLU 1995. 41 s., přílohy.
- SCHOBER, R.: Ertragstafeln wichtiger Baumarten. Frankfurt a. M., J. D. Sauerländer's Verlag 2005. 166 s.
- RUBNER, K., REINHOLD, F.: Das natürliche Waldbild Europas. Hamburg, Berlin Verlag Paul Parey 1953. 288 s.
- ŠINDELÁŘ, J.: Rückgang der Weisstanne (*Abies alba* MILL.) in den Westgebieten der ČSSR und Entwurf von Massennahmen zur Erhaltung und Reproduktion dieser Baumart. In: IUFRO Tannensymposium, Zvolen 1987. s. 150-154.
- ŠINDELÁŘ, J.: Možnosti optimalizace druhové skladby lesů ČR. Závěrečná zpráva. Jíloviště-Strnady, VÚLHM 1994. 82 s.
- ŠINDELÁŘ, J.: Jedle bělokorá (*Abies alba* MILL.) v limitních ekologických podmínkách. Dílčí závěrečná zpráva. Jíloviště-Strnady, VÚLHM 2001. 28 s., přílohy.
- ŠINDELÁŘ, J., FRÝDL, J.: Příspěvek k poznání proměnlivosti jedle bělokoré (*Abies alba* MILL.) se zvláštním zřetelem k podmínkám přírodní lesní oblasti č. 16 – Českomoravská vrchovina. Dílčí závěrečná zpráva. Jíloviště-Strnady, VÚLHM 2000. 52 s., přílohy.
- ŠINDELÁŘ, J., FRÝDL, J., NOVOTNÝ, P.: Výsledky hodnocení nejstarší provenienční plochy VÚLHM Jíloviště-Strnady s jedlí bělokorou založené v roce 1961 na lokalitě Jíloviště, Baně (PLO 10). Zprávy lesnického výzkumu, 50, 2005, č. 1, s. 24-32.
- ŠINDELÁŘ, J., FRÝDL, J., NOVOTNÝ, P., TOMEČ, J.: Fytogeografická proměnlivost jedle bělokoré (*Abies alba* MILL.) na základě hodnocení provenienčních ploch ve věku 31 let. Dílčí závěrečná zpráva. Jíloviště-Strnady, VÚLHM 2003. 46 s., přílohy.
- VINŠ, B.: Příspěvek k poznání proměnlivosti jedle (*A. alba* MILL.). Rozpravy Čs. akademie věd, 1966, 76, s. 1-82.
- Vyhláška MZe ČR č. 82/1996 Sb., o genetické klasifikaci, obnově lesa, zalesňování a o evidenci při nakládání se semeny a sazenicemi lesních dřevin. In: Zákon o lesích a příslušné vyhlášky. Praktická příručka, 2003, č. 48, s. 39-54.
- Vyhláška MZe ČR č. 84/1996 Sb., o lesním hospodářském plánování. In: Zákon o lesích a příslušné vyhlášky. Praktická příručka, 2003, č. 48, s. 77-136.
- Vyhláška MZe ČR č. 139/2004 Sb., kterou se stanoví podrobnosti o přenosu semen a sazenic lesních dřevin, o evidenci o původu reprodukčního materiálu a podrobnosti o obnově lesních porostů a o zalesňování pozemků prohlášených za pozemky určené k plnění funkcí lesa. Sbírka zákonů Česká republika, 2004, č. 46, s. 1955-1963.
- WEBER, E.: Grundriss der biologischen Statistik. Jena, V. Fischer Verlag 1961. 565 s.

Poděkování:

Práce vznikla v rámci řešení výzkumného záměru Ministerstva zemědělství ČR č. MZE – 0002070202 a projektu NAZV QF 4024.

Recenzent: Prof. Ing. J. Kobliha, CSc.

VÝVOJ DEPOZICE LÁTEK A CHEMISMU PŮDY VE VÝCHODNÍ ČÁSTI ČESKÉHO KRASU

Development of substances deposition and soil chemistry in the eastern part of Czech Karst

Abstract

Fallout of substances with throughfall and chemistry of soil water running off the humus horizon O were investigated in young stands of pine (*Pinus sylvestris* L.) and beech (*Fagus sylvatica* L.) at the experimental plots Třebotov situated in the north-eastern part of the Czech Karst in the vicinity of the capital Prague; soil analyses were repeatedly provided as well. Fallout of substances was observed in forest-free area and for a longer time also concentration of substances in surface water source. Higher amount of ions, except for nitrates and phosphorus compounds, got into soil in pine stand with throughfall. During investigations in years 1992 – 2003 fallout of SO_4^{2-} , F⁻, basic cations and metals decreased. Between years 1991 and 1999 supply of exchangeable basic cations fell in soil below pine stand only in surface horizon (0 – 10 cm), in beech stand in deeper part of soil profile. It was caused by prevailing influence of mineral capability of soil substrate, different nutrition demands of pine and beech and different depth of rhizosphere of both tree species.

Klíčová slova: Český kras, lesní půdy, chemismus vody, depozice látek
Key words: Czech Karst, forest soils, water chemistry, substances deposition

Úvod

Sledování vlivu spadu látek ze znečištěného ovzduší na látkové složení podkorunových srážek a půdní vody, s dopady na chemismus půd v lesních ekosystémech, bylo jedním z hlavních problémů lesnického výzkumu v posledních desetiletích minulého století. Většina výzkumných objektů byla zakládána v oblastech výrazně exponovaných emisním spadem nebo v povodích zvýšeného vodohospodářského zájmu a na počátku 90. let také pro monitorování případných nepříznivých dopadů provozu jaderné elektrárny Temelín (JETE) na lesní prostředí a v širším smyslu na životní prostředí. V tomto příspěvku jsou hodnoceny výsledky výzkumu na plochách Třebotov, které leží v severní části Českého krasu, v blízkosti jihozápadního okraje hlavního města Prahy (Radotín). Od ostatních ploch se liší půdně-geologickými a klimatickými poměry a i charakterem znečištění ovzduší. Jsou zde kalcinogenní půdy, nízké srážkové úhrny, vysoká potenciální evapotranspirace a depozice látek s vysokým podílem tuhých látek (prachu a popílku).

Výsledky získané v mezidobí let 1991 až 2003 ukazují vývoj depozice látek na volné ploše a v porostech borovice a buku v těchto letech a její dopady na chemismus odtékající vody a půdy při variabilních klimatických faktorech posledních let, které podmiňují růst lesa.

Metodika

Popis ploch

Výzkumné plochy Třebotov jsou v porostech borovice a buku v majetku Lesů Steinských. Jejich polohu určují souřadnice uvedené v tabulce 1. Borový porost měl v roce 1991 při zahájení výzkumných prací 26 let. Leží na jihovýchodním svahu v nadmořské výšce 340 m. Typologicky patří do sprašových habrových doubrav s lipnicí úzkolistou (1C). Porost buku měl 22 let v roce 1991, leží v nadmořské výšce 345 m, na jihozá-

padním svahu. Jeho stanoviště je přechodem k bohaté habrové doubravě (1B). Srážky z volné plochy byly zachycovány na zahradě myslivny Třebotov.

Klimatická oblast je zde mírně suchá B₂, okresek mírně teplý a mírně suchý s mírnou zimou. Průměrná roční teplota vzduchu je 8 °C, průměrné srážky se pohybují v intervalu 500 až 550 mm (Atlas ČSSR 1966). Sumy ročních srážek na výzkumných objektech a na nejbližších stanicích ČHMÚ jsou uvedeny v tabulce 2. Dlouhodobý průměrný roční odtok dosahoval 60 mm (specifický odtok 1,9 l . sec⁻¹ . km⁻¹).

Popis výzkumných zařízení a operací

Na plochách byla instalována koryta z umělé hmoty pro zachycování srážek. Pod horizont pokryvného humusu byly umístěny lyzimetry ze stejného materiálu. Zachycovaná srážková a půdní voda je sváděna do nádob z PE umístěných v půdních sondách. Odběry vzorků vody pro analýzy byly prováděny jednou za měsíc a v deštivých obdobích i častěji, to platilo i pro odběry vody z pramene, který při obdobích sucha vysychá. Při výkopu sond pro sběrná zařízení byly odebrány vzorky půdy pro laboratorní analýzy (červen a červenec 1991), opakované odběry půdy se uskutečnily ze sond vykopaných v prosinci 1999. Analýzy vody v laboratoři probíhají od léta roku 1991.

Metoda analýz vody a půdy

Analýzy vzorků vody a půdy prováděla zkušební laboratoř VÚLHM. Ve vodách byl stanoven obsah organického uhlíku (C_{ox}) jodometrickou titrací po mineralizaci kyselinou chromsírovou, hodnoty pH byly měřeny na mikroprocesoru pH/ON Meter pMX 2000, na kterém byly do roku 1993 stanoveny pomocí selektivních elektrod i koncentrace F⁻ a Cl⁻. Do téhož roku byly koncentrace NO₃⁻, NH₄⁺ a SO₄²⁻ zjišťovány kolorimetricky na přístroji Technicon AutoAnalyzer II. Od roku 1994 je pro stanovení SO₄²⁻, NO₃⁻, F⁻, a Cl⁻ používán iontový kapalinový chromatograf Thermosepa-

Souřadnice/Coordinates Gauss-Krüger	Porost borovice/Pine stand	Porost buku/Beech stand	Volná plocha u myslivny Třebotov/Open space
Souřadnice/Coordinates x	34 50	34 50 50	34 50 25
Souřadnice/Coordinates y	55 37 80	55 37 25	55 37 35
Nadmořská výška/Elevation m	340	345	328

Tab. 1.
 Poloha výzkumných ploch Třebotov
 Research plots Třebotov

Rok/ Year	Stanice ČHMÚ/Stations Cz. Hydromet. Inst. Stations		Plochy Třebotov/Plots Třebotov		
	Ruzyně	Libuš	volná plocha/open space	porost borovice/pine stand	porost buku/beech stand
1992	-	-	425	202	239
1993	-	-	604	364	397
1994	443,6	-	428	218	300
1995	566,8	-	563	228	250*
1996	516,2	-	501	282	250
1997	491	-	450	205	255
1999	422,5	-	422	210	210
2000	458,4	502,8	485	240	211
2001	606,2	640,3	658	273	264
2002	687,2	815,9	593	373	405
2003	305	299,2	361	277	252

* V tomto roce bylo narušeno měření po poškození sběrného zařízení/In this year the measurement was disrupted by damage of collecting equipment

Tab. 2.

Roční srážky na výzkumných plochách Třebotov a na stanicích ČHMÚ Ruzyně a Libuš v mm
Annual precipitation at research plots Třebotov and Czech Hydrometeorological Institute stations

ration Products a pro koncentrace NH_4^+ kolorimetr SAN Plus Analyzer firmy Skalar. Do roku 1994 byly ve vodách měřeny fosforečnany (PO_4^{3-}) kolorimetricky při použití molybdenanu amonného, od roku 1995 je P stanovován na spektrometru ICP OES Liberty 220. Tento přístroj je od roku 1994 používán pro zjišťování koncentrací kationtů, včetně kovů (Na, K, Mg, Ca, Cu, Zn, Mn, Fe, Al), namísto spektrofotometru Varian Techtron AA – 1273 využívaného až do roku 1993.

Pro stanovení zásoby výměnných iontů v půdě byl použit výluh 1M NH_4Cl a kationty měřeny na AAS. Pro zjištění celkové zásoby kationtů a kovů v humusových horizontech byla měřena jejich koncentrace ve výluhu jejich popele koncentrovanou HCl (1991) a v roce 1999 po rozkladu lučavkou královskou za použití AAS. V roce 1999 byl stanoven celkový P, a As, Cu, Cr, Ni, Zn, Pb metodou OES – ICP. Celkový dusík po kjeldahlizaci byl měřen v roce 1991 fotometricky na přístroji Technicon AutoAnalyzer II, v roce 1999 na SAN Plus Autoanalyzu.

Výsledky

Depozice látek se srážkovou vodou

Průměrné roční spady látek zjišťovaných ve srážkové vodě, zachycované do otevřeného srážkoměru (bulk) umístěného na zahradě myslivny Třebotov, za čtyřleté období mezi roky 1992 až 2003 jsou uvedeny v tabulce 3. Nejnížší spad protonů (H^+) probíhal v letech 1996 až 1999, kdy zde také probíhala nejnížší depozice NH_4^+ , NO_3^- , Al a současně největší depozice Ca, K, Mg, Na, a Cl⁻. Toto období se též vyznačovalo nejnížšími srážkami. Sestupný trend vykazoval celkový spad SO_4^{2-} , F⁻, Mn a Zn. Nárůst byl patrný u Fe.

S podkorunovými srážkami v porostu borovice přicházelo do půdy zpravidla větší množství sledovaných látek než na volné ploše, s výjimkou Cl⁻, Ca a většinou i Na. V posledních letech sledování (2000 – 2003) zde byly nižší spady u Fe, Al a NH_4^+ . Sestupný trend se projevil u SO_4^{2-} , F⁻, Ca, Mg, Na, Al, Zn, a P (tab. 3).

Depozice v porostu buku představuje množství látek zachycených pouze s podkorunovými srážkami bez stoku po kmenu. U většiny sledovaných látek byly roční spady pod bukem nižší než pod porostem borovice, pouze u NO_3^- a P (PO_4^{3-}) byly naopak vyšší. Během sledovaného období je patrné snižování spadu SO_4^{2-} , F⁻, Cl⁻, Ca, Mg, Na, Fe a Zn (tab. 3).

Z výkyvů ročních depozic protonů (H^+) vyplývá, že největší kolísání znečištění ovzduší probíhalo na volné ploše u myslivny Třebotov. Roč-

ní spady H iontů kolísaly mezi 0,003 (2003) a 0,295 (2001) $\text{kmol} \cdot \text{ha}^{-1}$, což odpovídalo průměrné hodnotě pH 6,58 a 4,35. Poměrně vysoké kolísání spadu protonů se srážkovou vodou bylo zjištěno v porostu borovice s minimem 0,002 (1998) a maximem 0,148 (1993) $\text{kmol} \cdot \text{ha}^{-1}$ a průměrnými ročními pH 6,22 (1998) a 4,15 (1992). Vyrovnanější roční depozice H iontů probíhaly s podkorunovými srážkami v porostu buku. Jejich nejnížší spad byl 0,005 (1996) a nejvyšší 0,069 (1992) $\text{kmol} \cdot \text{ha}^{-1}$. Ve stejných letech dosahovalo průměrné roční pH 5,75 a 4,55 (graf 1).

Jak je zřejmé z tabulky 3, zatížení sledovaných porostů borovice a buku v letech 1992 až 2003 protony (H^+), sloučeninami síry (SO_4^{2-}) a dusíku ($\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$), bylo relativně nízké.

Dynamika prvků v pokryvném humusu

V horizontu pokryvného humusu ovlivňují látkové složení protékající vody půdně biologické procesy a výměna látek mezi kořeny porostů a půdním prostředím (ty jsou přítomny v humusovém horizontu pod borovicí). Průměrné koncentrace látek ve vodě podkorunových srážek a ve vodě zachycované pod pokryvným humusem jsou uvedeny v tabulce 4. V porostu borovice se v odtékající vodě zvyšovaly koncentrace organických látek (C_{ox}), sloučenin dusíku (NO_3^- , NH_4^+), fluoridů (F⁻), fosforu, kationtů Ca, K, Mg, a kovů Al, Fe, Mn, Zn i Cu. Naopak se snižovaly obsahy Cl⁻ a Na a v letech 1992 až 1995 i H^+ (narůstala hodnota pH).

Při průtoku srážkové vody humusovým horizontem porostu buku v ní narůstaly také koncentrace C_{ox} , NO_3^- , NH_4^+ , F⁻, P, všech bazických kationtů (Na, K, Mg, Ca) a kovů (Al, Fe, Mn, Zn a Cu). Zvýšení koncentrace protonů (H^+) se projevilo v období 1992 až 1995 a 2000 až 2003 (tab. 4).

Nárůsty odtoku většiny prvků a iontů ve vodě protékající pokryvným humusem do minerální půdy umožňuje jejich uvolňování při rozkladu opadu. Největší vymývání v porostu borovice probíhalo u organických látek ($98 \text{ kg } \text{C}_{\text{ox}} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$) a u nitrátů a tím i u celkového minerálního N a to $34,15$ a $9,10 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ (tab. 5). Odtékající voda působila velké navýšování pohybu Ca, K, Mg a i u P, Al, Mn, Fe. U SO_4^{2-} , F a Zn byly stanoveny malé rozdíly mezi množstvím přicházejícím s podkorunovou depozicí a množstvím odtékajícím z humusového horizontu. V tomto horizontu probíhala spotřeba (odlučování) Cl⁻, Na a H^+ .

Jak ukazuje tabulka 5, v porostu buku byl také výstup většiny sledovaných látek s gravitační vodou zachycovanou pod horizontem pokryvného humusu větší než jejich vstup s podkorunovými srážkami (bez stoku

Plocha/ Plot	kg.ha ⁻¹ .rok ⁻¹									
	Období/Years	Cox	H	Na	K	Mg	Ca	Cu	Zn	Al
volná plocha/ open space	1992-95	29,37	0,087	2,65	1,43	2,77	22,3		0,197	0,819
	1996-99	50,87	0,012	3,16	4,51	3,35	23,68	0,028	0,146	0,121
	2000-2003	42,19	0,116	1,5	1,89	0,82	16,2	0,013	0,078	0,363
porost borovice/ pine stand	1992-1995	38,66	0,106	2,17	12,02	3,95	18,9		0,27	1,145
	1996-1999	49,3	0,029	1,84	11,06	2,27	15,09	0,02	0,101	0,476
	2000-2003	64,36	0,055	1,78	12,15	1,8	10,58	0,006	0,089	0,272
porost buku/ beech stand	1992-1995	13,43	0,044	1,51	8,14	2,53	11,11		0,129	0,605
	1996-1999	22,85	0,026	1,43	11,25	1,93	7,65	0,014	0,05	0,118
	2000-2003	27,27	0,028	0,71	4,95	0,72	5,86	0,006	0,039	0,102
Plocha/Plot	kg.ha ⁻¹ .rok ⁻¹									
	Období/Years	Mn	Fe	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	N	F ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	P
volná plocha/ open space	1992-95	0,25	0,047	4,68	16,03	7,35	0,53	21,81	42,42	0,182
	1996-99	0,12	0,084	4,05	9,14	5,2	0,3	25,52	21,46	0,406
	2000-2003	0,105	0,195	6,13	11,41	7,34	0,21	17,21	17,21	0,387
porost borovice/ pine stand	1992-1995	0,744	0,177	5,03	17,75	7,91	0,72	11,45	74,02	0,727
	1996-1999	0,594	0,116	2,19	6,26	3,11	0,38	14,43	38,9	0,217
	2000-2003	0,697	0,134	3,36	16,18	6,26	0,32	13,98	19,37	0,159
porost buku/ beech stand	1992-1995	0,953	0,053	3,77	23,33	8,2	0,48	5,86	31,86	0,227
	1996-1999	0,391	0,058	1,72	15,38	4,81	0,23	7,32	17,69	0,584
	2000-2003	0,416	0,053	2,19	14,64	5,01	0,15	3,67	8,52	0,253

Tab. 3.

Průměrné roční depozice látek na plochách Třebotův v obdobích 1992 - 1995, 1996 - 1999, 2000 - 2003
Average annual deposition of substances at plots Třebotův in 1992 - 1995, 1996 - 1999, 2000 - 2003

po kmenu). Největšího průměrného zvýšení dosahovaly nitráty (NO₃⁻) – 93,11 kg . ha⁻¹ a tím narostl transport minerálního N (NO₃⁻ + NH₄⁺) o 22,18 kg . ha⁻¹ . rok⁻¹. Vysoký nárůst je zřejmý u C_{ox} (61,86 kg . ha⁻¹) u bazických kationtů Ca, K, Mg a u Mn. Navýšení proběhlo i u dalších kovů a fosforu. V horizontu povrchového humusu na této ploše docházelo též k mírnému odlučování Cl⁻ a protonů (H⁺).

I při absenci údajů o vstupu látek přicházejících do půdy s vodou stékající po kmenech buku (v množství asi 10 % srážek z volné plochy) lze hodnotit působení humusových horizontů (horizontů povrchového humusu) v porostech borovice a buku na dynamiku látek obdobně. Projevu se zde podstatný vliv prvků uvolňovaných při rozkladu opadu a při rozpouštění „suchého spadu“, zřejmě tuhých látek dopadajících na povrch půdy.

Chemismus vody z pramene

Na plochách Třebotův nebyla zachycována a analyzována voda protékající minerální půdou. Od roku 1991 do roku 2000 zde však byly prováděny odběry vody z prameniště u cesty vedoucí od myslivny Třebotův do údolí potoka Švarcavy (silnice Solopysky – Černošice). Ve srážkově chudých obdobích pramen vysychá, to způsobilo ukončení odběrů zjara roku 2000.

Vysoké pH vody a velké koncentrace kationtů (Ca, Mg, Na) odpovídají půdním poměrům a geochemismu povodí (tab. 6). Velmi vysoké koncentrace síranů nejsou zapříčiněny jejich vysokým spadem, ale především malým odtokovým koeficientem (podílem odtoku na sumě srážek). Při vysoké evapotranspiraci a diskriminaci SO₄²⁻ kořeny při příjmu živin z půdního roztoku v jednotlivých odběrech neklesaly koncentrace těchto iontů pod 250 mg . l⁻¹. Nízké srážky od roku 1997 do roku 2000 byly zřejmě příčinou zvyšování koncentrací SO₄²⁻ v odebíraných vzorcích a vyschnutí prameniště zjara roku 2000.

Průměrné koncentrace nitrátů se pohybovaly zpravidla v jednotkách mg . l⁻¹ a byly tedy podstatně nižší než ve vodě odtékající z horizontu povrchového humusu (tab. 4). Navýšení obsahu nitrátů se projevovalo při zvýšené promyvnosti půdy způsobené táním sněhové pokrývky nebo i v teplém období roku při vyšších srážkách přicházejících po období sucha. V půdních profilech a zvětralinovém plášti byly z odtékající vody intenzivně odlučovány K a P a také kovy. Povrchový, či podpovrchový přítok vody způsoboval zvyšování koncentrací C_{ox} a NH₄⁺ a překračování mezních hodnot normy pro pitnou vodu.

Hodnocení půdních vlastností a jejich vývoje

Půdy výzkumných ploch Třebotův jsou ovlivněny kalcinogenními substráty Českého krasu. Půda pod porostem borovice patří do luvizemí rubifikovaných vytvořených na zvětralině vápence s překryvem sprašové a polygenetické hlíny (NĚMEČEK et al. 2001). Humusovou formou je zde moder až mulový moder o mocnosti nadložního humusu 2 až 3 cm, s ojedinelým prokořeněním borovicí.

Na základě rozboru vzorků odebraných v roce 1999 můžeme říci, že povrchové horizonty půdního profilu jsou mírně kyselé s pH/H₂O vyšším než 4,2. Od 40 cm převyšuje aktivní pH hodnotu 7 a v hloubce 80 cm narůstá na 8,4. Výměnné pH (v KCl) bylo téměř o stupeň nižší a nejnižší hodnotu (3,32) mělo v hloubce 10 až 20 cm, stejně jako pH/H₂O (4,66) (tab. 8). Poměr oxidovatelného uhlíku C_{ox} a celkového dusíku Nt (C : N) v povrchovém humusu byl vyšší než 20, v minerální půdě < 20 a v hlubších horizontech < 10. Celkový obsah Ca, Mg a K v organickém horizontu je možné hodnotit jako střední (tab. 7). Zásoba bazických kationtů v sorpčním komplexu půdy je nejnižší v hloubce 4 až 20 cm, v roce 1999 však překračovala u Ca 600 ppm, u Mg 45 ppm a u K 68 ppm. Byla tedy vysoká u Ca a střední u Mg a K. Ve větší hloubce byla vysoká zásoba sorbovaného Ca (> 500 ppm), K (> 100 ppm) a Mg (> 60 ppm).

Srážková voda/Precipitation water mg.l ⁻¹										
volná plocha/ open space (bulk)	Období/Years	Cox	Na	K	Mg	Ca	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
	1992-1995	5,82	0,52	0,28	0,55	4,42	0,93	3,18	4,32	8,41
	1996-1999	11,2	0,7	0,99	0,74	5,22	0,89	2,01	5,62	4,73
	2000-2003	8,04	0,29	0,36	0,16	3,09	1,17	2,18	3,28	3,28
porost borovice/ pine stand (throughfall)	1992-1995	15,46	0,87	4,81	1,58	7,56	2,01	7,1	4,58	29,6
	1996-1999	22,63	0,84	5,08	1,04	6,93	1,01	2,87	6,63	17,86
	2000-2003	22,14	0,63	4,18	0,62	3,64	1,16	5,57	4,81	6,73
porost buku/ beech stand (throughfall)	1992-1995	5,39	0,51	2,75	0,85	7,75	1,27	7,87	1,98	10,58
	1996-1999	9,41	0,59	4,63	0,79	3,15	0,71	6,33	3,01	7,28
	2000-2003	9,64	0,25	1,75	0,25	2,07	0,77	5,18	1,3	3,12
Půdní voda pod horizontem O/Soil water under horizon O mg.l ⁻¹										
porost borovice/ pine stand	1992-1995	51,75	0,62	8,99	1,95	14,23	2,17	24,19	3,05	26,11
	1996-1999	80,31	0,77	6,94	1,94	12,35	1,43	18,59	3,45	18,69
	2000-2003	70,61	0,53	6,87	1,34	10,11	3,07	15,37	1,82	8,13
porost buku/ beech stand	1992-1995	31,56	0,62	7,28	2,16	11,96	1,97	44,1	1,93	19,11
	1996-1999	44,09	0,62	9,99	2,43	12,29	1,47	40,06	2,58	11,45
	2000-2003	27,72	0,4	5,66	1,45	14,1	1,46	52,12	1,38	8,05
Srážková voda/Precipitation water mg.l ⁻¹										
volná plocha/ open space (bulk)	Období/Years	F ⁻	P	Cu	Zn	Mn	Fe	Al	H	
	1992-1995	105	38		39	50	9	162	17	
	1996-1999	65	89	6	32	26	18	27	3	
	2000-2003	40	74	3	15	20	37	69	22	
porost borovice/ pine stand (throughfall)	1992-1995	288	51		108	309	71	458	42	
	1996-1999	176	100	9	46	272	53	219	13	
	2000-2003	110	55	2	31	240	47	94	19	
porost buku/ beech stand (throughfall)	1992-1995	162	73		43	321	18	204	15	
	1996-1999	95	240	6	21	161	24	49	11	
	2000-2003	52	82	2	14	147	19	36	10	
Půdní voda pod horizontem O/Soil water under horizon O mg.l ⁻¹										
porost borovice/ pine stand	1992-1995	327	459		120	950	326	970	18	
	1996-1999	190	385	11	85	697	266	852	20	
	2000-2003	139	672	6	69	829	319	854	24	
porost buku/ beech stand	1992-1995	193	382		134	3 090	268	845	25	
	1996-1999	97	850	12	78	1 176	146	447	9	
	2000-2003	91	138	5	93	2 501	186	749	21	

Tab. 4.

Průměrné koncentrace sledovaných látek ve srážkové vodě a ve vodě odtékající z horizontu pokryvného humusu na plochách Třebotov v období let 1992 - 1995, 1996 - 1999, 2000 - 2003

Annual concentrations of observed substances in bulk and throughfall precipitation and water run off forest floor horizon at plots Třebotov in years 1992 - 1995, 1996 - 1999, 2000 - 2003

Nejmenší podíl báží na nasycení sorpčního komplexu vykazuje také půda v hloubce 4 až 20 cm, takže kovy (Al³⁺, Fe³⁺, Mn³⁺) valenčně převyšovaly zásobu bazických kationtů (tab. 8). Hlubší část půdního profilu (od 30 – 40 cm) dosahovala téměř 100% nasycení báze. Při porovnání dat získaných v letech 1991 a 1999 je vidět zřetelný nárůst pH/H₂O v celém půdním profilu, u pH/KCl se hodnoty snížily. Snížil se poměr C : N v minerální půdě. V pokryvném humusu zůstala vysoká zásoba výměnných kationtů Na, K, Mg, Ca. V povrchovém horizontu minerální půdy (0 – 5 cm) zásoba těchto kationtů poklesla a zvýšil se podíl Al. V hlubších horizontech minerálního půdního profilu se množství sorbovaných iontů Na, K, Mg, Ca zvýšilo se současným poklesem Al.

Na výzkumné ploše v porostu buku se na zvětralině vápnité až křemičité břidlice vyvinula kambizem. Hlinitá až písčito-hlinitá zemina má

s hloubkou rostoucí příměs drobného skeletu (od 40 cm > 50 % objemu). Humusovou formou je zde semimul s 2 až 3 cm čerstvě opadlého listí buku (L) a 0,5 až 1 cm mocného polorozloženého listí a holorganického materiálu (F/H).

Aktivní pH (H₂O) bylo v odběrech z prosince roku 1999 v půdním profilu poměrně vyrovnané (tab. 10). Nejnižší hodnotu 4,31 mělo v hloubce 3 až 10 cm a nejvyšší 4,97 v hloubce 80 cm. Vyrovnané bylo i výměnné pH (KCl). Poměr C : N v humusových a povrchových horizontech se pohyboval okolo 20 a rychle klesal s hloubkou profilu (tab. 10). Celkový obsah Ca, K, Mg v materiálu pokryvného humusu byl vyšší než v humusu pod borovicí (tab. 7, 9). Ve výluhu půdy 1M NH₄Cl byly zjištěny v roce 1999 nejnižší zásoby Ca, K, Mg, Na v hloubce 3 až 30 cm (Ca 191 až 262 ppm, K 51,7 až 73,1 ppm a Mg 16,8 až 22,5 ppm) a je

Plocha/Plot	kg.ha ⁻¹ .rok ⁻¹								
	Cox	H	Na	K	Mg	Ca	Cu	Zn	Mn
borovice/pine	98	-0,015	-0,42	6,76	1,58	14,81	0,003	0,07	1,35
buk/beech	61,9	-0,014	0,14	10,37	3,21	22,84	0,006	0,19	5,41
Plocha/Plot	kg.ha ⁻¹ .rok ⁻¹								
	Fe	Al	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	N	F ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	P
borovice/pine	0,63	1,52	1,77	34,15	9,1	0,08	-6,63	0,08	1,03
buk/beech	0,45	1,13	1,47	93,11	22,18	0,04	-0,96	13,85	0,75

Tab. 5.

Působení horizontu pokryvného humusu O na tok iontů stanovený jako rozdíl mezi jejich množstvím zachyceným s půdní vodou pod tímto horizontem a se srážkami na plochách v porostu borovice a buku na Třebotově, mezi roky 1992 až 2003

Influence of horizon of forest floor O on ions flow defined like difference between their amount caught with soil water below this horizon and precipitation on plots in pine and beech stands at Třebotov during 1992 - 2003

Rok/Year	pH	Cox	Na	K	Mg	Ca	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	P	F ⁻	Al	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg .l ⁻¹										μg . l ⁻¹						
1991-92	7,83		49,5	2,67	82,1	177	0,69	4,35	11,4	682	90*	343			16	13	12
1993	8,01		52	2,86	83,9	181	0,46	5,01	8,3	683	95*	443			16	11	12
1994	7,96	3,75	47,4	2,16	70,9	171		6,58	17,3	622	29*	220	30	4	5	3	7
1995	7,9	7,24	47	1,14	86,2	175	0,44	11,1	11,8	573		718	11	5	20	132	
1996	7,5	14,26	40	1,07	67,5	144	0,17	1,56	12,5	626	30	283	7	4	14	30	8
1997	7,87	5,19	38,5	1,25	61,9	157	0,19	1,27	11,7	515	8	220	9	3	64	208	5
1998	8,23	7,97	55,9	2,56	70,7	197	0,1	6,95	17,4	820	30	820	10	5	19	180	6
1999	7,96	11,86	75,5	2,72	116,1	313	0,86	5,79	19,7	1 221	50	472	8	6	19	431	9
2000	7,69	9,54	56,6	1,7	111,3	203	0,11	12,13	18,1	873	50	146	30	3	33	133	23

* P fosforečnanový do roku 1994, od roku 1996 P celkový/P phosphate until 1994, since 1996 P total

Tab. 6.

Průměrné roční koncentrace sledovaných látek ve vodě pramene na Třebotově

Average annual concentrations of observed substances in spring water at Třebotov

Vrstva/ Layer	Rok dběru/ Coll. year	ppm (mg.kg ⁻¹)														
		N %	Na	K	Mg	Ca	Al	Fe	Mn	P	As	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
L	1991	0,88	35	956	492	9 790	714	850	708	900			9		12	63
L	1999	1,2	56	2 140	935	10 086	1 321	1 739	1 450	770	5	7,5	5,6	9,2	4,5	42
F	1999	1,71	51	1 047	690	6 173	2 636	4 067	866	762	5	8,9	12,7	12,6	18,7	49
H	1999	1,55	47	1 140	1 063	7 914	5 390	11 015	743	944		34,2	19,6	23,9	41	89,2

Poznámka/Notice: Odběr vzorků VI. 1991 a XII. 1999/Collection of specimens VI. in 1991 and XII. in 1999

Tab. 7.

Celková zásoba prvků stanovená ve výluhu popela konc. HCl (1991) a ve výluhu lučavkou královskou (1999) - porost borovice

Total supply of elements determined in leach of ash of conc. HCl and in leach of aqua regia (1999) - pine stand

možné je hodnotit jako střední (tab. 10). Hlouběji se zásoba těchto bazických kationtů v sorpčním komplexu zvyšovala a maximum dosahovala v půdní spodině (v 80 cm). Podíl Al na nasycení sorpčního komplexu byl v hloubce od 3 do 50 cm vyšší než podíl bazických kationtů (tab. 10). Velmi vysoká byla celková zásoba Mn v pokryvném humusu (cca 7 000 ppm), a také v sorpčním komplexu půdy překračovala 100 ppm.

Ve vzorcích půdy odebraných v roce 1999 dosahovalo aktivní pH poněkud vyšší hodnotu než ve vzorcích z roku 1991 jen v povrchových horizontech, hlouběji ve rhizosféře bylo nižší. Zřetelné je snížení hodnot pH/KCl. Poměr C : N se zvýšil až do hloubky 30 cm (při nárůstu obsahu C_{ox}). V sorpčním komplexu půdy se snížila zásoba Ca a Mg. V mine-

rální půdě narostl podíl Al na nasycení sorpčního komplexu. Ve všech horizontech byla stanovena vyšší zásoba přístupného P. Molární poměr bazických kationtů a hliníku byl u vzorků odebraných v roce 1991 vyšší než 1 již v hloubce 20 až 30 cm (V > 50 %), v roce 1999 se zóna převládajícího nasycení sorpčního komplexu půdy Al zvětšila (V < 50 %) až do hloubky 50 cm (tab. 10).

Při posuzování změn chemismu půdního profilu u porostu buku mezi roky 1991 a 1999 je zapotřebí vzít v úvahu, že půda v sondě z roku 1999 vznikla ze zrnitějšího materiálu. To se projevuje menším podílem jílu s dopady na nižší celkovou sorpční kapacitu T, která ovlivňuje zásobu sorbovaných kationtů a schopnost odolávat okyselení půdy a redukci záso-

Hloubka půdy/ Soil depth	Rok odběru/ Coll. year	pH		%	ppm						mmol . kg ⁻¹	
		H ₂ O	KCl		C/N	Na	K	Mg	Ca	P	T/CEC	V/BS
F	1991	4,7	4,2	25,7	24,3	12,4	390	267	4 112	87	256,7	92,6
F(H)	1999	4,7	3,6	35,2	21,6	22,4	418	307	4 925	76	332,5	87,7
0-5 cm	1991	4,8	4,4	5,6	13,3	5,1	144	74,5	1 215	35	82,4	85,7
	1999	5	3,7	5,5	13,1	5	96	60	1 051	35	82,1	73,2
5-20 cm	1991	4,6	4	2,1	17,3	7,7	96,7	43,3	689	22	94,3	43,4
	1999	4,7	3,4	1,7	12,8	5,5	82,5	45	706	29	83,9	44
20-40 cm	1991	5,3	4,8	0,93	12,2	9,9	132	96,5	3 120	47	202,8	79,9
	1999	6,1	4,8	1	8,7	14,7	204	152	4 202	98	239,7	94,1
40-70 cm	1991	8	7,2	0,89	13,3	9,3	110	85,3	6 406	35	228,9	99,9
	1999	8,1	7,1	0,8	7,1	17,3	173	124	4 932	33	262,2	99,9
70-80 cm	1991	8,4	7,7	0,71	13,9	7,8	82,3	67,9	5 698	26	292,5	99,9
	1999	8,4	7,3	0,79	10,7	14,9	87,3	72,5	4 146	23	215,9	99,9

Tab. 8.

Třebotov - porost borovice. Zásoba výměnných basických kationtů a přístupného fosforu, celková sorpční kapacita T a stupeň nasycení sorpčního komplexu V ve vzorcích půdy z roku 1990 a 1999

Třebotov - pine stand. Supply of exchangeable basic cations and available phosphorus, cation exchange capacity (CEC), and base saturation (BS) in soil samples from 1990 and 1999

by výměnných kationtů při vstupu kyselých látek. Porovnání chemismu půd obou ploch (v borovici a v buku) ukazuje, že se v něm zásadně projevil vliv chemismu půdního substrátu. V zóně maximálního výskytu kořenů proběhlo v hodnoceném období odčerpávání kationtů ze sorpčního komplexu. Celkový obsah těžkých kovů v pokryvném humusu (Cu, Cr, Ni, Pb, Zn) můžeme hodnotit jako zvýšený. To platí i o Mn, zejména v humusu pod porostem buku, který je zde udržován v biologickém koloběhu.

Diskuse

V období sledování depozice látek na výzkumných objektech na Třebotově, tedy od počátku 90. let minulého století, probíhalo snižování znečištění ovzduší emisemi SO₂ ve střední Evropě (FERRIER et al. 2001). Od roku 1990 se ve střední Evropě projevil i pokles emisí oxidu dusíku (NO_x) a NH₃ i když méně výrazně (WRIGHT et al. 2001). Podstatné snížení emisí znečišťujících látek do ovzduší od konce 80. let do prvních let tohoto století probíhalo i v České republice. Podle údajů ČHMÚ (Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 1999, 2002) dosahovala v roce 1988 v ČR emise SO₂ 2 066 kt, NO_x 858 kt a tuhých látek (prachu a popílku) 840 kt a v roce 2002 236 kt SO₂, 318 kt NO_x a 59 kt tuhých látek. U NH₃ je pro rok 1990 uváděna emise 156 kt a 77 kt pro rok 2002.

Toto omezení emisí mělo však rozdílné dopady na snižování depozice sledovaných látek na jednotlivých výzkumných objektech VÚLHM. Na všech plochách sledovaných ve VÚLHM se snížila depozice SO₄²⁻. Nejzřetelnější poklesy spadu síry se projeví v oblastech intenzivnějšího znečištění ovzduší horských poloh. V Beskydech na povodích Červíku a Malé Ráztoky (LOCHMAN et al. 2000), na Moldavě v Krušných horách (LOCHMAN, ŠEBKOVÁ 1998), na plochách Šerlich v Orlických horách (LOCHMAN et al. 2004), ale i na ploše Želivka (LOCHMAN 1997) a to především ve smrkových porostech. Změny depozice dusíku (NO₃⁻ a NH₄⁺) nebyly jednoznačné, zejména na plochách v nižších nadmořských výškách.

Množství zachycovaných hlavních imisních látek v porostech buku a smrku na plochách v menších nadmořských výškách rozmístěných v jižních Čechách a na povodí Pekelského potoka (objekt Želivka)

jsou prezentovány v tabulce 11. Vyplývá z nich, že sledované porosty buku a borovice v Třebotově jsou, s výjimkou buku na Zdíkově, méně zatěžovány spady H⁺, SO₄²⁻ N/NO₃⁻ + NH₄⁺, Cl⁻ a také Ca než srovnávané plochy. Přitom plochy Zdíkov leží v nadmořské výšce větší než 800 m. Bližší údaje o hodnocených výzkumných objektech jsou v literatuře (LOCHMAN 1997, LOCHMAN et al. 2002, 2003).

Spad látek s podkorunovými srážkami v mladém porostu borovice je však možné porovnávat pouze s depozicí v dospělých smrkových porostech. Sledování depozice látek v lesních porostech v bližším okolí velkých měst na dalších plochách v 90. letech neprobíhalo. Na jihovýchod od hlavního města Prahy na bývalém polesí Sulice byl však prováděn obdobný výzkum spadu látek a vlivu dospělých porostů smrku a dubu na chemismus odtékající vody již v letech 1988 až 1990 (LOCHMAN 2000). Koruny smrkového porostu působily na větší depozici sledovaných látek s okapovou vodou než koruny dubu, s výjimkou K, Mg a P/PO₄³⁻. V porostu dubu probíhala se srážkovou vodou dokonce nižší depozice NH₄⁺, NO₃⁻ a Zn než se srážkami na volné ploše (bulk) u myslivny. Nižší spad dusíku, zejména NH₄⁺, s podkorunovými srážkami než se srážkami na volné ploše (bulk) byl stanoven i v porostu borovice a buku na Třebotově (tab. 3). Také v porostech smrku na plochách Strouha a Hněvkovice byly zjišťovány, zejména v období nižších srážek, nižší spady dusíku než na volné ploše (LOCHMAN et al. 2003 b). Snižování spadu dusíku s podkorunovými srážkami oproti spadu se srážkami na volné ploše (bulk) lze vysvětlit jeho spotřebou v korunách stromů, především NH₄⁺ (DISE et al. 1998). Pokles depozice bazických kationtů, hliníku a dalších kovů je důsledkem snížení emisí prachu a popílku, které se podle ČHMÚ v roce 2002 snížily oproti roku 1988 na méně než jednu desetinu (Znečištění ovzduší 1999, 2002). Tento trend probíhal ve střední Evropě (ALEWELL et al. 2001) a v Severní Americe (HEDIN et al. 1994). Snížení depozice kationtů (Ca, Mg, Na i K) je zřejmě příčinou poklesu pH srážkové vody i při podstatném snížení koncentrací SO₄²⁻.

Jak je zřejmé z tabulky 5, v semimulovém horizontu pokryvného humusu v porostu buku na Třebotově probíhal intenzivnější rozklad opadu a nitrifikace vzniklých NH₄⁺ iontů. To způsobilo větší nárůst NO₃⁻ v půdní vodě a současně i vyšší produkci H⁺ iontů (KHANNA, ULRICH 1985). ULRICH et al. 1981 uvádějí možnost selektivního příjmu kationtů s příjmem nitrátů, jde zejména o H⁺, K a Na, sodík je vylučo-

Vrstva/Layer	Rok odběru/Coll. year	ppm (mg kg ⁻¹)						
		N %	Na	K	Mg	Ca	Al	Fe
L	1991	1,31	35	987	1 134	20 170	488	1 030
L	1999	1,48	57	2 678	1 403	11 480	1 022	2 178
F	1991	1,33	96	1 511	1 287	9 830	5 241	16 310
F	1999	1,66	60	1 951	1 256	7 233	6 122	16 008

Vrstva/Layer	Rok odběru/Coll. year	ppm (mg kg ⁻¹)						
		Mn	P	As	Cr	Cu	Ni	Pb
L	1991	3 487	700			9		14
L	1999	7 090	619	5	6,4	7,2	10,6	12,2
F	1991	6 631	700			28		56
F	1999	6 913	968	13,7	28,3	22,8	31,5	43,2

Odběr vzorků V. 1991 a XII. 1999/Sample collection in May 1991 and December 1999

Tab. 9.

Celková zásoba prvků stanovená ve výluhu popela konc. HCl (1991) a ve výluhu lučavkou královskou (1999) - porost buku
Total supply of elements determined in ash leach of conc. HCl (1991) and in leach of aqua regia (1999) - beech stand

ván zpět do půdního prostředí. Příjem NH_4^+ je spojován s uvolňováním H^+ iontů do půdního prostředí a příjmem chloridů (Cl^-), které jsou však po inkorporaci dusíku spolu s H^+ kořeny vylučovány do půdy v hlubších horizontech. Tím lze vysvětlit pokles koncentrací Cl^- ve vodě odtékající z humusového horizontu v porostu borovice.

Působením půdních profilů na změny koncentrací iontů v odtékající vodě bylo zjišťováno na již výše uvedených plochách Sulice. Zde se ve vodě odsávané v hloubce 100 cm oproti vodě zachycované pod pokryvným humusem snižovaly koncentrace organických látek (C_{ox}) a iontů H, K, NH_4^+ , NO_3^- , F^- , PO_4^{2-} , Al, Fe, Mn a narůstaly u Na, Mg, Cl^- a SO_4^{2-} . V půdním profilu pod dubem zřetelněji klesaly koncentrace NO_3^- (z 38,96 na 2,65 mg · l⁻¹). Tyto trendy odpovídají rozdílu ve složení vody odtékající z humusových horizontů a vody u pramene na plochách v Třebotově. Příznivější působení porostů listnáčů než jehličnanů na snižování obsahu NO_3^- ve vodě zdrojů SRN popisují ROTHE et al. (1998).

Podstatné odčerpávání nitrátů z odtékající vody v rhizosféře ukazuje i rozdíl koncentrací NO_3^- ve vodě zachycované pod horizontem O u buku na ploše Kamýk a ve vodě pramene vyvěrajícího pod vrcholem Vysokého Kamýku, pokrytého převážně bukovými porosty, které v roce 2003 dosahovaly v průměru ve vodě pod humusovým horizontem 27,43 mg · l⁻¹ a v prameni 3,59 mg · l⁻¹.

V opakovaných odběrech vzorků půdy na obou plochách na Třebotově převyšovalo pH jejich půdního výluhu hodnotu 4,2. To ukazuje, že ani v povrchových horizontech nedochází k rozkladu jílu a uvolňování Al (ULRICH 1983). Pufrace protonů zde probíhala výměnou za kationty v sorpčním komplexu a zvyšováním podílu Al. Mezi roky 1991 až 1999 poklesla zásoba sorbovaných kationtů u porostu borovice pouze ve svrchní části rhizosféry (0 – 5 (10) cm). V porostu buku se snížení zásoby výměnných kationtů projevilo v celém profilu současně se snížením celkové sorpční kapacity (CEC). Protože zde nedocházelo k rozkladu jílových minerálů, nositelů sorpční kapacity, je tento rozdíl zřejmě zapříčiněn proměnlivostí uložení substrátu na svahu a tím i zrnitostního složení jemnozeme. V porostu buku byly i větší rozdíly v zásobě prvků v jednotlivých povrchových horizontech. Vysokou zásobu kationtů v pokryvném humusu ovlivňuje opad buku. Nejnížší stupeň nasycení sorpčního komplexu a zásoby výměnných bazických kationtů dosahovala půda v hloubce 3 až 30 cm (v zóně nejintenzivnějšího prokořenění). Zásoby výměnného Ca, Mg a K je možné hodnotit v půdách obou ploch jako střední až vysoké.

V půdě pod porostem buku byla zjištěna mimořádně vysoká zásoba a dynamika manganu. Jeho průměrné roční koncentrace v půdní vodě zachycované pod humusovým horizontem O v letech 1991, 1992 a 2003 překračovaly 4 mg · l⁻¹ (4,55; 4,61 a 4,72 mg · l⁻¹) především díky jeho vyluhování z opadu, kde v opadlém listu i ve vrstvě F dosahoval Mn 0,7 % hmotnosti sušiny (7 mg · g⁻¹). Takto vysoké koncentrace manganu v materiálu humusových horizontů na plochách VÚLHM se sledováním depozice imisních látek nebyly dosud naměřeny a jsou na horní hranici rozpětí hodnot zjištěných na monitoračních plochách ICP Forests v ČR (UHLÍŘOVÁ 2001).

Limity škodlivých koncentrací Mn v půdě a v biomase stromů nebyly dosud stanoveny. BLOCK et al. (1991) uvádějí medián koncentrací Mn v prvním ročníku jehličí smrku ve spolkové zemi SRN Rheinland – Pfalz 1,8 mg · g⁻¹ (s maximem 4,55 mg · g⁻¹) a 2,7 mg · g⁻¹ ve třetím ročníku (s maximálním obsahem 8,8 mg · g⁻¹). Hranice škodlivého působení vysokých obsahů manganu na příjem a obsah Mg a Ca v jehličí nebyla dosud stanovena (KEHR, BÜTTNER 2003). GERLAND (1992) však zjistil, že u buku se silnějším prosvětlením korun (stupeň poškození 2 a 3) lze v jednotlivých částech stromu nalézt zřetelně vyšší koncentrace Mn než u stromů méně poškozených (stupeň poškození 1). Také TRIMBACHER et al. (1995) uvádějí průkazný pozitivní vztah mezi vysokým obsahem manganu v jehličí smrku a silnějším poškozením voskové vrstvy na jeho povrchu.

Protože spad Mn se srážkovou vodou v porostu buku nepřekračuje spad zjištěný v porostu borovice, ani spady stanovené s podkorunovými srážkami na plochách i v jiných oblastech (jižních Čechách), je zapotřebí považovat za jeho zdroj půdní substrát.

Depozice a zásoba dalších těžkých kovů nevybočuje z hodnot získaných na dalších plochách VÚLHM. To ukazuje, že v oblasti Třebotova se již neprojevoval nebo jen minimálně zvýšený vysoký vstup těžkých kovů, který byl zjištěný v roce 1990 na území Prahy (BENEŠ 1994). Ten několikanásobně převyšoval spad na území Středočeského kraje. Nejnížší vstup těžkých kovů do půdy depozicí prachu byl v ČR stanoven v Jihočeském kraji.

Hloubka půdy/ Soil depth	Rok odběru/ Coll. year	pH		%	ppm						mmol . kg ⁻¹	%
		H ₂ O	KCl		C/N	Na	K	Mg	Ca	P		
F	1999	5,1	4,1	30,4	18,3	22,4	1 048	435	4 648	78	396,9	74,5
0-5 cm	1991	4,4	4	4,5		3,2	204	87,7	923	27	135,5	43,3
0-3 cm	1999	4,5	3,4	11,8	17,4	5,8	151	72,6	1 027	39	147,5	41,6
5-30 cm	1991	4,4	4	1	9,2	3,3	83	133	967	18	133,5	49
	1999	4,5	3,7	1,6	22,2	2,7	57,3	18,1	211	21	107,9	15,9
30-50 cm	1991	4,9	4,2	0,8	10,3	4,8	81,6	733	1 826	31	197	78
	1999	4,1	3,4	0,35	5,8	4,1	80,3	122	532	45	125,1	31,6
50-70 cm	1991	4,8	4,3	0,94	12,7	5,9	65,9	804	2 272	35	218,5	83
	1999	4,9	3,3	0,09		6,9	135	430	911	96	166,5	50,8
70 cm +	1999	5	3,3	0,21	2,1	15,7	150	702	1 564	87	191	73,4

Tab. 10.

Třebotov - porost buku. Zásoba výměnných basických kationtů a přístupného fosforu, celková kapacita T a stupeň nasycení sorpčního komplexu V ve vzorcích půdy z roku 1991 a 1999

Třebotov - beech stand. Supply of exchangeable basic cations and available phosphorus, total cation exchange capacity (CEC), base saturation (BS) in soil samples from 1990 and 1999

Plocha/ Plot	Období/ Years	H ⁺	SO ₄ ²⁻	N/NO ₃ ⁻ +NH ₄ ⁺	Cl ⁻	Ca
		kg.ha ⁻¹ .rok ⁻¹				
Kamýk buk/ beech ¹	1992-1996	0,0337	24,52	7,81	6,2	7,98
	1997-2001	0,0487	17,7	8,96	7,81	8,22
Vojířov smíšený porost/ mixed stand ²	1992-1996	0,071	44,39	8,26	9,22	11,29
	1997-2001	0,087	23,64	9,16	9,62	9,64
Zdíkov buk/ beech ³	1992-1996	0,0334	28,1	6,89	8,24	9,14
	1997-2001	0,0229	10,56	4,9	7,57	6,32
Želivka buk/ beech ⁴	1991-1996	0,0702	44,83	8,57	8,81	13,28
	1997-2002	0,0828	20,97	8,69	12,55	10,19
Strouha smrk/ spruce ¹	1992-1996	0,2021	86,73	10,37	12,58	17
	1997-2001	0,0729	42,78	22,24	12,12	11,43
Vojířov smrk/ spruce ²	1991-1996	0,2856	80,76	11,92	12,01	17,13
	1997-2001	0,1964	43,08	11,43	11,13	12,19
Zdíkov smrk/ spruce ³	1991-1996	0,173	56,93	7,75	11,5	13,08
	1997-2001	0,0709	22,57	6,05	10,72	9,67
Želivka smrk/ spruce ⁴	1991-1996	0,423	147,82	26,03	18,44	32,35
	1997-2002	0,105	45,04	20,82	11,89	18,25

¹LOCHMAN et al. 2003; ²LOCHMAN et al. 2002; ³LOCHMAN et al. 2003; ⁴LOCHMAN 1997

Tab. 11.

Průměrné roční spady imisních látek s podkorunovými srážkami v porostech buku a smrku na plochách VÚLHM v nižších vegetačních stupních

Average annual fallout of pollutants with bulk precipitation in stands of beech and spruce at FGMRI plots in lower vegetation zones

Závěr

Na výzkumných plochách v porostech borovice a buku na Třebotově probíhalo od počátku 90. let minulého století relativně nižší zatížení kyselými depozicemi než na dalších plochách VÚLHM (v jižních Čechách, v oblasti Želivky a na plochách ve vyšších vegetačních stupních – středohorách). Přispívají k tomu i nízké srážkové úhrny. Plynulý rozklad opadu v pokryvném humusu zvyšuje podstatně koncentrace bioprveků v protékající vodě, především C_{ox}, NO₃⁻, P, K, Mn, Fe. Ve rhizosféře minerálního půdního profilu jsou tyto ionty či prvky z vody odčerpávány nebo ukládány, takže jejich koncentrace ve vodě přitékající do pramene jsou nízké. Zásoba výměnných kationtů (Ca, Mg, K) a přístupného fosforu je v půdě obou ploch střední až vysoká. Zóna nižšího nasycení sorpčního komplexu je v porostu borovice omezena na hloubku 3 až 20 cm, v porostu buku

zaujímá půdní profil až do hloubky 50 cm. Projevuje se zde převažující vliv minerální síly půdního substrátu a zřejmě rozdílné nutriční nároky borovice a buku a rozdílná hloubka rhizosféry. Vyšší nároky na výživu jsou u buku kompenzovány větším obsahem bioprveků v opadu a v organickém horizontu. Z hlediska vodohospodářských požadavků obsahuje voda povrchového zdroje vysoké koncentrace síranů a při přímém odtoku i vyšší obsahy C_{ox} a NH₄⁺, než je stanoveno příslušnými hygienickými předpisy.

Literatura

- ALEWELL, C., ARMBRUSTER, M., BITTERSÖHL, J., EVANS, C., MESSENBURG, H., MORITZ, K., PRECHTEL, A.: Are there signs of acidification reversal in freshwaters of the low mountain ranges in Germany. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 5, 2001, s. 367-378.
- Atlas Československé socialistické republiky. Praha, Ústřední správa geodézie a kartografie 1966
- BENEŠ, S.: Obsahy a bilance prvků ve sférách životního prostředí. II. část. Praha, Ministerstvo zemědělství České republiky 1994. 159 s. ISBN 80-7084-090-0.
- BLOCK, J., BOPP, O., GATTI, M., HEIDINGSFELD, N., ZOTH, R.: Waldschäden, Nähr- und Schadstoffgehalte in Nadeln und Waldböden in Rheinland-Pfalz. *Mitt. Forstl. Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz*, 17, 1991.
- DISE, N. B., MATZNER, E., GUNDERSEN, P.: Synthesis of nitrogen pools and fluxes from European forest ecosystems. *Water Air Soil Pollut.*, 105, 1998, s. 143-154.
- FERRIER, R. C., JENKINS, A., WRIGHT, R. F., SCHÖPP, W., BARTH, H.: Assessment of recovery of European surface waters from acidification 1970 - 2000: An introduction to the Special Issue. *Hydrol. Earth System Sci.*, 5, 2001, s. 274-282.
- GERLAND, M.: Axiale Verteilung der Wasser- und Mineralstoffgehalte unterschiedlich immisionsgeschädigter Altbuchen (*Fagus sylvatica* L.) – eine Momentaufnahme. Dipl. Arbeit des Fachbereichs 19 der Gesamthochschule/Universität Kassel, 1992. In: Kehr, Büttner 2003.
- HEDIN, L. O., GRANAT, L., LIKENS, G. E., BUISSAND, T. A., GALLOWAY, J. N., BUTLER, T. J., RODAHE, H.: Steep declines in atmospheric base cations in regions of Europe and North America. *Nature*, 367, 1994, s. 351-354. In: Alewell et al. 2001.
- KEHR, I., BÜTTNER, G.: Mangan-Schäden an Douglasie im Provenienzversuch Sobernheim. *Forstarchiv*, 73, 2003, č. 2, s. 53-61.
- KHANNA, P. K., ULRICH, B.: Processes associated with acidification of soils and their influence on the stability of spruce stands in Solling area. In: Proc. symp. Air Pollution and Stability of Coniferous Forest Ecosystems, Ostravice, October 1-5, 1984, Brno, Fac. Forestry, Agric. Univ. 1985, s. 23-26.
- LOCHMAN, V.: Vývoj zatížení lesních ekosystémů na povodí Pekelského potoka (objekt Želivka) a jeho vliv na změny v půdě a ve vodě povrchového zdroje. *Lesnictví-Forestry*, 43, 1997, s. 529-546.
- LOCHMAN, V.: Vliv depozice látek v porostech dubu a smrku (plochy Sulice) na chemické složení vody odtékající do zdrojů a na vývoj chemismu jejich půd. *Práce VÚLHM*, 82, 2000, s. 125-141.
- LOCHMAN, V., BÍBA, M., FADRHOŇSOVÁ, V.: Air pollution load of forests stands in Vojškov and the impact on soil and run-off water chemistry. *Journ. For. Sci.*, 48, 2002, s. 292-309.
- LOCHMAN, V., BÍBA, M., BUCEK, J., FADRHOŇSOVÁ, V.: Vývoj depozice imisních látek a chemismu půdy v lesních porostech, na plochách v okolí Temelína. *Zprávy lesnického výzkumu*, 48, 2003, č. 1, s. 30-44.
- LOCHMAN, V., BÍBA, M., BUCEK, J., FADRHOŇSOVÁ, V.: Chemical composition of the throughfall and runoff water in the spruce and beech stands at Zdíkov (the Šumava Mts.). *Comm. Inst. For. Boh.*, 20, 2003, s. 101-118. ISSN 0231-7257.
- LOCHMAN, V., CHLEBEK, A., JAŘABÁČ, M., ŠEBKOVÁ, V.: Působení lesů v povodí Červíku a Malé Ráztoky na chemismus vody povrchových zdrojů. *Jour. For. Sci.*, 46, 2000, s. 305-324.
- LOCHMAN, V., MAREŠ, V., FADRHOŇSOVÁ, V.: Development of air pollutant deposition soil water chemistry and soil on Šerlich research plots, and water chemistry in a spruce water source. *Jour. For. Sci.*, 50, 2004, s. 263-283.
- LOCHMAN, V., ŠEBKOVÁ, V.: The development of air pollutant depositions and soil chemistry on the research plots in the eastern part of the Ore Mts. *Lesnictví-Forestry*, 44, 1998, s. 549-560.
- NĚMEČEK, J. et al.: Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. Praha, ČZU 2001. 78 s. ISBN 80-238-8061-6.
- ROTHER, A., KÖLLING, CH., MORITZ, K.: Waldbewirtschaftung und Grundwasserschutz. *AFZ/Der Wald*, 6, 1998, s. 291-295.
- TRIMBACHER, C., ECKMÜLLNER, O., WEISS, P.: Die Wachsqualität von Fichtennadeln österreichischer Hintergründstandorte. Wien, Umweltbundesamt 1995. Monographien 57.
- UHLÍŘOVÁ, H.: Monitoring zdravotního stavu lesa v České republice. Ročenka programu ICP Forests 20001. Jíloviště-Strnady, VÚLHM 2001. 92 s. ISBN 80-86461-15-7.
- ULRICH, B.: Gefahren für das Waldökosystem durch saure Niederschläge. Immissionsbelastungen von Waldökosystemen. Sonderheft der Mitteilungen-Erweiterte Neuauflage, Landesanstalt Ökologie, Landesentwicklung u. Forstplanung Nordrhein-Westfalen, 1983, s. 9-25.
- ULRICH, B., MAYER, R., KHANNA, P. K.: Deposition von Luftverunreinigungen und ihre Auswirkungen in Waldökosystemen im Solling. *Schriften. Forstl. Fak. Univ. Göttingen*, 58, 1981, 2. Auflage, 291 s.
- WRIGHT, R. F., ALEWELL, C., CULLEN, J. M., EVANS, C. D., MARCHETTO, A., MOLDAN, F., PRECHTEL, A., ROGORA, M.: Trends in nitrogen deposition and leaching in acid-sensitive streams in Europe. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 5, 2001, s. 299-310.
- Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 1999, 2000. Ročenka ČHMÚ. Praha, 198 s. ISBN 80-85813-77-7.
- Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2002, 2003. Ročenka ČHMÚ Praha. 158 s. ISBN 80-86690-07-5.

Recenzent: Doc. Ing. J. Kulhavý, CSc.

Poznámka:

Příspěvek byl zpracován v rámci výzkumného záměru MZE č. 0002070201 „Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností v měnících se podmínkách prostředí“ řešeného ve VÚLHM Jíloviště-Strnady.

VÝVOJ PŮDNÍHO CHEMISMU VE SMRKOVÝCH LESNÍCH EKOSYSTÉMECH NA ÚZEMÍ ŠLP KOSTELEK NAD ČERNÝMI LESY

Dynamics of soil chemistry in the Norway spruce forest ecosystems on the School Training Forest territory

Abstract

The presentation documents changes of the soil chemistry in the region of the Middle Bohemia, on the territory of the School Training Forest territory Kostelec nad Černými lesy (Czech University of Agriculture Prague). The average altitude of the studied area is 400 m a. s. l., the sites are typical for the given region. Three typical profiles were studied in the period 1967 – 2002/2003. In the studied period, considerable soil acidification (soil reaction changes) and nutrients translocation were observed in the studied territory.

Klíčová slova: smrkové porosty, lesní půdy, acidifikace, degradace půd, živiny

Key words: Norway spruce forest, forest soils, acidification, soil degradation, nutrients

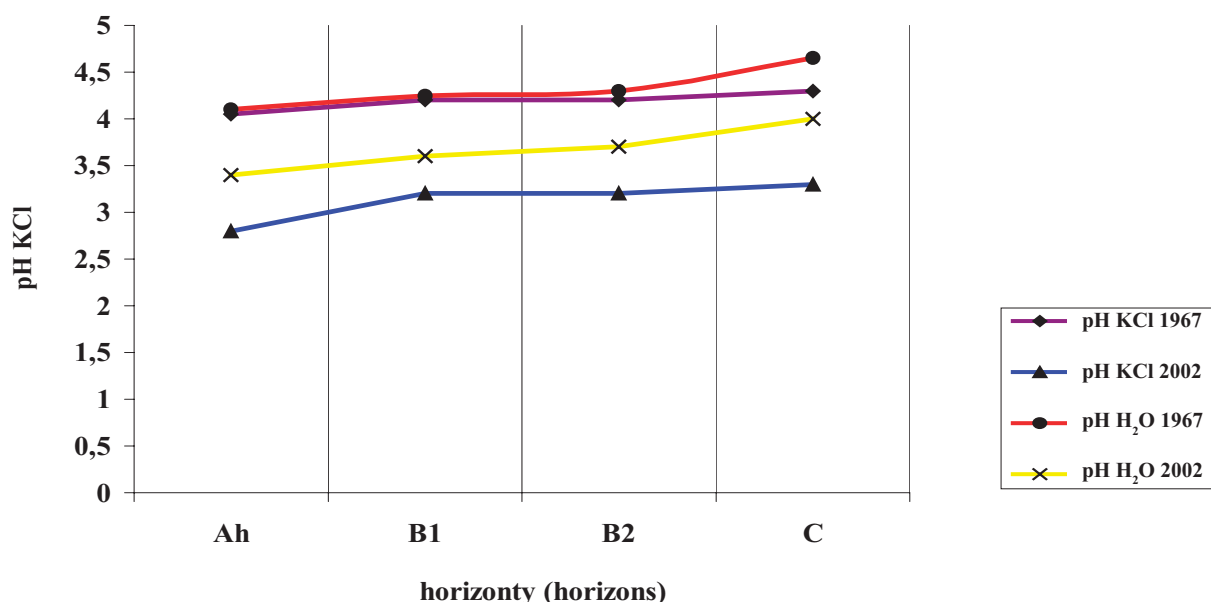
Úvod

Změny půdního chemismu, respektive okyselování, acidifikace prostředí, jsou dokládány již po řadu desetiletí. Popisovány jsou především ve vyšších a horských polohách (PELÍŠEK 1983, 1984), v posledním období se za vážný problém považuje situace zejména v horských oblastech (HRUŠKA, CIENCIALA 2001). Vývoji lesních půd ve středních a nižších polohách byla z hlediska antropogenní acidifikace věnována podstatně nižší pozornost. Ta se spíše soustředila na srovnání stavu lesních půd pod porosty různých lesních dřevin a na vyhodnocení eventuální degradace lesních stanovišť vlivem pěstování jehličnatých monokultur (např. PODRÁZSKÝ 2003, PODRÁZSKÝ, REMEŠ 2002). Předkládaný příspěvek pak dokládá vývoj půdní reakce a obsahu přístupných živin na několika lokalitách v nižších polohách, kde byly založeny stanovištně nepůvodní smrkové porosty. Cílem je vyhodnotit vývoj půd od období 60. let a posoudit dynamiku lesních půd v důsledku acidifikace působené jak kyselým spadem, tak i pěstováním smrku na stanovišti společenstev s jinou přirozenou skladbou dřevin.

Metodika

Výzkumné plochy byly založeny pracovníky Ústavu lesnické ekologie a ekotechniky na území Školního lesního podniku v Kostelci nad Černými lesy v letech 1965 - 1966. Toto území leží ve vzdálenosti 25 - 50 km jihovýchodně od Prahy, patří ke geomorfologické podsoustavě Středočeské pahorkatiny, která na severu přechází do Polabí a náleží tak k České křídové tabuli. Klimaticky se jedná o oblast mírně teplou, semihumidní, s průměrnou roční teplotou 7,6 °C a průměrným ročním úhrnem srážek 665 mm (meteorologická stanice Ondřejov). Experiment ke sledování možnosti komerčního hnojení lesních porostů byl založen v letech 1965 a 1966, první odběry vzorků byly provedeny v roce 1967. Původně byly experimenty s přihnojením sledovány na celkem 39 trvalých pokusných plochách, z nichž se díky přerušení kontinuity LF v Praze zachovala pouze malá část.

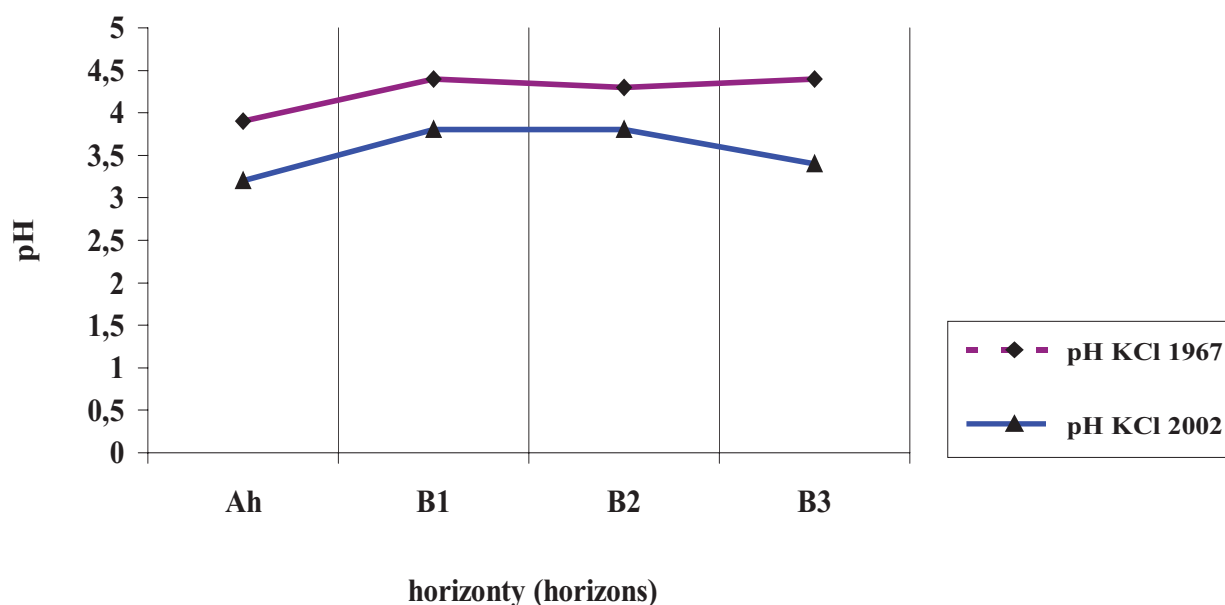
Ve většině případů byla založena v daném porostu minimálně jedné trojice ploch (plné hnojení – NPKCa, hnojení dusíkem – N, kontrola). Ke sledování dlouhodobého vývoje lesních půd byly využity pouze kon-



Obr. 1.

Vývoj půdní reakce (pH H₂O, pH KCl) v letech 1967 - 2002 na plochách 13 - 15 (lokalita Radlice)

Dynamics of soil reaction (pH H₂O, pH KCl) in the period 1967 - 2002 on the plots 13 - 15 (Radlice locality)



Obr. 2.

Vývoj půdní reakce (pH KCl) v letech 1967 - 2002 na plochách 1 - 3 (lokalita Moštice)
Dynamics of soil reaction (pH KCl) in the period 1967 - 2002 on the plots 1 - 3 (Moštice locality)

Rok/Year	1967					2002				
Horizont/Horizon	Ah	B1	B2	B3	C	Ah	B1	B2	B3	C
Hloubka/Depth cm	0-6	6-30	30-60	60 +	--	0-6	6-30	30-60	60 +	--
pH H ₂ O	4,30	4,65	4,80	5,10	--	4,50	4,90	4,40	4,70	--
pH KCl	3,90	4,40	4,30	4,40	--	3,20	3,80	3,80	3,40	--
P ₂ O ₅ (mg/kg)	30	20	23	43	--	145	60	49	29	--
K ₂ O (mg/kg)	53	24	39	47	--	44	25	38	53	--
CaO (mg/kg)	299	313	881	1120	--	387	80	560	940	--
MgO (mg/kg)	32	75	237	237	--	85	41	135	219	--
Fe ₂ O ₃ (mg/kg)	1144	572	762	572	--	1688	775	1099	886	--

Tab. 1.

Vývoj půdního chemismu v letech 1967 – 2002 na plochách 1 – 3 (lokalita Moštice)
Dynamics of soil chemistry in the period 1967 – 2002 on plots 1 – 3 (Moštice locality)

trojní varianty. Na každé kontrolní ploše byla v r. 1967 a opakovaně v r. 2002 a 2003 vykopána sonda, ze které byly podle jednotlivých pedogenetických horizontů odebrány vzorky pro chemický rozbor, který provedla laboratoř VÚLHM ve Strnadlech (v letech 2002/03 laboratoř v Opočně – firma Tomáš). Velikost dílčích ploch se pohybovala od 0,20 do 0,25 ha.

Od 70. let se přestaly plochy sledovat a provoz (ŠLP) se postupně po dosažení mýtního věku začal obnovovat. Proto se v roce 2002 podařilo obnovit jen asi jednu třetinu původního počtu ploch. Půdní vzorky pak zpracovávalo několik pracovišť a tým autorů má k dispozici jen omezený počet výsledků analýz. Z tohoto důvodu je v předkládaném příspěvku uvedeno jen pH a obsah přístupných živin ve výluhu 1% kyselinou citrónovou. Vyhodnoceny byly prozatím jen 3 lokality a porovnán byl vývoj (1967 – 2002/2003) u tří půdních profilů.

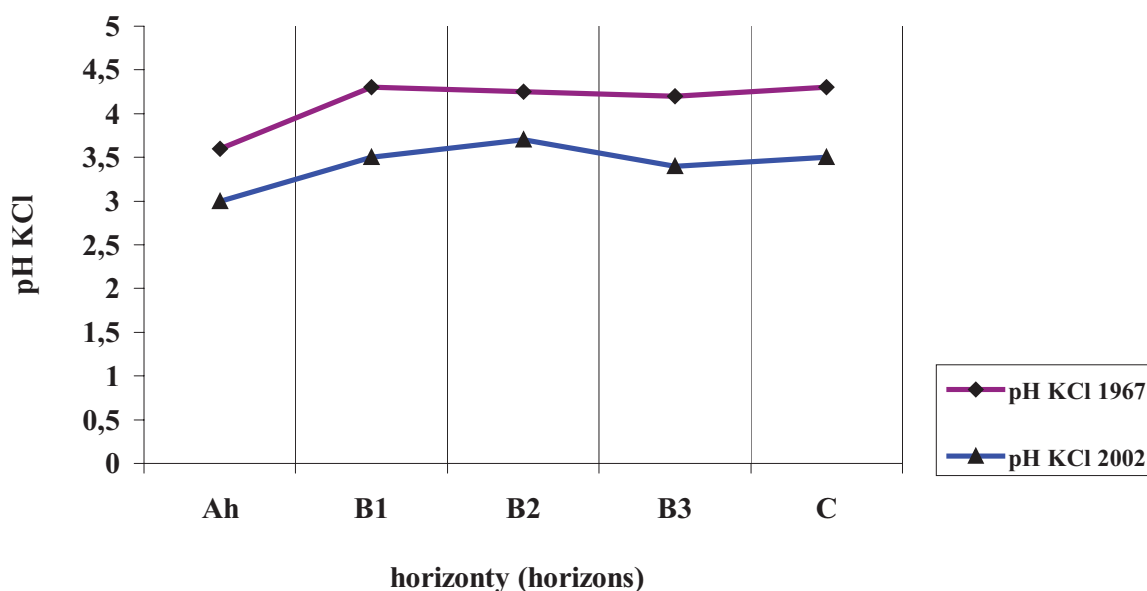
První hodnocená soustava ploch (č. 1, 2, 3) o velikosti dílčích ploch 0,20 ha byla založena na polesí Krymluv (dnes polesí Kostelec) ŠLP v Kostelci nad Černými lesy v porostu 636 b₁ (dnešní označení 13 D₁₁), v nadmořské výšce kolem 400 m na mírném svahu k SZ, na převažujícím lesním typu 40I (původní determinace *Luzulo-pilosae Abietum*). Půda je hlinitá na spraši, lokalita je označena jako Moštice. Věk porostu

je dnes 108 let, jedná se o čistou smrkovou monokulturu.

Soustava dalších tříd hodnocených ploch (č. 25, 26, 27), označená jako lokalita Aldašín, se nachází na polesí Jevany v porostu 331 d₁, (dnešní označení 442 D₁₁) v nadmořské výšce 400 m na velmi mírném sklonu k JV, na lesním typu 3S1 (původní determinace *Luzulo-Quercetum luzuletosum pilosae*). Půda je písčitohlinitá, na permokarbonských arkózách. Věk porostu (čistý smrk) je dnes 113 let.

Poslední hodnocená soustava ploch, na kterých byly provedeny odběry až v roce 2003 (č. 13, 14, 15), byla založena na polesí Krymluv v porostu 737 a₂ na rovině v nadmořské výšce 445 m na lesním typu 40₂ (původní určení *Myrtillo-Abietum*). Půda je hlinitá na spraši. Lokalita je označena jako Radlice. Věk porostu (čistý smrk) je dnes 118 let.

Ve všech případech se jedná o Kambizem luvickou. Vzorky byly v letech 2002 – 2003 odebrány sondýrkou v počtu opakování 4, v roce 1967 byly odebrány z otevřené fronty sondy. Jelikož byly připraveny již v terénu směsné vzorky, nebylo možné statistické vyhodnocení výsledků. Počet odběrů 4 je na spodní hranici reprezentativnosti odběrů (PODRÁZSKÝ 1993).



Obr. 3.

Vývoj půdní reakce (pH KCl) v letech 1967 - 2002 na plochách 25 - 27 (lokalita Aldašín)
Dynamics of soil reaction (pH KCl) in the period 1967 - 2002 on the plots 25 - 27 (Aldašín locality)

Rok/Year	1967					2002				
Horizont/Horizon	Ah	B1	B2	B3	C	Ah	B1	B2	B3	C
Hloubka/Depth cm	0-4	4-34	34-52	52-73	73 +	0-4	4-34	34-52	52-73	73 +
pH H ₂ O	3,8	4,5	4,8	4,7	4,8	4,1	4,3	4,4	4,7	4,6
pH KCl	3,6	4,3	4,25	4,2	4,3	3	3,5	3,7	3,4	3,5
P ₂ O ₅ (mg/kg)	40	40	30	23	30	87	117	38	53	57
K ₂ O (mg/kg)	32	17	41	54	42	47	39	24	41	44
CaO (mg/kg)	75	90	313	821	582	367	67	240	700	860
MgO (mg/kg)	22	43	97	97	97	55	21	78	169	188
Fe ₂ O ₃ (mg/kg)	1263	620	524	477	381	940	376	550	679	622

Tab. 2.

Vývoj půdního chemismu v letech 1967 - 2002 na plochách 25 - 27 (lokalita Aldašín)
Dynamics of soil chemistry in the period 1967 - 2002 on plots 25 - 27 (Aldašín locality)

Výsledky a diskuse

Půdní reakce aktuální se v letech 1967 - 2002/2003 příliš jednoznačně neměnila, v horizontech organominerálních (A) došlo na plochách Moštice a Aldašín k mírnému vzestupu hodnot pH, v horizontech B pak ve svrchní vrstvě převažovala tendence mírného vzestupu, hlouběji pak k poklesu nebo setrvalého stavu. Tato hodnota však odráží spíše aktuální stav půdního roztoku. Pouze na nejchudším stanovišti (lokalita Radlice) je doložen jednoznačný a výrazný (statisticky nezhodnotitelný) pokles hodnot pH (H₂O) - obr. 1. To zřejmě souhlasí s nejnižší pufrací schopností tohoto chudého stanoviště v oboru (oblasti) výměnné pufrace (ULRICH 1986a, b, c). Půdní reakce potenciální jevila výrazný pokles v celém sledovaném profilu, prakticky až do horizontu C. Změna dosahovala 0,6 až 1,0 stupně pH na bohatších stanovištích, a 1,0 až 1,25 stupně na stanovišti chudém (obr. 1 - 3). Takovéto změny půdní reakce v podobných poměrech nejsou v naší literatuře doloženy a svědčí o značné míře acidifikace na stanovištích středních poloh, považovaných dosud za bezproblémové z hlediska stavu lesních půd.

Obsah přístupného fosforu doznal ve sledovaném období značného vzestupu, v některých případech až řádového. Nakolik je to způsobeno vlivem rozdílné laboratoře, acidifikací půd způsobující v daném oboru

větší přístupnost fosforu (ŠÁLY 1978) nebo poklesem potřeby lesních porostů (BINKLEY 1986) je věcí další analýzy.

Obsah přístupného draslíku se příliš neměnil (plocha Moštice), rostl mírně ve svrchnějších horizontech (plocha Aldašín), nebo i rostl poměrně značně (chudší plocha Radlice). Nižší požadavky lesního porostu po skončení období intenzivního růstu přispěly pravděpodobně k vyššímu obsahu tohoto makroelementu v půdním profilu. Naproti tomu obsah dvoumocných kationtů v době sledování dosti výrazně poklesl, nebo jevil příznaky výrazné translokace. Obsah přístupného vápníku rostl v horizontech A zřejmě jako důsledek biologické mobilizace (příjmu) lesními dřevinami, pouze na ploše Radlice se zvýšil i v horizontech B. Jinak horizonty B vykazovaly výrazný pokles obsahu přístupného vápníku. Podobný trend byl doložen i pro přístupný hořčík. Odlišná dynamika draslíku na jedné a vápníku a hořčíku na druhé straně může souviset i s geologickým složením matečné horniny. Naproti tomu obsah sesquioxidů železa výrazně (s výjimkou svrchní části minerálního profilu plochy Aldašín) vzrostl. Z dané oblasti pak pro srovnání nejsou k dispozici podobné experimenty a sledování. V dalším období je třeba se zaměřit i na vyřešení otázky, nakolik jsou uvedené trendy acidifikace typické pro jehličnaté monokultury (PODRÁZSKÝ 2003, PODRÁZSKÝ, REMEŠ 2002) dané oblasti a nakolik se projevují i v jiných typech lesních ekosystémů.

Rok/Year	1967				2002			
Horizont/Horizon	Ah	B1	B2	C	Ah	B1	B2	C
Hloubka/Depth cm	0-3	3-22	22-48	48+	0-3	3-22	22-48	48+
pH H ₂ O	4,1	4,25	4,3	4,65	3,4	3,6	3,7	4
pH KCl	4,05	4,2	4,2	4,3	2,8	3,2	3,2	3,3
P ₂ O ₅ (mg/kg)	8	53	37	40	169	66	49	25
K ₂ O (mg/kg)	47	28	36	57	73	86	51	108
CaO (mg/kg)	90	60	104	418	113	93	100	393
MgO (mg/kg)	11	22	86	129	51	33	43	170
Fe ₂ O ₃ (mg/kg)	2002	1763	405	572	2553	1773	833	1035

Tab. 3.

Vývoj půdního chemismu v letech 1967 – 2003 na plochách 13 - 15 (lokalita Radlice)

Dynamics of soil chemistry in the period 1967 – 2003 on plots 13 – 15 (Radlice locality)

Závěr

Uvedené výsledky indikují velmi pravděpodobný postup acidifikace i v oblasti středních poloh. Uvedená stanoviště je možno hodnotit jako velmi reprezentativní pro poměrně rozsáhlé plochy středních Čech, kde se dosud výraznější problémy s antropogenní degradací lesních půd nepředpokládaly. I v těchto podmínkách je však podle našich výsledků třeba počítat s půdními změnami, vedoucími k okyselení a ke ztrátám živin. Koncepce lesního hospodářství by s těmito trendy měla počítat i v jiných oblastech, než jsou horské polohy pohraničí. Jako určitá prevence se nabízí pěstování strukturně a druhově pestřejších lesních porostů a v nejkritičtějších případech i chemická meliorace stanovišť. Problematika půdních změn a jejich příčin však v každém případě vyžaduje další studium.

Poznámka:

Příspěvek vznikl v rámci řešení grantového projektu VaV 640/07/03 Problematika péče o lesy v okolí hl. m. Prahy s ohledem na formy jejich funkčního využívání.

Literatura

- BINKLEY, D.: Forest nutrition management. New York, J. Wiley 1986. 289 s.
- HRUŠKA, J., CIENCIALA, E. (eds.): Dlouhodobá acidifikace a nutriční degradace lesních půd – limitující faktor současného lesnictví. [Long-term acidification and nutrition degradation of forest soils - limiting factor of the forestry.] Nové Město, Chlumec nad Cidlinou, MŽP ČR 2001, s. 103 - 117.
- PELÍŠEK, J.: Okyselování lesních půd kyselými srážkami v oblasti Žďárských vrchů na Českomoravské vrchovině. [Acidification of forest soils by acid precipitation in the area of the Žďárské vrchy on the Czech-Moravian Highland.] Lesnictví, 29, 1983, č. 8, s. 673 - 682.
- PELÍŠEK, J.: Změny kyselosti lesních půd Orlických hor působením kyselých dešťů. [Changes of acidity of forest soils of the Orlické Mts. by the acid rains.] Lesnictví, 30, 1984, č. 11, s. 955 - 962.
- PODRÁZSKÝ, V.: Zhodnocení půdní reakce (pH) jako ukazatele stavu lesních půd z hlediska statistické analýzy. Závěrečná práce PGS Základy matematických metod v experimentálním výzkumu. [Evaluation of the soil reaction (pH) as the soil status indicator from the viewpoint of statistical analysis.] Praha, Filozofická fakulta UK 1993. 43 s. příl.
- PODRÁZSKÝ, V.: Effects of Giant fir cultivation on the humus form. *Scientia agriculturae bohémica*, 34, 2003, č. 3, s. 63 – 66.
- PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J.: Dopad pěstování stanovištně nepůvodních dřevin na stav humusových forem v nivě Jalového potoka - Černokostelecká oblast. [Effect of site allochthonous species cultivation on the humus form status in the Jalový potok perimeter - Černokostelecká area.] *Zprávy lesnického výzkumu*, 47, 2002, č. 1, s. 21 – 24.
- ŠÁLY, R.: Pôda, základ lesnej produkcie. [Soil – basis of forest production.] Bratislava, *Príroda* 1978. 235 s.
- ULRICH, B.: Die Rolle der Bodenversauerung beim Waldsterben: langfristige Konsequenzen und forstliche Möglichkeiten. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 105, 1986a, č. 5, s. 421-435.
- ULRICH, B.: Natural and anthropogenic components of soil acidification. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 149, 1986b, s. 702 - 717.
- ULRICH, B.: Factors affecting the stability of temperate forest ecosystem. In: 18th IUFRO World Congress. Division 1. Vol. 1. Ljubljana, IUFRO 1986c, s. 121 - 135.

Recenzent: Doc. Ing. J. Kulhavý, CSc.

NĚKTERÉ „KLASICKÉ“ A „GEOMETRICKÉ“ METODY PRO POPIS TVARU KMENE VZORNÍKU SMRKU ZTEPILÉHO (*PICEA ABIES* [L.] KARST.)

Some “classical” and “geometrical” methods for form description of Norway spruce (*Picea abies* [L.] KARST.) sample tree

Abstract

The paper deals with the description of spruce sample tree form with help of methods of “classical” and “geometrical” morphometrics. The form of spruce stems is described with help of stem form factors, series of form quotients and Procrustes tangent coordinates. Principal components analysis is also realized in framework of Procrustes tangent coordinates. Graphic effect of first principal component is visualized with help of thin-plate splines.

Klíčová slova: smrk ztepilý, *Picea abies* [L.] KARST., tvar kmene, Prokrustovy tangentové souřadnice, analýza hlavních komponentů, metoda ohebných pásků

Key words: Norway spruce, *Picea abies* [L.] KARST., stem shape, Procrustes tangent coordinates, principal components analysis, thin-plate spline

Úvod

Tvarem kmene jednotlivého stromu se v souvislosti s konstrukcí tabulek kmenových profilů, objemových a sortimentačních tabulek, stanovením přírůstu, zabývají lesníci již přes 200 let. PRODAN (1965) uvádí, že teorii výtvarnic zformuloval PAULSEN okolo roku 1800 a dále ji rozpracovali SMALIAN, KLAUPRECHT, PRESSLER, HOHENADL a později další autoři. Problematikou tvarových kvocientů se zabýval SCHIFFEL okolo roku 1897, HOHENADL, MITSCHERLICH a další moderní autoři. Všichni tito autoři jsou představiteli tzv. „klasické“ morfometrie.

V posledních 25 letech se kromě „klasické“ morfometrie rozvíjejí také metody tzv. „geometrické“ morfometrie. Tyto metody nacházejí rozsáhlé použití nejen v biologickém výzkumu, ale také v technických vědách (např. při analýze obrazu). Geometrická morfometrie je souborem vícerozměrných statistických metod, které jsou použity pro analýzu kartézských souřadnic tzv. hraničních bodů. Pojem „geometrická“ se váže ke geometrii Kendallova tvarového prostoru. V něm jsou odhadovány průměrné tvary a popisována tvarová variabilita za pomoci geometrie Prokrustových vzdáleností. Kendallův tvarový prostor je základní geometrická konstrukce vytvořená Davidem Kendallem. Její popis je obsažen např. v knize KENDALL et al. (1999). Kendallův tvarový prostor umožňuje komplexní geometrickou analýzu Prokrustových vzdáleností pro daný výběr hraničních bodů. Každý bod v tomto prostoru představuje tvar právě pro tento výběr hraničních bodů. Tvar je nezávislý na velikosti, posunutí a přeskálování daného výběru hraničních bodů. V české lesnické literatuře byla problematika Prokrustovy analýzy blíže vysvětlena v článcích KŘEPELA et al. (2001, 2004), KŘEPELA (2002).

Materiál a metodika práce

Klasická morfometrie

Jako materiál pro naši práci posloužil smrkový vzorník č. 1935 z TVP Klíče č. 47, umístěné na ŠLP Kostelec n. Černými lesy, polesí Stříbrná Skalice. Trvalá výzkumná plocha se nachází na lesním typu 4P1, geologický podklad tvoří spraše a sprašové hlíny, nadmořská výška je 400 m, jde o mírný svah (5%) se severní expozicí.

Podle inventarizace z r. 2001 byla střední porostní výška smrku na TVP $h_g = 30$ m, horní porostní výška $h_{10\%} = 32,5$ m, střední porostní průměr $d_g = 31,4$ cm, výčetní kruhová základna $G = 39,8$ m² · ha⁻¹, zásoba SM byla 595 m³ · ha⁻¹, AVB = 30, zakmenění $\rho = 0,88$, zastoupení SM bylo 97 %, věk 108 let.

Vzorník č. 1935 byl pokácen v lednu r. 2003. Byly z něj odebrány kotouče v 0,3 m, 1,3 m, 3 m a dále po 2 m sekcích až po vrchol kmene. Tyto kotouče byly vybroušeny, nasnímány na skeneru a za pomoci počítačového programu Letokruhy 2.2, jehož autorem je D. ZAHRADNÍK, byly zjištěny souřadnice jednotlivých letokruhů po ročním intervalu v osmi směrech. Dále následovalo počítačové zpracování dat. Letokruhové řady byly synchronizovány v rámci osmi směrů a také v rámci celého kmene. Následovala rekonstrukce jednotlivých historických kmenů v rámci celého vzorníku. Pro kontrolu byly zhotoveny příčné a podélné průřezy zrekonstruovaných kmenů. Pro jednotlivé kmeny byly vypočteny další základní dendrometrické veličiny a to po jednom roce. Tabulka 1 obsahuje jejich přehled ovšem pro názornost po pětiletém intervalu. Průběh výšky jednotlivých zrekonstruovaných kmenů byl vyrovnán pomocí Korfovy růstové funkce (parametry: $A = 480,69$, $k = 3,04782$, $n = 1,291$). Běžný výškový přírůst kulminoval ve věku 19 let a průměrný výškový přírůst pak ve věku 46 let. U dalších dendrometrických veličin (objem, výčetní průměr a výčetní kruhová základna) nedošlo dosud ke kulminaci přírůstů. Zkoumaný vzorník byl v roce 1958 klasifikován jako úrovnový hlavní strom, v roce 1996 a v době smýcení jako nadúrovnový strom. Přehled o průběhu výtvarnic podává obr. 1. Výtvarnice byly vypočteny následovně:

1. Prává výtvarnice, která se vztahuje ke kruhové základně v 1/10 výšce stromu od země:

$$f_{1/10} = \frac{v}{\frac{\pi}{4} d_{1/10}^2 h}$$

2. Nepravá výtvarnice, která se vztahuje ke kruhové základně v 1,3 m nad zemí:

$$f_{1,3} = \frac{v}{\frac{\pi}{4} d_{1,3}^2 h}$$

3. Nepravá výtvarnice, která se vztahuje ke kruhové základně 0,3 m nad zemí (výška pařezu):

$$f_{0,3} = \frac{v}{\frac{\pi}{4} d_{0,3}^2 h}$$

V předchozích třech vzorcích v označuje objem kmene, h výšku (viz obr. 1) stromu a d příslušný průměr. Na průběhu grafu pravé výtvarnice ($f_{1/10}$) je možno rozlišit tři období. V prvním období (do 43 let) hodnoty strmě rostou, potom do věku 76 let dochází k oscilaci okolo hodnoty 0,55, a v posledním období do 108 let dochází k mírnému růstu, v závěru pak ke konstantnímu průběhu. ŠMELKO (1982) udává průběhy výtvarnic pro tři stromové třídy (nadúroveň, úroveň, podúroveň). Do 50 let věku popisuje prudký nárůst hodnot výtvarnice, kulminaci okolo 80 let a pozdější pomalý pokles. Ve srovnání s jeho závěry se průběh výtvarnice našeho kmene odlišuje po 80. roku věku, kdy dochází k dalšímu nárůstu. Taktéž hodnoty výtvarnice jsou o něco vyšší než udává ŠMELKO (1982) pro úrovně a nadúrovně stromy. Srovnání závěrů ovšem ovlivňuje skutečnost, že hodnoty našich průměrů jsou bez kůry.

Nepráva kmenová výtvarnice ($f_{1,3}$) klesá do věku 22 let a potom roste, ve věku 48 let dosahuje maxima a následně kolísá kolem hodnoty 0,5. Nepráva kmenová výtvarnice ($f_{0,3}$) s výjimkou svého počátku roste do 43 let věku, poté dochází k poklesu a ve věku 100 let k mírnému nárůstu a v posledních letech sledujeme mírný pokles.

Klasické morfometrické metody používají dále k popisu tvaru kmene pravé tvarové řady. Jsou to vlastně procenticky vyjádřené poměry tloušťek v relativních výškách 3/10, 5/10, 7/10, 9/10 od země ke srovnávací tloušťce nejčastěji v 1/10 výšky:

$$k_{i/10} = \frac{d_{i/10}}{d_{1/10}} \cdot 100, \quad i = 3, 5, 7, 9.$$

Průběh tvarových kmenových řad, rozšířených o relativní výšky 2/10, 4/10, 6/10, 8/10 zachycuje obr. 2.

Geometrická morfometrie

Pojem „tvar“ je v geometrické morfometrii definován jako geometrická informace o konfigurační matici složené ze souřadnic hraničních bodů po jejím ortogonálním posunutí, otočení a přeškálování. Hraniční body byly umístěny do příčného řezu ve výšce 0,3 m a dále do řezů v pravých výškách 0,1, 0,2, ..., 0,9 h a v těchto řezech celkem do 8 směrů po 45°. Tyto hraniční body byly získány interpolací z původních příčných řezů. Kvůli dobré interpolaci byly použity zrekonstruované kmeny od 32 let věku, celkem $n = 77$ kmenů. Každá konfigurační matice sestává tedy z 81 trojrozměrných bodů včetně vrcholu zrekonstruovaného kmene.

$$X_i = \begin{pmatrix} x_1 & y_1 & z_1 \\ x_2 & y_2 & z_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{81} & y_{81} & z_{81} \end{pmatrix}, \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

Dále jsme provedli Prokrustovu analýzu popsanou v knize autorů DRYDEN, MARDIA (1998) v české lesnické literatuře v našich výše citovaných publikacích. V rámci variančně-kovarianční matice Prokrustových tangentových souřadnic S byla provedena analýza hlavních komponent:

$$S = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (v_i - \bar{v})(v_i - \bar{v})^T,$$

kde $\bar{v} = \frac{1}{n} \sum v_i$, v_i je průměrný vektor Prokrustových tangentových souřadnic.

Vlastní vektory matice S , označené $\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_j$, jsou hlavními komponentami variančně-kovarianční matice s odpovídajícími vlastními čísly $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_j \geq 0$, kde $j = \min(n-1, M)$ a M je dimenze tvarového prostoru.

Z tabulky 2 vyplývá, že první hlavní komponenta vysvětluje téměř 95 % celkové variability. Dále bylo vypočteno skóre první hlavní komponenty ($j = 1$) pro kmen i následujícím způsobem:

$$s_{ij} = \chi_j^T (v_i - \bar{v}).$$

Standardizované komponentní skóre je pak:

$$c_{ij} = \frac{s_{ij}}{\sqrt{\lambda_j}}.$$

Průběh standardizovaného skóre první hlavní komponenty je uveden na obr. 3. Vidíme zde v podstatě vzrůst hodnot od 32 let do 95 let věku, poté oscilaci s poklesem v posledních třech letech.

Ke znázornění grafického efektu první hlavní komponenty jsme použili metody ohebných pásků (thin-plate spline). Tato metoda se zabývá energií potřebnou k ohybu kovového plátu, tzv. deformační energií (bending energy), potřebnou pro transformaci referenční konfigurace do konfigurace cílové. Pro referenční objekt vypočteme matici deformační energie (bending energy matrix). Rozkladem matice deformační energie získáme vzájemně kolmé vlastní vektory nazývané hlavní deformace (principal warps), vlastní čísla se potom nazývají deformační energie (bending energies). Parciální deformace (partial warps) jsou souřadnicemi projekcí jednotlivých objektů na hlavních deformacích. Parciální deformace pro každý objekt uvádějí, jak velká část hlavní deformace je potřebná k transformaci referenčního objektu na cílový objekt.

Metodu ohebných pásků je možné použít pro konstrukci transformační mřížky za účelem znázornění deformace referenčního objektu do objektu cílového. Mějme pravidelnou čtvercovou mřížku nasazenou na půdorys průměrné tvarové konfigurace (obr. 4) a každý její uzlový bod transformujeme do jemu odpovídajícího bodu mřížky deformované s ohledem na cílovou konfiguraci. Cílové konfigurace jsou v našem případě dvě (viz obr. 5, 6). Jedná se o vychýlení půdorysu Prokrustovy průměrné tvarové konfigurace tangentových souřadnic o $\pm 3s$ (směrodatné odchylky) tak, že:

$$v = \bar{v} + c\sqrt{\lambda_j} \chi_j$$

v našem případě $j = 1$, a $c = \pm 3$.

Uzlové body deformované mřížky jsou spojeny křivkami, které představují původní nedeformované přímky. Deformaci můžeme studovat v rámci jednotlivých původně čtverečků, které se rozmanitě deformovaly. Obrázky byly zhotoveny na základě funkcí sestavených DRYDENEM (2000).

Na obr. 5 vidíme celkovou dostředivou deformaci transformační mřížky. Tento obrázek s ohledem na průběh komponentního skóre první hlavní komponenty můžeme ztotožnit s tvarem mladých kmenů. K velkému zúžení čtverečků dochází v horní části kmene (mezi 8/10 h a vrcholem kmene, ve V a JV směru mezi 7/10 h a vrcholem kmene). Mezi 8/10 h a 1/10 h není deformace tak výrazná. K nejvýraznější dostředivé deformaci dochází v oblasti kořenových náběhů s výjimkou S a V směru. Na obr. 6 vidíme odstředivou deformaci. Tento obrázek je charakteristický pro starší stromy. Ve vrcholové části dochází k výraznému roztahování čtvercové mřížky, mezi 1/10 h a 8/10 h (7/10 ve V a JV směru) dochází spíše ke zúžení. K výraznému rozšiřování dochází v oblasti kořenových náběhů ve výšce 0,3 m s výjimkou S a V směru.

Závěr

Tvar v pojetí klasické dendrometrie se váže ke tvaru geometrického rotačního tělesa. Hodnota pravé výtvarnice poukazuje právě na tento tvar. Velikost je přitom z objektu odstraněna pomocí objemu ideálního válce. V našem případě dochází postupně ke změně tvaru z neiloidu přes kužel až po paraboloid, neboť pro objem rotačních těles platí vzorec:

$$v = \frac{1}{r+1} g_a \left(\frac{h}{h-a} \right)^r h,$$

kde v je objem rotačního tělesa, r je tvarový exponent, g_a je plocha kruhu ve vzdálenosti a od podstavy, v našem případě $a = 1/10 h$, h je výška tělesa.

Pro $r = 3$ (neiloid), $r = 2$ (kužel) a $r = 1$ (paraboloid) dostáváme postupně $f_{1/10} = 0.34; 0.41; 0.56$.

Pravé tvarové řady umožňují posuzovat změnu tvaru v rámci jednotlivých příčných řezů kmene. K odstranění velikosti slouží přitom průměr v $1/10 h$. V našem případě můžeme sledovat zvětšování průměrů horní části kmene ($0.7 h - 0.9 h$ oproti spodní části).

Z geometrických metod jsme použili Prokrustovy tangentové souřadnice. Velikost je z objektu odstraňována pomocí tzv. „centrální velikosti“:

$$S(X) = \sqrt{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m (X_{ij} - \bar{X}_j)^2},$$

kde X_{ij} je (i, j) -tý prvek konfigurační matice X , m je dimenze (v našem případě $m = 3$), k je počet hraničních bodů ($k = 81$) a aritmetický průměr j -té dimenze je roven:

$$\bar{X}_j = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k X_{ij}.$$

K vyjádření tvarové variability byla použita metoda analýzy hlavních komponent (PCA). Protože první hlavní komponenta vysvětluje 95 % variability, můžeme ji ztotožnit s pojmem tvar, jak je chápán při použití geometrických metod. Ke znázornění jejího tvarového grafického efektu byla použita metoda ohebných pásků. Tato metoda by mohla být použita jako metoda ekvivalentní k metodě analýzy hlavních komponent. V našem případě však slouží pouze ke konstrukci deformační mřížky mezi půdorysem průměrné tvarové konfigurace a konfigurací vychýlených o $\pm 3s$. Tvarový půdorys mladých stromů připomíná elipsu s hlavní osou ve směru sever – jih a vedlejší osou ve směru západ – východ. S rostoucím stářím dochází k rozšiřování celého tvarového půdorysu, zejména jeho východní části a to obzvláště vlivem kořenových náběhů v SV a JV směru.

Geometrická morfometrie umožňuje studovat vícerozměrnými statistickými metodami změnu v poloze určitých významných hraničních bodů a to přímo na objektu, nikoliv pouze prostřednictvím např. délky, úhlů nebo koeficientů a to graficky přehlednou formou. Také je možná přímá zpětná rekonstrukce jednotlivých objektů, která např. na základě výtvarnic není možná.

Věk/Age (rok/year)	v (m ³)	h (m)	$d_{0.3}$ (cm)	$d_{1.3}$ (cm)	$d_{1/10}$ (cm)	$f_{0.3}$	$f_{1.3}$	$f_{1/10}$
108	2,069	32,700	0,503	0,405	0,371	0,319	0,491	0,585
105	1,871	31,900	0,482	0,388	0,357	0,321	0,496	0,586
100	1,569	31,000	0,456	0,365	0,336	0,310	0,485	0,569
95	1,400	30,000	0,438	0,350	0,323	0,309	0,484	0,571
90	1,147	28,700	0,406	0,324	0,301	0,308	0,484	0,561
85	0,977	27,500	0,378	0,304	0,284	0,317	0,491	0,562
80	0,800	26,000	0,351	0,283	0,265	0,318	0,490	0,555
75	0,640	24,800	0,314	0,258	0,245	0,333	0,493	0,548
70	0,487	22,900	0,279	0,232	0,221	0,349	0,504	0,553
65	0,396	21,600	0,254	0,214	0,206	0,361	0,511	0,553
60	0,301	20,200	0,229	0,194	0,187	0,363	0,504	0,546
55	0,250	19,300	0,213	0,181	0,174	0,362	0,503	0,543
50	0,179	17,500	0,189	0,161	0,155	0,365	0,501	0,544
45	0,114	15,400	0,159	0,138	0,132	0,372	0,491	0,541
40	0,069	12,900	0,136	0,118	0,118	0,369	0,488	0,488
35	0,046	11,300	0,122	0,104	0,107	0,345	0,474	0,448
30	0,031	9,700	0,110	0,093	0,099	0,333	0,465	0,414
25	0,022	8,400	0,101	0,085	0,092	0,329	0,467	0,394
20	0,012	6,900	0,087	0,070	0,080	0,290	0,455	0,341
15	0,005	4,900	0,066	0,048	0,063	0,270	0,519	0,300

Tab. 1.

Základní dendrometrické charakteristiky získané z plné analýzy vzorníku č. 1935, hodnoty průměrů jsou uvedeny b. k., v označuje objem kmene, h výšku, d průměr, f výtvarnici

Basic dendrometric characteristics gained from full analysis of the sample no. 1935, average values are given without bark, v is stem volume, h height, d average, f line

Literatura

DRYDEN, I. L., MARDIA, K. V.: Statistical shape analysis. Chichester, New York, Weinheim, Brisbane, Singapore, Toronto, John Wiley & Sons 1998. 345 s.

DRYDEN, I. L.: Statistical shape routines. University of Nottingham. 2000. <http://www.maths.nottingham.ac.uk/personal/ild/Shape-R/Shape-R.html>.

KENDALL, D. G., BARDEN, D., CARNE, T. K., LE, H.: Shape and shape theory. New York, John Wiley & Sons, Ltd. 1999. 306 s.

KŘEPELA, M., SEQUENS, J., ZAHRADNÍK, D.: Dendrometric evaluation of stand structure and stem forms on Norway spruce (*Picea abies* [L.] KARST.) sample plots Doubravčice 1, 2, 3. J. For. Sci., 47, 2001, s. 419-427.

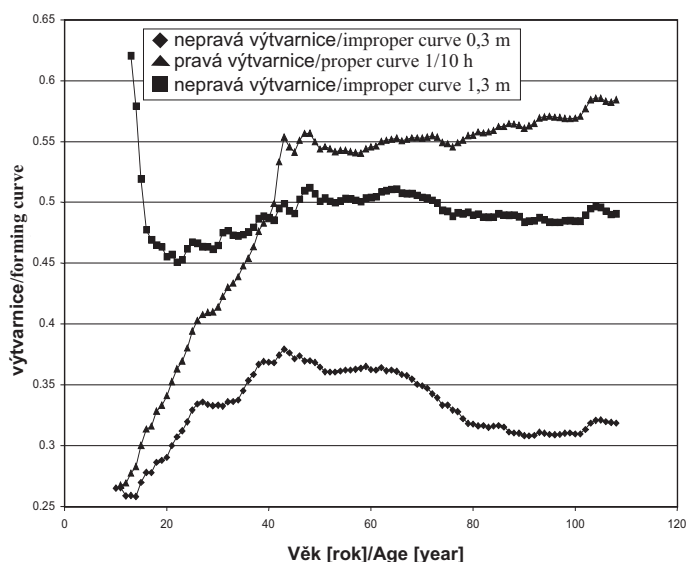
KŘEPELA, M.: Point distribution form model for spruce stems (*Picea abies* [L.] KARST.). J. For. Sci., 48, 2002, s. 150-155.

KŘEPELA, M., SEQUENS, J., ZAHRADNÍK, D.: A contribution to the knowledge of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stem shape. J. For. Sci., 50, 2004 s. 211-218.

PRODAN, M.: Holzmesslehre. Frankfurt am Main, J. D. Sauerländer's Verlag 1965. 644 s.

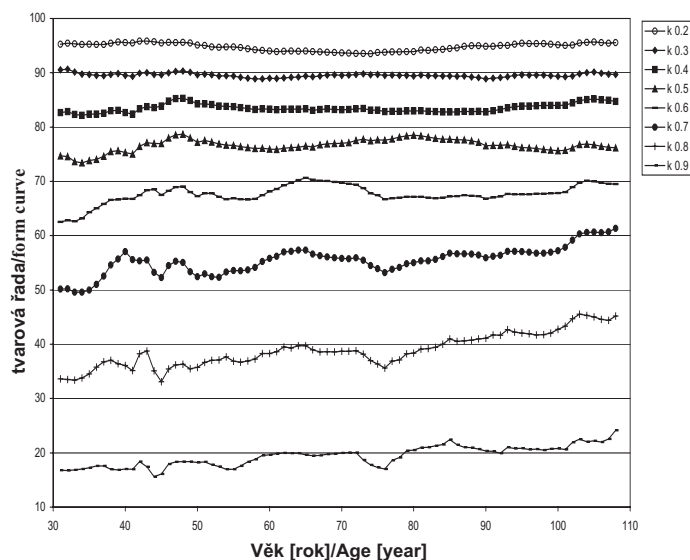
ŠMELKO, Š.: Biometrické zákonitosti rastu a prírastku lesných stromov a porastov. Bratislava, Veda 1982. 182 s.

Recenzent: Prof. Ing. J. Simon, CSc.



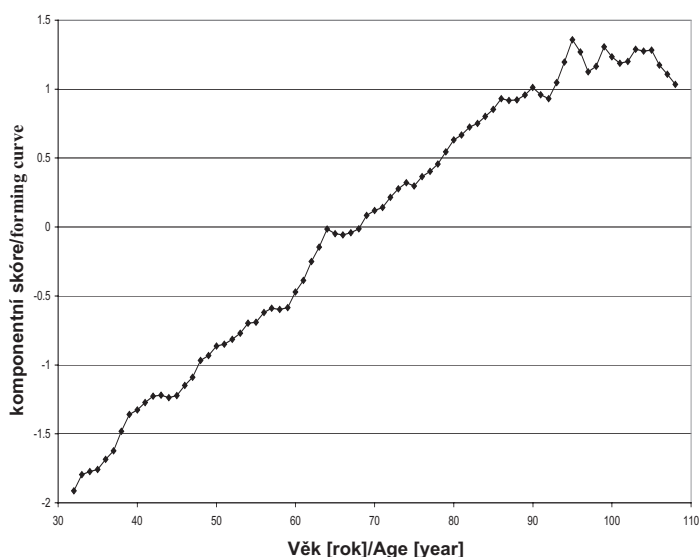
Obr. 1.

Průběh výtvarnic v rámci plné kmenové analýzy
Course of lines within full stem analysis



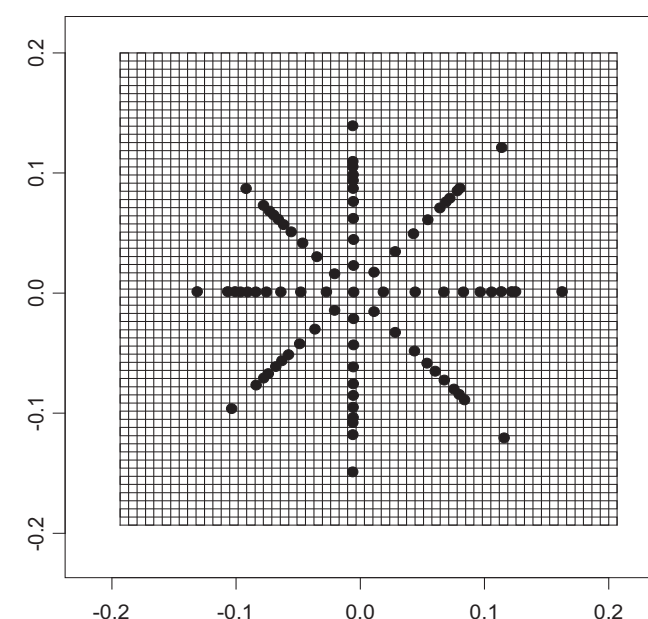
Obr. 2.

Průběh tvarových řad v rámci plné kmenové analýzy
Course of formig lines within full stem analysis



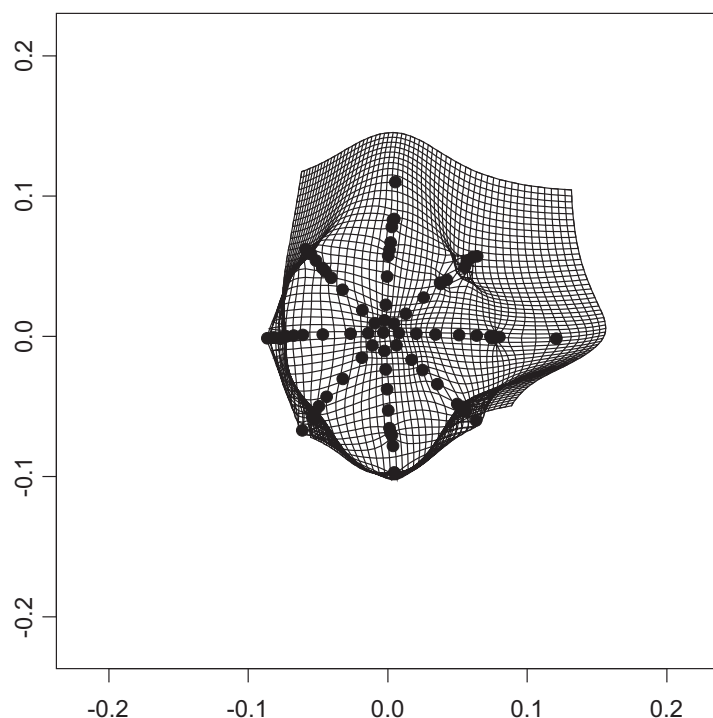
Obr. 3.

Průběh standardizovaného skóre první hlavní komponenty
Course of standardized score of the first principal component



Obr. 4.

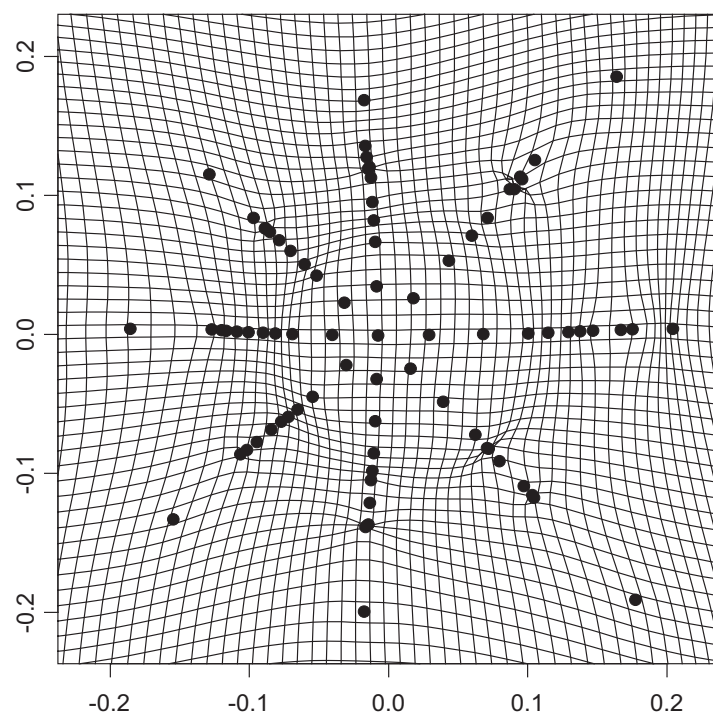
Transformační mřížka umístěná na půdorys průměrné konfigurace Prokrustových tangentových souřadnic vypočtené ze všech analyzovaných kmenů
Transformation grid placed on the plot of average configuration of Procrustes tangent coordinates calculated from all analyzed stems



Obr. 5.

Změna tvaru znázorněná pomocí transformační mřížky pro $c = +3$ (3 směrodatné odchyly od průměru), obrázek je charakteristický pro mladé stromy

Change of form defined by means of transformation grid for $c = +3$ (3 standard deviations from average), the figure is characteristic for young trees



Obr. 6.

Změna tvaru znázorněná pomocí transformační mřížky $c = -3$ (-3 směrodatné odchyly od průměru), obrázek je charakteristický pro staré stromy

Change of form defined by means of transformation grid for $c = -3$ (-3 standard deviations from average), the figure is characteristic for old trees

Vlastní číslo/ Eigenvalue	Prokrustovy tangentové souřadnice/ Procrustes' tangent coordinates	
	λ_j	$\lambda_j / \sum_{j=1}^p \lambda_j \cdot 100$ [%]
λ_1	0,008704	94,67608
λ_2	0,000175	1,908776
λ_3	0,000161	1,74957

Tab. 2.

Hodnoty největších vlastních čísel variančně-kovarianční matice a jejich procentické vyjádření

Values of the highest eigenvalue of variance-covariance matrices and their proportional expression

NEDESTRUKTIVNÍ METODA ODHADU MNOŽSTVÍ PRODUKCE BIOMASY VRB A TOPOLŮ V ENERGETICKÝCH PLANTÁŽÍCH VÚLHM-VS UHERSKÉ HRADIŠTĚ

Non-destructive biomass estimation of *Salix* and *Populus* short rotation coppice crops at FGMRI Research Station Uherské Hradiště

Abstract

Both scientists and farmers involved in bioenergy industry are interested in non-destructive biomass estimations. The method of estimation is based on regression techniques that relate the biomass weight to diameter – an easily measured variable. This paper describes a procedure of regression model creation and presents some results. Data for biomass equation development were collected for ten *Salix* and six *Populus* clones in 2002 and 2003, respectively, from research short-rotation trial coppices grown in Uherské Hradiště, south-eastern part of the Czech Republic. Also generalized models were performed and then compared with the stand and clone-specific regressions.

Klíčová slova: biomasa, nedestruktivní metoda odhadu, *Populus*, *Salix*, obmýtí

Key words: biomass, non-destructive estimation, *Populus*, *Salix*, short-rotation woody crops

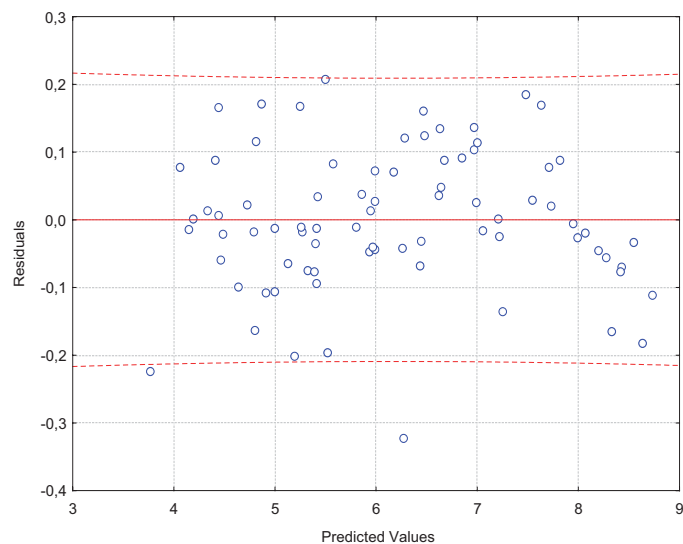
Úvod

Využívání obnovitelného zdroje energie z biomasy se stále více dostává do popředí zájmu. Obavy z globálního oteplování či kyselých dešťů ve vztahu ke spalování fosilních paliv podnítily zájem o obnovitelné zdroje energie. Plantáže rychle rostoucích dřevin, jako jsou vrby nebo topoly, skýtají v tomto směru jistý potenciál. Spalování biomasy je neutrální co do produkce CO_2 (množství CO_2 uvolněného při spalování je ekvivalentní množství zpětně vázanému v rostlinách během jejich růstu) a produkce SO_x a NO_x jsou podstatně nižší než u paliv fosilních (BALLARD et al. 1998). Pro záměrné pěstování energetické biomasy hovoří také řada argumentů z oblasti tvorby pracovních příležitostí, alternativního využití půd ležících ladem, protierozních, fytořadiačních funkcí apod.

Energetické plantáže vrb a topolů jsou nejčastěji vysazovány z osnů řízků v hustém sponu v počtu asi 15 000 ks/ha. Na jaře řízky raší brzy po výsadbě. Z důvodu podnícení růstu se porost zpravidla smýjí již následující zimu. Následující jaro rostliny opět regenerují v počtu několika prutů (v závislosti na klonu). Obmýtí se opakuje ve třiletém až šestiletém cyklu po dobu asi 20 let. Sklizeň probíhá v zimě a v závislosti na technologii se biomasa nechává schnout na okrajích porostu a štěpkuje se dalším rokem, nebo štěpkování probíhá současně při sklizni a dosouší se až samotná štěpka.

Stejně tak jako lesník potřebuje znát přibližnou zásobu dřeva v porostu, je potřebné i pro pěstitele biomasy v plantážích znát její přibližné množství ať už z důvodu dodávek odběrateli či rozhodování, zda bude efektivní porost při daném výnosu sklídit nebo obmýtí prodloužit. Systém pěstování energetických plantáží je více podobný zemědělským postupům, odhad množství biomasy je ale převzat z lesnictví. Jedná se o odhad hmotnosti využitím statistických metod, kdy údaje získané z reprezentativního vzorku jsou vztaženy na celý porost, resp. jednotku plochy (ha). Nejmenší jednotkou měření na ploše může být jeden výhon, jedna rostlina, nebo jednotka plochy. Jakmile je jednotka definována, musí být na ploše vybrány reprezentativní vzorky. Pokud jsou na ploše zřetelné znaky proměnlivosti, je nutné udělat náhodný výběr. Zvláště pokud jsou jako jednotky definovány jednotlivé pruty nebo rostliny, je třeba si uvědomit, že jejich rozměry jsou dány konkurenčními vztahy se sousedními jedinci. Skupinovým výběrem (např. řada) se lze vlivu této proměnlivosti zpravidla vyhnout. Po výběru vzorků následuje přepočítání na jednotku plochy (nejčastěji ha). Zatímco původní spon je znám, ten aktuální se od něj může v důsledku úhynu a/nebo bujné výmladkovosti lišit – to je nezbytné brát při přepočtech do úvahy.

Zjištění množství biomasy v reprezentativním vzorku může být provedeno několika způsoby:



Graf 1.

Příklad rozložení reziduí regresního modelu u klonu S10 (plná čára představuje regresní model, přerušované čáry vymezují 95% interval spolehlivosti odhadu)

Example of distribution of residuals of regression model for clone S10 (full line represents regression model, interrupted lines mark 95% interval of reliability of estimation)

Klon/Clone	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std. Dev.
S01	148	14,40	6,01	25,59	4,78
S02	52	24,00	10,45	36,54	8,61
S03	96	14,31	8,34	23,45	4,03
S04	52	19,22	8,98	30,43	5,45
S05	75	20,72	9,37	32,72	6,30
S06	53	14,61	4,50	29,50	6,18
S07	41	17,06	7,79	34,93	7,26
S08	46	28,60	9,86	50,71	13,14
S09	131	14,02	6,17	25,82	5,31
S10	79	27,82	9,72	65,62	14,71
P05	69	44,30	20,50	59,10	9,64
P06	53	42,23	20,27	59,49	10,11
P09	67	44,57	22,93	66,00	10,72
P11*	56	38,99	17,41	58,41	10,27
P12*	54	39,76	17,48	69,25	10,23
P13*	47	43,09	23,01	59,08	9,26
P14*	48	41,73	27,41	52,93	5,83
P15*	82	42,70	21,16	61,42	9,44
P17	72	45,98	19,43	65,08	9,56
P18	65	45,38	20,38	68,28	10,89
MAX	182	42,21	17,41	69,25	9,53

* tyto klony tvoří multiklonální sortu MAX. Dále s nimi bylo pracováno souhrnně/These clones create multiclonal assortment MAX and were processed as summarized.

Tab. 1.

Popisná statistika naměřených hodnot průměrů prutů, ze kterých byly sestavovány modely
Descriptive statistics of measured values of average rods of which model were constructed

1. Destruktivní metodou - sklizením vybraného vzorku, jeho zvážení a následným přepočtem na jednotku plochy (1 ha)
2. Nedestruktivními metodami – které využívají vzájemného vztahu mezi hmotností kmene/prutu a jinými částmi rostlin (průměr bazální části, hmotnost listů, velikost listové plochy, výška rostliny atd.)

Otázkami nedestruktivních technologií odhadů množství biomasy v energetických plantážích se zabývala řada výzkumníků především ze Skandinávie a Severní Ameriky, kde má pěstování produkčních plantáží největší tradici (BALLARD et al. 1998, BEN BRAHIM et al. 2000, TAHVANAINEN 1996, TELENUS 1997, TELENUS, VERWIJST 1995, TUSKAN, RENSEMA 1992, VERWIJST 1991, VERWIJST, NORDH 1992, VERWIJST, TELENUS 1999). S dostatečnou vypovídací schopností lze využít silné závislosti mezi průměrem kmene v bazální části a jeho hmotností. Vztah zjištěný mezi průměrem a hmotností prutu odpovídal obecnému růstovému modelu, který lze popsat jako

$$W = aD^b,$$

kde a a b jsou konstanty, W hmotnost sušiny a D průměr kmene v dané výšce nad zemí. Použití průměru jako nezávisle proměnné při výpočtu je vhodné také z praktických důvodů, neboť i v hustém porostu plantáže jej lze relativně snadno měřit. V klasické dendrometrii se pro minimalizaci heteroskedastické odchylky (porušení předpokladu o konstantnosti rozptylu náhodných poruch, k níž, jak bylo i v tomto případě zjištěno, dochází) používá logaritmická transformace vstupních dat. Exponenciální model se pak mění na lineární závislost.

Spolu s otázkou přesnosti modelu musíme vzít v úvahu velké množství faktorů, které způsobují variabilitu v alometrických vztazích. Vztah mezi průměrem a hmotností kmene je závislý na věku, specifický pro daný

klon, stanoviště, nebo část porostu (TELENUS, VERWIJST 1995). Navzdory této variabilitě existují snahy o zobecnění alometrických vztahů tak, aby bylo dosaženo uspokojivých výsledků bez potřeby časově náročné destruktivní fáze při vytváření jednotlivých modelů pro každý porost, klon, stanoviště apod. Příklady takového zobecnění jsou hojně používány v konvenčním lesnictví, kde se tzv. růstové tabulky staly již běžně používaným nástrojem nedestruktivního zjišťování zásoby porostu. Modely pro dřeviny jsou zpracovávány zpravidla na úrovni druhu, protože existují významné rozdíly v alometrii jednotlivých druhů dřevin (KORSMO 1995). I u klonů *Populus* bylo celkem uspokojivě toto zobecnění vyřešeno, třebaže existují jisté rozdíly v jednotlivých partiích rostlin (TUSKAN, RENSEMA 1992). Největší rozdíl v regresních rovnicích byl v této studii spojován s náchylností klonu k onemocnění způsobeným *Dothichizomou* (dřevo napadené houbou má jinou hmotnost než zdravé). Tedy infekce určitými chorobami může omezit použití obecných modelů pro skupinu klonů. U rodu *Salix* je situace poněkud složitější. TELENUS a VERWIJST (1995) analyzovali data ze 124 komerčně pěstovaných vrbových porostů (*S. viminalis* a *S. dasycladus*) a zjistili, že vztah průměr - hmotnost se liší v závislosti na druhu, klonu, věku a stanovišti. I přesto bylo vytvořeno několik obecných modelů, které se svým odhadem lišily od specifických modelů o méně než 10 %. Tato chyba může být pro účely provozu přijatelná, ovšem pro vědecké účely, kdy se sleduje zlepšení výnosu v důsledku šlechtění nebo změny technologie hospodaření, se nelze modelům pro jednotlivé porosty vyhnout.

Cílem této práce bylo zjistit, zda je možné sestavit regresní modely pro účely nedestruktivního odhadu množství biomasy z energetických plantáží vrb a topolů pouze na základě měření průměrů prutů, tedy s minimálními náklady na získání vstupních dat, a určit chybu odhadu takto sestavených modelů.

Clone		Sums of squares	df	Mean squares	F	p-level
S01	Regress. Residual Total	137,45 3,18 140,63	1 146	137,45 0,02	6312,93	0,00
S02	Regress. Residual Total	68,45 0,96 69,42	1 50	68,45 0,02	3550,92	0,00
S03	Regress. Residual Total	72,41 1,25 73,66	1 94	72,41 0,01	5463,87	0,00
S04	Regress. Residual Total	38,97 0,51 39,47	1 50	38,97 0,01	3857,34	0,00
S05	Regress. Residual Total	67,53 0,85 68,38	1 73	67,53 0,01	5793,39	0,00
S06	Regress. Residual Total	71,06 0,73 71,79	1 51	71,06 0,01	4971,74	0,00
S07	Regress. Residual Total	47,80 1,50 49,30	1 39	47,80 0,04	1244,57	0,00
S08	Regress. Residual Total	74,60 0,36 74,95	1 44	74,60 0,01	9231,06	0,00
S09	Regress. Residual Total	164,21 2,02 166,23	1 129	164,21 0,02	10469,19	0,00
S10	Regress. Residual Total	135,76 0,84 136,60	1 77	135,76 0,01	12457,62	0,00
P05	Regress. Residual Total	30,57 0,53 31,10	1 67	30,57 0,01	3845,95	0,00
P06	Regress. Residual Total	30,57 0,53 31,10	1 67	30,57 0,01	3845,95	0,00
P09	Regress. Residual Total	27,71 0,20 27,91	1 65	27,71 0,00	8867,01	0,00
P17	Regress. Residual Total	25,34 0,41 25,75	1 70	25,34 0,01	4328,35	0,00
P18	Regress. Residual Total	27,86 0,26 28,12	1 63	27,86 0,00	6659,11	0,00
MAX	Regress. Residual Total	77,73 2,09 79,82	1 180	77,73 0,01	6693,33	0,00

Sum of squares – Regress. – teoretický součet čtverců, Residual – residuální součet čtverců, Total – celkový součet čtverců

Tab. 2.

Analýza rozptylu pro regresní modely podle jednotlivých klonů
Variance analysis for regression model according to individual clones

Materiál

Data byla získána z jedné vrbové a jedné topolové plantáže, které jsou vysazeny v areálu výzkumné stanice v Uherském Hradišti v rámci projektu Ministerstva životního prostředí (Projekt VaV 320/3/99). Modelová energetická vrbová plantáž byla založena v roce 1995 v optimálních podmínkách výsadbou 10 vrbových klonů (*Salix alba* x *wind* (S07), *Salix alba* (S08, S10), *Salix* x *smithiana* (S02, S05), *Salix vimi-*

nalis (S01, S03, S09), *Salix caprea* x *wind* (S04, S06)) uspořádaných do řádků ve sponu 2 x 0,5 m při délce řádků 40 m. Výsadba byla provedena z 20 cm dlouhých řízků. Nebylo prováděno žádné přihnojování ani chemická likvidace plevelů, pouze mechanická kultivace půdy a vyžínání do doby zapojení porostu. První sklizeň byla provedena po 4. roce růstu (II/1999). Druhá sklizeň proběhla po dalších 3 letech (II/2002).

Testovací topolová plantáž byla založena v roce 2000. Pokus byl založen v blokovém uspořádání 18 klonů po 50 rostlinách ve třech opako-

Multiple R	S01	S02	S03	S04	S05	S06	S07	S08	S09	S10	P05	P06	P09	P17	P18	MAX
Multiple R2	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	1,00	0,99	1,00	0,99	1,00	1,00	0,99	1,00	0,99
Adjusted R2	0,98	0,99	0,98	0,99	0,99	0,99	0,97	1,00	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,97
F	6312,93	3550,92	5463,87	3857,34	5793,39	4971,74	1244,57	9231,06	10469,19	12457,62	3845,95	6260,25	8867,01	4328,35	6659,11	6693,33
df	146	50	94	50	73	51	39	44	129	77	67	51	65	70	63	180
p	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Std.Err. of Estimate	0,15	0,14	0,12	0,10	0,11	0,12	0,20	0,09	0,13	0,10	0,09	0,06	0,06	0,08	0,06	0,11

Multiple R – koeficient korelace mezi závislou a nezávislou proměnnou; R-square – index determinace – kvadrát celkového korelačního koeficientu ($R\text{-square} = 1 - (\text{Residual SS} / \text{Total SS})$); Adjusted R-square – korigovaný index determinace. Počítá se jako podíl teoretického součtu čtverců a celkového součtu čtverců ($\text{Adjusted R-square} = 1 - ((\text{Residual SS} / \text{df}) / (\text{Total SS} / \text{df}))$); F(df) – celkový F-test vztahu mezi závislou a nezávislou proměnnou ($F = \text{Regression MS} / \text{Residual MS}$), df – počet stupňů volnosti (Regress., Residual); p – hladina významnosti, na které se zamítá nulová hypotéza; Standard error of the estimate – odhad směrodatné odchylky v naměřených hodnotách vzhledem k regresní křivce (přímce)

Tab. 3.
Výsledky regresní analýzy
Results of regression analysis

váních z řízků dlouhých 20 cm a ve sponu 0,5 x 1,5 m. Po výsadbě následovalo abnormálně dlouhé období beze srážek. Srážkový deficit byl částečně vyrovnáván umělým zavlažováním. Veškerá kultivace se omezovala na vyžínání do doby zapojení porostu bez jakékoliv aplikace chemických látek. K první sklizni došlo po třech letech růstu (II/2003). Pro sestavení modelů bylo vybráno pět klonů (*Populus maximowiczii* (P05, P17), *P. trichocarpa* x *koreana* (P09), *P. deltoides* x *trichocarpa* (P06), *P. trichocarpa* (P18)) a multiklonální sorta (*P. maximowiczii* x *nigra* 'Max' (P11, P12, P13, P14, P15)).

Metodika

Při sklizni v roce 2002 byl na rostlinách z vrbové plantáže měřen posuvným měřítkem průměr každého prutu ve výšce 50 cm nad patou prutu; pokud se prut do této výšky větvil, měřila se boční větev jako samostatný prut v 50 cm od místa větvení. Následně po vysušení na konstantní hmotnost (při 105 °C) byla na laboratorní váze zjištěna jeho hmotnost. Pruty byly sušeny ve velkokapacitních sušících boxech původně určených pro luštění šišek. V roce 2003 se během sklizně měřily pouze průměry prutů. Sklizený materiál byl volně ponechán na okraji plantáže a vážení se provádělo v létě toho roku. Pruty byly váženy na digitálním mincíři. Z každého klonu byly odebrány vzorky pro zjištění vlhkosti biomasy, která se stanovovala v laboratorním přístroji (Brabender). Konstantní hmotnost prutů byla zjišťována matematicky [$(100 - \text{průměrná vlhkost vzorků daného klonu}) \cdot \text{hmotnost prutu daného klonu při vážení}$].

Modely jsou použitelné pro rozsah hodnot, ze kterých byly vytvářeny, tedy maxima a minima vymezují rozsah průměrů, které jsou pro daný model platné.

Statistické analýzy

Pro všechny operace byl využíván statistický software STATISTICA for Windows (StatSoft 2001). Naměřené hodnoty průměrů prutů byly náhodným výběrem rozděleny do dvou skupin. První skupina sloužila k vytváření modelů (tab. 1), druhá pak pro ověření přesnosti jejich odhadů. Pro použití v regresních analýzách byla data testována z hlediska jejich homogenity a normality. Do obecného vzorce

$$W = aD^b,$$

resp. jeho logaritmičsky transformované podoby

$$\ln W = \ln a + b \cdot \ln D \quad (W = e^{a + b \cdot \ln(D)}),$$

byly doplňovány získané údaje jednak odděleně pro dané klony a jednak byly testovány modely v různém stupni zobecnění. Třebaže při dvojité logaritmičské transformaci dat dochází k určité vnitřní chybě odhadu (zejména u malých hodnot) (WHITTAKER, MARKS 1975), v porovnání s nelineárním odhadem

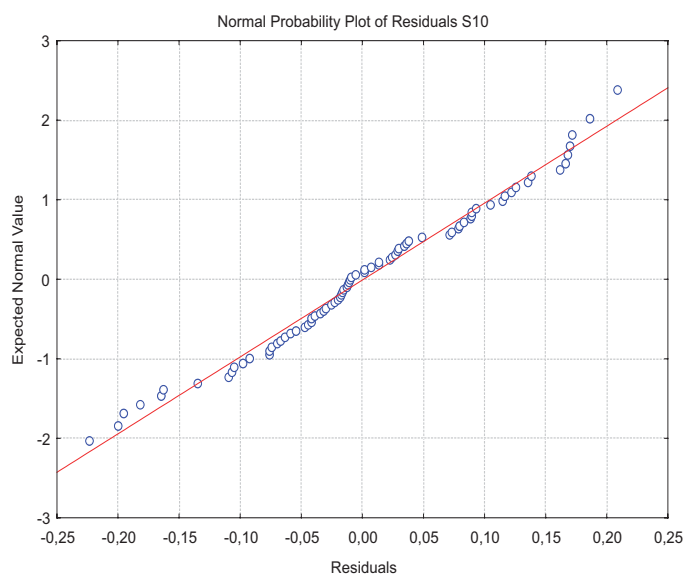
$$(W = aD^b)$$

se jeví model logaritmičské regrese lepší. U nelineárního modelu totiž s velikostí průměru prutu dochází k nárůstu rozptylu reziduálních hodnot odhadu hmotnosti. Z tohoto důvodu byla logaritmičská regrese vybrána jako nejvhodnější pro vytváření modelů.

Výsledky

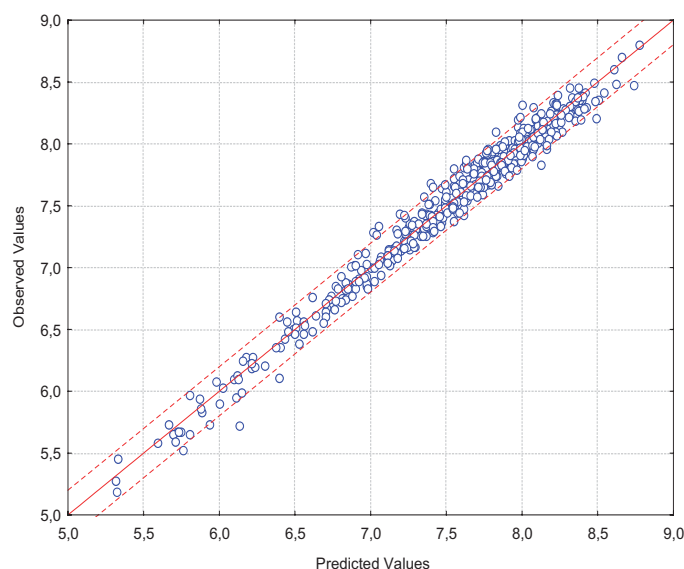
Regresní modely

Výsledky F-testu a t-testů ukazují statisticky významný vztah mezi nezávisle proměnnou – průměrem prutu, a závisle proměnnou – hmotností prutu. Ověřit ovšem, zda je model skutečně „dobrý“, můžeme až analýzou reziduí, která diagnostikuje chyby ve vysvětlované proměnné. V grafech zkoumajících rezidua můžeme zjistit, zda se rozptyl náhodných složek regresního modelu nemění v závislosti na hodnotách vysvětlující proměnné, zda výsledný model není ovlivněn příliš vlivnými odlehlými body (graf 1), nebo jestli je rozložení reziduálních složek odhadu v normálním rozdělení (graf 2).



Graf 2.

Příklad normality rozložení reziduí regresního modelu u klonu S10
Example of normality of regression residual distribution model for clone S10



Graf 3.

Příklad analyzující funkční závislost hodnot u multiklonální sorty MAX (přerušované čáry vymezují 95% interval spolehlivosti odhadu)

Example analysing functional dependence of values at muticlonal assortment MAX (interrupted lines mark 95% interval of reliability of estimation)

Intercept	Beta	Std. Err. of Beta	B	Std. Err. of B	t	df	p-level
Intercept S01	0,989	0,012	-2,783 2,871	0,095 0,036	-29,252 79,454	146	0,000 0,000
Intercept S02	0,993	0,017	-2,368 2,756	0,145 0,046	-16,368 59,590	50	0,000 0,000
Intercept S03	0,992	0,013	-3,104 3,086	0,110 0,042	-28,204 73,918	94	0,000 0,000
Intercept S04	0,994	0,016	-2,754 2,879	0,136 0,046	-20,289 62,108	50	0,000 0,000
Intercept S05	0,994	0,013	-2,829 2,908	0,115 0,038	-24,700 76,114	73	0,000 0,000
Intercept S06	0,995	0,014	-2,591 2,841	0,106 0,040	-24,440 70,511	51	0,000 0,000
Intercept S07	0,985	0,028	-2,109 2,678	0,212 0,076	-9,969 35,279	39	0,000 0,000
Intercept S08	0,998	0,010	-2,151 2,609	0,089 0,027	-24,173 96,078	44	0,000 0,000
Intercept S09	0,994	0,010	-2,830 2,927	0,074 0,029	-38,103 102,319	129	0,000 0,000
Intercept S10	0,997	0,009	-2,153 2,601	0,075 0,023	-28,546 111,614	77	0,000 0,000
Intercept P05	0,991	0,016	-2,195 2,609	0,159 0,042	-13,836 62,016	67	0,000 0,000
Intercept P06	0,996	0,013	-1,853 2,501	0,118 0,032	-15,764 79,122	51	0,000 0,000
Intercept P09	0,996	0,011	-2,092 2,562	0,103 0,027	-20,367 94,165	65	0,000 0,000
Intercept P17	0,992	0,015	-1,749 2,473	0,143 0,038	-12,213 65,790	70	0,000 0,000
Intercept P18	0,995	0,012	-1,709 2,446	0,114 0,030	-15,042 81,603	63	0,000 0,000
Intercept MAX	0,987	0,012	-1,909 2,537	0,115 0,031	-16,542 81,813	180	0,000 0,000

Beta – standardizovaný regresní koeficient. Vyjadřuje relativní podíl nezávislé proměnné na vysvětlení závislé proměnné; B – regresní koeficienty; Intercept – hodnota, ve které funkce protíná osu x

Tab. 4.

Hodnoty regresních koeficientů
Values of regression coefficients

V grafu 3 jsou uvedeny empiricky pozorované hodnoty závisle proměnné - hmotnosti, na ose druhé hodnoty závisle proměnné – hmotnosti, odhadnuté vytvořeným modelem. V případě dokonalé funkční závislosti by měla všechna pozorování ležet na znázorněné přímce.

Odhad množství biomasy

Obecný tvar rovnice logaritmické regrese pro odhad množství hmotnosti suché biomasy byl určen jako:

$$W = e^{a+b \cdot \ln(D)}$$

Whmotnost suché biomasy měřeného prutu

eEulerovo číslo (2,718)

a, b.....parametry regresní funkce (pro příslušný klon) jsou uvedeny v tabulce 4, sloupec B (a – první řádek, b – druhý řádek)

$\ln(D)$přirozený logaritmus hodnoty průměru prutu

Ověření přesnosti odhadu bylo provedeno dosazením druhé poloviny naměřených údajů do obecného vzorce

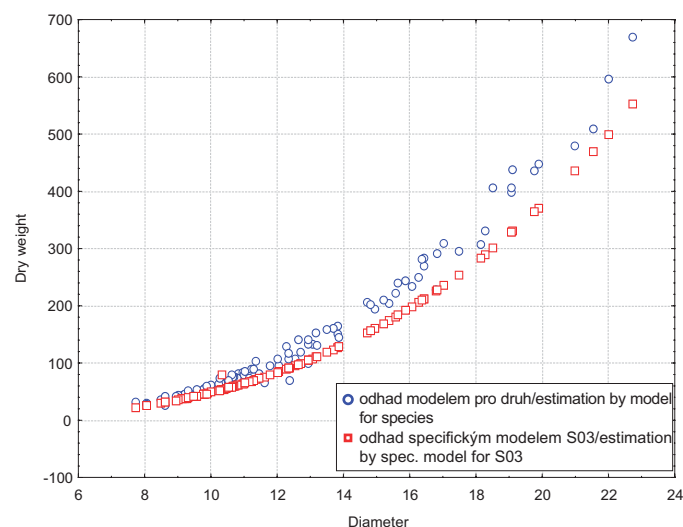
$$(W = e^{a+b \cdot \ln(D)})$$

Klon/ Clone	Chyba odhadu (v %)/Estimation error in %		
	Specifický model pro klon/ Spec. model for clone	Zobecněný model pro druh/ Gener. model for species	Zobecněný model pro rod/ Gener. model for genus
S01	3,77	-7,78	1,90
S02	2,69	0,64	11,50
S03	2,94	21,19	27,88
S04	3,74	2,13	10,16
S05	0,54	2,25	10,65
S06	0,40	3,47	9,70
S07	-1,47	24,93	6,99
S08	6,15	4,62	-14,12
S09	2,97	3,01	12,30
S10	0,52	-2,51	-22,72
P05	0,30		6,02
P06	0,79		-2,10
P09	-0,42		-3,30
P17	-1,72		-4,82
P18	0,53		-9,17
MAX	1,41		7,11

Chyba udává, kolik procent tvoří rozdíl naměřených a odhadnutých hmotností z celkové odhadnuté hmotnosti. Kladná hodnota znamená nadhodnocení, záporná podhodnocení odhadu./The error presents how many per cents create the difference of measured and estimated weights from total estimated weight. The positive value means overestimation, negative underestimation.

Tab. 5.

Chyby odhadů hmotnosti biomasy u jednotlivých modelů (v %)
Estimation errors of biomass weight at individual models (in %)



Graf 4.

Příklad odhadu hmotnosti biomasy klonu S03 zobecněným modelem pro druh (nahodnoceno o 21 % - viz tab. 5)

Example of estimation of biomass weight of clone S03 generalized by model for a species (overvalue of 21 % - see tab. 5)

s odpovídajícími parametry pro příslušný klon. Z tabulky 5, udávající velikost chyby odhadu, je patrné, že odhad hmotnosti biomasy na daném vzorku se lišil pouze nepatrně. Taková přesnost odhadu byla dosažena díky homogenitě všech faktorů při získávání jak vstupních dat pro výpočet regresních modelů, tak pro jejich hodnocení.

Zobecněvané modely pro více klonů, druh nebo rod zpravidla vedou k určité aproximaci hodnot a zvýšení chyby odhadu. Vyrůstající chyby

odhadu lze vidět v tabulce 5, která uvádí hodnoty pro daný klon odhadované zobecněným modelem. Je to do určité míry dáno rozdílným rozložením reziduálních hodnot jednotlivých klonů v obecném modelu. Při vytváření obecného modelu se totiž vstupní hodnoty průměrů jednotlivých klonů aproximují a v závislosti na tom, zda převažují kladná nebo záporná rezidua, je následně odhad zobecněného modelu podhodnocen, resp. nadhodnocen. V grafickém znázornění (graf 4) lze sledovat, jak se chovají hodnoty při odhadu zobecněným modelem. U některých klonů je odhad zobecněným modelem přesnější. To proto, že při vytváření modelů a následně při hodnocení chyby odhadu nebyl použit ten samý soubor dat (viz náhodným výběrem rozdělení měřených údajů). Při hodnocení modelů pak kontrolnímu souboru dat daného klonu (např. S02) „více vyhovoval“ obecný model.

Závěr

Pro vytvoření a zhodnocení regresních modelů pro odhad hmotnosti biomasy u deseti klonů vrb, pěti klonů topolů a jedné topolové multiklonální sorty pěstovaných v intenzivních plantážích s velmi krátkou dobou obmýtlí lze říci, že tyto modely ($\alpha = 0,05$), založené pouze na měření průměrů, mohou s chybou do 5 % odhadovat hmotnost biomasy měřeného prutu. Čím více je model vztažen na podmínky měřeného porostu, tím přesnějšího odhadu zpravidla docílíme. Parametry regresních rovnic uvedené v tomto článku nejsou v žádném případě použitelné pro univerzální odhady hmotnosti biomasy. Je nutno respektovat rozsah hodnot pro jejich použití a využít je pouze v podobných podmínkách, za kterých byly modely vytvářeny. Nedestruktivní metoda nevyžaduje opakované získávání údajů z reprezentativního vzorku při každém záměru zjistit množství biomasy v plantáži; a to je její největší přednost. Vytvořený model na druhou stranu ovšem není univerzálně uplatnitelným nástrojem. Aby výsledkem byly univerzálně použitelné modely pro odhad množství biomasy v energetických plantážích rychle rostoucích dřevin tak, že pěstitel pouze zjistí průměr prutu v reprezentativním vzorku své plantáže (v jakýchkoliv podmínkách) a ihned zjistí zásobu celého porostu, bylo by nutné pracovat s dostatečným rozsahem hodnot, které by reprezentovaly tak širokou škálu podmínek od vlastností stanoviště přes věk, cyklus obmýtlí až po danou dřevinu. Vypovídací schopnost takového modelu by však mohla klesat pod přijatelnou mez. Jak je patrné z prezentovaných výsledků, při našem zobecnění na úroveň rodů zpravidla došlo k určitému nárůstu chyby v odhadu. Při zobecnění na úroveň druhu u vrb se chyba odhadu pohybovala ve většině případů v přijatelných mezích. Jak by se takový model choval v případě odlišných stanovištních podmínek, je předmětem dalšího výzkumu. Každopádně odhad množství biomasy aktuálním modelem vytvořeným pro daný porost lze zjistit hmotnost měřených prutů s chybou do 5 %. Dále pak může sloužit pro zjišťování množství biomasy v následujících obmýtlích cyklech, nebo i v porostech s co možná nejbližšími vlastnostmi. Je nutno zdůraznit, že zmiňované chyby odhadů jsou na úrovni hmotností prutů. Při přepočtu hmotnosti zjištěné z měřeného vzorku na jednotku plochy (ha) bude chyba odhadu nabývat jiných hodnot podle toho, do jaké míry měřený vzorek reprezentuje danou jednotku plochy či porost. Problematika způsobu výběru reprezentativního vzorku a s ní související chyby odhadů na úrovni celých porostů, resp. jednotek ploch (ha) nebyly předmětem této práce, neboť pokusné plantáže v současné době nedosahují takových rozloh, které by toto testování umožnily.

Poznámka:

Tento příspěvek vznikl za podpory MZe ČR v rámci projektu NAZV QD0172 „Šlechtění rychlerostoucích dřevin“.

Literatura

- BALLARD, B. D., STEHMAN, S. V., BRIGGS, R. D., VOLK, T. A., ABRAHAMSON, L. P., WHITE, E. H.: Aboveground biomass equation development for five *Salix* clones and one *Populus* clone. Interim Report. New York Center for Forestry Research and Development, State University of New York College of Environmental Science and Forestry, New York, 1998
- BEN BRAHIM, M., GAVALAND, A., CABANETTES, A.: Generalized allometric regression to estimate biomass of *Populus* in short-rotation coppice. *Scand. J. For. Res.* 15, 2000, s. 171-176.
- KORSMO, H.: Weight equations for determining biomass fractions of young hardwoods from natural regenerated stands. *Scand. J. For. Res.*, 10, 1995, s. 333-346
- StatSoft, Inc., 2001. STATISTICA for Windows (data analysis software system), version 6. www.statsoft.com.
- TAHVANAINEN, L.: Diameter growth models induced by competition for four *Salix* clone monocultures. *Biomass and Bioenergy*, 11, 1996, s. 167-175.
- TELENIUS, B.: Standardized automated non-destructive biomass estimation of short rotation coppice crops. Swedish University of Agricultural Sciences, Dpt. of Short Rotation Forestry, Uppsala, 1997
- TELENIUS, B., VERWIJST, T.: The influence of allometric variation, vertical biomass distribution and sampling procedure on biomass estimates in commercial short rotation forests. *Biores. Technol.* 51, 1995, s. 247-268.
- TUSKAN, G. A., RENSEMA, T. R.: Clonal differences in biomass characteristics, coppice ability, and biomass prediction equation among four *Populus* clones grown in eastern North Dakota. *Can. J. For. Res.*, 22, 1992, s. 348-354.
- VERWIJST, T.: Logarithmic transformations in biomass estimation procedures: violation of the linearity assumption in regression analysis. *Biomass and Bioenergy*, 1991, č. 1, s. 175-180.
- VERWIJST, T., NORDH, N.: Non-destructive biomass estimation of *Salix dasyclados*. *Biores. Technol.* 41, 1992, s. 59-63.
- VERWIJST, T., TELENIUS, B.: Biomass estimation procedures in short rotation forestry. *For. Ecol. Mangt.*, 121, 1999, s. 137-146
- WITHTAKER, R. H., MARKS, P. L.: Methods of assessing terrestrial productivity. In: Lieth, H. and Withtaker, R. H. (eds.): *Primary Productivity of the Biosphere*. New York, Springer Verlag 1975, s. 55 -118

Recenzent: Doc. Ing. I. Kupka, CSc.

Dub letní, dub zimní a buk lesní, jejich růst při různých světelných podmínkách v prvních dvou letech po výsadbě

V Dolnosaském lesnickém institutu Rainhausen byly sledovány výsadby dubu letního (*Quercus rubra* L.), dubu zimního (*Quercus petraea* (MATT.) LIEBL.) a buku lesního (*Fagus sylvatica* L.) při různém stupni zastínění po dobu dvou let. Pokusná plocha je poměrně dobře zásobena vodou, půdní typ je pseudoglej-hnědozem a písčité hlína. Jižní část plochy byla okrajově prosvětlena, v severní části se nachází zmlazený bukový porost, v přechodové zóně byly ponechány borovice. Bukový porost je 53letý, borovicový 55letý. Plochy byly oploceny.

V roce 2001 byly na pokusné ploše vysazeny dvouleté duby a buky jako stejnorodý nebo smíšený porost. Jejich růst a mortalita byly sledovány v průběhu dalších dvou vegetačních period. V prvním roce byla mechanicky odstraněna průvodní vegetace, v druhém roce již byla ponechána, aby bylo možno sledovat konkurenceschopnost nejen mezi jednotlivými druhy stromů, ale i odolnost vůči buření.

Po první vegetační sezoně byly ztráty u dubu zimního podstatně vyšší než u dubu letního a buku. Mortalita dubu zimního souvisela s vývojem buření v druhém vegetačním období na prosvětlenějších plochách. V místech hustšího zápoje byla mortalita dubu letního nižší než buku. Zápoj všeobecně ovlivnil výškový a tloušťkový růst všech tří zkoumaných druhů, v okrajových plochách byly přírůsty mnohem vyšší. Nejlépe reagoval na prosvětlení dub zimní, zatímco v hustém zápoji je přírůst obou druhů dubů negativní.

Pokusy prokázaly, že růst dubu zimního je v prvních dvou letech po výsadbě na stanovištích dobře zásobených živinami a vodou mnohem výrazněji ovlivňován světelnými podmínkami než růst buku. Teprve při relativně 44% osvětlení dub zimní předrůstá buky, dub letní roste rychleji než buk teprve při cca 50% přísunu světla. V některých případech přerůstá dub zimní ve vyšším věku buky velmi výrazně. Pokusy prokázaly vyšší mortalitu dubu zimního v prvním roce po výsadbě na zastíněnějších stanovištích než u dubu letního a buku lesního. Ve druhém roce umíral dub zimní i na prosvětlenějších stanovištích, což nelze přičíst jen zastínění, ale i malé konkurenceschopnosti vůči buření. Buk v mládí roste dobře i ve špatných světelných podmínkách, ale vydává více energie na přežití. Zastíněné duby se snaží růst co nejrychleji, aby získaly dostatečný životní prostor, což se projevuje jejich větší morfologickou přizpůsobivostí. Dub letní vykazuje vysoké procento přežití, nižší ale pozitivní výškový přírůst, na zvýšený přírůst světla reaguje výškovým přírůstem. Dub zimní se vyznačuje vysokou mortalitou při zastínění a zvýšeným růstem při prosvětlení, v zastínění investuje do objemu kořenového krčku.

Na pokusné ploše rostl v prvních letech po výsadbě dub letní v daných podmínkách ve stínu lépe než buk, ale na světlejších stanovištích lépe roste dub zimní.

Forstarchiv, 75, 2004, č. 1, s. 13 - 19

Kp

Smíšené lesní porosty jako možnost zmírnění rizika poškození lesních porostů

Evropské lesy budou v budoucnosti s největší pravděpodobností vystaveny takovým měnícím se klimatickým změnám, které je budou poškozovat. Bohužel není možno jejich vývoj přesně odhadnout, přesto je třeba se pokusit riziko poškození redukovat. Byly vylišeny rámcové předpokládané varianty změn počasí a to teplejší a sušší období s nedostatkem vody, masovým výskytem hmyzu, lesními požáry a bouřemi a chladnější a vlhčí období s nárůstem hub. K tomu byla zahrnuta možnost přetrvávající

jících emisí dusíkatými a uhlíčitými látkami zapříčiňujícími acidifikaci půd a s tím související změny růstu, výživy porostů apod.

Všechny tyto varianty povedou k poškozování jednotlivých stromů i celých porostů. Proto se v současné době provádějí předběžné odhady, jaké dřeviny budou schopny přežít při změně klimatu, a zpracovávají se studie na toto téma. Jako životaschopné se jeví dřevinné druhy s širokou ekologickou amplitudou, krátkou produkční dobou, častou a vydatnou fruktifikací, relativně vysokou genetickou diverzitou, rychlým osidlováním velkých ploch a vysokou schopností regenerace.

Zmírnění rizika poškozování porostů se zkoumá ve výsadbách smíšených porostů na stanovištích v různých nadmořských výškách. Tyto smíšené porosty zahrnují dřeviny s různou konkurenceschopností. Na základě sledování a hodnocení lze vyvodit, že zakládání smíšených porostů se osvědčuje jako prostředek ke snižování konkurence mezi dřevinami. To vyplývá z toho, že některé druhy dřevin se ve smíšeném porostu zapojují později v porovnání s monokulturami, některé smíšené porosty se chovají po určitou dobu jako monokultury.

Nedostatek světla, zapříčiněný nestejnorodostí dřevin, se může projevat nižším růstem a zvýšenou mortalitou některých dřevin. Reakce na světelné podmínky jsou zkoumány v porostech dubu zimního a buku, jedle a buku, borovice a buku včetně dopadu na mýtní hospodářství a složení půdy.

Nedostatkem současných studií je nejistota budoucího trendu vývoje a tudíž nemožnost odpovídající přípravy typů smíšených porostů. Dá se však očekávat, že smíšené porosty budou stabilnější nebo alespoň pružnější za měnících se klimatických podmínek, jak je dokladováno na příkladu listnatých smíšených lesů severovýchodních Spojených států, které byly schopny reagovat a přežít různé typy poškozování v průběhu mnoha let.

Forstarchiv, 75, 2004, č. 2, s. 43 - 50

Kp

Růstové modely pro jednotlivé stromy – součást dlouhodobého plánování na lesních podnicích

Cílem dlouhodobého plánování v lesním hospodářství je trvale udržitelný vývoj lesů, což znamená nejen zajištění trvalé dřevní produkce a biologické diversity, ale zároveň i ekologických a sociálně-ekonomických funkcí lesa. V době zpracování dat na počítačích se i v lesnictví data získaná z podnikových inventur používají jako základ pro simulaci dalšího vývoje a strategie podniku. Nosným prvkem této simulace je růstový faktor, na jehož základě lze vypracovávat prognózy výnosu, možnosti prodeje a dlouhodobý výhled vývoje podniku.

V Dolnosaském výzkumném ústavu (Göttingen), na Technické universitě (Mnichov) a Technické univerzitě (Zvolen) byly jako součást projektu Evropské unie (Implementing Tree Growth Models as Forest Management Tools – ITM) zpracovány a hodnoceny tři rozhodovací systémy (decision support systems – DSS). Cílem těchto systémů je podpořit a zlepšit efektivitu plánování, získané informace rychle a snadno vnášet do praxe.

Každý ze systémů zpracovával data získaná různým způsobem. Systém KSP_DSS využíval jako podklad pro strategické plánování podnikové inventury, základem systému DSS Silva Support bylo hodnocení různých alternativ managementu zaměřených na konkrétní případy pěstování porostů, a systém DSSLesHIS rozvíjí pomocné rozhodovací systémy zaměřené na plánování v lesním podniku.

Všechny tři systémy jsou příkladem pro zpracování plánování na lesním podniku za pomoci počítačové techniky. Jejich cílem je vytvoření dlouhodobých hospodářských plánů pro pěstování lesů. Všechny systémy slučují a kombinují stávající údaje v databankách, které jsou získá-

vány jednak z inventur, a jednak pomocí GIS i vizuálním hodnocením. Tyto integrované systémy bude možné průběžně doplňovat a operativně přizpůsobovat situaci. Umožní také veřejnosti podílet se na usměrňování vývoje v lesním hospodářství.

Forstarchiv, 75, 2004, č. 2, s. 51 - 64

Kp

Vliv vápnění na růst výhonů a kořenů buku lesního a na jeho výživu

Vzhledem k poškození smrkových porostů západního Harcu v 80. letech minulého století jsou smrky v porostu postupně nahrazovány bukem lesním (*Fagus sylvatica* L.). Jejich úspěšný růst byl experimentálně podporován vápněním. K tomu účelu byly vybrány dvě výzkumné plochy (Braunlage, Clausthal) v horské poloze dolnosaského Harcu v nadmořské výšce od 525 a 570 m, s průměrnou roční teplotou mezi 6,0 a 6,5 °C a průměrnými srážkami 1 000 a 1 300 mm. Na všech plochách, kde se uskutečnilo vápnění, byla provedena statistická analýza na základě chemických rozborů půdy, stavu výživy a vyhodnocení růstu výhonů.

Výsledky analýzy potvrdily zlepšení stavu půdy po vápnění. Také se zvýšila úroveň zásobování vápníkem, pozitivní efekt se prokázal u obsahu fosforu. Naproti tomu ovlivnění zásobením draslíkem není tak jednoznačné. Na ploše Clausthal mělo vápnění prokazatelně pozitivní vliv na výškový i tloušťkový přírůst v prvních 5 letech po založení plochy, také se snížila mortalita stromů. Účinek vápnění na výškový přírůst je na této ploše patrný ještě po 13 letech, zatímco tloušťkový přírůst již ovlivněn není. Analýza neprokázala, že by vápnění omezovalo růst kořenů a tím zapříčinilo destabilizaci stromů.

Výzkum prokázal, že vápnění kyselých půd může zlepšit stav výživy bukových porostů. Ovšem toto zlepšení půdních podmínek je spojeno s poměrně vysokými finančními náklady na vápnění. Výsadba v porovnání s přirozenou obnovou sebou také přináší riziko deformací kořenů. Tomu se však lze vyhnout vhodnou volbou sazenic, vysokými požadavky na kvalitu kořenů a odbornou výsadbu. Alternativou k nákladné výsadbě může být sje.

Forstarchiv, 75, 2004, č. 4, s. 131 - 142

Kp

Vývoj tloušťky větví mladých dubů při shlukové výsadbě

Při výsadbě dubů ve shlucích se lesníci obávali, že kvalita dřeva bude nižší. Výzkumem tohoto problému, zvláště tloušťky větví jako důležitého parametru při oceňování kvality dubového dřeva, se začal v 90. letech minulého století zabývat lesní závod Schwarzenborn nacházející se v severovýchodní části Hesenské vrchoviny.

Po větrném polomu v roce 1990 byly vyčleněny dvě plochy (Lerchenfeld, Kamphütte) a zmýceny. Na ploše Lerchenfeld byly na podzim 1992 vysazeny duby letní, druhá plocha byla zalesněna na jaře 1993 dubem zimním. Na každé ploše bylo vysazeno 100 shluků na hektar po 27 stromech. Každý shluk se skládal ze tří soustředných kruhů. Vnitřní okruh obsahoval 3 stromy, střední 9 a vnější 15 dubů. Vzdálenost mezi okruhy a sazenicemi byla cca 1 m, takže každá sazenice měla k dispozici přibližně 1 m². Vně shluků byl vytvořen ještě čtvrtý okruh, který byl osazen bukem (15 stromů ve shluku ve vzdálenosti 1 m od vnějšího okruhu). Středy shluků byly od sebe vzdáleny asi 10 m, obě plochy zaujímají cca 1 ha.

V každém třetím shluku byly vybrány dílčí plochy o 3 stromech, na kterých byly posuvným měřítkem měřeny tloušťky větví. Stromy byly zařazeny podle větví do tří kategorií: větve, které mají volnost růs-

tu, větve rostoucí ve směru dubu a větve rostoucí ve směru konkurenčního stromu (na ploše Lerchenfeld to jsou bříza, vrba, bez, osika, jeřáb, na ploše Kamphütte bříza, jedle). Celkem bylo změřeno 720 větví na 180 dubech. Vysazené buky prokazovaly na obou plochách minimální výškový přírůst, pouze jednotlivé stromy přesáhly výšku 1 m a nebyly konkurenceschopné.

Tento pokus probíhal v osmi až devítiletých dubových shlukových výsadbách a byl sledován vliv postavení dubu v jednotlivých shlucích a působení okolních konkurenčních stromů. Mezi jednotlivými okruhy shluků neexistují významné rozměrové rozdíly stromů (výška, d.b.h.), není ovlivněno nasazení větví, průměr větví. Umístění dubu v porostu nemá vliv na nasazení větví, ta je ovlivňována konkurenčními vztahy. Průměr větví je na obou plochách významně ovlivňován umístěním stromu nezávisle na druhu dubu a jeho stanovišti. Duby na okrajích shluku se mohou relativně svobodněji rozvíjet a tvoří ve spodní části stromu silnější větve. Na obou plochách je průměr větví velmi výrazně ovlivněn postavením stromu a kategorií, do které spadá. Uvolněné větve jsou silnější a větve rostoucí ve směru konkurenčního stromu slabší. Nic však nenásvědčuje tomu, že by duby vysazované ve shlucích byly sukatější a tudíž jejich dřevo bylo nižší kvality.

Forstarchiv, 75, 2004, č. 4, s. 143 - 149

Kp

Lesní hospodaření a možnosti řešení škod – bouřkové riziko

Jedním z nejčastějších rizik ohrožení lesa jsou bouřky a proto se vlastníci lesa i lesní podniky zajímají, jak se před negativním vlivem tohoto rizika chránit, jaké jsou možnosti a rozsah pojištění pro budoucí možné poškození. Rizika lesního hospodářství - rizikové hospodářství získává data pro analýzu rizika, tj. pro úplné zhodnocení všech rizik hospodářské jednotky, vytyčení hlavních rizik a jejich vzájemné vztahy. Prvním krokem je určit základní škodlivé faktory (bouřka, sníh, hmyz, hniloba, atd.), druhým krokem je analýza rizik a prognóza, které z hodnocených rizik je pro hospodářskou jednotku zásadní a zda se mu lze vyhnout. Protiriziková opatření jsou zaměřena především na výši škod, tj. na snížení následků negativních vlivů, kterým se nelze vyvarovat. Opatření pro kompenzaci škod je jednak pojištění, vytvoření podnikového rezervního fondu, jednak diverzita produkčního sortimentu, podniková flexibilita.

Zvláštností i problémem lesního hospodářství je jeho dlouhá produkční doba, vystavení abiotickým a biotickým rizikům, která se mohou v průběhu několika let změnit. Nejčastěji užívaná metoda pro kvantifikace rizik je vytvoření statistického modelu, sestaveného na základě údajů z historických podkladů. Standardní metodou je regresivní modelování, při kterém se pravděpodobnost poškození hodnotí v souvislosti s vlastnostmi hodnocené plochy. Kromě těchto metod byly též používány empiricko-mechanistické modely, které však vyžadují velký objem vstupních dat, a komponentní modely, které mohou zpracovávat riziko jednotlivých stromů až celých ploch v různých polohách.

Ve střední Evropě jsou lesy poškozovány hlavně bouřkami a proto byl vytvořen praktický model na základě jednotlivých bodů hodnocení škod jako podklad pro pojištění.

Forstarchiv, 75, 2004, č. 4, s. 149 - 157

Kp