

TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE

**VEDECKÉ PRÁCE LESNÍCKEJ FAKULTY
TECHNICKEJ UNIVERZITY VO ZVOLENE**

**SCIENTIFIC WORKS OF THE FACULTY
OF FORESTRY OF THE TECHNICAL UNIVERSITY IN ZVOLEN**

**TRAVAUX SCIENTIFIQUES DE LA FACULTÉ
DES FORÊTS DE L'UNIVERSITÉ TECHNIQUE DE ZVOLEN**

**WISSENSCHAFTLICHE ARBEITEN DER FORSTLICHEN
FAKULTÄT DER TECHNISCHEN UNIVERSITÄT IN ZVOLEN**

**ACTA
FACULTATIS
FORESTALIS
ZVOLEN
SLOVAKIA**

**L – 2008
č. 2**

**2008
VYDALA TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE**

Redakčná rada:

Prof. Ing. Rudolf Kropil, CSc. – predseda

Prof. Ing. Peter Garaj, CSc.

Doc. Ing. Juraj Gregor, CSc.

Prof. Ing. Iveta Hajdúchová, PhD.

Prof. Ing. Valéria Messingerová, CSc.

Prof. Ing. Ladislav Paule, PhD.

Prof. Ing. Milan Saniga, DrSc.

Doc. Dr. Ing. Jaroslav Šálka

Prof. Ing. Anton Žihlavník, CSc.

Prof. Ing. Štefan Žihlavník, CSc.

Vedecký redaktor:

Doc. Ing. Dušan Gömöry, CSc.

OBSAH – CONTENTS – INHALT

Střelcová, K., Leštianska-Skarbová, A., Škvarenina, J., Kriššák, V.: Meteorologické a klimatologické informácie z mezoklimatických staníc Arborétum Borová hora a Kráľová nad Zvolenom v r. 2007.....	7
Meteorological and climatological informations from mesoclimatological stations Arborétum Borová hora a Kráľová nad Zvolenom in the year 2007.....	7
Meteorologische und klimatologische Informationen aus den mesoklimatologischen Stationen Arborétum Borová hora a Kráľová nad Zvolenom im Jahre 2007.....	7
Jaloviari, P., Kuchel, S., Vencurik, J., Bakošová, L.: Kvantita a distribúcia jemných koreňov v prechodnom lese NPR Badínsky prales	23
Quantitative production and distribution of fine roots in the intermediate forest of the NNR Badínsky prales.....	23
Quantitative Produktion und Verteilung der Feinwurzel in dem Übergangswald des Nationalen Naturreservates Badiner Urwald.....	23
Klímaš, V., Parobeková, Z.: Štruktúra nekromasy dubového prírodného lesa v NPR Kašivárová	33
The dead wood structure of the oak virgin forest in the NNR Kašivárová	33
Struktur des Moderholzes in dem Eichenurwald des Nationalen Naturreservates Kašivárová	33
Saniga, M., Vencurik, J.: Dynamika zmeny štruktúry a regeneračných procesov bukového výberkového lesa	45
Structure dynamics and regeneration processes of beech selection forest	45
Dynamik der Strukturänderungen und der Regenerationsprozesse in einem Buchenplenterwald	45
Kuchel, S., Vencurik, J., Jaloviari, P., Kuriš, P.: Analýza štruktúry vo vysokohorskom ochrannom lese Nízkyh Tatier	57
Analysis of the structure of a subalpine protection forest in the Low Tatra Mts.	57
Analyse der Struktur in einem Gebirgsschutzwald der Niederen Tatra.....	57
Šmelková, E.: Vplyv rôznej dĺžky odrezkov a sponu ich výsadby na výšku vypestovaných sadeníc pri topoľových klonoch <i>Populus nigra</i> L., <i>P. "Italica"</i> a <i>P. Pannonia</i> “	67
Effects of different cutting length and spacing on the height of produced plants in poplar clones <i>Populus nigra</i> L., <i>P. "Italica"</i> a <i>P. "Pannonia"</i>	67
Einfluss der verschiedenen Stecklingslänge und Pflanzungsdichte auf den Höhenwachstum der Pflanzen bei Pappelklonen <i>Populus Nigra</i> L., <i>P. "Italica"</i> und <i>P. Pannonia</i> “	67
Štofko, P., Kodrík, M.: Účinky pomaly rozpustných hnojív rady Silvamix a Silvagen na rast lesnej kultúry po druhom roku pôsobenia hnojív.....	81
Effects of slow release fertilizers of Silvamix and Silvagen line on forest young plantation after the second year	81
Einfluss langsam lösender Dungstoffe der Serie Silvamix und Silvagen auf den Wachstum der Waldkultur im zweiten Jahr	81

Galko, J., Pavlík, Š., Kodrík, M.: Koľko podkôrníkov dubových (<i>Scolytus intricatus</i> Ratz.) (Coleoptera: Scolytidae) môže vyletieť z jedného chrobačiara?	93
How many oak bark beetles (<i>Scolytus intricatus</i> Ratz.) (Coleoptera: Scolytidae) can leave one tree?	93
Wieviele Eichensplintkäfer (<i>Scolytus intricatus</i> Ratz.) (Coleoptera: Scolytidae) können aus einen Fangbaum hinausfliegen?	93
Žihlavník, A.: Riešenie ťažbovej úpravy lesa s použitím jemnejších spôsobov obhospodarovania	103
The solution of practical cutting control with using tender type of silvicultural systems in shelter forest	103
Lösung der praktischen Nutzungseinrichtung bei der Anwendung feinerer Waldbewirtschaftung	103
Bahýľ, J., Žihlavník, A.: Hodnotenie vplyvu metódy matematických modelov na vyrovňovanie vekovej štruktúry	115
Evaluation of the influence of the method of mathematical models on age structure composition	115
Schätzung des Einflusses der Methode mathematischer Modelle auf das Ausgleich der Altersstruktur	115
Kardoš, M., Šadibol, J.: Farebné digitálne ortofotoplány a ich využitie v lesníctve	131
Digital colour orthophotoplans and their utilization in forestry	131
Digitale farbige Orthophotopläne und ihre Ausnutzung in der Forestwirtschaft	131
Sačkov, I.: Analýza vplyvu spracovania lesnej biomasy na technologický postup harvesterovej technológie v Borskej nížine	141
Analysis of influence of processing of forest biomass on technological process of harvester technology at Borská nížina lowland	141
Analyse des Einflusses der Biomassenverarbeitung auf das technologische Verfahren der Harvestertechnologie in the Borska-Ebene	141
Zelinka, L.: Návrh modelového systému PMS - Pavement Management System pre údržbu a opravy lesných odvozných ciest	151
Project of PMS model system – Pavement Management System for maintenance and repairs of timber transport forest roads	151
Vorschlag des Modellsystems PMS - Pavement Management System für die Wartung und Reparaturen der Waldwege	151

METEOROLOGICKÉ A KLIMATOLOGICKÉ INFORMÁCIE Z MEZOKLIMATICKÝCH STANÍC ARBORÉTUM BOROVÁ HORA A KRÁĽOVÁ NAD ZVOLENOM V ROKU 2007

Katarína STŘELCOVÁ – Adriana LEŠTIANSKA-SKARBOVÁ
– Jaroslav ŠKVARENINA – Vladimír KRIŠŠÁK

Střelcová, K., Leštianska-Skarbová, A., Škvarenina, J., Kriššák, V.: Meteorologické a klimatologické informácie z mezoklimatických staníc Arborétum Borová hora a Kráľová nad Zvolenom v roku 2007. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, L, 2008, č. 2, s. 7–21.

Predložená práca sa zaoberá vyhodnotením meteorologických a klimatických charakteristík nameraných na mezoklimatických staniciach Borová hora a Kráľová, ktoré sa nachádzajú vo Zvolenskej kotline v nadmorských výškach 350 m n. m. v 2. lesnom vegetačnom stupni (Borová hora) a 785 m n. m. v 4. lesnom vegetačnom stupni (Kráľová). Tieto stanice boli založené v rámci projektu zameraného na postupné vybudovanie mezoklimatickej siete regionálnych staníc na území Vysokoškolského lesníckeho podniku Technickej univerzity vo Zvolene. V súčasnosti je sieť rozšírená o ďalšie lokality: Národná prírodná rezervácia Boky, Biosférická rezervácia CHKO Poľana a Šachtická-Panský diel. Od mája 2006 sa na vybraných lokalitách kontinuálne merajú a automaticky digitálne zaznamenávajú hodnoty nasledovných meteorologických charakteristík: teplota vzduchu a pôdy [°C], atmosférické zrážky [mm], globálne žiarenie [kW.m⁻²] a relatívna vlhkosť vzduchu [%]. V práci sme vyhodnotili namerané meteorologické údaje počas roka 2007, ktorý bol výrazne zrážkovo nevyrovnaný a teplotne nadpriemerný. Najvyššiu odchýlku teploty od dlhodobého priemeru rokov 1931–1960 sme zaznamenali v mesiaci január (+6,9 °C Borová hora a +5,1 °C Kráľová). Január sa taktiež vyznačoval najvyšším percentom oproti dlhodobému priemeru zrážok z rokov 1931–1960 (206 % Borová hora, 176 % Kráľová). Klimatické údaje ukázali zjavnú diferencovanosť vertikálnych klimatických gradientov v priebehu roka, najmä teploty vzduchu v zimnom období, v ktorom sa vyskytli teplotné inverzie.

Kľúčové slová: automatické digitálne merania, klimatické vertikálne pseudogradients, extrémny počasie, inverzia

1. ÚVOD A PROBLEMATIKA

Na území Slovenska sa v rámci monitorovacej siete staníc Slovenského hydrometeorologického ústavu uskutočňujú makroklimatické meteorologické a klimatologické pozorovania, a to v prevažne hustejšie osídlených nížinných a kotlinových oblastiach. Tieto pozorovania nespĺňajú potreby lesníckeho a ekologického výskumu, nakoľko lesné porasty na Slovensku pokrývajú najmä územia v podhorkých a horských oblastiach, kde

sa nachádza veľmi málo makroklimatických staníc SHnMÚ. Preto vznikla potreba túto sieť doplniť sieťou mezoklimatických staníc umiestnených v podhorských a horských oblastiach okolia Zvolena. V rámci projektu zameraného na postupné vybudovanie mezoklimatickej siete regionálnych staníc Vysokoškolského lesníckeho podniku Technickej univerzity vo Zvolene boli založené stanice v pohoriach okolia Zvolenskej kotliny. Založenie regionálnych meteorologických staníc, meranie a diaľkový prenos slúži nielen pre vedecko-výskumné účely, ale aj pre proces výučby predmetov zaoberajúcich sa bioklimatológiou, meteorológiou a súvisiacimi disciplínami ako súčasť virtuálneho meteorologického laboratória i pre zvýšenie informovanosti akademickej obce aj verejnosti o aktuálnom stave atmosféry v našom okolí.

Monitoring meteorologických prvkov na území VŠLP TU vo Zvolene nie je prvým pokusom o sprístupnenie údajov o stave atmosféry akademickej verejnosti. Aj lesnícka meteorológia a bioklimatológia majú vo Zvolene už svoju históriu (MINĐÁŠ, ŠKVARENINA, 1995, ŠKVARENINA *et al.*, 1995). Počiatky siahajú do 60-tych rokov minulého storočia, kedy sa prevádzkovala doplnková mezoklimatická sieť staníc s využitím mechanických registračných prístrojov (tzv. termohygrografy) pod odborným vedením doc. Petrika a Ing. Slávika. Spomenieme niektoré práce, napríklad: KOLEKTÍV, 1971, PETRÍK, 1978, SLÁVIK, 1983. Žiaľ, v dôsledku technických a organizačných nedostatkov sieť postupne zanikla. V osemdesiatych rokoch začali aj vo zvolenských pomeroch nachádzať uplatnenie prvé automatizované meteorologické stanice. Toto obdobie bolo, žiaľ, spojené s pomerne veľkou poruchovosťou zariadení a preto malo praktické používanie automatických staníc skôr epizodický charakter účelovo viazaný na riešenie konkrétnych projektov, napr. STŘELEK (1993), ŠKVARENINA (1993). Prelomovou fázou v používaní automatických digitálnych staníc bolo zakúpenie a sprevádzkovanie automatickej meteorologickej stanice DELTA anglickej proveniencie, a jej inštalácia v profile lesného porastu na výskumnodemonštračnom objekte Poľana-Hukavský grúň (MINĐÁŠ, 1999, STŘELCOVÁ, 2000). K stanici na Hukavskom grúni začiatkom 90-tych rokov pribudla meteorologická veža a monitorovacia stanica na Prednej Poľane (ŠKVARENINA *et al.*, 2004). V poľnohospodárstve taktiež existujú dlhodobé rady pozorovaní na agrometeorologických staniach, príkladom čoho je meranie na Agrometeorologickej stanici Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre (ŠIŠKA, ČIMO, 2006).

Vo svete je čoraz aktuálnejšia problematika klimatickej zmeny, ktorej dôsledky pociťujeme aj na Slovensku. Zmeny pozorujeme najmä v teplotnom režime ako aj v meniacom sa režime zrážok v priebehu roka. V 20. storočí sa na Slovensku pozoroval rast priemernej ročnej teploty vzduchu asi o 1,1 °C (v zime ešte viac) a pokles ročných úhrnov zrážok o 5,6 % v priemere. Zaznamenaný bol aj výrazný pokles relatívnej vlhkosti vzduchu (do 5 %) a pokles snehovej pokrývky takmer na celom území (MINĐÁŠ, ŠKVARENINA, 2003). V ročnom režime zrážok sa okrem sezónnych trendov stále viac prejavuje aj nevyváženosť v striedaní období s nedostatkom zrážok s obdobiami s ich prebytkom. S veľkou istotou je možné predpokladať výrazný pokles priemernej výšky a stability snehovej pokrývky najmenej do nadmorskej výšky 900 m, ak dôjde k očakávanému otepleniu v chladnej časti roka (LAPIN *et al.*, 1996). Predpokladaný častejší výskyt extrémnych javov sa v posledných rokoch potvrdil, a je možné ho očakávať aj v nasledujúcich rokoch. V súčasnosti sú

najlepšie preskúmané dôsledky rastu skleníkového efektu atmosféry na rast priemerov teploty vzduchu na celej Zemi (globálne otepľovanie). V období r. 1989–2004 sa na Slovensku vyskytli série po sebe nasledujúcich teplých rokov 1990, 1993, 2000, 2002 a 2003 (KOLEKTÍV, 2005).

Cieľom tejto práce je vyhodnotenie klimatických charakteristík, nameraných na regionálnych staniciach Arborétum Borová hora a Kráľová nad Zvolenom počas roka 2007 a ich zhodnotenie vzhľadom na rozdielnu nadmorskú výšku staníc a dlhodobé priemery teploty vzduchu a zrážok z rokov 1931–1960. Zamerali sme sa tiež na zimné inverzie teploty v Zvolenskej kotline.

2. METODIKA MERANIA

Od mája 2006 prebiehajú na regionálnych meteorologických staniciach v Arboréte Borová hora – Technická univerzita Zvolen (2. lesný vegetačný stupeň) a na Kráľovej nad Zvolenom (4. lesný vegetačný stupeň) kontinuálne mezoklimatické merania zrážok, teploty a vlhkosti vzduchu, globálneho žiarenia a teploty pôdy. Charakteristika stanice Arborétum Borová hora je uvedená v tabuľke 1, klimadiagram na obrázku 1 a charakteristika stanice Kráľová nad Zvolenom v tabuľke 2, klimadiagram na obrázku 2. Merané meteorologické prvky, fyzikálne jednotky a hladiny meraní od povrchu zeme sú uvedené v tabuľke 3.

Na meranie sa používa digitálna meteorologická stanica výrobcu EMS Brno (Environmental Measuring Systems, Brno, www.emsbrno.cz) s automatizovaným ukladaním a online vysielaním dát do internetu v 10 minútovom intervale. Hodnoty meraných meteorologických veličín charakterizujúcich okamžitý stav atmosféry v prízemnej vrstve ovzdušia sú okamžite po nameraní vysielané na internetovú stránku pomocou optického signálu, alebo cez GSM modem. Z nameraných meteorologických údajov sú ďalej spracovávané klimatické charakteristiky (priemery, úhrny, extrémy) a porovnávané s dlhodobými priemermi odvodenými pre regionálne mezoklimatické stanice z okolitých makroklimatických staníc SHMÚ.

Ako referenčný bod pre Arborétum Borová Hora sme použili dlhodobé priemery zrážok a teplôt zo stanice Sliač kúpele (371 m n. m.). Pre Kráľovú sme použili dlhodobé priemery úhrnov zrážok zo stanice Detvianska Huta (821 m n. m.) a dlhodobé priemery teplôt zo stanice Leš' (720 m n. m.), ktoré sa nachádzajú v blízkosti stanice. Mesačné zrážkové úhrny pre stanicu Borová hora sú použité zo stanice Sliač ako v prípade dlhodobých priemerov 1931–1960. Matematicko-štatistickú korekciu sme realizovali podľa NOSEKA (1972) metódou diferencií a kvocientov.

Podrobnejšie informácie a snímky poskytuje prípadným záujemcom webová stránka TU vo Zvolene www.tuzvo.sk (STŘELCOVÁ *et al.*, 2007).

Tab. 1 Charakteristika mezoklimatickej stanice v Arboréte Borová hora

Tab. 1 Characteristics of mesoclimatic station Arboretum Borova hora

Zemepisné súradnice	N48°36' E19°08'
Nadmorská výška	350 m n. m
Expozícia	juhozápadná
Sklon	5–10%
Priem. ročná teplota	8,2 °C
Priem. teplota vo vegetačnom období (IV.–IX.)	14,7 °C
Priem. ročný zrážkový úhrn	757 mm
Priem. zrážkový úhrn vo veg. období (IV.–IX.)	428 mm
Priemerná relatívna vlhkosť	76 %
Priemerná dĺžka slnečného svitu	1618 h
Priemerná oblačnosť	60 %
Prevládajúci smer vetra	NW, W, bezvetrie
Priemerný počet dní: • so snehovou pokrývkou 69 • mrazových (pod 0 °C) 127 • letných (nad 25 °C) 63 • tropických (nad 30 °C) 12 • vegetačné obdobie 168 • jasných 48 • zamračených 119 • s hmlou 67	
Klimatická oblasť – okrsok	teplý, mierne vlhký, s chladnou zimou
Priemerná koncentrácia SO ₂	12 µg.cm ⁻³
Geologické podložie	andezitový tuf a travertíny
Pôdne pomery	pararendziny, kambizeme, fluvizeme
Lesný vegetačný stupeň	2. bukovo-dubový
Skupiny lesných typov	buková dúbrava (<i>Fageto-Quercetum</i>), drieňová dúbrava (<i>Corneto-Quercetum</i>)

Tab. 2 Charakteristika mezoklimatickej stanice Kráľová nad Zvolenom

Tab. 2 Characteristics of mesoclimatic station Kráľová nad Zvolenom

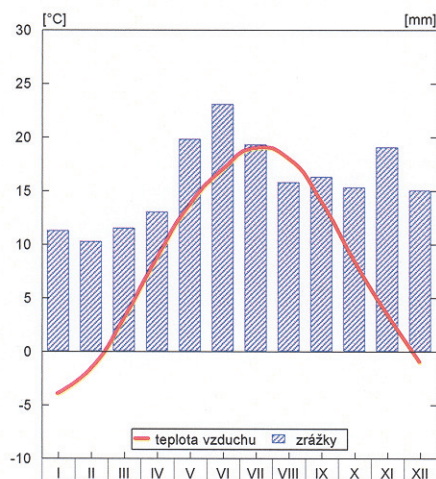
Zemepisné súradnice	N48°30' E19°11'
Nadmorská výška	785 m n. m.
Expozícia	severná až plató
Sklon	1–3 %
Priem. ročná teplota	6,5 °C
Priem teplota vo veg. období (IV.–IX.)	12,9 °C
Priem. ročný zrážkový úhrn	786 mm
Priem. zrážkový úhrn vo veg. období (IV.–IX.)	459 mm
Priemerná relatívna vlhkosť	74 %
Priemerná dĺžka slnečného svitu	1660 h
Priemerná oblačnosť	62 %
Prevládajúci smer vetra	N, NW, W, SW
Priemerný počet dní:	
• so snehovou pokrývkou 89 • mrazových (pod 0 °C) 125 • letných (nad 25 °C) 35 • tropických (nad 30 °C) 2 • vegetačné obdobie 151 • jasných 41 • zamračených 119 • s hmlou 91	
Klimatická oblasť– okrsok	teplý, mierne vlhký, s chladnou zimou
Priemerná koncentrácia SO ₂	3 µg.cm ⁻³
Geologické podložie	andezity
Pôdne pomery	kambizeme
Lesný vegetačný stupeň	4. bukový, 3. dubovo-bukový
Skupiny lesných typov	bučina vyšší stupeň (<i>Fagetum pauper</i> vst)
	bučina nižší stupeň (<i>Fagetum pauper</i> nst)
	dubová bučina (<i>Querceto-Fagetum</i>)

Tab. 3 Merané meteorologické veličiny

Tab. 3 Measured meteorological parameters

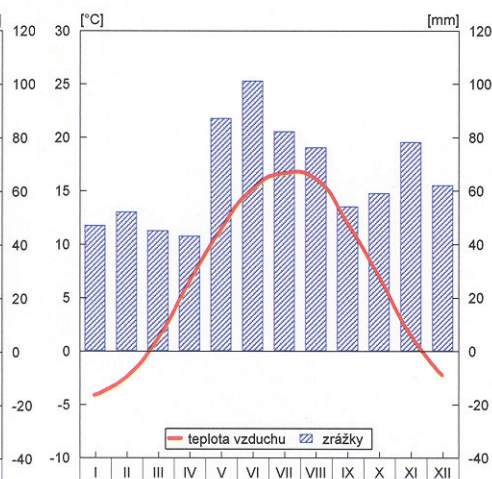
Meteorologický prvok	Jednotky/výška merania
Globálne žiarenie	W . m ⁻² (2 m)
Teplota vzduchu	°C (2 m)
Teplota pôdy	°C (-0,1 m)
Relatívna vlhkosť vzduchu	% (2 m)
Zrážky*	mm (1 m)

*zrážky sú merané len v prípade kvapalných zrážok (tuhé zrážky zo snehu sa merajú manuálne a nie sú prenášané do internetu)



Obr. 1: Klimadiagram regionálnej stanice Arboréta Borová hora

Fig. 1: Climadiagram of regional station Arborétum Borová hora



Obr. 2: Klimadiagram regionálnej stanice Kráľová nad Zvolenom

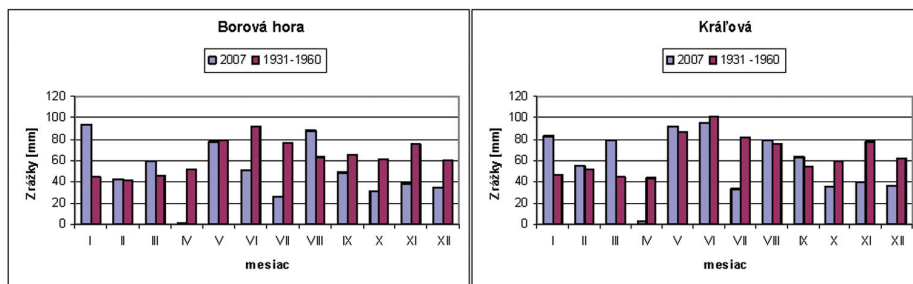
Fig. 2: Climadiagram of regional station Kráľová nad Zvolenom

3. METEOROLOGICKÁ A KLIMATOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA ROKU 2007

Osobitnú pozornosť sme venovali vyhodnoteniu meteorologických charakteristík nameraných počas roka 2007. Z nameraných meteorologických údajov sú spracované klimatické charakteristiky (priemery, úhrny, extrémny) a porovnávané s dlhodobým priemerom rokov 1931–1960 podľa LAPINA *et al.* (1988).

3.1 Úhrny zrážok

Trend vývoja nameraných hodnôt meteorologických charakteristik na oboch staniciach má podobný charakter. Ročný úhrn zrážok dosiahol 590 mm (Borová hora) a 692 mm (Kráľová nad Zvolenom). Sledovaný rok je možné v porovnaní s dlhodobým normálom charakterizovať ako zrážkovo suchý – 83 %N na stanici Borová hora a normálny – 91 %N na stanici Kráľová s prevahou mesiacov s hodnotami pod dlhodobým normálom. Rok 2007 bol zrážkovo výrazne nevyrovnaný. Výrazný pokles zrážok sme zaznamenali v júli, a v zimných mesiacoch október, november a december, ktoré sa vyznačovali hodnotami nízko pod dlhodobým priemerom. Zrážkovo extrémne chudobným bol mesiac apríl, ktorý je možné charakterizovať ako mimoriadne suchý mesiac (úhrn zrážok na Borovej hore len 1 %N a na Kráľovej nad Zvolenom 6 %N). Naopak, mesiace február, máj, august a september sa javili ako zrážkovo normálne. Úhrn zrážok v januári dosiahol hodnotu na Borovej hore 206 % z dlhodobého priemeru a na Kráľovej nad Zvolenom 176 % z dlhodobého normálu. Obdobie január až marec sa javilo ako zrážkovo mimoriadne nadnormálne. Napriek tomu sa zimné mesiace vyznačovali nedostatkom snehu. Jeho podstatnejšia časť sa vytvorila až koncom januára a vo februári. Porovnanie úhrnu zrážok v roku 2007 s dlhodobým priemerom na stanici Borová hora a Kráľová je znázornené na obrázku 3.



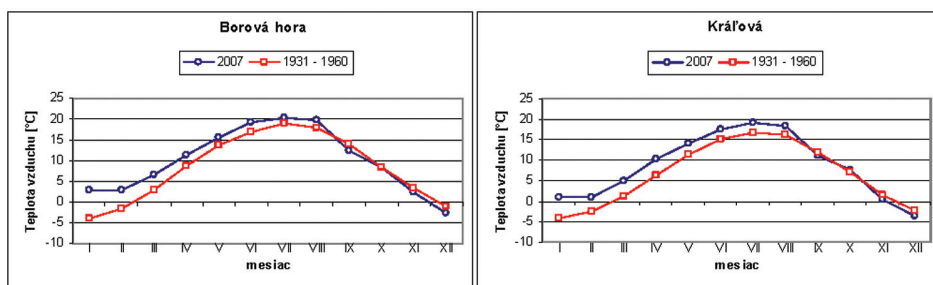
Obr. 3: Porovnanie úhrnu zrážok v roku 2007 s dlhodobým priemerom za roky 1931–1960, ktorý bol nameraný na staniciach Borová hora a Kráľová nad Zvolenom

Fig. 3: Comparison of precipitations in the year 2007 with long-term normal 1931–1960 measured at stations Borová hora and Kráľová nad Zvolenom

3.2 Teplota vzduchu

Výsledky tiež poukazujú na vzrast teploty vzduchu v porovnaní s dlhodobým priemerom rokov 1930–1961. Priemerná teplota v roku 2007 dosiahla 9,9 °C (Borová hora) a 8,5 °C (Kráľová nad Zvolenom). Odchýlka od dlhodobého priemeru predstavuje +1,7°C (Borová hora) a +2,0 °C (Kráľová nad Zvolenom). Porovnanie teploty vzduchu v roku 2007 s dlhodobým priemerom na stanici Borová hora a Kráľová je znázornené na obrázku 4.

V roku 2007 sme vo väčšine mesiacov zaznamenali kladné odchýlky teplôt od dlhodobého priemeru, s výnimkou zimných mesiacov. Rok 2007 bol teplotne mimoriadne nadnormálny. Najvyššia kladná odchýlka od dlhodobého priemeru, t. j. 6,9 °C (Borová hora) a 5,1 °C (Kráľová nad Zvolenom) bola na oboch staniciach v mesiaci január. Hodnotenie mesiacov a roku 2007 na staniciach Borová hora a Kráľová podľa dlhodobého priemeru teplôt a zrážok 1931–1960 je uvedené v tabuľke 4 a 5. V mesiaci december sme zaznamenali absolútne teplotné minimum za rok, ktoré dosiahlo hodnotu –10 °C dňa 26. 12. 2007 (Borová hora) a –13,3 dňa 22. 12. 2007 (Kráľová nad Zvolenom). Absolútne maximum teploty bolo 37,9 °C dňa 18. 7. 2007 (Borová hora) a 34,7 °C dňa 20. 7. 2007 (Kráľová nad Zvolenom), čo sú rekordné teploty pre tieto lokality.



Obr. 4: Porovnanie teploty vzduchu v roku 2007 s dlhodobým priemerom za roky 1931–1960 nameranej na stanici Borová hora a Kráľová nad Zvolenom

Fig. 4: Comparison of air temperature in the year 2007 with longterm average 1931–1960 measured in stations Borová hora and Kráľová nad Zvolenom

Tab. 4 Hodnotenie mesiacov a roku 2007 na stanici Borovej hore podľa dlhodobého priemeru teplôt a zrážok v rokoch 1931–1960

Tab. 4 Evaluation of months and year 2007 at station Borová hora according to long-term average of temperatures and precipitation in the years 1931–1960

Mesiac	ΔT_v [°C]	Charakteristika	N% Z [mm]	Charakteristika
I.	6,9	Mimoriadne nadnormálny	206	Veľmi vlhký
II.	4,7	Silne nadnormálny	102	Normálny
III.	3,6	Silne nadnormálny	128	Normálny
IV.	2,8	Silne nadnormálny	1	Mimoriadne suchý
V.	2,0	Nadnormálny	98	Normálny
VI.	2,2	Silne nadnormálny	55	Suchý
VII.	1,4	Nadnormálny	34	Veľmi suchý
VIII.	1,8	Silne nadnormálny	140	Vlhký
IX.	–1,6	Podnormálny	75	Normálny
X.	0,0	Normálny	51	Suchý

Tab. 4 Pokračovanie

Tab. 4 Continued

Mesiac	ΔT_v [°C]	Charakteristika	N% Z [mm]	Charakteristika
XI.	-1,1	Podnormálny	51	Suchý
XII.	-1,6	Podnormálny	57	Suchý
Rok	1,7	Mimoriadne nadnormálny	83	Suchý

Vysvetlivky: ΔT_v [°C] – odchýlka teploty vzduchu od dlhodobého priemeru 1931–1960

N% Z [mm] – percento z dlhodobého priemeru 1931–1960

Tab. 5 Hodnotenie mesiacov a roku 2007 na Kráľovej podľa dlhodobého priemeru teplôt a zrážok v rokoch 1931–1960

Tab. 5 Evaluation of months and year 2007 at station Kráľová according to long-term average of temperatures and precipitation in the years 1931–1960

Mesiac	ΔT_v [°C]	Charakteristika	N% Z [mm]	Charakteristika
I.	5,1	Mimoriadne nadnormálny	176	Veľmi vlhký
II.	3,3	Silne nadnormálny	105	Normálny
III.	3,9	Silne nadnormálny	176	Vlhký
IV.	3,9	Silne nadnormálny	6	Mimoriadne suchý
V.	2,8	Silne nadnormálny	106	Normálny
VI.	2,5	Silne nadnormálny	94	Normálny
VII.	2,5	Mimoriadne nadnormálny	40	Veľmi suchý
VIII.	2,3	Silne nadnormálny	103	Normálny
IX.	-1,0	Podnormálny	118	Normálny
X.	0,6	Normálny	60	Normálny
XI.	-1,0	Podnormálny	51	Suchý
XII.	-1,2	Normálny	59	Suchý
Rok	2,0	Mimoriadne nadnormálny	91	Normálny

Vysvetlivky: ΔT_v [°C] – odchýlka teploty vzduchu od dlhodobého priemeru 1931–1960

N% Z [mm] – percento z dlhodobého priemeru 1931–1960

Je známe, že teplotu vzduchu podmieňuje najmä nadmorská výška. Pre troposféru je priemerný vertikálny teplotný gradient 0,65 °C na 100 m pri vzduchu nasýtenom vodnou parou. V tabuľke 6 sú uvedené klimatické vertikálne pseudogradienty teploty vzduchu, teploty pôdy a zrážok v závislosti od nadmorskej výšky medzi stanicami (KOLEKTÍV, 1993).

Tab. 6 Klimatické vertikálne pseudogradientsy teploty vzduchu a zrážok v roku 2007 a v dlhodobom priemere rokov 1931–1960 medzi stanicami Kráľová (785 m n. m) a Borová hora (350 m n. m)

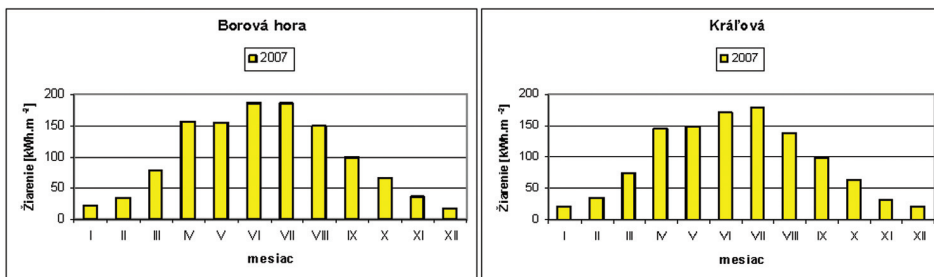
Tab. 6 The climatic vertical pseudogradients of air temperature, soil temperature and precipitation between stations Kráľová (785 m n. m.) and Borová hora (350 m n. m.) in the year 2007 and in long term average 1931–1960

Mesiac	$\gamma T_v(2007)$ [°C.100 m ⁻¹]	$\gamma T_v(1931-60)$ [°C.100 m ⁻¹]	$\gamma Z(2007)$ [mm.100 m ⁻¹]	$\gamma Z(1931-60)$ [mm.100 m ⁻¹]
I.	0,46	0,0	-2,3	0,5
II.	0,51	0,2	2,9	2,5
III.	0,37	0,4	4,6	-0,2
IV.	0,25	0,5	0,5	-2,1
V.	0,34	0,5	3,2	1,8
VI.	0,34	0,4	10,2	2,1
VII.	0,28	0,5	1,6	1,1
VIII.	0,32	0,4	-2,3	3,0
IX.	0,26	0,5	3,4	-2,5
X.	0,21	0,3	1,0	-0,5
XI.	0,44	0,5	0,3	0,5
XII.	0,21	0,3	0,5	0,5
Rok	0,32	0,4	23,6	6,7

Porovnanie teplotného pseudogradientsu normálnych hodnôt s rokom 2007 nám ukazuje, že v roku 2007 bola Zvolenská kotlina menej termicky stratifikovaná (s výnimkou mesiaca január a november) pravdepodobne ako dôsledok extrémne teplého roku. Gradient zrážok vykazuje na výškovom profile zaujímavý priebeh. V dlhodobom vidíme, že mesačné úhrny zrážok v marci, apríli, septembri a októbri s výškou klesajú (záporný gradient). V roku 2007 sledujeme najväčší nárast s výškou v júni (10,2 mm na 100 m).

3.3 Globálne žiarenie

Celková suma globálneho žiarenia za rok dosiahla hodnotu 1190 kWh.m⁻² (Borová hora) a 1120 kWh.m⁻² (Kráľová). Najvyššia suma globálneho žiarenia 187 kWh.m⁻² (Borová hora) a 180 kWh.m⁻² (Kráľová) bola nameraná v júli, najnižšia 18 kWh.m⁻² (Borová hora) a 20 kWh.m⁻² (Kráľová) v decembri. V decembri sa vyskytli aj teplotné inverzie, čo je vidieť z nižšej hodnoty globálneho žiarenia a teploty vzduchu nameranej na stanici Borová hora ako na stanici Kráľová.



Obr. 5: Sumy globálneho žiarenia na regionálnych staniciach Borová hora (350 m n. m) a Kráľová nad Zvolenom (785 m n. m) v roku 2007

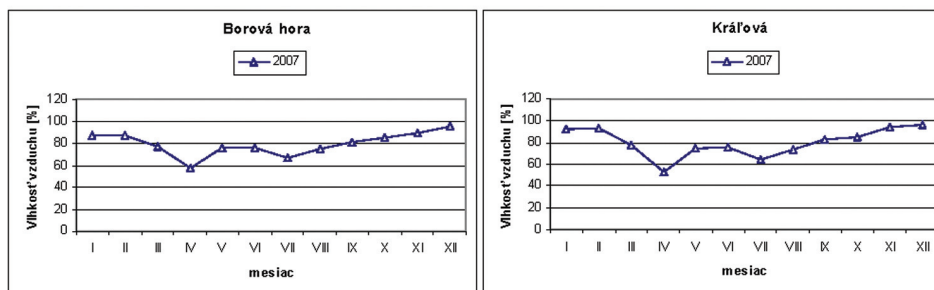
Fig. 5: The global radiation at regional stations Borová hora (350 m n. m) and Kráľová nad Zvolenom (785 m n. m) in the year 2007

3.4 Teplota pôdy a vlhkosť vzduchu

Priemerná mesačná teplota pôdy v priebehu roka neklesla pod 0 °C na obidvoch staniciach. V ročnom chode dosahovala teplota pôdy najvyššie hodnoty 22 °C (Borová hora) a 17 °C (Kráľová) v júli a najnižšie 1,6 °C (Borová hora) a 0,2 °C (Kráľová) v decembri.

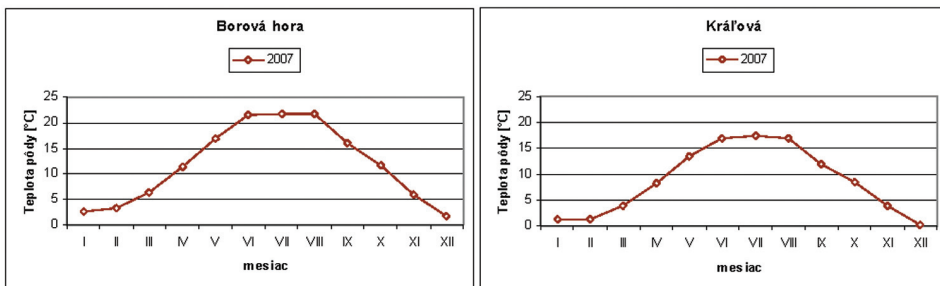
Ročný chod relatívnej vlhkosti vzduchu sa vyznačuje minimom v apríli a maximom v decembri. Ročný priemer vlhkosti vzduchu je 80 % na obidvoch staniciach.

Priebeh klimatických charakteristík globálneho žiarenia, teploty pôdy a relatívnej vlhkosti vzduchu v roku 2007 na staniciach Borová hora a Kráľová je znázornený na obrázkoch 5,6 a 7.



Obr. 6: Relatívna vlhkosť vzduchu na regionálnych staniciach Borová hora (350 m n. m) a Kráľová nad Zvolenom (785 m n. m) v roku 2007

Fig. 6: The relative air humidity at regional stations Borová hora (350 m n. m) and Kráľová nad Zvolenom (785 m n. m) in the year 2007

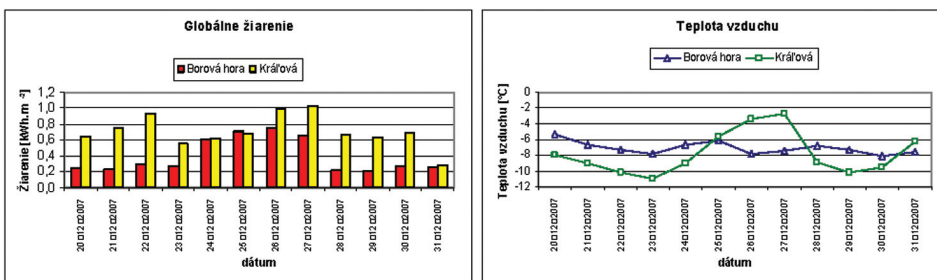


Obr. 7: Teplota pôdy na regionálnych staniciach Borová hora (350 m n. m) a Kráľová nad Zvolenom (785 m n. m) v roku 2007

Fig. 7: The soil temperature at regional stations Borová hora (350 m n. m) and Kráľová nad Zvolenom (785 m n. m) in the year 2007

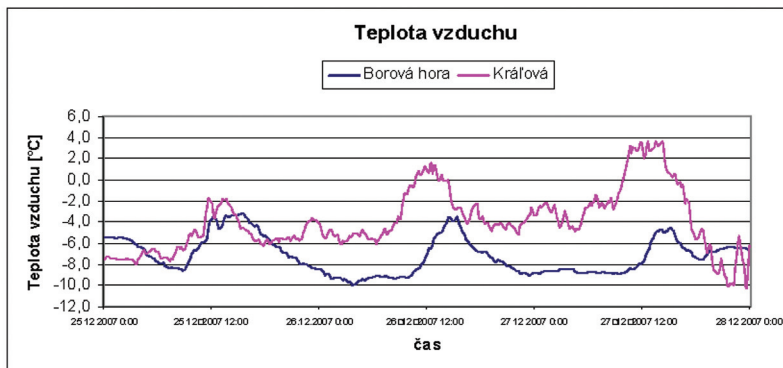
3.5 Teplotná inverzia

V zimnom období sa miestami vyskytujú teplotné inverzie, kedy je teplota vzduchu s výškou narastá (KOLEKTÍV, 1993). SMIDT (1972) a PETROVIČ (1972) definujú pre stredohorské členité polohy orografické inverzie. Následkom odovzdávania tepla vyžarovaním sa zemský povrch ochladzuje. Studený vzduch je ťažší ako teplý. Vznik inverzií podporuje jasné a bezveterné počasie. Nočným vyžarovaním ochladený vzduch klesá do kotlín a vytvára „jazera“ chladného vzduchu. Zimné inverzie za jasného počasia môžu byť celodenné a môžu siahať do výšky až niekoľko sto metrov, keď vyžarovanie prevláda nad insoláciou. Tento jav sme zaznamenali aj v decembri sledovaného roku. Porovnanie hodnôt globálneho žiarenia a teplôt nameraných posledný decembrový týždeň 2007 na staniciach Borová hora a Kráľová v období inverzie je znázornené na obrázku 8. Denný chod teploty vzduchu na staniciach Borová hora a Kráľová v čase inverzie je znázornený na obrázku 9.



Obr. 8: Porovnanie denných súm globálnej radiácie a priemerných denných teplôt nameraných od 20. 12. do 31. 12. 2007 na staniciach Borová hora (350 m n. m) a Kráľová (785 m n. m)

Fig. 8: Comparison of global radiation and daily average air temperature in the period from 20. 12. to 31. 12. 2007 at stations Borová hora (350 m n. m) a Kráľová (785 m n. m)



Obr. 9: Denný priebeh teploty vzduchu na staniciach Borová hora a Kráľová v čase inverzie
 Fig. 9: Daily course of air temperature at stations Borová hora and Kráľová during inversion

4. ZÁVER

Údaje získané mezoklimatologickým monitoringom budú využívané v lesníckom ekologickom výskume, najmä:

- bioklimatologických, stanovištných, fytoecologických a typologických podmienok Arboreta Borová hora a Vysokoškolského lesníckeho podniku,
- ekofyziologických procesoch rastlín a lesných drevín,
- fenologickom monitoringu,
- rastovom a produkčnom procese lesných drevín,
- hodnotení sucha, klimatickej vodnej bilancie a rizika požiarov,
- znečistenia ovzdušia Zvolenskej kotliny (ako doplnkové meteorologické údaje),
- kritických záťažiacich lesných pôd,
- biometeorologických, peľových, tepelno-komfortných pomerov Zvolenskej kotliny.

V príspevku sme sa podrobnejšie zaoberali vyhodnotením meteorologických a klimatických charakteristík nameraných v roku 2007. Meteorologické údaje boli merané na dvoch regionálnych staniciach Borová hora a Kráľová nad Zvolenom nachádzajúcich sa v rôznych nadmorských výškach. Priebeh nameraných hodnôt meteorologických charakteristík na oboch staniciach má podobný charakter. Pre porovnanie zistených meteorologických a klimatických charakteristík s dlhodobým priemerom sme využili obdobie rokov 1931–1960. Rok 2007 sa javil v porovnaní s dlhodobým priemerom ako teplotne mimoriadne nadnormálny a zrážkovo normálny až podnormálny. Priemerná teplota za rok 2007 bola 9,9 °C (Borová hora) a 8,5 °C (Kráľová). Maximálna teplota 37,9 °C (Borová hora) a 34,7 °C (Kráľová) bola nameraná v júli a minimálna teplota –10 °C (Borová hora) a –13,3 °C (Kráľová) v decembri. Zrážky boli v priebehu roka nerovnomerne rozdelené. Úhrn zrážok za rok 2007 bol 590 mm (Borová hora) a 692 mm (Kráľová). Taktiež sa preukázal výrazný vplyv nadmorskej výšky na hodnoty klimatických prvkov.

V zimnom období 2007 sme zaznamenali teplotnú inverziu, ktorá je typická pre toto obdobie. Porovnanie meteorologických a klimatologických charakteristík v roku 2007 s dlhodobými priemerami na sledovaných staniciach naznačuje, že tento rok s výskytom abnormálne vysokých teplôt a nerovnomerným časovým rozdelením zrážok počas roka bol v súlade s predpokladmi klimatológov, ktorí v súvislosti s globálnymi klimatickými zmenami očakávajú nárast počtu extrémnych prírodných javov, prírodné udalosti (povodne, extrémne suchá, erózia pôdy, požiare, búrky, a pod.) spôsobené extrémnym počasím v dôsledku klimatických zmien podmienených človekom budú narastať na sile a intenzite.

Pod'akovanie

Autori ďakujú za podporu: Agentúre IPA Technickej univerzity vo Zvolene, agentúre KEGA MŠ SR č. 3/5189/07 a VEGA MŠ SR č. 1/0515/08 a Vysokoškolskému lesníckemu podniku Technickej univerzity vo Zvolene (Ing. Igorovi Olajcovi, Ing. Jánovi Šulekovi a Ing. Ľubomírovi Ivanovi). Za technickú pomoc ďakujú autori tiež Pavlovi Ďurišovi z Technickej univerzity vo Zvolene.

Literatúra

- KOLEKTÍV, 1971: Klimatická charakteristika jednotlivých staníc ŠLP z rokov 1965–1970. KPG VŠLD, 1971.
- KOLEKTÍV, 1993: Meteorologický slovník výkladový a terminologický. Academia Praha, 594 s.
- KOLEKTÍV, 2005: Štvrtá národná správa SR o zmene klímy a Správa o dosiahnutom pokroku pri plnení Kjótskeho protokolu, MŽP SR, SHMÚ, Bratislava, 145 s.
- LAPIN, M., 1996: Scenáre klimatickej zmeny na Slovensku. In: Škavarenina, J., Mindáš, J., Čaboun, V. (eds) „Lesné ekosystémy a globálne klimatické zmeny“, LVÚ Zvolen, s.7–15.
- LAPIN, M., FAŠKO, P., KVĚTÁK, Š., 1988: Metodický predpis 3-09-1/1, Klimatické normály. SHMÚ, Bratislava, 25 s.
- MINDÁŠ, J., ŠKVARENINA, J. 1995: Výskum interakčných vzťahov systému atmosféra – lesný ekosystém. In: Problémy geológie, bioklimatológie a pedológie v súčasných prírodných podmienkach. Zvolen : Vydavateľstvo Technickej univerzity. s. 135–139.
- MINDÁŠ, J., LAPIN, M., 1996: Klimatické zmeny a lesy Slovenska. Národný klimatický program SR, zv.5, MŽP SR, SHMÚ, Bratislava, s. 11
- MINDÁŠ, J. 1999: Kvantitatívna a kvalitatívna charakteristika zrážkového režimu jedľo-bukového ekosystému. Dizertačná práca, Zvolen, 138 s.
- MINDÁŠ, J. ŠKVARENINA, J. (eds), 2003: Lesy Slovenska a globálne klimatické zmeny. EFRA Zvolen, LVÚ Zvolen, 129 s.
- NOSEK, M., 1972: Metódy v klimatológii. Praha, Academia, 434 s.
- PETRÍK, M., 1978: Charakteristika teploty a vlhkosti ovzdušia na území Školského lesného podniku VŠLD vo Zvolene. Zb. ved. prác. LF VŠLD vo Zvolene, 20, 1978, s. 9–20.
- SCHMIDT, M., 1972: Meteorológia pre každého. Alfa Bratislava, 256 s.
- SLÁVIK, D., 1983 : Posúdenie presnosti Danilinovho mrazomera pri meraní hĺbky premrzania pôdy. Acta Facultatis Forestalis, 25, s. 53–59.
- STŘELEČ, J., 1993: Vybrané prvky mikroklimy v pôde a prízemnej vrstve vzduchu bukového ekosystému vo vzťahu k ťažbovo-obnovným postupom. Dizertačná práca. ÚEL SAV Zvolen, 101 s.
- STŘELCOVÁ, K., 2000: Vplyv meteorologických činiteľov na transpiračný prúd a transpiráciu buka v stredohorskej oblasti Poľany. Dizertačná práca. Technická univerzita vo Zvolene. Lesnícka fakulta. 125 s.
- ŠÍŠKA, B., ČIMO, J., 2006: Klimatická charakteristika rokov 2004 a 2005 v Nitre. Vydavateľstvo SPU v Nitre, 50 s.
- ŠKVARENINA, J., 1993: Horizontálne zrážky v jedľo-bukovom ekosystéme ako nositeľ depozície vybraných elementov. Kandidátska dizertačná práca, Zvolen : Lesnícka fakulta TU, 114 s.

- ŠKVARENINA, J., STŘELCOVÁ, K., MINĐÁŠ, J., TUŽINSKÝ, L. 1995: Výučba predmetov meteorológia a bioklimatológia na TU Zvolen. In: Problémy geológie, bioklimatológie a pedológie v súčasných prírodných podmienkach. Zvolen : Vydavateľstvo Technickej univerzity, s. 187–190.
- ŠKVARENINA, J., MINĐÁŠ, J., STŘELCOVÁ, K. 2004: Bioklimatologický výskum v BR Poľana. In: Sláviková, D. (ed.) Trvalo udržateľné využívanie lesa vo vzťahu k ekologickej stabilite krajiny Biosférickej rezervácie – Chránenej krajinskej oblasti Poľana., Zvolen 29. 04. 2004, Vydavateľstvo Technickej univerzity vo Zvolene
- STŘELCOVÁ, K., ŠKVARENINA, J., KUČERA, J., SKARBOVÁ, A., 2007: Biometeorologický monitoring na regionálnych meteorologických staniciach Technickej univerzity s on-line prenosom údajov z do internetu. In: Rožnovský, J., Litschmann, T., Vyskot, I.(eds): *Klima lesa. Sborník referátů z mezinárodní vědecké konference*. Křtiny 11.–12. 4. 2007, 43 s.
- webová stránka www.tuzvo.sk
-

Adresa autorov:

Doc. Ing. Katarína Střelcová, PhD.
Ing. Adriana Leštianska
Prof. Ing. Jaroslav Škvarenina, CSc.
Ing. Vladimír Křiššák
Katedra prírodného prostredia
Lesnícka fakulta TU vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen

e-mail: strelcov@vsld.tuzvo.sk
skarbova@vsld.tuzvo.sk
jarosk@vsld.tuzvo.sk
vkriissak@vsld.tuzvo.sk

Meteorological and climatological informations from mesoclimatological stations Arborétum Borová hora and Kráľová nad Zvolenom in the year 2007

Summary

The paper deals with assessment of meteorological characteristics recorded during the year 2007 at the regional mesoclimatic stations in Zvolen region: Borová hora and Kráľová nad Zvolenom which are situated at different altitudes (Borová hora 350 m – 2nd forest vegetation zone Kráľová 785 m – 4th forest vegetation zone). Meteorological and climatological characteristics are influence by altitude. The year 2007 was normal in comparison with long term precipitation total. Precipitation distribution durig the year is unsteady with minimum in April (1%N – Borová hora and 6%N – Kráľová) and with maximum in January (206%N – Borová hora and 176%N – Kráľová). The mean air temperature in the year 2007 was extremly high in comparison with long term average (1931–1960). There were the temperature inversions during winter 2007 in Zvolen valey, which are not rare in the cold period of the year in this region.

KVANTITA A DISTRIBÚCIA JEMNÝCH KOREŇOV V PRECHODNOM LESE NPR BADÍNSKY PRALES

Peter J A L O V I A R – Stanislav K U C B E L – Jaroslav V E N C U R I K
– Lenka B A K O Š O V Á

Jaloviar, P., Kuchel, S., Vencurik, J., Bakošová, L.: Kvantita a distribúcia jemných koreňov v prechodnom lese NPR Badínsky prales. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, L, 2008, č. 2, s. 23–31.

Práca hodnotí tvorbu a rozmiestnenie jemných koreňov s hrúbkou do 2 mm v profile hlavnej rizosféry (do 40 cm hĺbky v pôde) v prechodnom lese v NPR Badínsky prales. Na 5 skusných plochách sme zistili počet stromov (hustotu porastu), jeho kruhovú základňu a priemernú hrúbku prípravnej dreveniny – rakyty a klimaxovej – buka. Biomasu jemných koreňov sme podľa drevín nerozlišovali.

Analýza ukázala, že kruhová základňa buka, resp. jeho podiel na celkovej kruhovej základni a celková biomasa jemných koreňov ako závislá veličina sú navzájom pozitívne korelované ($r^2 = 0,77$ resp., $0,84$). Znamená to, že s rastúcim objemom a zastúpením buka stúpa celková biomasa a teda že buk tvorí svoj koreňový systém nielen na úkor úbytku rakyty.

Intenzita prekorenenia pôdneho profilu, najmä jeho najvrchnejších vrstiev do hĺbky 20 cm je taktiež pozitívne závislá od zastúpenia a kruhovej základne – teda aj zásoby buka v poraste prechodného lesa. V nadložnom humuse je táto závislosť opačná.

Kľúčové slová: jemné korene, prechodný les, prírodný les, buk, rakyta

1. ÚVOD A PROBLEMATIKA

Porasty buka lesného (*Fagus sylvatica* L.), predovšetkým prírodné rovnorodé alebo zmiešané bukové lesy sa všeobecne považujú za veľmi stabilné ekosystémy. V priebehu ich prirodzeného vývoja však dochádza k disturbanciám, ktoré výrazne menia ich štruktúru a zásadne aj ich drevinové zloženie a produkciu nadzemnej a podzemnej biomasy. Priebeh sukcesie od prípravného lesa po vrcholové klimaxové spoločenstvo prírodného lesa je modelom pre výskum nielen zákonitostí sukcesie, ale aj produkčných schopností bukových porastov.

Samotný priebeh tzv. ontogenezie vývoja je na Slovensku dlhodobou podrobne sledovaný len v NPR Badínsky prales, kde v roku 1947 vznikla v dôsledku veternej kalamity otvorená plocha s výmerou cca. 6,1 ha. Prvá práca Korpeľa (1958) popisuje tento objekt ako rovnorodý porast vrby rakyty, t. j. prípravný les typický pre toto stanovište. Stav tohto objektu bol od vzniku spomenutej kalamitnej holiny sledovaný v pravidelných

10-ročných intervaloch a jeho postupne sa meniaci stav popisujú práce KORPELA (1958, 1989, 1995), SANIGU (1998), a RICHTERA a SANIGU (2006). V súčasnej dobe sa na bývalej kalamitnej ploche nachádzajú porastové štruktúry typické pre štádium prechodného lesa s rôznou mierou dominancie prípravných a klimaxových drevín (buka).

Jemné korene lesných drevín sú v úzkom vzťahu k nadzemnej časti stromu, predovšetkým k asimilačnému aparátu. Je preto prirodzené, že konkurenčné vzťahy drevín, ktoré sa prejavuje v nadzemnom priestore porastu majú odozvu aj v produkcii a distribúcii jemných koreňov. Práce KÖSTLERA (1968) KOROTAEVA (1994), HERTELA (1999) hovoria o silnom vplyve konkurenčných vzťahov na rast a produkciu koreňového systému a zvlášť jeho jemnej frakcie. Biomasa jemných koreňov tvorí pritom pomerne malý podiel z celkovej biomasy stromu. KODRÍK a BARNA (2002) uvádzajú podiely koreňov tenších ako 0,5 cm v rozpätí od 0,5 do 1,1 % z celkovej biomasy podľa biosociologického postavenia stromu.

Bez ohľadu na to, akým spôsobom si dreviny konkurujú je nesporná mimoriadna konkurenčná schopnosť buka. Expanzivita bukových korún je v porovnaní s ostatnými drevinami rastúcimi v našich podmienkach mimoriadna. BARNA (2000, 2001) BARNA a KODRÍK (2002) zistili obdobie zrýchleného rastu bočných konárov vo všetkých tretinách koruny buka už v ďalšej vegetačnej perióde po vykonanom presvetlení porastu. Podľa ELLENBERGA (1996) je existencia rovnorodých bučín v strednej Európe podmienená práve veľmi silnou expanzívnou korún buka a jeho schopnosťou vytlačiť z porastovej úrovne v optimálnych podmienkach skoro všetky ostatné dreviny. Schopnosť koreňového systému buka a predovšetkým jeho jemnej frakcie s hrúbkou do 2 mm prispôbiť sa rôznorodým pôdno-ekologickým pomerom považuje HERTEL (1999) za kľúčovú vzhľadom k jeho schopnosti obsadiť rôzne stanovištia. Podľa jeho zistení, v zmiešanom poraste buka a duba zimného je buk schopný zaujať miesta s hrubším nadložným humusom a pôdny priestor s vyšším obsahom živín oveľa intenzívnejšie ako dub.

Prevažná väčšina dosiaľ publikovaných výsledkov pochádza z porastov výrazne ovplyvnených človekom. Cieľom našej práce je prispieť k poznaniu rastu jemných koreňov v podmienkach prírodného, t. j. človekom priamo neovplyvneného lesa.

2. MATERIÁL A METODIKA

Odber vzoriek jemných koreňov sme vykonali v septembri 2007 v NPR Badínsky prales. Stav, štruktúra, produkčné pomery tohto objektu sú podrobne charakterizované v prácach KORPELA (1989), SANIGU (1998, 1999), SANIGU a RICHTERA (2006). Na výskum sme založili 5 kruhových skusných plôch s priemerom 22,6 m a výmerou 400 m². Plochy sme založili v časti rezervácie, na ktorej sa prírodný les po kalamite z roku 1947 nachádza v etape prechodného lesa v rámci ontogenezie vývoja. Na každej ploche sme zmerali pozície stromov pomocou polárnych súradníc (azimutov) a vzdialeností od stredu plochy. Evidovali sme všetky živé stromy podľa drevín. Na stojacich stromoch sa merala hrúbka $d_{1,3}$, výška a parametre koruny. Z hrúbky sa vypočítala kruhová základňa porastu.

V strede plochy sme vytýčili 7 bodov kde sme odobrali vzorky jemných koreňov. Pri odberoch sme zvolili schému v tvare pravidelného 6-uholníka so stranou 1,5 m, pričom miesta odberu predstavovali jeho vrcholy a stred, ktorý bol identický so stredom plochy.

Na odbery sme použili dutý vrták s vnútorným priemerom 80 mm, maximálna hĺbka odberov bola v závislosti od obsahu skeletu 20–40 cm. Celý vývrt v tvare valca s rozmermi 80 × 200 mm sme rozdelili na sekcie zodpovedajúce vrstvám 0–5 cm, 5–10 cm 10–20 cm, 20–30 cm a 30–40 cm, horizont nadložného humusu sme analyzovali celý samostatne. Korene sa odoberú spolu s pôdou, vymyjú z minerálnej pôdy resp. vytriedia z nadložného humusu a rozdelia na kategóriu živých a odumretých. Po vykonaní potrebných ďalších analýz sa vysušia (65 °C, 72 hod.) a stanoví sa ich konštantná hmotnosť s presnosťou na 0,1 mg. Podrobne je tento postup popísaný napr. v prácach MURACHA (1984) a JALOVIARA (2003).

Na výpočet biomasy živých jemných koreňov sme využili program Fewubiom v prostredí Excel. Výstupom programu je hmotnosť jemných koreňov prepočítaná na plochu 1 ha, prepočítané hmotnosti pre každé miesto odberu a tiež údaje o koncentracii jemných koreňov v 100 ml jemnozeme (vrátane základných ukazovateľov variability). Na matematicko-štatistické výpočty sme použili program Statistica 6.0.

3. VÝSLEDKY A DISKUSIA

Pre odvodenie vzťahu medzi nadzemnou a podzemnou časťou porastu sme pre jednotlivé plochy zistili základné dendrometrické veličiny, ktoré sú uvedené v tabuľke 1.

Tabuľka 1 Základné dendrometrické charakteristiky skusných plôch
Table 1 Basic dendrometric characteristics of sample plots

plocha ¹	počet stromov na 1 ha ²				kruhovú základňu ³				priemerná hrúbka $d_{1,3}$ ⁴		hrúbkové rozpätie ⁵	
	buk ⁶		rakyta ⁷		buk		rakyta		buk	rakyta	buk	rakyta
	n	%	n	%	m ²	%	m ²	%	cm	cm	cm	cm
1	775	68,9	350	31,1	10,2	29,4	24,7	70,6	11,1	27,1	2,8–32,1	13,6–52,0
2	775	66,0	400	34,0	11,8	31,6	25,4	68,4	11,4	27,3	2,5–40,9	14,8–44,6
3	1050	76,4	325	23,6	27,4	63,2	15,9	36,6	15,3	23,5	4,2–41,5	13,6–43,7
4	475	65,5	250	34,5	14,1	40,5	20,7	59,5	15,5	31,5	3,9–47,8	20,5–43,3
5	1550	78,5	425	21,5	18,6	41,6	26,1	58,4	10,3	26,3	2,0–35,5	15,7–53,0

¹plot number, ²stand density (ha⁻¹), ³basal area, ⁴mean dbh, ⁵dbh range, ⁶beech, ⁷goat willow

Vysoká priestorová heterogenita početnosti stromov je spôsobená bukom. Kým pri rakyte, t. j. drevine východiskového prípravného lesa, ktorý vznikol v krátkom časovom rozpätí (KORPEL 1958) sa hektárové počty pohybujú v rozpätí cca 175 ks na 1 ha pri buku je to až 1075 ks.ha⁻¹. Kruhovú základňu nemá pri buku žiadny vzťah k počtu jedincov, pri rakyte je na plochách 1–4 pozorovateľný slabý trend zvyšovania kruhovej základne s rastúcim počtom stromov na hektár. Vyšší podiel buka vedie tiež k zvýšeniu celkovej kruhovej základne porastu, zväčšenie jeho kruhovej základne je neproporcionálne vyššie ako je úbytok kruhovej základne rakyty, t. j. buk zvyšuje svoju kruhovú základňu nielen ako dôsledok

vytlačenia rakyty z rastového priestoru. Všeobecne je prípravná zložka (rakyta) porastu homogénnejšia z hľadiska počtu, kruhovej základne, priemernej hrúbky a hrúbkového rozpätia ako klimaxová (buk). Dlhé časové rozpätie, v ktorom vznikajú jedince buka je spôsobené postupným uvoľňovaním korunového priestoru po rakyte, ale aj často sa opakujúcim vyvracaním a lámaním tenších bukov padajúcimi jedincami rakyty. Výsledkom je postupný, nerovnomerný, plošne aj časovo oddelený nástup etapy prechodného lesa vo vývoji prírodného lesa.

Biomasa jemných koreňov s hrúbkou do 2 mm je charakterizovaná ich hmotnosťou. Jemné korene sme nerozdeľovali podľa drevín, pretože ani s použitím presne identifikovaných porovnávacích vzoriek oboch drevín nebolo možné v každej vzorke spoľahlivo identifikovať druh dreviny pri jednotlivých jemných koreňoch. Hodnotila sa len biomasa, t. j. hmotnosť živých jemných koreňov obidvoch drevín. Základný prehľad priemerných hmotností suchej biomasy v prepočítaní na 1 ha je uvedený v tabuľke 2.

Tabuľka 2 Priemerné hmotnosti živých jemných koreňov buka a rakyty spolu v ks.ha⁻¹

Table 2 Average total weights of beech and goat willow vital fine roots in pc.ha⁻¹

vrstva ¹	plocha ²				
	1	2	3	4	5
nadl. humus ³	115,8	79,7	27,0	26,7	66,6
0–5 cm	247,5	210,2	1325,1	628,9	409,1
5–10 cm	268,1	444,7	1198,4	1879	985,6
10–20 cm	715,1	560,4	1613,2	969,9	992,8
20–30 cm	485,3	331,4	475	393	516,1
30–40 cm	345,1	106	527	99,1	836,8
spolu ⁴	2178	1734,4	5144,5	4000,6	3812

¹layer, ²plot number, ³humus layer, ⁴total

Na všetkých plochách je podľa údajov z tabuľky 2 zrejмый pokles biomasy smerom do hĺbky v pôde. Jedná sa o bežný jav, ktorý indikuje normálne uloženie pôdnych horizontov bez prítomnosti nepriepustných prípadne ochudobnených horizontov resp. vrstiev pôdy. Nízke hodnoty biomasy jemných koreňov sú spôsobené jeho malou hrúbkou (max. 3 cm) a jeho nízkou vlhkosťou v období odberu. Pokles smerom do hĺbky je evidentne rýchlejší tam, kde je vyššia celková hodnota biomasy v pôdnom profile. Zároveň sú ale absolútne hodnoty biomasy v hĺbke pod 20 cm na týchto plochách vyššie.

Z porovnania hodnôt hmotností v tabuľke 2 so zastúpením drevín vyjadrenom ako podiel na kruhovej základni a s kruhovou základňou buka vyplýva, že biomasa jemných koreňov je tým vyššia, čím vyšší je podiel buka na celkovej kruhovej základni. Rovnako aj porovnanie kruhovej základne buka a celkovej biomasy jemných koreňov poukazuje na podobný trend.

Na zistenie prípadnej závislosti biomasy od niektorej zo zmienených veličín sme použili lineárnu koreláciu. Vybraté parametre jednotlivých závislostí uvádzame v tabuľke 3. Z nich vyplýva, že rastúce zastúpenie buka vyjadrené ako podiel z celkovej kruhovej základne porastu významne pozitívne ovplyvňuje tvorbu biomasy jemných koreňov. Buk teda tvorí podstatne väčšiu koreňovú biomasu ako rakyta. Navyše lepšie prekoreňuje hlbšie pôdne horizonty. Pre zastúpenie rakyty platí opačná závislosť, aj keď pokles celkovej biomasy jemných koreňov pri jej stúpajúcej kruhovej základni nie je štatisticky významný.

Tabuľka 3 Základné parametre lineárnych závislostí biomasy jemných koreňov od vybraných dendrometrických veličín porastu

Table 3 Basic parameters of linear correlations between the fine roots biomass and selected dendrometric characteristics of the stand

nezávislá premenná ¹	parameter ²				
	a	b	r ²	r	p-level pre b
kruhovú základňu buka ³	450,6	178,0	0,77	0,87	0,05*
podiel buka v % ⁴	-575,6	95,7	0,84	0,91	0,03*
kruhovú základňu spolu ⁵	-3366,7	172,9	0,34	0,58	0,30 ^{NS}
kruhovú základňu rakyty ⁶	9129,6	-255,1	0,61	-0,77	0,12 ^{NS}

¹independent variable, ²parameter, ³basal area of beech, ⁴share of beech in %, ⁵stand basal area, ⁶basal area of goat willow

Závislosti medzi kruhovou základňou drevín, resp. ich zastúpením a biomasou jemných koreňov korešpondujú s už zmieneným záverom HERTELA (1999), pričom sa ukazuje, že buk je schopný veľmi pohotovo využiť uvoľnený priestor nielen v nadzemnej časti ale aj v pôde.

Tabuľka 4 Aritmetické priemery a smerodajné odchýlky koncentrácií jemných koreňov v pôde (všetky údaje sú v mg na 100 ml jemnozeme)

Table 4 Arithmetic means and standard deviations of fine roots concentrations in soil (all data in mg on 100 ml of soil)

vrstva ¹	plocha ²				
	1	2	3	4	5
nadl. humus ³	57,9±103,8	39,9±50,8	1,4±3,6	13,3±35,3	33,3±25,7
0–5 cm	49,5±54,4	42,0±34,7	256,0±115,7	125,8±104,6	81,8±29,1
5–10 cm	53,6±58,4	88,9±48,2	239,7±99,5	375,8±144,0	197,1±81,2
10–20 cm	71,5±39,6	56,0±43,6	161,3±73,7	97,0±57,6	99,3±56,6
20–30 cm	48,5±50,5	33,1±36,4	47,5±32,6	39,3±22,1	51,6±46,7
30–40 cm	34,5±29,5	10,6±6,0	52,7±31,3	9,9±15,9	83,7±50,4
priemer ⁴	45,4	43,3	128,5	99,9	95,2

¹layer, ²plot number, ³humus layer, ⁴arithmetic mean

Intenzita prekorenenia sa dá objektívne charakterizovať biomasou jemných koreňov v 100 ml jemnozeme. Tento parameter nie je závislý od hrúbky skúmanej pôdnej vrstvy a preto sa pomocou neho dajú porovnať aj horizonty s rôznou hrúbkou. Priemerné hodnoty koncentrácií jemných koreňov v mg na 100 ml jemnozeme uvádzame v tabuľke 4.

Z hodnôt koncentrácií je zrejmé ich vysoká variabilita. Variabilita je najväčšia v horizonte nadložného humusu a v najbližšej nižšej vrstve do 10 cm. Tento jav je podobne ako pokles koncentrácií a ich variability smerom do hĺbky najbežnejším variantom distribúcie jemných koreňov. Variabilita v horných vrstvách je pochopiteľná vzhľadom na ich väčšiu heterogenitu oproti spodným vrstvám hlavnej rizosféry.

Vyšší podiel buka v poraste sa prejavuje zvýšením hodnôt koncentrácií vo vrstvách do 20 cm hĺbky v pôde. Pod touto zónou sú hodnoty porovnateľné na všetkých piatich plochách. Pre presnejšie charakterizovanie závislosti koncentrácií jemných koreňov od hĺbky sme použili metódu lineárnej korelácie. Jej parametre, ktoré sú uvedené v tabuľke 5 sme vypočítali zvlášť pre každú skusnú plochu vždy vyrovnaním hodnôt z jednotlivých miest odberu. Z vypočítaných hodnôt vyplýva, že na nijakej ploche nie je medzi koncentraciou jemných koreňov a hĺbkou žiadny štatisticky významný vzťah.

Vzhľadom na vysokú variabilitu zistených hodnôt sa dá usudzovať len na určitý spoločný trend, ktorým je mierny vzostup koncentrácií smerom do hĺbky. Najvýraznejší je na ploche 3, kde bolo zároveň zistené najvyššie zastúpenie buka.

Podobne ako v prípade celkových hmotností jemných aj v prípade koncentrácií existuje závislosť medzi kruhovou základňou a podielom buka a koncentraciou jemných koreňov v jednotlivých vrstvách minerálnej pôdy a v nadložnom humuse. Z tabuľky 6, v ktorej sú uvedené základné parametre lineárnych korelácií medzi týmito veličinami je vidieť, že ich závislosť je najtesnejšia vo vrstve 10–20 cm. V tejto vrstve sa hodnoty koncentrácií najviac približujú priemerným koncentraciám v celom skúmanom profile.

Závislosti sú v profile minerálnej pôdy kladné, t. j. s rastúcim podielom buka a stúpajúcou kruhovou základňou stúpajú aj koncentrácie biomasy jemných koreňov. V horizonte nadložného humusu je závislosť opačná. Závislosť priemernej hodnoty koncentrácie v celom profile (vrátane nadložného humusu) je tesná a kladná, pretože humusový horizont ani najhlbšie vrstvy prispievajú len nízkymi hodnotami k priemernej hodnote. Závislosti vo vrstve nadložného humusu a priľahlých nižších vrstiev sú tiež veľmi tesné s výnimkou vrstvy 5–10 cm. Napriek tomu, že vo vrstve 5–10 cm neexistuje podľa výsledkov korelačnej analýzy žiadny vzťah môžeme tvrdiť, že nárast koncentrácie, t. j. zahustenie koreňovej siete je výsledkom rastu jemných koreňov buka.

Z analýzy hektárových hmotností a koncentrácií jemných koreňov sa dá predpokladať, že distribúcia jemných koreňov na plochách s vyšším zastúpením buka je rovnomernejšia a buk pravdepodobne obsadzuje celý profil, kým korene rakyty sa koncentrujú skôr vo vyšších vrstvách. K veľmi podobnému záveru dospeli na základe analýzy celých koreňových systémov MAUER a PALÁTOVÁ (1999), pričom konštatujú, že buk zaujíma spravidla celý profil a v prípade že rastie s jarabinou sa sústredujú jeho korene skôr do hlbších horizontov. Aj v prípade prerastania koreňových systémov sa podľa ich výsledkov sústreďuje jemná frakcia koreňov oboch drevín do miest, kde korene neprerastajú.

Tabuľka 5 Základné parametre lineárnej korelácie medzi hĺbkou v pôde a koncentráciou jemných koreňov
Table 5 Basic parameters of linear correlation between the soil depth and the fine roots concentration

plocha ¹	parameter ²				
	a	b	r ²	r	p-level pre b
1	67,5	0,70	0,02	0,15	0,39
2	58,2	0,77	0,03	0,19	0,28
3	164,6	2,69	0,07	0,26	0,11
4	138,8	2,67	0,06	0,24	0,18
5	96,0	0,24	0,016	0,04	0,80

¹plot number, ²parameter

Tabuľka 6 Základné parametre lineárnych korelácií medzi kruhovou základňou buka a jeho podielom na celkovej kruhovej základni a koncentráciou jemných koreňov po vrstvách

Table 6 Basic parameters of linear correlations between the basal area of beech and its share from total basal area and the fine roots concentration according to the layers

vrstva ¹	nezávislá premenná ²	parameter ³				
		a	b	r	r ²	p-level pre b
nadl. humus ⁴	G ⁵ podiel v % ⁶	71,1	-2,55	0,79	0,63	0,01
		-1,45	-1,45	0,87	0,76	0,05
0–5 cm	G podiel v %	-84,6	12,0	0,91	0,83	0,031
		-161,1	6,6	0,97	0,95	0,005
5–10 cm	G podiel v %	66,6	7,6	0,41	0,16	0,49
		-13,3	4,9	0,52	0,27	0,37
10–20 cm	G podiel v %	5,8	5,6	0,95	0,91	0,012
		-24,6	2,9	0,98	0,96	0,003
20–30 cm	G podiel v %	36,4	0,5	0,42	0,18	0,480
		36,2	0,2	0,33	0,11	0,595
30–40 cm	G podiel v %	2,6	2,5	0,55	0,31	0,33
		-0,07	0,9	0,40	0,16	0,50
priemer v profile ⁷	G podiel v %	7,6	4,6	0,88	0,77	0,049
		-18,9	2,5	0,92	0,84	0,028

¹layer, ²independent variable, ³parameter, ⁴humus layer, ⁵basal area, ⁶share in %, ⁷average within the profile

4. ZÁVER

Prvé výsledky analýzy produkcie a distribúcie jemných koreňov v etape prechodného lesa v NPR Badínsky prales poukázali na významný vplyv klimaxovej zložky (buka) na kvantitu jemných koreňov v pôde a spôsob prekorenenia pôdneho profilu. Zisťovalo sa, že kvantita jemných koreňov narastá pri zvyšovaní zastúpenia buka, pričom tento nárast nie je len priamym výsledkom úbytku rakyty, resp. uvoľnenia pôdneho priestoru. Nasledujúcim krokom vo výskume tohto objektu bude stanovenie ďalších kvantitatívnych a kvalitatívnych parametrov jemných koreňov ako sú ich objem, dĺžka, počet zakončení a povrch a ich vzťahov. Z hľadiska metodiky sa pozornosť sústreďí na možnosť spoľahlivej identifikácie jemných koreňov oboch sledovaných drevín.

Literatúra

- BARNA, M., 2000: Impact of shelterwood cutting on twig growth in predominant beech trees (*Fagus sylvatica* L.). *Ekológia* **19**(4):341–353.
- BARNA, M., 2001: The impact of shelterwood cutting on twig growth in understory beech trees (*Fagus sylvatica* L.). *Ekológia* **20**(2):191–199.
- BARNA, M., KODRÍK, M., 2002: Beech biomass distribution after shelterwood cutting according to tree social status. *Ekológia (Bratislava)* **21**(1):61–73.
- ELLENBERG, H., 1996: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. Ulmer Stuttgart. 5. Aufl., 1095 s.
- JALOVÍAR, P., 2003: Produkcia a kompetičné vzťahy jemných koreňov v rovnorodých a zmiešaných častiach porastu. *Acta facultatis forestalis* **45**:161–172.
- HERTEL, D., 1999: Das Feinwurzelsystem von Rein- und Mischbeständen der Rotbuche: Struktur, Dynamik und interspezifische Konkurrenz. *Dissertationes Botanicae*. Bd 317, 187 s.
- KOROTAJEV, A. A., 1994: Untersuchungen der Wurzelsysteme von forstlich wichtigen Baumarten im Nordwesten Russlands. Diss. Uni. Göttingen, 137 s.
- KORPEL, Š., 1958: Príspevok k štúdiu pralesov na Slovensku na príklade Badínského pralesa. *Lesnícky časopis*, **4**(6):349–385.
- KORPEL, Š., 1989: Pralesy Slovenska. Veda, Bratislava, 329 s.
- KORPEL, Š., 1995: Sekundárna sukcesia v prírodnom lese na príklade NPR Badínsky prales. In: Sekundárna sukcesia – seminár TU Zvolen, s.: 23–32.
- KÖSTLER, J. N., BRÜCKNER, E. & BIBELRIETHER, H., 1968: Die Wurzel der Waldbäume. Paul-Parey-Verlag. Berlin, Hamburg 282s.
- KODRÍK, M., BARNA, M., 2002: Tree biomass of a beech stand treated by regeneration cutting. *Ekológia (Bratislava)* **21**(supplement 2/2002):117–123.
- MURACH, D., 1984: Die Reaktion der Feinwurzeln von Fichten (*Picea abies* Karst.) auf zunehmende Bodenversauerung. *Göttinger Bodenkundlicher Berichte* **77**, 126 s.
- MAUER, O. & PALÁTOVÁ, E., 1999: Architektonika kořenového systému dřevin horského lesa. In: Pěstování lesů v podmínkách antropicky změněného prostředí, 205–207.
- SANIGA, M., 1998: Stav, štruktúra a regeneračné procesy prírodného lesa v závere ontogenezie vývoja. In: Sekundárna sukcesia II. TU Zvolen, s.:163–172.
- SANIGA, M., 1999: Štruktúra, produkčné pomery a regeneračné procesy Badínského pralesa, *Journal of Forest Science*, **45**(3):121–130.
- RICHTER, F., SANIGA, M., 2006: Štruktúra prechodného lesa v jeho záverečnej fáze v Badínskom pralesi In: Jurásek, A., Slodičák, M., Novák, J., (eds.): Stabilization of forest functions in biotopes disturbed by anthropogenic activity (Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností: Opočno 5.–6. 9. s.: 239–247.

Pod'akovanie

Práca vznikla s podporou grantov APVV- 0082-6.

Adresa autorov:

Ing. Peter Jaloviar, PhD., Ing. Stanislav Kucbel, PhD.

Ing. Jaroslav Vencurik, PhD, Ing. Lenka Bakošová

Katedra pestovania lesa

Lesnícka fakulta

Technická univerzita vo Zvolene

T. G. Masaryka 24

960 53 Zvolen

Quantitative production and distribution of fine roots in the intermediate forest of NNR Badínsky prales

Summary

The paper evaluates the production and distribution of fine roots with the diameter under 2 mm in the main rhizosphere profile (to the soil depth of 40 cm) in the intermediate forest in NNR Badínsky prales. At 5 sample plots we assessed the stand density (number of stems), its basal area and the mean dbh of pioneer – goat willow (*Salix caprea* L.) and climax European beech (*Fagus silvatica* L.) tree species. It was not possible to distinguish the beech fine roots from those of goat willow and therefore they were analysed together.

The analysis showed a positive correlation ($r^2 = 0.77$ and 0.84 respectively) between the total fine roots biomass (as dependent variable) and basal area of beech and its share from total basal area, respectively. It means with the increasing volume and representation of beech the total fine roots biomass is growing and therefore the beech develops its root system not only at the expense of goat willow decrease.

The fine roots concentration in the soil profile, especially in its upper mineral soil layers into the depth of 20 cm, correlates positively with the share and the basal area of beech and thus with the growing stock of beech in the intermediate forest as well. In the humus layer is this correlation negative.

ŠTRUKTÚRA NEKROMASY DUBOVÉHO PRÍRODNÉHO LESA V NPR KAŠIVÁROVÁ

Vladimír K L I M A Š – Zuzana P A R O B E K O V Á

Klímaš, V., Parobeková, Z.: Štruktúra nekromasy dubového prírodného lesa v NPR Kašivárová. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, L, 2008, č. 2, s. 33–43.

Práca sa zameriava na popis a analýzu štruktúry nekromasy v NPR Kašivárová na dvoch produkčne odlišných stanovištiach. Výskum sa uskutočnil v časti Lesná (dielec 252) a časti Kašivárová (dielec 255). V oboch častiach rezervácie je drevinou určujúcou vývojový cyklus dub zimný (*Quercus petraea* Mattusch.). Priemerný podiel odumretého dreva jednotlivých plôch štádia rozpadu na celkovej zásobe v Lesnej (31,2 %) je o 9 % nižší ako v Kašivárovej (40,2 %). Zistené skutočnosti poukázali na rýchlejší nárast mŕtveho dreva v Kašivárovej za približne rovnaký časový úsek. Rýchlejšie odumieranie stromov hornej vrstvy prebieha v Kašivárovej na väčších plochách vplyvom silnejšieho ataku vetra. V Lesnej má prevahu jednotlivé resp. pomalšie, rozptýlené odumieranie stromov. Analýzou prvého stupňa rozkladu štádia rozpadu sa zistilo, že až 71 % objemu nekromasy v Lesnej vzniklo odumretím na stojato (bez porušenia koreňového koláča), pričom v Kašivárovej to bolo len 40 %. V štádiu rozpadu objem nekromasy sa na jednotlivých plochách v Lesnej pohyboval od 265 m³.ha⁻¹ do 310 m³.ha⁻¹ a v Kašivárovej od 202 m³.ha⁻¹ do 384 m³.ha⁻¹.

Kľúčové slová: dub zimný, NPR Kašivárová, nekromasa, vývojové štádium, stupeň rozkladu

1. ÚVOD

Odumieranie stromov patrí k prirodzenej súčasť životného cyklu lesov. Pri nastupujúcej generácii je najčastejšou príčinou odumierania stromov konkurenčný boj o životný priestor. V odchádzajúcej generácii je príčinou odumierania vek prirodzeného dožívania, t. j. fyzický vek. Priemerný fyzický vek má drevina buk v 230, dub 330, smrek 350 a jedľa v 400 rokoch (KORPEL & SANIGA 1995). Ďalšou možnou príčinou odumierania stromov pri všetkých generáciách je extrémny tlak abiotických faktorov, najmä vetra a snehu, ako aj extrémny účinok podkôrneho hmyzu.

Kým civilizovaný človek vyzbrojený výkonnou technikou nezačal cieľavedome obhospodarováť lesné komplexy boli od nepamäti mŕtve stromy prirodzenou súčasťou lesného prostredia a plnili nezastupiteľnú úlohu chemických, fyzikálnych a biologických procesov v ňom.

Problematika prítomnosti mŕtveho dreva sa na prelome 20. a 21. storočia stala v odborných kruhoch široko diskutovanou témou. V minulosti sa zaznával význam nekromasy,

dnes vzrastá jej úloha v ekosystéme a je predmetom výskumu z rôzneho uhla pohľadu. V súčasnosti je snaha v hospodárskych lesoch istý podiel mŕtveho dreva vytvoriť a dlhodobo udržať. S tým súvisí niekoľko otázok: Aké množstvá mŕtveho dreva sú nutné? Aké dimenzie a štádia rozpadu mŕtveho dreva vznikajú vo vývojovom cykle ekosystému lesa? Ako sa môžu dosiahnuť podobné štruktúry v hospodárskom lese a trvalo udržať?

2. PROBLEMATIKA

Mŕtve drevo v rôznych formách stavu a stupňoch rozkladu hrá v pralesoch a prírodných lesoch z rôznych pohľadov rozhodujúcu úlohu. Je to veľmi bohatý štruktúrny element, ktorý ponúka veľký počet ekologických nik pre flóru a faunu (ALBRECHT 1991, RÖHRING 1991). Existencia mŕtveho dreva je dôležitá pre mnoho podstatných procesov v ekosystéme les. Vznikajú rozmanité výmenné vzťahy medzi substrátom a prvotnými organizmami s pôsobením na látkový a energetický cyklus, samoreguláciu a stabilitu lesných ekosystémov, ako aj v súvislosti s viazanosťou na obnovu drevín (MÜLLER-USING & BARTSCH 2003).

Odumretý strom je neustále meniacim sa dynamickým prostredím, čo umožňuje na relatívne malom území spolužitie mnohých organizmov s rozdielnymi nárokmi na spôsob života (GUTOWSKI *et al.* 2004). Mŕtve drevo je predpokladom existencie pre mnohé špecifické organizmy našich lesov. Z hľadiska ochrany prírody je hrubé stojace mŕtve drevo najvhodnejším ekotopom aký môže les poskytnúť. Nikde inde sa nevyskytuje také veľké množstvo a taká pestrosť zriedkavých, existenčne ohrozených druhov ako na mŕtvom dreve. Z tých druhov hmyzu, ktoré sú v európskych krajinách existenčne ohrozené, je 200–400 životne viazaných na mŕtve drevo (SCHMITT 1992, DETSCH *et al.* 1994). Aktivita a druhová bohatosť pôdných organizmov závisí od obsahu živín v ležiacej drevnej nekromase a v pôdnej opadanke. S jeho znižovaním zaostáva biologická aktivita, čo má za následok negatívne ovplyvnenie vlastnosti pôdy a tým aj vodného režimu. Týmto sa redukuje kapacita pôdy, dreviny majú k dispozícii menej živín, zhoršujú sa ekologické podmienky pre pôdne organizmy (KÖHLER 1990, OTTO 1994).

Ležiaci kmeň stromu postupom času zväčšuje svoju schopnosť zadržiavať vodu a stáva sa rezervoárom vody pre les (SLÍŽIKOVÁ *et al.* 2006). Veľkoplošný výskyt mŕtveho dreva rovnakého druhu, formy, veku (hrúbky), rovnakého stupňa rozkladu nemá takú ekologickú hodnotu a taký pozitívny vplyv na biodiverzitu, ako mŕtve drevo rôznych drevín, dimenzií a rôzneho stupňa rozkladu. Pri rozkladajúcom sa dreve platí zásada, že je dôležitejšia jeho kvalita prostredníctvom štrukturálnej rozmanitosti ako samotné množstvo (KORPEL 1995a). Odumreté drevo má v rámci vývojového cyklu svoju dráhu úbytku a prírastku podobnú dráhe živej dendromasy, ktorá je charakteristická maximálnou produkciou v štádiu optima (SANIGA & SCHÜTZ 2002).

AMMER (1991) vníma tému mŕtveho dreva popri otázkach zastúpenia drevín a mapovania biotopov s ohľadom na zábery ochrany prírody ako jednu z najdôležitejších úloh v oblasti lesného hospodárstva. Podľa spomínaného autora existujú podmienky a možnosti ponechania mŕtveho dreva v lesoch bez významnej ujmy na hospodársky efekt a zdravotný stav. SANIGA (2001) uvádza, že drevná nekromasa pri jej prirodzenej variabilite by mala

aj v hospodárskych lesoch resp. v lesoch s integrovanými funkciami byť trvalou a vyváženou časťou lesného ekosystému. Jej ponechanie by malo byť cieľavedomé plánované a zdôvodnené biologicko-ekologickou prospešnosťou. Návod na množstvo a štruktúru resp. stupeň rozkladu by mali dať poznatky z prírodných lesov. Podobne ako sa drevná nekromasa rôzni z hľadiska množstva, hrúbky a stupňa rozkladu v prírodných lesoch má byť jej štruktúra odlišná v hospodárskych resp. funkčne integrovaných lesoch. V súčasnom období nie je jednotný názor na množstvo, štruktúru a lokalizáciu drevnej nekromasy v konkrétnych lesných spoločenstvách. Konflikt však nastáva, keď sa záujmi lesného hospodárstva stretávajú s ochranou prírody, tu obsahujú požiadavky ochrany prírody ďaleko vyšší podiel mŕtveho dreva.

Otázky zamerané na význam nekromasy v lesných ekosystémoch (KÖHLER 1990, ALBRECHT 1991, UTSCHICK 1991, SCHMITT 1992, DETSCH *et al.* 1994, OTTO 1994, KOREE 1995a, MÜLLER-USING & BARTSCH 2003, GUTOWSKI *et al.* 2004, SLÍŽIKOVÁ *et al.* 2006) a na jeho množstvo v prírodných lesoch a pralesoch sú spracované v prácach (KORPEL 1989, 1995b, RÖHRIG 1991, ERDMANN & WILKE 1997, MEYER 1999, SANIGA 2001, SANIGA & SCHÜTZ 2001a, b, SANIGA & JALOVIAK 2002, DOHNDORF 2004). Článok pojednávajúci o priebehu mŕtveho dreva v rámci celého vývojového cyklu bol prvý krát publikovaný SANIGOM & SCHÜTZOM (2002).

Cieľ práce je zameraný na popis a analýzu štruktúry mŕtveho dreva vo väzbe na vývojové štádium v dvoch produkčne odlišných častiach rezervácie.

3. CHARAKTERISTIKA OBJEKTU A METODIKA VÝSKUMU

NPR Kašivárová podľa v súčasnosti platného LHP má rozlohu 48,36 ha. Z toho pralesovitý charakter rezervácie je zastúpený plochou 24,21 ha. Menšia časť pralesovitej rezervácie označovaná ako Lesná – dielec 252 má výmeru 5,59 ha. Väčšia časť Kašivárová sa skladá z dielca 254 s výmerou 5,42 ha a dielca 255 zaberajúceho plochu 13,20 ha. Rezervácia sa nachádza v západnej časti Štiavnických vrchov na území lesného závodu Žarnovica. Kašivárová (dielec 255) má JZ expozíciu so sklonom 30–40 % a nadmorskou výškou 480–600 m. Lesná (dielec 252) má Z expozíciu a sklon 10–15 %. V Kašivárovej sa množstvo pôdneho skeletu pohybuje v hraniciach 35–85 % s priemerom 62 %, v Lesnej v intervale 10–20 % s priemerom 14 %. Pôdy Kašivárovej sa teda vyznačujú nižšou zásobou živín ako Lesnej. V Lesnej možno pôdu typologicky zatriediť ako modálny typologický subtyp a pôdu v Kašivárovej môžeme označiť ako rankrový (psefitický) subtyp kyslý s náznakmi ilimerizácie, t. j. presunu ílu do hlbších vrstiev pôdy. Odráža sa to v rozdielnej priemernej výške stromov, ktorá je o 6 m väčšia pri nižšom obsahu skeletu. Zaujímavosťou pôd je štvornásobná prevaha horčíka nad vápnikom v pôdnej jemnozemi. Táto prevaha podmienila vznik špeciálneho ílovitého minerálu vermikulitu, ktorý prispieva k vysokej úrodnosti pôd. Rozdiely v zrnitosti skladbe jemnozeme jednotlivých pôdných sond, na rozdiel od obsahu skeletu, sú malé v rámci celého územia NPR. Hodnota pH okolo 4,5 vo vodnej suspenzii zodpovedá skutočnosti, že pôdna jemnozem má svoj pôvod v odvápnenej sprašovej hline a v akrózovitom kremenci (MIHÁLIK *et al.* 1997).

Výskum nekromasy sa uskutočnil v časti Lesná (dielec 252) a časti Kašivárová (dielec 255). Oba dielce sú zaradené do mezotrofného radu B a skupiny lesných typov *Fageto-Quercetum*. V dielci 252 lesný typ 2312 zaberá 70 % a 2311 30 % plochy. V dielci 255 lesný typ 2311 zaberá 60 % a 2305 40 % plochy.

V roku 2005 sa v rezervácii založili 2 trvalé výskumné plochy (TVP). Prvá v časti Lesná o rozmere 100×200 m s výmerou 2 ha. Druhá v časti Kašivárová o výmere 3 ha s veľkosťou strán 150×200 m. TVP sa rozdelili na rastrové plochy (RP) o rozmere 50×50 m, ktoré sa zahustili sieťou tzv. čiastkových plôšok (ČP) o veľkosti $12,5 \times 12,5$ m. V ČP sa evidovali stojace i ležiace odumreté stromy alebo ich časti s nasledovnými minimálnymi parametrami: Stojace stromy výška ≥ 2 m a hrúbka v $d_{1,3} \geq 8$ cm. Ležiace stromy s dĺžkou ≥ 2 m a hrúbkou na hrubšom konci ≥ 20 cm. Nekromasa sa evidovala celým svojim objemom v ČP kde počas svojho života žila.

Objem odumretých ležiacich stromov bol vypočítaný podľa Huberovho vzorca (ŠMELKO 2000):

$$V = \frac{\pi}{4} d_{1/2}^2 l$$

kde: V – objem ležiaceho kmeňa, $d_{1/2}$ – hrúbka v $1/2$ dĺžky, l – dĺžka ležiaceho kmeňa.

Objem odumretých stojacich zlomených kmeňov sa vypočítal zo vzťahu:

$$D_{1/2} = \frac{d_{1,3}(h_v - 0,5h_{sk})}{(h_v - 1,3)} \Rightarrow V = \frac{\pi}{4} d_{1/2}^2 l$$

kde: $D_{1/2}$ – hrúbka stojaceho kmeňa v $1/2$ výšky, $d_{1,3}$ – hrúbka vo výške 1,3 m, h_v – vyrovnaná výška (výškový grafikon), h_{sk} – výška stojaceho kmeňa.

Objem hrubiny odumretých stojacich celých stromov sa vypočítal rovnako ako pri živých podľa lesníckych kubikovacích vzorcov (PETRÁŠ & PAJTIK 1991). Odumreté stojace aj ležiace stromy, alebo ich časti sa klasifikovali v štyroch stupňoch rozkladu (ALBRECHT 1990):

- 1) čerstvo odumreté stromy,
- 2) začínajúci rozklad: uvoľnená kôra, po použití sekery drevo ešte pevné, hniloba jadra do $1/3$ priemeru,
- 3) pokračujúci rozklad: bel' mäkká, jadro ešte miestami pevné pre sekeru, hniloba jadra je väčšia ako $1/3$ priemeru,
- 4) silná hniloba: drevo po celej hrúbke mäkké, hlavné znaky nie sú viditeľné.

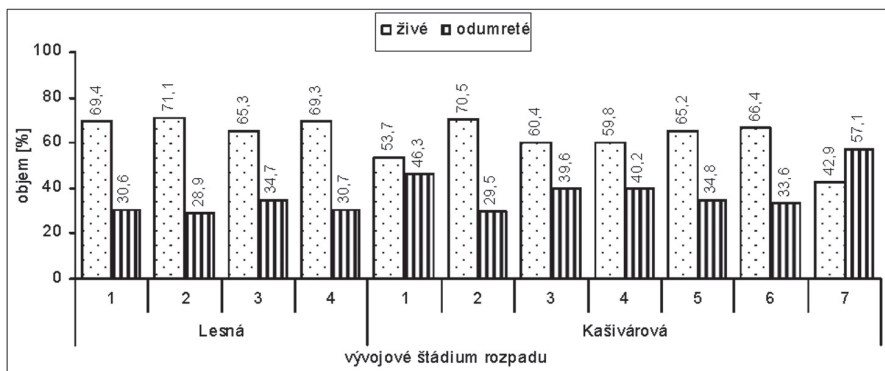
ČP sa na základe im prislúchajúcej celkovej štruktúry zatriedovali do 3 vývojových štádií životného cyklu pralesa v zmysle KORPELA (1989). Jednotlivé ČP štádia dorastania, optima, a rozpadu sa spojili do rovnako veľkých skupín za účelom zachovania jednotného prepočítavacieho koeficientu na hektár. ČP sa združovali do skupín v jednotlivých vývojových štádiách podľa číselného poradia. Pri vyhodnocovaní sa uvažovalo iba s objemom dubov hornej vrstvy resp. dubov z odchádzajúcej generácie, tak pri mŕtvom dreve ako aj živých stromoch.

4. VÝSLEDKY

Po združení ČP do skupín vznikla na 2 ha TVP Lesná 1 plocha v štádiu dorastania i optima a 4 plochy štádia rozpadu z ktorých sa spravil prepočet na hektárové zásoby. Na TVP Kašivárová s výmerou 3 ha vznikla 1 plocha štádia dorastania, 4 plochy štádia optima a 7 plôch štádia rozpadu.

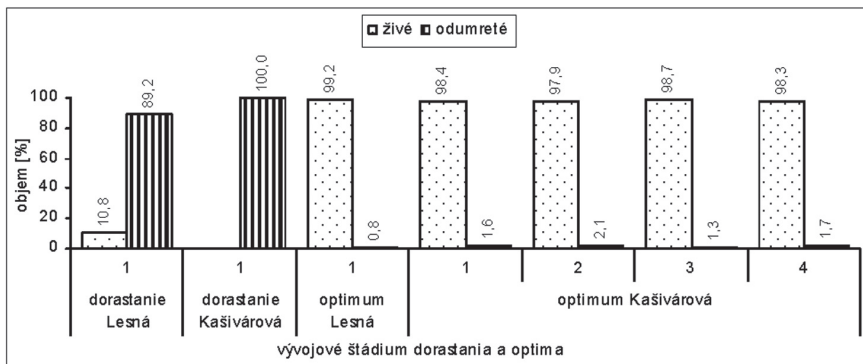
Informáciu o podiele objemu nekromasy a objemu živých stromov štádia rozpadu nám poskytuje obrázok 1. Z údajov zobrazených v ňom je možné konštatovať, že v Lesnej je priemerná hodnota (31,2 %) podielu nekromasy zo 4 plôch o 9 % nižšia ako zo 7 plôch v Kašivárovej (40,2 %). Priemerný vek hornej vrstvy (odchádzajúcej generácie) oboch dielcov 252 (Lesná) a 255 (Kašivárová) je takmer rovnaký podľa v súčasnosti platného LHP. Celkový podiel objemu hrubiny živých stromov hornej vrstvy v dielci 252 je pri dube 98,6 % a sprievodné dreviny sa na porastovom zápoji v príslušnej vrstve podieľajú 1,4 %. V dielci 255 je podiel objemu pri dube 97,2 % a sprievodné dreviny tvoria 2,8 % objemu hrubiny hornej vrstvy.

Ak predpokladáme, že v oboch častiach rezervácie rozklad mŕtveho dreva prebieha rovnako rýchlo, znamenalo by to kratšie trvajúci životný cyklus duba v Kašivárovej v porovnaní s Lesnou. I keď je predpoklad, že dekompozícia mŕtveho dreva v Lesnej prebieha pomalšie z dôvodu väčšej priemernej objemovosti. Obrázok 2 dokumentuje pomer objemu nekromasy k živým stromom štádia dorastania a optima. V dorastaní je výrazná prevaha objemu odumretého dreva nad objemom živých stromov, pričom v Kašivárovej je jeho podiel až 100 %. V optime má objem živých stromov v oboch prípadoch výraznú prevahu pre minimálny rozpad hornej vrstvy.



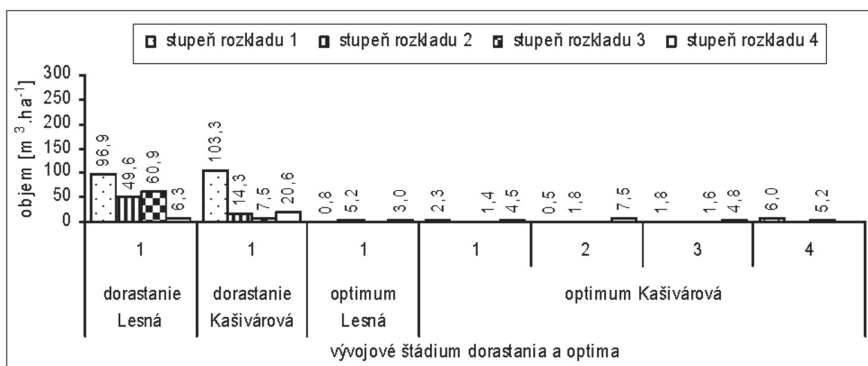
Obr. 1: Podiel objemu nekromasy a objemu živých stromov v štádiu rozpadu

Fig. 1: Rate of dead wood stock on growing stock of disintegration stage



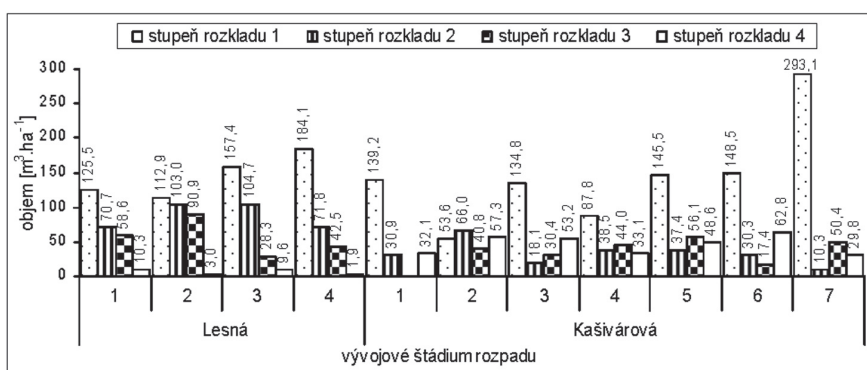
Obr. 2: Podiel objemu nekromasy a objemu živých stromov v štádiu dorastania a v štádiu optima
 Fig. 2: Rate of dead wood stock on growing stock of initial and optimal stage

Štruktúra mŕtveho dreva v jednotlivých stupňoch rozkladu štádia dorastania a optima je zobrazená v obrázku 3. Prvý stupeň rozkladu štádia dorastania má v oboch častiach rezervácie najväčšie zastúpenie, čo dokumentuje rýchlejšie odumretie väčšieho počtu stromov hornej vrstvy v krátkom časovom intervale. V Lesnej má druhý a tretí stupeň rozkladu nižšie hodnoty ako prvý, ale napriek tomu vysoké v porovnaní s Kašivárovou. Pri konštatovaní tohto poznatku je potrebné povedať, že priemerný objem hrubiny živých stromov odchádzajúcej generácie na celej TVP v Lesnej má hodnotu 5,6 m³ a v Kašivárovej len 2,5 m³. Ak vezmeme do úvahy že objem nekromasy sa s jej pribúdajúcim vekom znižuje, je štruktúra mŕtveho dreva v prvých troch stupňoch rozkladu v Lesnej ovplyvnená rovnomernejším odumretím stromov v porovnaní s Kašivárovou. Rozpad odchádzajúcej generácie predchádzajúceho vývojového cyklu prebehol v Kašivárovej masovejšie v nepravidelných cykloch s dlhším časovým intervalom ako v Lesnej, ak vezmeme do úvahy prvý a štvrtý stupeň rozkladu.



Obr. 3: Štruktúra nekromasy v štádiu dorastania a v štádiu optima
 Fig. 3: Structure of dead wood in initial and in optimal stage

Stav štruktúry mŕtveho dreva štádia rozpadu (obr.4) nám ilustruje zastúpenie stupňov rozkladu po jednotlivých plochách. Prvý stupeň má takmer na všetkých plochách s výnimkou plochy 2 v Kašivárovej najvyššie zastúpenie. Jeho hodnoty v oboch častiach rezervácie sa pohybujú od 53,6 m³.ha⁻¹ plocha 2 až po 293,1 m³.ha⁻¹ na ploche 7 v Kašivárovej. Najnižší celkový objem mŕtveho dreva sa zistil 202,2 m³.ha⁻¹ na ploche 1 a najvyšší 383,6 m³.ha⁻¹ na ploche 7, obe hodnoty boli zistené v Kašivárovej. Priemerná hodnota celkového množstva nekromasy zo 4 plôch Lesnej je 293,8 m³.ha⁻¹ a zo 7 plôch Kašivárovej je 255,7 m³.ha⁻¹. Ak vylúčime extrémnu hodnotu z plochy 7 priemerná hodnota klesne na 234,4 m³.ha⁻¹. Urýchlený rozpad na ploche 7 zapríčinil silný nápor vetra z novembra 2004.

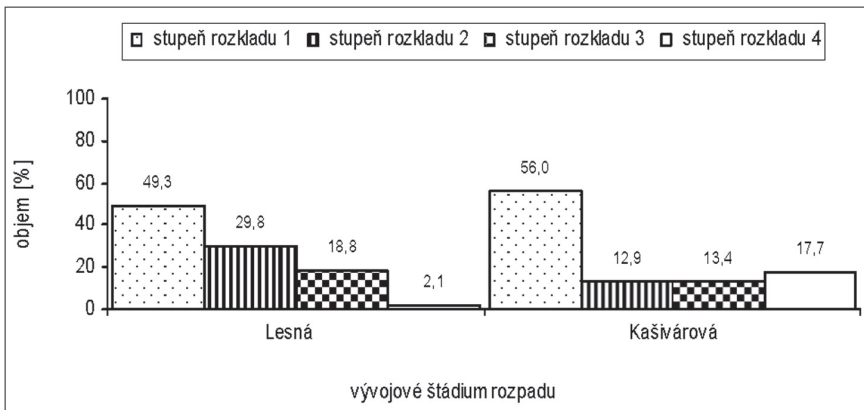


Obr. 4: Štruktúra nekromasy štádia rozpadu

Fig. 4: Structure of dead wood in disintegration stage

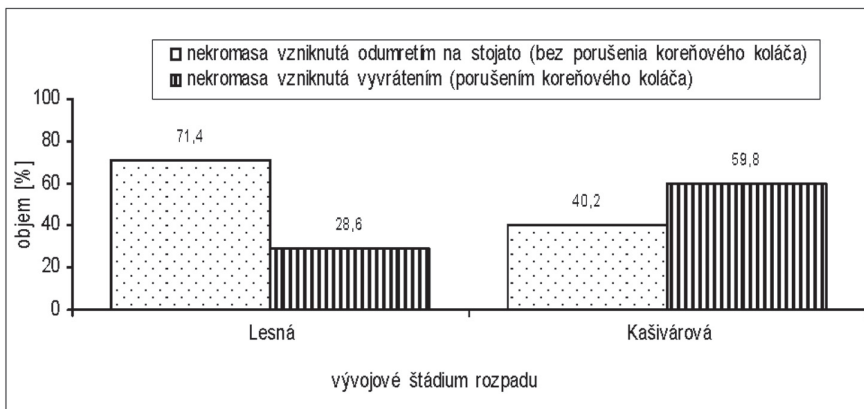
Priemerné hodnoty objemu štruktúry nekromasy štádia rozpadu v relatívnom vyjadrení (obr. 5) potvrdili konštatovania zo štádia dorastania (obr. 3) o vyváženejšom náraste objemu nekromasy v Lesnej z pohľadu kratších časových období. V Kašivárovej odumieranie stromov prebieha nepravidelne vo väčších množstvách s dlhším časovým intervalom.

Ak porovnáme štruktúru nekromasy prvého stupňa rozkladu podľa spôsobu jej vzniku (obr. 6) zistenú na všetkých plochách štádia rozpadu v oboch častiach rezervácie môžeme konštatovať rozdiel akým vznikla. V Lesnej, kde sú úrodnejšie a hlbšie pôdy s menším obsahom skeletu, až 71,4 % objemu nekromasy prvého stupňa rozkladu vzniklo na stojato (bez porušenia koreňového koláča) a len 28,6 % vzniklo vyvrátením (porušením koreňového koláča). V Kašivárovej na pôdach s nižším obsahom živín a vyšším obsahom skeletu 40,2 % objemu nekromasy prvého stupňa rozkladu vzniklo bez porušenia koreňového koláča a v 59,8 % príčinou jej vzniku bolo porušenie koreňového koláča.



Obr. 5: Štruktúra nekromasy štádia rozpadu (priemer za všetky plochy)

Fig. 5: Structure of dead wood in disintegration stage (average of all plots)



Obr. 6: Pomer nekromasy prvého stupňa rozkladu podľa spôsobu vzniku (priemer za všetky plochy)

Fig. 6: Structure of dead wood in the first degree of decay according to way of creation (average of all plots)

5. DISKUSIA A ZÁVER

Dlhodobejšie údaje o množstve a štruktúre mŕtveho dreva v NPR Kašivárová (dielec 255) nie sú, keďže jeho evidencia na TVP založených v roku 1966 a 1969 prof. Korpeľom začala až v roku 2001. Údaje SANIGU (2005) o množstve mŕtveho dreva z roku 2001 dokumentujú takéto zásoby: štádium dorastania $340,5 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, štádium optima $253,5 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, štádium rozpadu $129,7 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Objem štádia optima je v porovnaní s nami nameraným objemom príliš vysoký. Rozdiel spočíva jednak vo veľkosti plôch, ktorých štruktúra je východiskom pre zaradenie do vývojového štádia. Plocha založená

prof. Korpeľom má veľkosť 0,5 hektára, čo zvyšuje predpoklad, že určitá časť porastovej štruktúry v roku 2001 už zodpovedala kritériám štádia rozpadu. Druhý rozdiel spočíva v tom, že ak podiel nekromasy z odchádzajúcej generácie bol väčší ako 10 % objemu hrubiny živých stromov tej istej generácie, nami posudzovaná plocha bola zatriedená už do štádia rozpadu. Pričom prof. Korpeľ nevychádzal z objektívne stanovených kritérií.

O podiele objemu mŕtveho dreva k objemu živých stromov v rokoch 1974–1994 v dubovom pralesi NPR Boky sa zaoberal SANIGA & JALOVIAK (2002). Z ich zistení vyplýva, že v štádiu rozpadu sa podiel nekromasy na celkovej zásobe pohyboval v rozpätí od 9,1 %–19,8 %. Objem mŕtveho dreva sa v tomto štádiu zistil od 33,9 do 84,6 m³.ha⁻¹. Čo sú podstatne nižšie hodnoty ako v NPR Kašivárová. Tento poznatok poukázal, že v NPR Kašivárová odumieranie odchádzajúcej generácie stromov prebieha rýchlejšie s kratším časovým úsekom.

Väčší nárast objemu nekromasy za približne rovnaký časový úsek v štádiu rozpadu sa zistil v Kašivárovej. To znamená, že veľkoplošnejší rozpad v Kašivárovej sa prejavil vo väčšom rozsahu, na väčších plošných rámcoch a prebieha masovejšie v cykloch s nepravidelným časovým intervalom v porovnaní s Lesnou. V Lesnej prevažuje jednotlivé (rozptýlené) odumieranie. V Kašivárovej sa abiotický činiteľ (vietor) podieľal na rozpade stromov hornej vrstvy viac ako v Lesnej. Toto zistenie potvrdilo aj menšie variačné rozpätie nekromasy v Lesnej (44,7 m³.ha⁻¹) a väčšie v Kašivárovej (181,4 m³.ha⁻¹). Pri analýze prvého stupňa rozkladu sa zistilo, že až 71 % objemu nekromasy v Lesnej vzniklo odumretím na stojato (bez porušenia koreňového koláča), pričom v Kašivárovej to bolo len 40 %.

Práca vznikla s finančnou podporou grantu VEGA GL 1/3516/06.

Literatúra

- ALBRECHT, L., 1990: Grundlagen, Ziele und Methodik der waldökologischen Forschung in Naturwaldreservaten. Naturwaldreservate in Bayern. Schriftenreihe des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten gemeinsam mit dem Lehrstuhl für Landschaftstechnik, Band 1, München, 221 s. und Anhang.
- ALBRECHT, L., 1991: Die Bedeutung des toten Holzes im Wald. Forstwiss. Cbl., **110**: 106–113.
- AMMER, U., 1991: Konsequenzen aus den Ergebnissen der Totholzforchung für die forstliche Praxis. Forstwiss. Cbl., **114**: 107–125.
- DETSCH, R., KÖLBEL, M., SCHULZ, U., 1994: Totholz – vielseitiger Lebensraum in naturnahen Wäldern. AFZ, **49** (11): 586–591.
- DOHNDORF, J., 2004: Totholzinventur in zwei slowakischen Buchen-Urwaldreservaten, Diplomarbeit, Göttingen, 59 s.
- ERDMANN, M., WILKE, H., 1997: Quantitative und qualitative Totholzerfassung in Buchenwirtschaftswäldern. Forstwiss. Cbl., **111**: 16–28.
- GUTOWSKI J.M., BOBIEC, A., PAWLACZYK, P., ZUB, K., 2004: Drugie zycie drzewa. Warszawa-Hajnowka WWF Polska :30–100.
- KORPEĽ, Š., 1989: Pralesy Slovenska, Veda, Bratislava, 328 s.
- KORPEĽ, Š., 1995a: Mŕtve drevo v prírodných lesoch vo vzťahu k ochrane prírody. Natural Tutela **3**: 125–145.
- KORPEĽ, Š., 1995b: Die Urwälder der Westkarpaten. Stuttgart, Fischer: 310 s.
- KORPEĽ, Š., SANIGA, M., 1995: Príroda blízke pestovanie lesa, Ústav pre výskum a vzdelávanie pracovníkov LVH, Zvolen, 158 s.

- KÖHLER, F., 1990: Anmerkungen zur ökologischen Bedeutung des Alt- und Totholzes in Naturwaldzellen. In: Naturschutzzentrum Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Ökologische Bedeutung von Alt- und Totholz in Wald und Feldflur. Seminarbericht. H. 1: 14–18.
- MEYER, P., 1999: Totholzuntersuchungen in nordwestdeutschen Naturwäldern Methodik und erste Ergebnisse. Forstwiss. Cbl., **118**: 167–180.
- MIHÁLIK, A., BUBLINEC, E., GREGOR, J., 1997: Pôdne pomery a ich vzťahy k dubovému porastu v prírodnej rezervácii Kašivárová. Lesn. Čas.: Forestry Journal, **43** (1): 1–10.
- MÜLLER-USING, S., BARTSCH, N., 2003: Totholzdynamik eines Buchenbestandes (*Fagus sylvatica* L.) im Soling: Nachlieferung, Ursache und Zersetzung des Totholzes, Allgemeine Forst und Jagdzeitung **174** (7): 122–130.
- OTTO, H. J., 1994: Waldökologie. E. Ulmer Verlag, Stuttgart, 391 s.
- PETRÁŠ, R., PAJTÍK, J., 1991: Sústava česko-slovenských objemových tabuliek drevín. Lesnícky časopis **37**(1):49–56.
- RÖHRIG, E., 1991: Totholz im Wald. Forstl. Umsch., **34**: 259–270.
- SANIGA, M., 2001: Dynamika zmeny podielu mŕtveho dreva v smrekovom pralese v rámci jeho vývojového cyklu, *Acta Facultatis Forestalis* **43**: 295–308.
- SANIGA, M., 2005: Štruktúra a regeneračné procesy dubového pralesa v NPR Kašivárová. Ochrana prírody **24**:21–33.
- SANIGA, M., SCHÜTZ, J. PH., 2001a: Dynamik des Totholzes in zwei gemischten Urwäldern der Westkarpaten im pflanzengeographischen Bereich der Tannen-Buchen – und der Buchenwälder in verschiedenen Entwicklungsstadien. Schweiz. Z. Forstwes., **152** (10): 407–416.
- SANIGA, M., SCHÜTZ, J. PH., 2001b: Dynamic of changes in dead wood share in selected beech virgin forest in Slovakia within their development cycle. J. For.Sci., **47** (12): 557–565.
- SANIGA, M., SCHÜTZ, J. PH., 2002: Relation of dead wood course within the development cycle of selected virgin forests in Slovakia. J. For. Sci., **48**(12):513–528.
- SANIGA, M., JALOVÍAR, P., 2002: Dynamik des Totholzanteils im Rahmen des Entwicklungszyklus in den ausgewählten Urwäldern der Slowakei. Vedecké štúdie, 2/2002/A, TU Zvolen, 49 s.
- SCHMITT, M., 1992: Buchen – Totholz als Lebensraum für xylobionte Käfer. Waldhygiene **19**: 97–191.
- SLÍŽIKOVÁ, M., PICHLER, V., GREGOR, J., JALOVÍAROVÁ, V., CAPULIAK, J., HOMOLÁK, M., 2006: Dynamika nekromasy v PR pod Dudášom, *Acta Facultatis Forestalis* **48**: 73–83.
- ŠMELKO, Š., 2000: Dendrometria, TU Zvolen, ISBN 80-228-0962-4: 399 s.
- UTSCHICK, H., 1991: Beziehungen zwischen Totholzreichtum und Vogelwelt in Wirtschaftswäldern. Fortswiss. Cbl., **110**: 135–148.
-

Adresa autorov:

Ing. Vladimír Klimaš
 Ing. Zuzana Parobeková
 Katedra pestovania lesa
 Lesnícka fakulta
 Technická univerzita vo Zvolene
 Masarykova 24
 960 53 Zvolen

e-mail: vladoklimas@gmail.com

The dead wood structure of the oak virgin forest in NNR Kašivárová

Summary

The paper deals with the description and analysis of dead wood structure on two production different sites in NNR Kašivárová. The research was conducted in parts “Lesná“ (stand 252) and “Kašivárová“ (stand 255) respectively. In both stands, the sessile oak (*Quercus petraea* Mattusch.) is the main forest stand constituent that determines the developmental cycle of virgin forest. The average share of dead wood from total growing stock in the breakdown stage in “Lesná“ (31.2%) is 9% lower compared with “Kašivárová“ (40.2%). This findings indicate faster increase of dead wood amount in “Kašivárová“ within the approximately same period. The faster dieback of the upper layer trees on larger areas in “Kašivárová“ is caused by the stronger impact of wind. In “Lesná“ a single-stem or slower, scattered dieback of trees prevails. The analysis of the dead wood in 1st decomposition degree in breakdown stage has shown almost 71% of dead wood amount in “Lesná“ has emerged due to the dieback without uprooting (i.e. from standing dead trees) while in “Kašivárová“ it was only 40%. In breakdown stage the amount of dead wood on particular plots varies from 265 m³.ha⁻¹ to 310 m³.ha⁻¹ in “Lesná“ and from 202 m³.ha⁻¹ to 384 m³.ha⁻¹ in “Kašivárová“.

DYNAMIKA ZMENY ŠTRUKTÚRY A REGENERAČNÝCH PROCESOV BUKOVÉHO VÝBERKOVÉHO LESA

Milan S A N I G A – Jaroslav V E N C U R I K

Saniga, M., Vencurik, J.: Dynamika zmeny štruktúry a regeneračných procesov bukového výberkového lesa. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, L, 2008, č. 2, s. 45–55.

V práci sa analyzujú vybrané znaky štruktúry bukového výberkového lesa v záverečnej fáze jeho prebudovy. Predmetom výskumu sú dve trvalé výskumné plochy (TVP) založené v dieľci 514 b na Vysokoškolskom lesnom podniku v skupine lesných typov *Fagetum pauper nst.* v roku 1995. V roku 1996 sa na plochách uskutočnil výberkový rub zameraný na reguláciu štruktúry a podporu regeneračných procesov. Merania na plochách sa uskutočnili v roku 1996 a v roku 2005. Predmetom výskumu sú dynamické zmeny hrúbkovej štruktúry, kruhovej základne, objemu hrubiny, stupňa zápoja a regeneračné procesy. Opatrný výber stromov z hornej vrstvy výberkového lesa ($65,2 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ TVP 1 resp. $51,25 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ TVP 2) spôsobil postupný presun jedincov ku cieľovej hrúbke 54 cm, no zabrzdil hrúbkový presun jedincov v jeho strednej vrstve. Regeneračné procesy prebiehajú plynule so známami porúch pokiaľ sa týka hlúčikového zmiešania buka. Pre zachovanie a stabilizáciu hlúčikov je potrebné odoberať jedince z hornej vrstvy, čo zabezpečí väčší prísun svetla na pôdu s cieľom zachovania väčšieho počtu jedincov následnej generácie buka a rýchlejšieho presunu jedincov v strednej vrstve bukového výberkového lesa.

Kľúčové slová: buk, porastová štruktúra, výberkový les, regeneračné procesy

1. ÚVOD A PROBLEMATIKA

Lesy Slovenska, ale aj lesy Európy, sa okrem už dlhodobejšieho ovplyvňovania imisiami dostávajú do novej ekologickej situácie, ktorá súvisí so zvyšujúcou sa koncentráciou skleníkových plynov, predovšetkým oxidu uhličitého a následným otepľovaním. Základným smerovaním (konceptiou) hospodárenia v bukových, resp. zmiešaných dubovo-bukových porastoch 3. a 4. lesného vegetačného stupňa by mal byť podrastový hospodársky spôsob, maloplošná forma. Táto forma spolu s prechodnými pestovnými koncepciami ako sú mozaikové porasty vytvára optimálne ekologické podmienky pre rast a formovanie kvalitných bukových porastov, pre kontinuitu striedania generácií v poraste, s plošnou a časovou diferenciáciou následného porastu. Nie menej dôležitou skutočnosťou je vysoká hodnotová produkcia takto obhospodarovaných porastov.

Druhou možnosťou v lesnom hospodárstve (zatiaľ málo využívanou) je výberkový hospodársky spôsob, výsledkom ktorého sú výberkové lesy. Optimálna skladba pre dosiahnutie a udržanie výberkovej štruktúry je drevinové zmiešanie smrek, jedľa a buk.

Pestovne dobre formovateľné sú tiež smrekovo-jedľové a smrekové výberkové lesy. Bukové výberkové lesy majú určité špecifikum. Vo výberkových lesoch je jednou z vlastností výberkového lesa hlavne stromovej formy nezávislý rast. Buk je drevina tvarovo veľmi premenlivá a pri voľnom postavení (medzernatom zápoji) má tendenciu rozrastať sa do šírky. Ak sú takéto podmienky vytvorené už v počiatočných fázach rastu, kedy koruna predstavuje vlastne budúci kmeň, dochádza ku kvalitovému znehodnoteniu buka. Príčina podľa SCHÜTZA (1992, 2001) spočíva v relatívne labilnej apikálnej dominancii vrcholových púčikov, ktorá vedie k početnej vidlicovitosti. Pre buk ako základnú drevinu výberkového lesa z pohľadu hodnotovej produkcie je potrebné dosiahnuť aspoň 10 m dlhý priamy, plnodrevný kmeň (BACHMANN 1990). Naše výskumy v bukových pralesoch v Havešovej, Rožku a vo Vihorlate ukazujú, že v pokročilom štádiu dorastania má uvedený prales skoro výberkovú štruktúru, pričom kvalita buka a jeho stabilita je dobrá. Predpokladom je taká konštelácia štruktúry starej generácie, že prirodzená obnova buka prebieha minimálne na úrovni plochy hlúčika (SANIGA 2002, 2003, 2007).

Podľa SCHÜTZA (1992), ktorý sa odvoláva na sledovania Schöffera, treba pre celý proces biologickej automatizácie (dynamická prirodzená obnova bez krízových fáz, výškový presun jedincov) vo výberkovom bukovom lese počítať s optimálnou zásobou do $250 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$.

V literatúre sú v Európe známe dva príklady bukových výberkových lesov, ktoré sú usmerňované dlhodobo podľa zásad výberkového hospodárstva. Ide o objekt Keula (DITTMAR 1990), kde autor popisuje dobrú dynamiku prirodzenej obnovy, pričom pre štruktúru bukového výberkového lesa zdôrazňuje výrazné predimenzovanie strednej vrstvy (skupiny mladiny rozmiestnené po celej ploche).

Výskumne a informačne je lepšie prepracovaný objekt Langula (GEROLD, BIEHL 1992), kde s ohľadom na produkčnú schopnosť stanovišťa, ktorá je daná hornou výškou výberkového lesa, autori stanovujú optimálnu zásobu. V práci uvažujú o troch produkčných typoch bukového výberkového lesa. Produkčný typ 1 má hornú výšku porastu nad 32 m, s optimálnou zásobou $300\text{--}360 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Produkčný typ 2 s hornou výškou 26–30 m má optimálnu zásobu $240\text{--}300 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, na chudobných stanovištiach produkčný typ 3 s hornou výškou pod 26 m sa počíta s optimálnou zásobou $180\text{--}240 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$.

Výsledky a rozborý v bukových porastoch, ktoré mali zásobu väčšiu ako $400 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ukázali pokles bežného ročného objemového prírastku a stagnáciu obnovy s odklonom od hlúčikovosti.

V bukových výberkových lesoch Keuly (DITTMAR 1990) sa dokonca zistila pri pokročení zásoby nad $400 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ postupná strata výberkovej štruktúry smerom k dvojvrstvovému porastom.

Naše doterajšie výskumy poukazujú, že optimálna zásoba na VŠLP by sa mala pohybovať medzi $320\text{--}340 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ s cieľovou hrúbkou 54–60 cm. Pri takto nastavenej modelovej zásobe prirodzená obnova buka nestráca charakter hlúčikovej štruktúry (SANIGA 1996). Podobné výsledky sa dosiahli pri posudzovaní štruktúry bukového výberkového lesa v Čergovských vrchoch v lokalite Podhradisko (SANIGA 1998). Prezentované výsledky predstavujú počiatočný stav bukových porastov v záverečnej fáze prebudovy na výberkový les.

Cieľom príspevku je prezentácia výsledkov bukového výberkového lesa s prímесou duba, týkajúca sa regulovania jeho štruktúry a následných regeneračných procesov po vykonaní výberkového rubu za obdobie 10 rokov.

2. MATERIÁL A METODIKA

Predmetom výskumu sú 2 trvalé výskumné plochy (TVP) o výmere 0,5 ha nachádzajúce sa v dieľci 514 b na VŠLP Zvolen. Pokiaľ sa jedná o fytocenologickú charakteristiku dieľca, patrí do prevládajúcej skupiny lesných typov (slt.) *Fagetum pauper nst.* Sklon porastu je 10–15 %, prevláda západná expozícia. V roku 1995 boli v dieľci založené TVP so zámerom prebudovy porastu na výberkový les. Dielec vznikol Gayerovým skupinovite clonným rubom. Pred týmto zámerom bol pestovne usmerňovaný akostnou úrovňovou prebierkou podľa Schädelina. Umiestnenie plôch bolo prispôbené drevinovej skladbe porastu. TVP 1 predstavuje skoro rovnorodý bukový porast. TVP 2 má drevinovú skladbu doplnenú o dub, ktorý má zastúpenie 12 %. V roku 1996 bol v dieľci a na TVP vykonaný výberkový rub. Na TVP 1 so silou 65,2 m³.ha⁻¹, na TVP 2 so silou 51,25 m³.ha⁻¹ so zámerom zachovať duby, ktoré sa nachádzali v hrúbkovom rozpätí 32–42 cm, s cieľom vystupňovať ich ekonomické zhodnotenie. Na TVP boli založené tranzekty 10 × 50 m, na ktorých sa v súradnicovom systéme x, y zmerali pozície všetkých stromov, s hrúbkou d_{1,3} väčšou ako 2 cm. Na nich boli merané nasledovné dendrometrické veličiny:

- vertikálny priemet koruny v systéme vektorov x₁–x₄ s presnosťou na 10 cm,
- hrúbka stromu s presnosťou na 1 mm,
- výška stromu (h) a výška nasadenia koruny (h_z) výškomerom s presnosťou na 0,5 m.

Pre zistenie regeneračných procesov sa využili 1 árové plochy tranzektu, kde sa zisťoval stav prirodzenej obnovy v nasledovných kategóriách:

1-ročné semenáčky, jedince 2-ročné, jedince 3-ročné, jedince s výškou 21–50 cm, 51–130 cm, jedince s výškou nad 131 cm do hrúbky d_{1,3} 2 cm.

Z porastového profilu sa počítal plošný zápoj porastu ako suma korunových projekcií stromov ku ploche tranzektu ako aj stupeň clonenia. Meranie bolo uskutočnené v roku 1996 a 2005.

3. VÝSLEDKY

Údaje o štruktúre bukového výberkového lesa so sporadickým výskytom duba reprezentuje TVP 1. Na základe odporúčaní z literatúry s prihliadnutím na produkčnú schopnosť stanovišťa sme nastavili model výberkového lesa na cieľovú hrúbku d_{1,3} 54 cm s optimálnou zásobou 269,65 m³.ha⁻¹ (tab. 1).

Výberkový rub vykonaný pred meraním v roku 1996 bol uskutočnený so silou 65,2 m³.ha⁻¹ a bol zameraný na odobratie stromov prevažne buka z hrúbkových tried 30–42 cm. Stav po jeho realizácii charakterizuje polygón hrúbkových početností (obr. 1). Nakoľko porast je v záverečnej fáze prebudovy na výberkový les a predtým bol výchovne formovaný akostnou úrovňovou prebierkou chýbajú stromy v hrúbkovom rozpätí 18–22 cm. Je to pochopiteľné nakoľko tento typ prebierky uvoľňuje a podporuje nositeľov hodnotovej

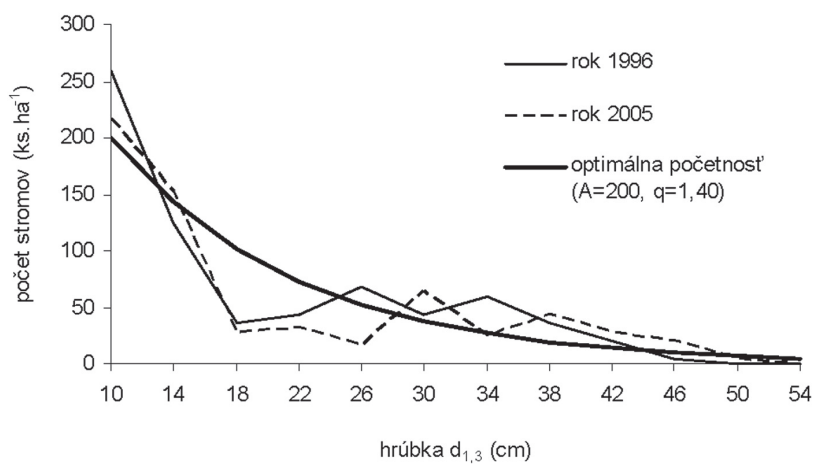
produkcie v maximálnom počte a podúroveň je udržiavaná ekologickými podmienkami, ktoré sú pri takejto štruktúre vytvorené. Pri výberkovom rube sme sa snažili zachovať stromy hrúbkovej kategórie 34–46 cm s cieľom dosiahnuť podľa možnosti čo najskôr cieľovú hrúbku. Zásoba porastu po realizácii rubu bola zhruba o $10 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ vyššia ako optimálna zásoba. Za obdobie 10 rokov narástla zásoba výberkového lesa na tejto ploche na $338,27 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, čo predstavuje 10-ročný celkový objemový prírastok $57,14 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (tab. 1). Hrúbková štruktúra porastu pokiaľ sa týka cieľovej hrúbky sa blíži ku stanovenému cieľu, no napriek tomu sa deficit stromov v hrúbkových triedach 18–26 cm nezmenšil, skôr sa rozdiel od modelu zväčšil. Rozbor štruktúry ukazuje, že v tejto fáze prebudovy ponechanie stromov, ktoré sú v najvyšších hrúbkových kategóriách s cieľom čo najskoršieho dosiahnutia cieľovej hrúbky nie je správne rozhodnutie. Zahustená horná vrstva výberkového lesa neprepúšťa dostatok svetla pre stromy strednej vrstvy, ktoré len pomaly reagujú svojim hrúbkovým prírastkom (obr. 2). Výberkový rub uskutočnený v roku 2007 bol vykonaný s uvedeným zámerom.

Tab. 1 Skutočná hrúbková početnosť, kruhová základňa a zásoba bukového výberkového lesa a model výberkového lesa na TVP 1

Tab. 1 Actual diameter frequency, basal area and standing volume of selection forest and a model of beech selection forest on PRP 1

hrúbkový stupeň $d_{1,3}$ ¹ (cm)	rok 1996 ²			rok 2005			optimálna početnosť ⁶ (A = 200, q = 1,40)		
	počet ³	zásoba ⁴	kruhová ⁵ základňa (m ²)	počet	zásoba	kruhová základňa (m ²)	počet	zásoba	kruhová základňa (m ²)
	(ks)	(m ³)	(m ²)	(ks)	(m ³)	(m ²)	(ks)	(m ³)	(m ²)
10	260	11,26	2,0420	216	12,42	1,6965	200	8,66	1,5708
14	124	13,02	1,9088	152	22,11	2,3399	143	15,02	2,2013
18	36	7,38	0,9161	28	7,73	0,7125	102	20,91	2,5956
22	44	15,49	1,6726	32	14,37	1,2164	73	25,70	2,7750
26	68	36,24	3,6103	16	10,64	0,8495	52	27,72	2,7608
30	44	33,66	3,1102	64	59,11	4,5239	37	28,31	2,6154
34	60	63,60	5,4475	24	29,40	2,1790	27	28,62	2,4514
38	36	52,92	4,0828	44	69,00	4,9901	19	27,93	2,1548
42	20	38,20	2,7709	28	54,66	3,8792	14	26,74	1,9396
46	4	9,36	0,6648	20	47,49	3,3238	10	23,40	1,6619
50	0	0,00	0,0000	4	11,33	0,7854	7	19,81	1,3744
54	0	0,00	0,0000	0	0,00	0,0000	5	16,85	1,1451
spolu	696	281,13	26,2260	628	338,27	26,4962	689	269,65	25,2462

¹diameter class, ²year, ³frequency, ⁴standing volume, ⁵basal area, ⁶model of selection forest



Obr. 1: Hrúbková štruktúra a navrhnutý model výberkového lesa na TVP 1

Fig. 1: Diameter structure and the model of selection forest on PRP 1



Obr. 2: Porastový profil bukového lesa v záverečnej fáze prebudovania (TVP 1)

Fig. 2: Stand profile of beech forest in final phase of conversion selection forest (PRP 1)

Podobná situácia je na TVP 2, kde podiel duba z počtu predstavuje 12 % (tab. 2, obr. 3). Na tejto TVP sa v roku 1995 odobrala zásoba na úrovni $51,25 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, pričom sa duby v hrúbkovom rozpätí 26–34 cm zachovali, s cieľom ich budúceho ekonomického využitia. Ostávajúca zásoba bola o $38 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ vyššia ako na TVP 1. Za obdobie 10 rokov stúpila zásoba na $371,58 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Tento zámer mal síce za následok hrúbkový presun jedincov do cieľovej hrúbky $d_{1,3}$ 54 cm, na druhej strane aj tu je zrejmy deficit a nízke využitie produkčného priestoru porastu v strednej vrstve (obr. 4). Pokiaľ hodnotíme hrúbkovú štruktúru, hrúbkové rozpätie od 18 do 26 cm je charakteristické podstatne menším počtom stromov ako je nastavená modelová početnosť. Ak hodnotíme kruhovú základňu na tejto TVP, možno konštatovať jej rovnakú hodnotu. Jej úbytok, resp. nárast v jednotlivých hrúbkových triedach spôsobil uvedenú situáciu.

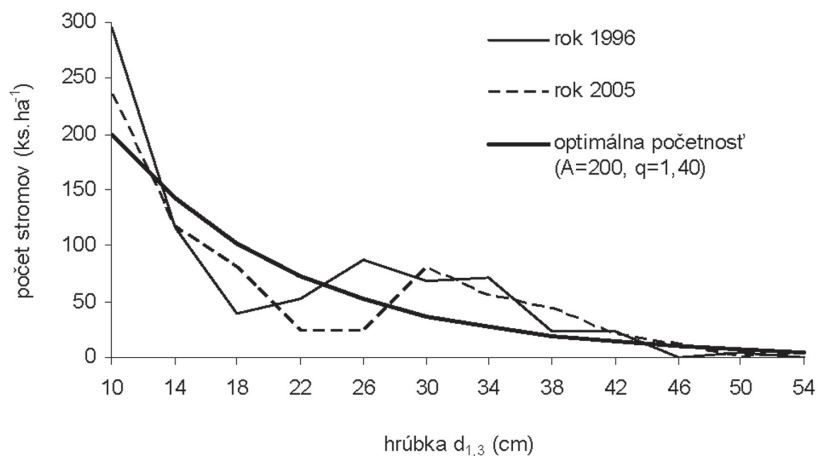
Rozbor situácie štruktúry a zásobovej úrovne bukového výberkového lesa na oboch TVP poukázal, že pre urýchlené vyplnenie deficitu stromov v strednej vrstve je potrebný silnejší zásah do jeho hornej vrstvy aj za cenu, že sa cieľová hrúbka dosiahne neskôr.

Tab. 2 Skutočná hrúbková početnosť, kruhová základňa a zásoba bukového výberkového lesa a model výberkového lesa na TVP 2

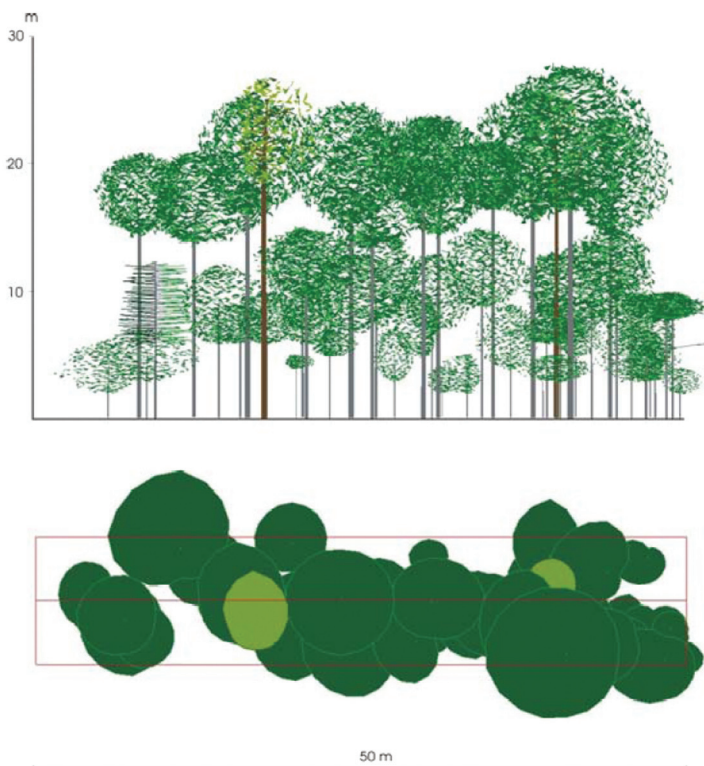
Tab. 2 Actual diameter frequency, basal area and standing volume of selection forest and a model of beech selection forest on PRP 2

hrúbkový stupeň $d_{1,3}$ ¹ (cm)	rok 1996 ²			rok 2005			optimálna početnosť ⁶ (A = 200, q = 1,40)		
	počet ³	zásoba ⁴	kruhovú ⁵ základňa (m ²)	počet	zásoba	kruhovú základňa (m ²)	počet	zásoba	kruhovú základňa (m ²)
	(ks)	(m ³)	(m ²)	(ks)	(m ³)	(m ²)	(ks)	(m ³)	(m ²)
10	296	12,82	2,3248	236	13,57	1,8535	200	8,66	1,5708
14	116	12,18	1,7857	116	16,88	1,7857	143	15,02	2,2013
18	40	8,20	1,0179	80	22,08	2,0358	102	20,91	2,5956
22	52	18,30	1,9767	24	10,78	0,9123	73	25,70	2,7750
26	88	46,90	4,6722	24	15,96	1,2742	52	27,72	2,7608
30	68	52,02	4,8066	80	73,89	5,6549	37	28,31	2,6154
34	72	76,32	6,5370	56	68,60	5,0844	27	28,62	2,4514
38	24	35,28	2,7219	44	69,00	4,9901	19	27,93	2,1548
42	24	45,84	3,3251	20	39,04	2,7709	14	26,74	1,9396
46	0	0,00	0,0000	12	28,50	1,9943	10	23,40	1,6619
50	4	11,32	0,7854	0	0,00	0,0000	7	19,81	1,3744
54	0	0,00	0,0000	4	13,29	0,9161	5	16,85	1,1451
spolu	784	319,18	29,9532	696	371,58	29,2721	689	269,65	25,2462

¹diameter class, ²year, ³frequency, ⁴standing volume, ⁵basal area, ⁶model of selection forest



Obr. 3 Hrubková štruktúra a navrhnutý model výberkového lesa na TVP 2
 Fig. 3 Diameter structure and the model of selection forest on PRP 2



Obr. 4 Porastový profil dubovo-bukového porastu v záverečnej fáze prebudovania na výberkový les (TVP 2)
 Fig. 4 Stand profile of oak-beech forest in final phase of conversion to selection forest (PRP 2)

Regeneračné procesy

Regeneračné procesy na oboch TVP sú charakterizované tabuľkou 3. Stav prirodzenej obnovy na TVP 1 v roku 1996 má znaky porúch presunov jedincov do vyšších vekových a výškových kategórií. Napriek pomerne vysokému počtu jednoročných semenáčikov buka, ktoré sa vyskytovali v hlúčikovom zmiešaní, do vyšších kategórií sa v prepočte na 1 ha presúval malý počet, sú to prakticky jednotlivé stromy. Po 10 rokoch sa situácia čiastočne zmenila. Buk má síce v kategórii 1-ročných semenáčikov najvyššie zastúpenie 1982 ks.ha⁻¹, jeho počty podstatne stúpili aj vo vyšších kategóriách, pričom sa jedná o zmiešanie v hlúčiku. Tento fakt je veľmi dôležitý z dôvodu labilnej apikálnej dominancie a budúcej kvality stromov. Napriek uvedenej skutočnosti je redukcia buka pri prechode do vyšších kategórií pomerne veľká v dôsledku vysokého stupňa zápoja, ktorý v roku 2005 dosiahol hodnotu 94 %. Pokiaľ hodnotíme obnovu duba, tá je v poraste pravidelná, no jednoročné jedince rýchlo v dôsledku nepriaznivých svetelných pomerov odumierajú.

Podobná situácia je na TVP 2. Pomery v presunoch jedincov do vyšších kategórií sa potvrdili aj v tejto štruktúre výbekového lesa. Napriek nižšiemu celkovému počtu jedincov prirodzenej obnovy 3785 ks.ha⁻¹ do vyšších kategórií prechádza veľmi nízky počet jedincov. Rok merania 2005 potvrdil, že regeneračné procesy buka sú pomerne plynulé, no presun jedincov v hlúčikovej forme zmiešania prebieha s poruchami. Dôvodom podobne ako na TVP 1 je vysoký stupeň zápoja, ktorý na tejto ploche dosahuje hodnotu 91 % (obr. 4). Pre zachovanie a stabilizáciu hlúčikov je potrebné odoberať jedince z hornej vrstvy, čo zabezpečí väčší prisun svetla na pôdu s cieľom zachovania väčšieho počtu jedincov následnej generácie buka.

Tab. 3 Štruktúra prirodzenej obnovy podľa drevín na TVP 1 a TVP 2 (ks.ha⁻¹)

Tab. 3 Structure of natural regeneration according to tree species on PRP 1 and PRP 2 (sp.ha⁻¹)

TVPI	drevina ²	kategória ¹							spolu ⁶
		1 ročne	2 ročne	3 ročne	21–50 cm	51–80 cm	81–130 cm	131 do 200 cm d _{1,3}	
	rok 1996 ⁵								
	buk ³	7836	–	–	66	133	66	100	8201
	dub ⁴	988	–	–	–	–	–	–	988
	rok 2005								
	buk	1982	480	–	664	830	1623	697	6276
	dub	120	–	–	–	–	–	–	120

Tab. 3 Pokračovanie

Tab. 3 Continued

TVP II	drevina ²	kategória ¹							spolu ⁶
		rok 1996							
	1 ročné	2 ročné	3 ročné	21–50 cm	51–80 cm	81–130 cm	131–200 cm d _{1,3}	spolu ⁶	
	buk	–	2623	–	349	415	232	166	3785
	dub	598	–	–	–	–	–	–	598
	rok 2005								
	buk	1179	365	–	913	1394	813	365	5029
dub	465	–	–	–	–	–	–	465	

¹category, ²tree species, ³beech, ⁴oak, ⁵year, ⁶total

4. DISKUSIA A ZÁVER

Prebudova a formovanie štruktúry bukového výberkového lesa je komplikované a vyžaduje zváženie viac poznatkov ako pri ihličnatých drevinách. Jedným z vážnych faktorov je jeho veľká tvarová premenlivosť a s tým súvisiaca budúca kvalita. Na labilnú apikálnu dominanciu listnatých drevín hlavne buka poukázal už SCHÜTZ (1992), kde autor na základe analýzy bukových výberkových lesov Keuly a Lauguly konštatuje, že jedine nízka optimálna zásoba do $240 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ umožňuje dosahovanie pravidelných hlúčikov buka v jednotlivých vývojových fázach výberkového lesa. Dosiahnutie kvality kmeňa buka vo výberkovom lese, ktorá bude porovnateľná s kvalitou v podrastovom hospodárskom spôsobe je možné len cez jeho prirodzenú obnovu v hlúčikoch. Napriek vysokej tolerancii buka na svetlo podmienky pre jeho vyklíčenie, prežitie a odrastanie v našich výskumných plochách vyžadujú väčšie uvoľnenie korunového priestoru, hlavne hornej vrstvy výberkového lesa. V oboch prípadoch (TVP 1 a TVP 2) horná vrstva výberkového lesa je preplnená. To má za následok nedostatočný počet a presun jedincov do vyšších výškových kategórií. Proces autoredukcie buka je veľký, čo spôsobuje následnú stratu jeho hlúčikového zmiešania. Podobné výsledky boli zistené na porovnateľných skusných plochách susedného porastu (SANIGA 1996), kde sa uvažuje s cieľovou hrúbkou v bukovom výberkovom lese 58 cm a optimálnou zásobou $322 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Výsledky z 10 ročného sledovania rastových a regeneračných procesov výberkového lesa, ktorý je v záverečnej fáze prebudovy evokujú vysloviť záver:

- S prímесou duba v hornej vrstve je potrebné sa vysporiadať na začiatku prebudovy. Zámer jeho ponechania s cieľom dosiahnuť jeho vyššiu kvalitu a následnú hodnotovú produkciu vedie ku poruchám hlúčikovitosti obnovy buka.
- V prípade rovnorodého bukového porastu riešenie tejto úlohy cez negatívny výber buka v hornej vrstve predstavuje riziko straty kostry hornej vrstvy výberkového lesa.

- V prípade homogénnej hornej vrstvy tvorenej bukom je potrebná väčšia sila zásahu s cieľom urýchliť dynamiku regeneračných procesov a hrúbkových presunov jedincov v strednej vrstve výberkového lesa.

Práca vznikla s podporou grantu VEGA 1/3516/06.

Literatúra

- BACHMANN, R., P., 1990: Produktionssteigerung im Wald durch vermehrte Berücksichtigung des Wertzuwaches. Beitr. EIDE. Forst. Anst. Wald Schnee Landschf., Nr. 327, 73 s.
- DITTMAR, O., 1990: Untersuchungen im Buchen – Plenterwald Keula. Forst und Holz. 45 (15): 41–43.
- GEROLD, D., BIEHL, R., 1992: Vergleich zwischen Buchenplenterwald und Buchenbetriebsklasse. Allg. Forstzeitschrift, 147 (2): 91–94.
- SANIGA, M., 1996: Štruktúra zmiešaného lesa s prevahou buka v prebudovaní na výberkový les. Forestry Journal 42 (2): 113–123.
- SANIGA, M., 1998: Optimalizácia štruktúry a regeneračných procesov bukového výberkového lesa. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, XL: 17–28.
- SANIGA, M., 2002: Štruktúra, produkčné pomery a regeneračné procesy bukového pralesa Rožok. Ochrana prírody, 21: 207–218.
- SANIGA, M., 2003: Štruktúra, produkčné pomery a regeneračné procesy bukového pralesa Havešová. Ochrana prírody, 22: 179–190.
- SANIGA, M., 2007: Vybrané znaky štruktúry a regeneračné procesy bukového pralesa v NPR Kyjov. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, XXLVIII: 78–88.
- SCHÜTZ, J., PH., 1992: Die waldbauliche Formen und Grenzen der Plenterung mit Laubbaumarten. Schweiz. Z. Forstwes., 143: 442–460.
- SCHÜTZ, J., PH., 2001: Plenterwald und weitere formen strukturierter und gemischter Wälder. Parey, Berlin, 209 s.
-

Adresa autorov:

Prof. Ing. Milan Saniga, DrSc.
Ing. Jaroslav Vencurik, PhD.
Katedra pestovania lesa
Lesnícka fakulta
T. G. Masaryka 24
96053 Zvolen

e mail: saniga@vsld.tuzvo.sk

Structure dynamics and regeneration processes of beech selection forest

Summary

The paper deals with selected structure characteristics of beech forest in final phase of conversion to selection forest. The objects of investigation are two permanent research plots (PRP) in compartment 514 b at University Forest Enterprise in Zvolen. On PRP 1 a selection cut of $65.2 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ and on PRP 2 a selection cut of $51.25 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ were carried out in 1996, both focused on the improving of dbh structure and regeneration processes of selection forest. The selection forest model is characterized by the target dbh of 54 cm and optimal growing stock of $270 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (Fig. 1 and 3). The results after 10 years confirmed the achievement of the target dbh by some stems, but on the other hand the stems in the middle layer of selection forest are missing (dbh classes 18–26 cm). The dynamics of regeneration processes is due to the selection cut better, nevertheless some minor disturbances in the shift into higher height categories are visible (Tab. 3). For the improving of the structure a higher intensity of the cut in the upper layer of the selection forest is needed, even at the price of harvesting the stems near the target dbh.

Translated by S. Kuchel

ANALÝZA ŠTRUKTÚRY VO VYSOKOHORSKOM OCHRANNOM LESE NÍZKYCH TATIER

Stanislav K U C B E L – Jaroslav V E N C U R I K – Peter J A L O V I A R
– Patrik K U R I Š

Kuchel, S., Vencurik, J., Jaloviar, P., Kuriš, P.: Analýza štruktúry vo vysokohorskom ochrannom lese Nízkyh Tatier. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, L, 2008, č. 2, s. 57–65.

Práca sa zaoberá problematikou popisu štruktúry vysokohorských smrekových lesov. Objektom výskumu bol vysokohorský les na lokalite Prašivá v Nízkych Tatrách. V poraste bolo založených 16 kruhových trvalých výskumných plôch (TVP) s veľkosťou 400 m² v sieti 80 × 80 m. Pre každú TVP boli kvantifikované hodnoty základných porastových veličín ako aj viacerých štruktúrnych indexov a boli analyzované ich vzájomné vzťahy. Výsledky potvrdili prevahu homogénnych jednovrstvových štruktúr (50 %) v plošnom zastúpení. Väzba štruktúrnych typov na nadmorskú výšku poukázala na výskyt stabilnejších štruktúr vo vyšších nadmorských výškach. Zároveň bola potvrdená kľúčová úloha prítomnosti dolnej vrstvy pre diferenciáciu štruktúry.

Kľúčové slová: vysokohorský les, štruktúra porastu, smrek, indexy štruktúry

1. ÚVOD A PROBLEMATIKA

Lesy smrekového vegetačného stupňa, ktoré sa nachádzajú na hornej hranici rozšírenia stromovej vegetácie v našich najvyšších pohoriach, majú jedinečný a nezastupiteľný význam pri plnení ekologických a environmentálnych funkcií (pôdoochranná, vodohospodárska, protilávínová, prírodoochranná, rekreačná, estetická a pod.). Pretože v minulých storočiach bola väčšina týchto lesov vystavená antropickému tlaku, ich súčasný stav nie je celkom priaznivý. Na veľkej časti z nich sa nachádzajú štruktúrne zmenené lesné porasty, v ktorých môže v dôsledku pôsobenia abiotických a biotických škodlivých činiteľov dôjsť ku kalamitnému rozpadu a následnému obmedzeniu ich funkčnej účinnosti.

Poslaním lesov s prevládajúcimi ekologickými a environmentálnymi funkciami je predovšetkým plnenie ochranných funkcií a špecifických spoločenských potrieb, ktorým by sa mal podriaďovať aj spôsob ich obhospodarovania. Podľa GREGUŠA (1989) plnia tieto lesy všetky požadované funkcie v takom stave, ktorý zodpovedá stavu antropicky neovplyvnených lesov. Cieľom hospodárenia v nich by preto mala byť obnova a zachovanie trvalej existencie lesa, s funkčne účinnou porastovou štruktúrou prírodného až pralesového charakteru, so zachovanými autoregulačnými schopnosťami a s dobrým zdravotným

stavom. Obnova, resp. zlepšovanie autoregulačných schopností lesov má okrem iného aj značný ekonomický význam, pretože v lesoch prírodného až pralesového charakteru možno zásahy hospodára znížiť na minimum a docieľiť tak veľmi efektívne poskytovanie verejnoprospešných úžitkov.

Lesné porasty so zásadne zmenenou druhovou, vekovou a priestorovou štruktúrou, ktoré vznikli spravidla umelou obnovou alebo rozpadávajúce sa a rozpadnuté lesy bez prirodzeného zmladenia nie je možné ponechávať na samovývoj. Požadovanú funkčnosť možno zabezpečiť len prostredníctvom rekonštrukčných hospodárskych opatrení s následným vytváraním žiadúcej diferencovanej štruktúry. V prírodných a prirodzených lesoch s čiastočne zmenenou štruktúrou (ZLATNÍK 1976), treba v prípade potreby vykonávať len nevyhnutné korekčné opatrenia na usmernenie ich vývoja k cieľovému stavu.

Aby bolo možné takýto postup aj prakticky realizovať, je treba zadefinovať cieľovú štruktúru vysokohorského smrekového lesa a zistiť skutočnú situáciu a stav v akom sa porasty nachádzajú. Za účelom kvantifikácie rôzneho stupňa priblíženia sa k cieľovej štruktúre by bolo vhodné vytvoriť typy štruktúr prirodzene sa vyskytujúcich vo vysokohorskom lese a zistiť ich relatívny plošný podiel. Jednu z prvých klasifikácií štruktúr vysokohorských smrekových lesov navrhol vo svojej práci BÜRKE (1981). Vo vysokohorských lesoch rozlišoval tri typy štruktúr – maloplošne vrstvitú (typ 1), skupinove vrstvitú (typ 2) a jednovrstvovú (typ 3). Základnými kritériami typizácie boli horizontálne rozmiestnenie stromov v poraste a vertikálna štruktúra. Podrobnú klasifikáciu štruktúr vytvoril BEBI (2000) pre ktorého bolo základom plošné zastúpenie jednotlivých výškových vrstiev v poraste. Pre vysokohorské smrekové lesy definoval na základe terestrického merania 22 typov štruktúr rozdelených do 6 skupín, z ktorých každá bola jednoznačne charakterizovaná súborom znakov. Obidve klasifikácie fungovali na princípe subjektívne určených rozhodovacích kritérií. V predloženej práci sme sa pokúsili o reprezentatívny popis štruktúry vysokohorského lesa, vrátane jej variability a objektivizáciu pri vytváraní štruktúrnych typov s pomocou viacrozmerných štatistických metód.

2. MATERIÁL A METODIKA

Objektom výskumu bol vysokohorský smrekový les v dielci 545c na LHC Liptovská Osada. Porast sa nachádza na západnom svahu Prašivej v Nízkych Tatrách, v nadmorskej výške 1160–1480 m n. m. Patrí medzi ochranné lesy subkategórie b., výmera je 24,2 ha, priemerný sklon 70 % a expozícia západná až severozápadná. Typologicky je dominantnou skupina lesných typov (slt.) *Sorbetto-Piceetum* (60 %, lesný typ 7103), okrem nej sú zastúpené aj slt. *Fagetum abietino-piceosum* (30 %, lesný typ 6102) a slt. *Mughetum acidophilum* (10 %, lesný typ 8102). Vek porastu podľa údajov LHP je 180 rokov a zakmenenie 0,7. V drevinovom zložení sa okrem smreka (100 %) nachádza ojedinele jarabina a kosodrevina.

V poraste bolo založených 16 trvalých výskumných plôch (TVP) v sieti 80 × 80 m. TVP boli rovnomerne zastúpené v štyroch výškových zónach: 1200–1250 m (TVP 1, 2, 3, 6), 1250–1300 m (TVP 4, 5, 13, 14), 1300–1350 m (TVP 7, 8, 9, 15) a 1350–1400 m n. m.

(TVP 10, 11, 12, 16). Plochy mali kruhový tvar s polomerom 11,3 m (t. j. výmera 400 m²). Stred každej plochy bol v teréne stabilizovaný a označený číslom. Na jednotlivých TVP boli označené a evidované všetky stromy s výškou nad 130 cm.

Pre každého jedinca bol zisťovaný nasledovný súbor znakov nevyhnutných pre komplexný popis štruktúry porastu: druh dreviny, hrúbka $d_{1,3}$ (cm, presnosť 1 mm), výška (m, presnosť 0,1 m), výška nasadenia koruny (m, presnosť 0,1 m), parametre priemetu koruny – štyri rozmery v dvoch na seba kolmých smeroch (m, presnosť 0,1 m), poloha jedinca – azimut a vzdialenosť od stredu TVP v polárnej súradnicovej sústave (m, presnosť 0,1 m). Pre odumreté stojace jedince sa zisťovali: druh dreviny, hrúbka $d_{1,3}$ (cm, presnosť 1 mm), výška (m, presnosť 0,1 m), poloha jedinca – azimut a vzdialenosť od stredu TVP v polárnej súradnicovej sústave (m, presnosť 0,1 m). Odumreté ležiace jedince boli evidované od hrúbky 7 cm na tenšom konci a pre každého bola zistená dĺžka (m, presnosť 0,1 m), hrúbka v $\frac{1}{2}$ dĺžky (cm, presnosť 1 mm) a stupeň rozkladu podľa KORPELA (1989). Pre výpočet objemu ležaniny bol použitý Huberov vzorec.

Všetky živé jedince boli zatriedené do výškových vrstiev odvodených na základe hornej výšky (h_{dom}). Za hornú výšku bola zvolená výška $h_{20\%}$ (priemerná výška 20 % najhrubších stromov), ktorá bola vypočítaná z TVP nachádzajúcich sa v rovnakej výškovej zóne. Jedince s výškou nad 130 cm boli do vrstiev zatriedené nasledovne: horná vrstva – jedince s výškou nad $\frac{2}{3} h_{dom}$, stredná vrstva – jedince s výškou od $\frac{1}{3} h_{dom}$ do $\frac{2}{3} h_{dom}$, dolná vrstva – jedince s výškou do $\frac{1}{3} h_{dom}$. Na výpočet zásoby boli použité rovnice objemových tabuliek (PETRÁŠ, PAJTIK 1991) pre jednotlivý objem kmeňa s kôrou. Objemy korún boli vypočítané podľa PRETZSCHA (2002). Hodnota plošného zápoja bola kvantifikovaná ako podiel sumy plôch korunových projekcií a plochy TVP. Zápoj na každej TVP bol zistený na základe vizualizácie clonenej plochy pomocou softwaru WIN SVS. Využitie disponibilného priestoru sa vypočítalo ako podiel sumy objemov korún a objemu rastového priestoru ohraničeného pôdorysom TVP a hornou výškou porastu.

Pre charakteristiku štruktúry porastov na jednotlivých TVP boli okrem kvantifikácie základných dendrometrických veličín využité aj štruktúrne indexy – index agregácie (CLARK, EVANS 1954), Giniho koeficient pre vertikálnu štruktúru (LATHAM *et al.* 1998) a koeficient homogenity (CAMINO 1967). Ich podrobný popis a možnosti využitia pre charakteristiku porastových štruktúr sú publikované v práci KUCBEL (2006).

Základné štruktúrne charakteristiky a ich vzájomné vzťahy boli analyzované v programe STATISTICA. Pretože rozsah výberového súboru bol pomerne malý (16 TVP) a vo viacerých prípadoch nebola dodržaná podmienka normality dát, bol pri korelačnej analýze využitý Spearmanov korelačný koeficient.

Na vytvorenie štruktúrnych typov bola použitá metóda zhlukovej analýzy. Zhluková analýza patrí medzi viacrozmerné štatistické metódy a jej podstatou je zaraďovanie objektov do skupín tak, aby rozdiely medzi objektami v skupine boli čo najmenšie a rozdiely medzi skupinami čo najväčšie (BORTZ 1999). Analýza je založená na kombinácii viacerých znakov, ktoré majú spravidla rôzne jednotky a mierky a preto sa štandardizujú pomocou tzv. z-transformácie. Po transformácii má súbor hodnôt každého znaku aritmetický priemer 0 a smerodajnú odchýlku 1. Pre vylišenie štruktúrnych typov vo vysokohorskom

smrekovom lese bola použitá nehierarchická zhlukovacia metóda – metóda k-priemerov. Ako vstupné údaje pre zhlukovú analýzu boli použité nasledovné veličiny: počet jedincov, zásoba porastu, plošné podiely hornej a dolnej vrstvy, index agregácie, Giniho koeficient a koeficient homogenity.

3. VÝSLEDKY

Základné veličiny charakterizujúce štruktúru skúmaného vysokohorského porastu vypočítané na základe údajov zo 16 TVP sú zhrnuté v tabuľke 1. Priemerný počet jedincov (všetky stromy s výškou nad 1,3 m) sa pohybuje na úrovni 863 ks.ha⁻¹, kruhová základňa má hodnotu 33,4 m².ha⁻¹ a zásoba 331 m³.ha⁻¹ (objem kmeňa s kôrou). Zápoj dosahuje v priemere hodnotu 0,66 a rastový disponibilný priestor je využitý na 22 %. Pri väčšine základných porastových veličín je viditeľná pomerne vysoká variabilita, ktorá je jedným z dôsledkov nehomogénnej, medzernatej štruktúry typickej pre vysokohorský smrekový les. Najvyššiu variabilitu vykazuje početnosť jedincov, naopak najstabilnejšou charakteristikou je zápoj porastu. Relatívne nízka variabilita zápoja poukazuje na skutočnosť, že aj napriek meniacej sa štruktúre (rôzny počet jedincov resp. zásoba) si vysokohorský les udržiava typický prerušený zápoj.

V drevinovom zložení porastu sú zastúpené dve dreviny – smrek obyčajný (*Picea abies* (L.) Karst.) a jarabina vtáčia (*Sorbus aucuparia* L.). Zo 16 skúmaných TVP bol výskyt jarabiny zaznamenaný na 9 z nich. V poraste sa nachádza priemerne 44 jedincov jarabiny s výškou nad 1,3 m na hektár, čo predstavuje zásobu 2,8 m³.ha⁻¹ a kruhovú základňu 0,63 m².ha⁻¹. Priemerný podiel jarabiny sa pohybuje od 4,2 % z počtu po 1,3 % zo zásoby živých jedincov.

Pre možnosť detailnejšieho popisu štruktúry boli okrem základných porastových veličín pre skúmané TVP kvantifikované aj niektoré štruktúrne indexy. Index agregácie dosahuje v poraste priemernú hodnotu 0,968. Jeho rozdelenie je asymetrické, posunuté smerom k hodnotám pod 1, čo potvrdzuje prevažujúcu tendenciu k vytváraniu hlúčkovitých štruktúr. Hodnoty Giniho koeficienta charakterizujúceho vertikálnu štruktúru sú v rámci zisteného variačného rozpätia posunuté k vyšším hodnotám, čo naznačuje sklon k výškovej diferenciacii. Koeficient homogenity dosahuje priemernú hodnotu 2,08. Rozdelenie hodnôt je výrazne asymetrické v prospech nižších hodnôt s mediánom na úrovni 1,7, čo značí relatívne vysoký stupeň hrúbkovej diferencovanosti porastu.

Tab. 1 Priemerné hodnoty vybraných štruktúrnych charakteristík a ich variabilita v poraste

Tab. 1 Durchschnittliche Werte ausgewählter Strukturmerkmale und ihre Variabilität im Bestand

		$\bar{x} \pm s_x$	$s_{x\%}$	min. – max.
počet jedincov ¹	ks.ha ⁻¹	863±761	88,2	275–3175
kruhová základňa ²	m ² .ha ⁻¹	33,4±10,2	29,5	18,6–57,2
zásoba ³	m ³ .ha ⁻¹	331,3±156,8	47,3	107,0–701,7
zápoj ⁴	–	0,66±0,11	17,1	0,41–0,83

Tab. 1 Pokračovanie
Tab. 1 Forsetzung

		$\bar{x} \pm s_x$	$s_{x\%}$	min. – max.
plošný zápoj ⁵	–	0,89±0,24	26,6	0,52–1,39
využitie disponibilného priestoru ⁶	%	22,0±7,3	33,3	8,8–40,0
podiel stojacej nekromasy ⁷	%	8,9±11,8	133,0	0–40,3
podiel ležiacej nekromasy ⁸	%	13,9±12,9	93,0	0–39,3
štruktúrne indexy: ⁹				
index agregácie ¹⁰	–	0,968±0,253	26,2	0,621–1,1446
Giniho koeficient ¹¹	–	0,306±0,119	38,9	0,099–0,468
koeficient homogenity ¹²	–	2,080±0,842	40,5	1,319–4,283

¹Stammzahl, ²Kreisfläche, ³Vorrat, ⁴Schlussgrad, ⁵Summe der Kronenprojektionen / Fläche der DVF, ⁶Ausnutzung des Wuchsräume, ⁷Anteil der stehenden Nekromasse, ⁸Anteil der liegenden Nekromasse, ⁹Strukturindizes, ¹⁰Aggregationsindex, ¹¹Gini-Koeffizient, ¹²Homogenitätskoeffizient

Podiel odumretých stojacich jedincov sa v poraste pohybuje na priemernej úrovni 8,9 % zo zásoby živých stromov, je ale výrazne ovplyvnený niekoľkými extrémnymi hodnotami. Spomedzi všetkých veličín bola pri tejto charakteristike zaznamenaná najvyššia variabilita (až 133 %). Skutočnému podielu stojacich odumretých preto viac zodpovedá mediánový podiel, ktorý má hodnotu 4,7 %. Horný kvartil tejto veličiny je na úrovni 10,2 %, t. j. len na 4 plochách zo 16 presahuje 10 %.

Priemerný podiel ležiacej nekromasy bol na úrovni 13,9 % zo zásoby živých stromov. Podobne ako pre podiel odumretých stojacich jedincov je preň typická vysoká variabilita (93 %). Na rozdiel od predchádzajúcej charakteristiky sa tu ale nevyskytujú výrazné extrémny a hodnoty sú rozdelené rovnomerne v rámci celého variačného rozpätia (medián 13,6 %). Pri podiele ležaniny sa ako pri jedinej charakteristike potvrdila štatisticky významná väzba na nadmorskú výšku ($R = -0,55$, $p = 0,026^*$). Kým na plochách pod 1300 m n. m. tvorí ležiaca nekromasa približne 18 %, vo výškovej zóne nad 1300 m n. m. klesá jej podiel na 5,5 %. Pokles podielu so stúpajúcou nadmorskou výškou potvrdzuje, že stromy vo vyššej nadmorskej výške odumierajú nastojato a len zriedkavo sú vyvrátené vetrom.

Pre vyhodnocované porastové charakteristiky sa s výnimkou podielu ležaniny nepotvrdila ich závislosť na nadmorskej výške. Súvisí to zrejme s tým, že vplyv nadmorskej výšky je aj v prípadoch, kde logicky musí existovať (napr. znižovanie zásoby so stúpajúcou nadmorskou výškou v dôsledku zhoršovania rastových podmienok) prekrytý vplyvom variability v štruktúre porastu.

Skúmaním vzťahov medzi základnými porastovými veličinami sa potvrdila negatívna korelácia medzi celkovým počtom jedincov (nad 1,3 m) a zásobou porastu ($R = -0,65$, $p = 0,006^{**}$). Vyšší počet jedincov je zároveň štatisticky signifikantne spojený s vyšším zastúpením dolnej a strednej vrstvy v poraste. Zvyšujúci sa počet jedincov tak prispieva

k diferencovanosti v poraste a tým zníženiu zásoby. Úroveň porastovej zásoby je priamo spojená so zastúpením jednotlivých výškových vrstiev v poraste. Štatistická analýza potvrdila vysoko signifikantný vzťah medzi zásobou a zastúpením všetkých vrstiev. Kým pri hornej vrstve je tento vzťah pozitívny, pri strednej a dolnej vrstve je závislosť negatívna. Vysoké hodnoty zásoby porastu znamenajú z pohľadu štruktúry homogenizovaný jednovrstvový porast s minimálnym zastúpením strednej a dolnej vrstvy. V prípade, že je porast viac štrukturovaný a uplatňuje sa vyšší podiel strednej a dolnej vrstvy, zásoba sa výrazne znižuje.

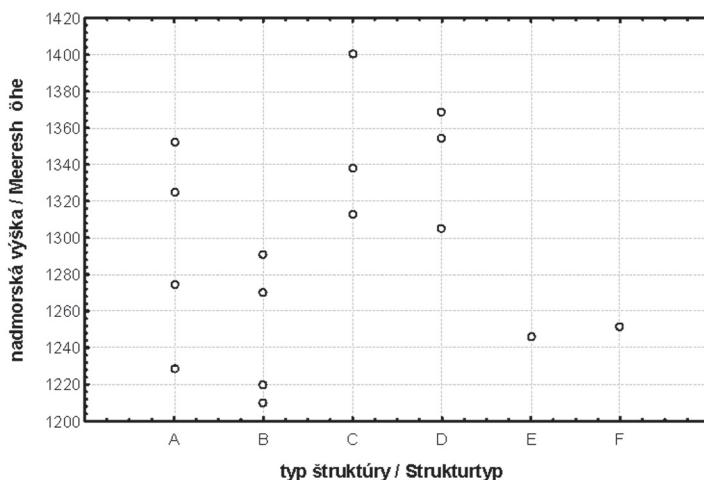
Pri rozbere vzťahov medzi porastovými veličinami a štruktúrnymi indexami sa pre index agregácie potvrdila jeho korelácia so zásobou porastu ($R = 0,53$, $p = 0,035^*$) t. j. nižšia zásoba je spojená s vytváraním hlúčkovitej štruktúry. Táto skutočnosť zrejme čiastočne súvisí s vplyvom nadmorskej výšky. Hlúčkovité štruktúry sa sústreďujú vo vyšších nadmorských výškach, kde je pokles zásoby porastu výraznejší. Pretože sa ale nepotvrdili štatisticky významné korelácie medzi nadmorskou výškou a indexom agregácie, resp. zásobou, musí byť v tomto prípade príčina zistenej závislosti iná. Ide tu zrejme o vplyv štruktúry porastu, pričom nižšia zásoba znamená skôr diferencovanejšiu štruktúru so zastúpením mladších jedincov menších dimenzií, ktoré majú tendenciu rásť v zhlukoch v dôsledku využívania priaznivých mikrostanovišť, ktoré sú v poraste pomerne vzácne. V mladšom veku ešte nie je proces autoredukcie ukončený, s pribúdajúcim vekom a zväčšujúcimi sa dimenziami stromov dochádza k potlačeniu a odumretiu zaostávajúcich jedincov a tým k postupnej strate hlúčkovitého usporiadania v prospech náhodného resp. pravidelného.

Horizontálna štruktúra vyjadrená indexom agregácie súvisí aj so zápojom porastu. Napriek tomu, že závislosť sa nepotvrdila ako signifikantná ($R = 0,46$, $p = 0,069^{NS}$), zo získaných dát je viditeľná väzba vyššieho stupňa zápoja a skôr náhodného až pravidelného rozmiestnenia stromov (index agregácie nad 1). Nízky stupeň zápoja súvisí prevažne s hlúčkovitou štruktúrou, výnimku tvoria plochy, kde došlo k dočasnému zníženiu zápoja v dôsledku vypadnutia jedincov z hornej vrstvy. Index agregácie je signifikantne korelovaný aj s podielmi všetkých troch vrstiev v poraste. Väzba so zastúpením hornej vrstvy je pozitívna, so zastúpením strednej a dolnej vrstvy negatívna. So zvyšujúcim sa podielom hornej vrstvy a zníženým zastúpením strednej a dolnej vrstvy, t. j. s vertikálnou homogenizáciou je teda zvyčajne spojená aj homogenizácia horizontálna – strata hlúčkovitého usporiadania v prospech náhodného resp. pravidelného rozmiestnenia jedincov.

Tento predpoklad potvrdzuje aj analýza závislosti medzi Giniho koeficientom pre výšku, ktorý charakterizuje vertikálnu diferencovanosť a zastúpením vrstiev. Vyššie hodnoty Giniho koeficienta (t. j. väčšia vertikálna diferenciácia) sú spojené s nižším zastúpením hornej vrstvy a vyšším zastúpením dolnej vrstvy. Obidve tieto závislosti sa potvrdili ako signifikantné. Koeficient homogenity je pozitívne korelovaný len s podielom dolnej vrstvy. So zvyšujúcim sa zastúpením dolnej vrstvy stúpa hrúbková diferencovanosť porastu, čo potvrdzuje rozhodujúcu úlohu jedincov dolnej vrstvy pre stupeň diferenciácie štruktúry vysokohorského lesa.

Okrem detailného popisu štruktúry a rozboru vzťahov medzi jednotlivými porastovými charakteristikami slúžili zistené údaje ako vstupné veličiny pre vytvorenie homogénnych

skupín prostredníctvom metódy zhlukovej analýzy. Vytvorené homogénne skupiny boli východiskom pre zadefinovanie rôznych typov štruktúr vysokohorského lesa. Skúmané TVP boli rozdelené do nasledovných štruktúrnych typov podľa stúpajúceho stupňa diferencovanosti: A – homogénna jednovrstvová štruktúra, B – homogénna štruktúra s účasťou dolnej vrstvy, C – dvojvrstvová štruktúra s nízkym počtom jedincov, D – dvojvrstvová štruktúra s vysokým počtom jedincov, E – diferencovaná štruktúra s nízkym zastúpením hornej vrstvy, F – trojvrstvová štruktúra. Pri rozbere plošného podielu jednotlivých štruktúrnych typov sa potvrdilo najvyššie zastúpenie málo diferencovaných, homogénnych štruktúr (typ A a B), ktoré zaberajú až 50 % porastovej plochy. Dvojvrstvové, čiastočne diferencované štruktúry (typ C a D) sa vyskytujú na 37,5 % porastu. Najnižšie zastúpenie majú v skúmanom vysokohorskom smrekovom lese trojvrstvové porastové štruktúry (typ E a F), ktorých plošný podiel sa pohybuje len na úrovni 12,5 %.



Obr. 1: Rozdelenie jednotlivých štruktúrnych typov podľa nadmorskej výšky
 Abb. 1: Die Verteilung einzelner Strukturtypen nach der Meereshöhe

Okrem plošného zastúpenia jednotlivých typov štruktúr v poraste sa analyzoval aj ich výskyt v závislosti od nadmorskej výšky (obr. 1). Zistili sme, že homogénne jednovrstvové štruktúry (A, B) majú tendenciu vyskytovať sa skôr v nižších nadmorských výškach (do 1300 m). Dvojvrstvové štruktúry (C, D) boli nájdené výhradne v nadmorských výškach nad 1300 m. Výraznejšie diferencované, trojvrstvové štruktúry (E, F) boli zaznamenané len vo výškovej zóne do 1300 m. Ich výskyt je ale natoľko zriedkavý, že na základe dvoch TVP je len ťažko možné relevantne usudzovať na ich väzbu k nejakej nadmorskej výške.

4. DISKUSIA A ZÁVER

Základné štruktúrne charakteristiky skúmaného porastu zodpovedajú doteraz publikovaným výsledkom o vysokohorských smrekových lesoch Západných Karpát (KORPEL 1989). Pre väčšinu veličín bola zistená pomerne vysoká variabilita, ktorá je dôsledkom výrazných zmien rastových podmienok aj na relatívne malých plochách, s ktorými následne súvisia zmeny v štruktúre porastu. Z pohľadu zastúpenia rôznych štruktúr vysokohorského lesa prevažujú v poraste jednovrstvové a dvojvrstvové štruktúry s nižším stupňom diferenciácie. Nájdenie výraznejšie diferencovaných štruktúr na rozsiahlejších plochách bolo vo vysokohorskom smrekovom lese na skúmanej lokalite problematické, čo potvrdzuje zistenia GUBKU (2004) o výskyte homogénnej, výškovo nivelizovanej výstavby vo väčšine vysokohorských smrekových lesov Slovenska. Častý výskyt takéhoto typu štruktúr potvrdzujú aj BERRETTI *et al.* (2004), ktorí zistili vo vysokohorskom smrekovom lese v talianskych Alpách (rezervácia Valbona – Paneveggio) viac ako 45 % podiel jednovrstvových štruktúr z celkovej plochy rezervácie a len 17,5 % zastúpenie diferencovaných trojvrstvových štruktúr. Tieto výsledky približne zodpovedajú údajom zisteným v skúmanom poraste v Nízkych Tatrách. Z výskumu vysokohorských smrekových lesov v Alpách a Karpatoch vyplýva, že diferencovaná štruktúra typického výberkového lesa sa v príslušných lesoch buď vôbec nevytvára, alebo sa vyskytuje len počas krátkeho časového úseku v štádiu dorastania a predstavuje iba dočasný stav (KORPEL 1989).

Práca vznikla s podporou grantu VEGA 1/3516/06.

Literatúra

- BEBI, P., 2000: Erfassung von Strukturen im Gebirgswald als Beurteilungsgrundlage ausgewählter Waldwirkungen, Diss. ETH Zürich, *Beih. Schweiz. Z. Forstwes.* **90**: 128 p.
- BERRETTI, R., LINGUA, E., MOTTA, R., PIUSSI, P., 2004: Classificazione strutturale dei popolamenti forestali nella riserva forestale integrale della Valbona a Paneveggio (TN), *L'Italia forestale e montana*, **59** (2): 99–118
- BORTZ, J., 1999: *Statistik für Sozialwissenschaftler*, Springer Verlag, Berlin, 836 p.
- BÜRKI, A., 1981: Bestandesstrukturen im Gebirgsfichtenwald – Charakterisierung von Strukturtypen durch Inventurdaten aus Kontrollstichproben, Diss. ETH Zürich, *Beih. Schweiz. Z. Forstwes.* **69**: 181 p.
- CAMINO, R., 1976: Zur Bestimmung der Bestandeshomogenität, *AFJZ* **147**: 54–58.
- CLARK, PH. J., EVANS, F. C., 1954: Distance to nearest neighbour as a measure of spatial relationships in populations, *Ecology*, **35**(4): 445–453.
- GREGUŠ, C., 1989: Plánovanie ťažieb v ochranných lesoch. TÚ 3/1989, Zvolen, Lesoprojekt, 55 p.
- GUBKA, K., 2004: Súčasný stav porastov pod hornou hranicou lesa v Nízkych Tatrách na lokalite Lenivá (OLZ Beňuš), *Acta Facultatis Forestalis Zvolen* **46**: 131–143.
- KORPEL, Š., 1989: *Pralesy Slovenska*, Veda Bratislava, 332 p.
- KUCBEL, S., 2006: Štruktúra porastov a optimalizácia pestovných opatrení vo vysokohorských lesoch v oblasti Nízkych Tatier. Dizertačná práca, TU Zvolen, 124 p.
- LATHAM, P. A., ZUURING, H. R., COBLE, D. W., 1998: A method for quantifying vertical forest structure, *For. Ecol. Manage.* **104**: 157–170
- PETRÁŠ, R., PAJTIK, J., 1991: Sústava československých objemových tabuliek drevín, *Lesnícky časopis* **37** (1): 49–56.
- PRETZSCH, H., 2002: *Grundlagen der Waldwachstumsforschung*, Parey Buchverlag, Berlin, 414 p.
- ZLATNÍK, A., 1976: Tatranské lesy a krovité porasty. In: Zborník prác o TANAP-e. 17: 159–186.

Adresa autorov:

Ing. Stanislav Kucbel, PhD.

Ing. Jaroslav Vencurik, PhD.

Ing. Peter Jaloviar, PhD.

Ing. Patrik Kuriš

Katedra pestovania lesa

Lesnícka fakulta

Technická univerzita vo Zvolene

Masarykova 24

960 53 Zvolen

Analyse der Struktur in einem Gebirgsschutzwald der Niederen Tatra

Zusammenfassung

Die Arbeit befasst sich mit der Analyse der Struktur eines Gebirgsfichtenwaldes. Das Forschungsobjekt stellten die Gebirgsfichtenwälder auf der Lokalität Prašivá in der Niederen Tatra dar. In dem Bestand wurden 16 kreisförmige Dauerversuchsflächen (DVF) mit der Größe von 400 m² in dem Netz 80 x 80 m angelegt. Für jede DVF wurden die Werte der grundlegenden Bestandescharakteristiken als auch einigen Strukturindizes quantifiziert und ihre Zusammenhänge wurden analysiert. Die ermittelten Strukturcharakteristiken im untersuchten Bestand entsprechen den bisher publizierten Ergebnissen zu den Gebirgsfichtenwäldern der Westkarpaten (KORPEL 1989). Für die Mehrheit der Bestandesgrößen wurde eine relativ hohe Variabilität typisch, die eine Konsequenz der Wuchsbedingungen auf verhältnismässig kleinen Flächen ist. Im Bestand überwiegen die einschichtigen und zweischichtigen Strukturen mit einem niedrigeren Differenzierungsgrad. Deutlich differenzierte Strukturen wurden im Bestand sehr problematisch zu finden, was die Feststellungen von GUBKA (2004) über das Vorkommen der homogenen, vertikal nivellierten Struktur in der Mehrheit der Gebirgsfichtenwälder Slowakei bestätigt.

VPLYV RÔZNEJ DĹŽKY ODREZKOV A SPONU ICH VÝSADBY NA VÝŠKU VYPESTOVANÝCH SADENÍC PRI TOPOĽOVÝCH KLONOCH *POPULUS NIGRA* L., *P. "ITALICA"* A *P. "PANNONIA"*

Ľubica Š M E L K O V Á

Šmelková, Ľ.: Vplyv rôznej dĺžky odrezkov a sponu ich výsadby na výšku vypestovaných sadeníc pri topoľových klonoch *Populus nigra* L., *P. "Italica"* a *P. "Pannonia"*. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, L, č. 2, s. 67–80.

V príspevku sa zhodnocuje pokus založený v lesnej škôlke v jednej z najteplejších oblastí na Slovensku (Palárikovo). Skúma sa ako vplýva rôzna dĺžka odrezkov (12, 14 .. 24 cm) a rôzny spon ich výsadby (100 × 10, 100 × 15, 100 × 20 a 100 × 25 cm) na výškový rast a prežívanie vypestovaných sadeníc troch topoľových klonov v miestnych podmienkach. Matematicko-štatistické analýzy experimentu potvrdili, že hustota (spon) výsadby odrezkov skúšaných topoľových klonov vplýva pomerne slabo na výškový rast sadeníc, len 11 % zo všetkých hodnotených diferencií bolo signifikantných. Naproti tomu dĺžka odrezkov ovplyvňuje výšku sadeníc oveľa viac a to tým intenzívnejšie, čím sú odrezky dlhšie. S predĺžením odrezkov o 1 cm sa výška sadeníc zväčší v priemere o 2,5 až 5 cm. Najúspešnejšie ujetie odrezkov a prežitie sadeníc vykázali klony pri väčšej dĺžke odrezkov (20 až 24 cm), a to zhruba rovnako pri všetkých uvažovaných sponoch výsadby. Pri celkovom porovnaní skúmaných klonov podľa všetkých troch hodnotených parametrov vychádza nasledovné poradie (od najlepšieho k najhoršiemu): *P. "Pannonia"*, *P. "Italica"* (I–214) a *P. nigra* L. Uvedené poznatky a závery platia s 95 % spoľahlivosťou.

Kľúčové slová: Topoľové klony; *Populus nigra* L.; *Populus "Italica"* (I–214); *Populus "Pannonia"*; dĺžka odrezkov; spon výsadby; ujetosť; výška sadeníc

1. ÚVOD

Topoľ je drevina, ktorá má v zložení lesov vo všeobecnosti pomerne malé zastúpenie, ale vzhľadom na mimoriadne rýchly rast, veľké prírastky a vysokú potenciálnu produkciu dreva za relatívne krátke obdobie nadobúda stále väčší hospodársky význam. Takmer vo všetkých krajinách Európy, najmä v Taliansku, Francúzsku, Belgicku, Rusku i na Balkáne a Ukrajine sa preto problematike topoľov venuje primeraná pozornosť. Vy-medzujú sa vhodné územia pre túto drevinu, robia sa šľachtiteľské pokusy, testuje sa produkčný výkon i odolnosť jednotlivých klonov voči škodcom a klimatickým faktorom a vypracúvajú sa špeciálne technológie pre intenzívne spôsoby pestovania topoľov.

Na Slovensku podľa údajov Lesoprojektu (2004) zaberajú topole približne len 0,6 % z celkovej porastovej plochy a 0,55 % z celkovej zásoby dreva. Existujú však typické nížinné a lužné oblasti – Podunajská nížina, Východoslovenská nížina, povodie Váhu a povodia Hrona, kde topole sú v porastoch hlavnou drevinou s dominantným hospodárskym významom. Z topoľových klonov sa v súčasnosti pestujú najmä klony *Robusta* a *I-214*, ktoré tvoria približne 80–90 % výmery topoľových porastov. Vo výskume i v hospodárskej praxi sa však overujú aj ďalšie klony. Pre pestovanie topoľov, vrb a ďalších vhodných drevín v intenzívnych kultúrach je spracovaný koncepčný materiál s časovým výhľadom do roku 2010 (REMIŠ *et al.* 1996, VARGA 2002).

Predkladaný príspevok prináša poznatky z pokusu, ktorého cieľom bolo porovnať výškový rast a prežívanie sadeníc troch topoľových klonov v závislosti od viacerých variantov technológie ich výsadby.

2. MATERIÁL A METÓDY

Pokus bol založený v roku 2004 v lesnej škôlke Trstice (Lesy SR, š. p., OZ Palárikovo). Lokalita patrí k najteplejším a najsuchším oblastiam na Slovensku. Dlhodobá priemerná ročná teplota dosahuje 10 °C. Priemerný ročný úhrn zrážok predstavuje 550 mm. Pôdne pomery v škôlke reprezentuje pôdny typ fluvizem arenická, pôda je hlinito-piesčitá s hladinou podzemnej vody 1,8 m.

V pokuse išlo o zistenie, aká dĺžka odrezkov a aká hustota ich výsadby je pre pestovanie topoľových sadeníc v lesných škôlkach v daných podmienkach najvhodnejšia. Uvažovalo sa s tromi klonmi *P. nigra* L., *P. “Italica”* (I-214) a *P. “Pannonia”*, pri každom so 7 variantmi dĺžky odrezkov a so 4 variantmi sponu výsadby. Varianty sa pre účel vyhodnotenia pokusu označili nasledovne:

Varianty dĺžky odrezkov:

A = 12 cm, B = 14 cm, C = 16 cm, D = 18 cm, E = 20 cm, F = 22 cm, G = 24 cm.

Varianty sponu (hustoty) výsadby v rámci každej dĺžky odrezkov A–G:

1 = 100 × 10 cm, 2 = 100 × 15 cm, 3 = 100 × 20 cm, 4 = 100 × 25 cm.

Napr.: Variant A1 označuje dĺžku odrezku 12 cm a spon 100 × 10 cm.

Odber odrezkov, ich skladovanie, dezinfekcia, výsadba ako aj ošetrovanie sadeníc v priebehu roka sa uskutočnilo podľa všeobecne platných zásad (ŠMELKOVÁ 2001) a postupov osvedčených v lokálnych podmienkach škôlky. Pokusné parcely boli usporiadané podľa princípu znáhodnených blokov. Za veličinu, na ktorej sa mal účinok skúšaných variantov prejavíť bola zvolená výška vypestovaných sadeníc. Merala sa v roku založenia pokusu po ukončení vegetačného obdobia. Pre každý variant bol pri založení pokusu počet odrezkov rovnaký, 25 kusov. Avšak nie všetky sa ujali a viaceré boli poškodené v procese ďalšieho rastu, preto počet sadeníc a údajov o ich výškach je spravidla menší.

Pokusné údaje sa považovali za výberové súbory a zhodnotené boli adekvátnymi štatistickými metódami – analýzou variancie, štatistickým testovaním, regresiou a koreláciou.

3. VÝSLEDKY A ICH ROZBOR

3.1. Zhodnotenie vplyvu rôzneho sponu výsadby na výšku sadeníc

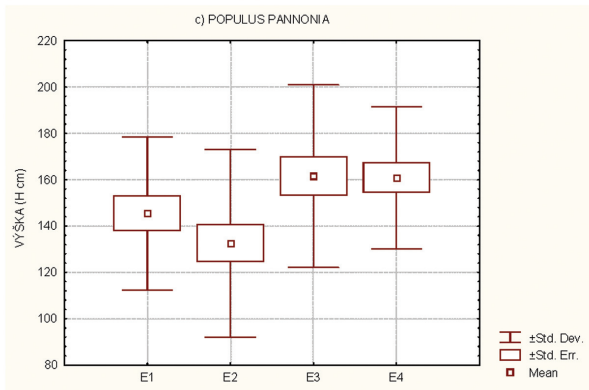
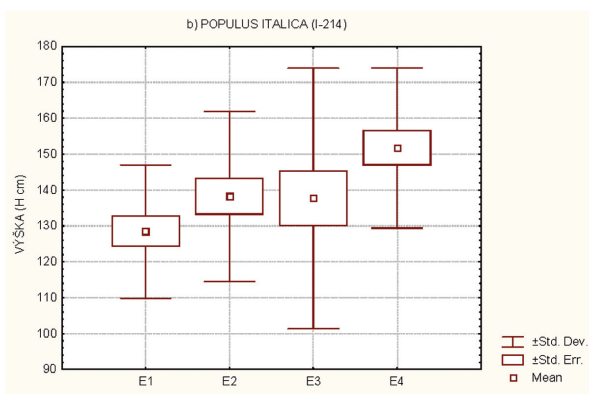
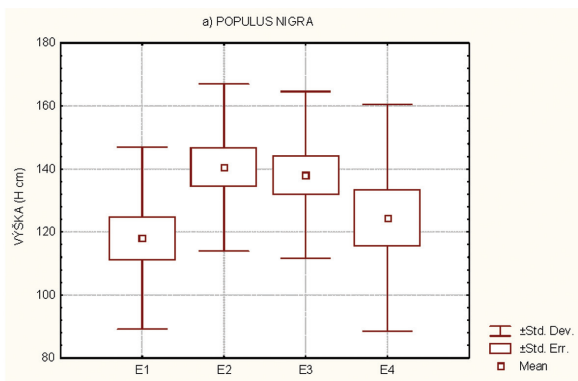
Bolo prvým krokom zhodnocovania pokusného materiálu a vykonalo sa osobitne pre každý zo skúšaných variantov dĺžky odrezkov A–G. Každý variant A–G tým predstavoval určitý viac-menej homogénny výberový súbor, v ktorom dĺžka odrezkov bola konštantná, ale premenlivý bol spon ich výsadby a ten mohol pozitívne alebo negatívne vplývať na výškový rast sadeníc. Samotný účinok rôzneho sponu na výslednú výšku sadeníc sa analyzoval nasledovne:

- a) Vypočítali sa základné štatistické charakteristiky výšok sadeníc pre každý variant A–G a v rámci neho aj pre jednotlivé spony $j = 1–4$, pričom
 - aritmetický priemer $\bar{x}_j$ vyjadruje priemernú veľkosť výšky sadeníc,
 - smerodajná odchýlka $s_{x(j)}$ charakterizuje variabilitu výšok (vymedzuje interval, v ktorom sa vyskytuje zhruba 68 % zo všetkých jej hodnôt),
 - početnosť n_j udáva celkový počet hodnotených výšok a zároveň informuje o tom, koľko z vysadených 25 odrezkov zostalo vo forme sadenice až do ukončenia pokusu.
- b) Vykonala sa analýza variancie výšok sadeníc (aplikáciou jednofaktorového modelu s nerovnakým počtom opakovaní).
- c) V prípadoch, keď F-test analýzy variancie bol štatisticky významný, urobili sa aj následné Tukeyho testy rozdielov medzi výškami sadeníc, ktoré prislúchali jednotlivým sponom.

Všetky výpočty a hodnotenia sa vykonali podľa všeobecne známych biometrických postupov a pomocou počítačového softvéru „Statistica 6.0“. Zostavené sú pre každý klon (*P. nigra* L., *P. “Italica”* a *P. “Pannonia”*) a pre každý variant A–G v súhrnných tabuľkách 1–3. Kvôli lepšej názornosti a ľahšiemu vzájomnému porovnaniu sa výsledky prezentovali aj graficky tak, že sa vedľa seba na jednom grafe pre každý variant A–G zobrazili hodnoty priemeru, smerodajnej odchýlky a strednej (výberovej) chyby výšok sadeníc pri jednotlivých sponoch 1–4. Ako príklad sú v obr. 1a, b, c uvedené výsledky pre jeden variant (E1 – E4, t. j. výšky sadeníc z odrezkov o dĺžke 20 cm a štyri spony 100 × 10 cm až 100 × 25 cm). Pri jednotlivých charakteristikách majú použité symboly tento význam: znak * resp. znak ** označuje štatistickú významnosť na hladine významnosti menšej ako 5 % (0,05) resp. 1 % (0,01), ostatné významy sú zrejmé z textu.

Zo získaných výsledkov vyplývajú tieto skutočnosti a všeobecné poznatky:

- Výšky sadeníc v rámci rovnakej varianty dĺžky odrezku nadobúdajú priemerné hodnoty pri klone *P. nigra* L. 118 cm, pri klone *P. “Italica”* 122 cm a pri klone *P. “Pannonia”* 128 cm a majú tiež pomerne veľkú variabilitu, ktorá v relatívnom vyjadrení (smerodajná odchýlka / aritmetický priemer × 100) dosahuje 25 až 40 %.
- Medzi výškami sadeníc z rôzneho sponu (10, 15, 20 a 25 cm) sú však diferencie podstatne menšie. Z celkového počtu 7 × 3 variantov A–G sa ako štatisticky významné ukázali iba v 6 prípadoch, a to pri klone *P. nigra* L. raz (variant C), pri klone *P. “Italica”* trikrát (variant B, E, G) a pri klone *P. “Pannonia”* dvakrát (variant A,E). Pritom v tzv.



Obr. 1a, b, c: Priemerné hodnoty, smerodajné odchýlky a stredné výberové chyby výšky sadeníc (H) vypestovaných z 20 cm odrezkov pri rôznych sponoch E (E1 = 100 × 10 cm, E2 = 100 × 15 cm, E3 = 100 × 20 cm a E4 = 100 × 25 cm)

Abb. 1a, b, c: Mittlere Werte, Standardabweichungen und Standardfehler der Pflanzenhöhen (H) bei L = 20 cm längen Stecklingen und verschiedenen Verbänden E (E1 = 100 × 10 cm, E2 = 100 × 15 cm, E3 = 100 × 20 cm und E4 = 100 × 25 cm)

„signifikantných variantoch“ neboli všetky párové diferencie medzi rôznymi sponmi štatisticky významné, takúto podmienku splnilo iba 14 zo všetkých 126 možných (t. j. 11 %), ostatných 89 % diferencií malo len náhodný charakter.

- To znamená, že rôzny spon pri výsadbe topoľových odrezkov v širokom priemere neovplyvňuje výraznejšie rast sadeníc do výšky. Takéto zistenie je do určitej miery prekvapujúce. Dá sa však vysvetliť všeobecne známym poznatkom z náuky o raste lesa (ŠMELKO – WENK – ANTANAITIS, 1992), že hustota porastu pôsobí menej na výšku stromov, ale oveľa viac na ich hrúbku a objem. Potvrdzujú to aj výskumy s klonmi šľachteného topoľa, ktoré vykonali HERPKA a MARKOVIČ (1969): pri výsadbe odrezkov v sponoch od 120×10 cm do 120×25 cm sa výška sadeníc zväčšila indexom 114, čiže o 14 %, avšak hrúbka sadeníc indexom až 126, čiže o 26 %.

Tab. 1. Súhrnné výsledky o vplyve rôzneho sponu výsadby odrezkov na výšku sadeníc pri rôznej dĺžke odrezkov A–G

Tab. 1. Gesamtergebnisse über die Wirkung verschiedener Pflanzungverbände der Stecklinge auf die Pflanzenhöhe bei verschiedenen Stecklingslängen A–G

Klon: *Populus nigra* L.

Dĺžka odrezkov ¹	Spon (j) ²	Výška sadeníc (X, cm) ³			F-test /hl.výz. (p) ⁴	Štatisticky významné diferencie medzi (j) ⁵
		$\bar{x}_j$	$s_{x(j)}$	n_j		
A (12 cm)	1	106,45	33,28	11	0,259 0,983	žiadne ⁷
	2	101,25	25,82	4		
	3	109,50	41,72	2		
	4	102,67	25,90	6		
	spolu ⁶	104,83	28,86	23		
B (14 cm)	1	99,41	35,54	16	1,578 0,209	žiadne
	2	112,09	25,59	21		
	3	125,10	23,60	19		
	4	111,10	41,31	11		
	spolu	110,02	30,51	67		
C (16 cm)	1	121,00	33,66	11	6,019 0,0021	2-3*, 2-4**
	2	146,92	21,53	12		
	3	92,60	30,13	5		
	4	102,80	27,80	10		
	spolu	121,18	33,44	38		

Tab. 1. Pokračovanie

Tab. 1. Fortsetzung

Dĺžka odrezkov ¹	Spon (j) ²	Výška sadeníc (X, cm) ³			F-test /hl.výz. (p) ⁴	Štatisticky významné diferencie medzi (j) ⁵
		$\bar{x}_j$	$s_{x(j)}$	n_j		
D (18 cm)	1	87,07	25,52	15	1,233 0,306	žiadne
	2	102,92	35,34	12		
	3	107,12	45,97	16		
	4	109,06	31,71	17		
	spolu	101,82	35,55	60		
E (20 cm)	1	118,06	28,89	18	2,446 0,071	žiadne
	2	140,47	26,51	19		
	3	138,10	26,48	19		
	4	124,50	35,92	16		
	spolu	130,69	30,30	72		
F (22 cm)	1	116,12	32,68	17	1,016 0,393	žiadne
	2	125,46	23,67	13		
	3	134,27	31,13	15		
	4	128,53	31,34	15		
	spolu	125,78	30,23	60		
G (24 cm)	1	137,95	29,41	20	2,624 0,057	žiadne
	2	118,75	31,29	20		
	3	144,75	25,94	16		
	4	139,95	34,87	21		
	spolu	134,12	31,82	77		

¹Steclingslänge ²Verband ³Pflanzenhöhe ⁴F-test/Irtumswahrscheinlichkeit ⁵Statistisch signifikante Differ.⁶zusammen ⁷keine

Tab. 2. Súhrnné výsledky o vplyve rôzneho sponu výsadby odrezkov na výšku sadení pri rôznej dĺžke odrezkov A–G

Tab. 2. Gesamtergebnisse über die Wirkung verschiedener Pflanzungverbände der Stecklinge auf die Pflanzenhöhe bei verschiedenen Stecklingslängen A–G.

Klon: *Populus "Italica"* (I-214)

Dĺžka odrezkov ¹	Spon (j) ²	Výška sadeníc (X, cm) ³			F-test / hl. výz. (p) ⁴	Štatisticky významné diferencie medzi (j) ⁵
		$\bar{x}_j$	$s_{x(j)}$	n_j		
A (12 cm)	1	125,00	34,75	10	2,290 0,106	žiadne ⁷
	2	110,00	22,72	7		
	3	102,33	40,41	3		
	4	86,17	16,87	6		
	spolu ⁶	109,38	31,29	26		
B (14 cm)	1	88,94	18,46	16	8,990** 0,000048	1–2*, 1–3**, 1–4*
	2	107,86	18,75	21		
	3	119,47	17,55	19		
	4	111,36	13,89	11		
	spolu	107,21	20,60	67		
C (16 cm)	1	117,37	26,10	16	1,285 0,288	žiadne
	2	123,60	24,07	15		
	3	107,90	30,86	25		
	4	107,71	26,06	19		
	spolu	113,52	27,42	75		
D (18 cm)	1	110,81	21,98	21	1,700 0,173	žiadne
	2	120,64	23,63	22		
	3	130,50	35,81	25		
	4	122,30	29,40	23		
	spolu	120,98	28,45	91		
E (20 cm)	1	128,42	18,58	19	2,749* 0,048	1–4*
	2	138,18	23,66	22		
	3	137,64	36,29	22		
	4	151,68	22,31	22		
	spolu	139,52	27,12	85		

Tab. 2. Pokračovanie

Tab. 2. Fortsetzung

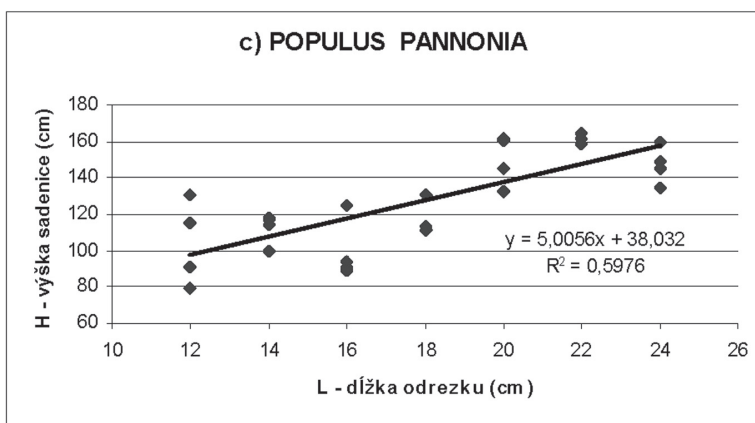
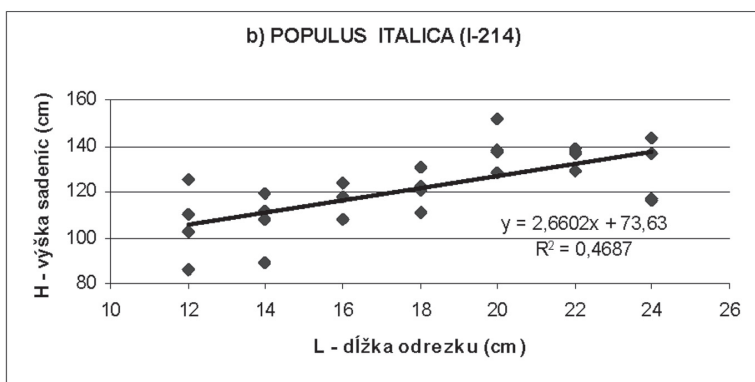
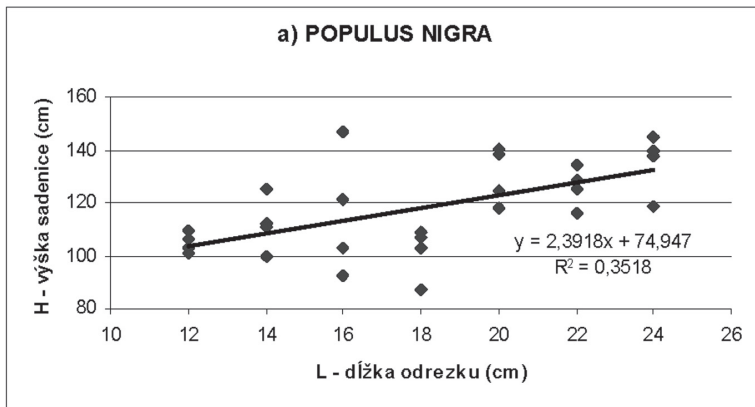
Dĺžka odrezkov ¹	Spon (j) ²	Výška sadeníc (X, cm) ³			F-test / hl. výz. (p) ⁴	Štatisticky významné diferencie medzi (j) ⁵
		$\bar{x}_j$	$s_{x(j)}$	n_j		
F (22 cm)	1	137,29	36,37	17	0,287 0,835	žiadne
	2	138,71	39,11	21		
	3	136,26	32,32	23		
	4	129,00	34,27	19		
	spolu	135,40	35,03	80		
G (24 cm)	1	117,33	20,92	24	6,231** 0,00068	1–4**, 2–3*, 2–4**
	2	116,25	24,91	24		
	3	136,42	29,77	24		
	4	143,27	28,68	22		
	spolu	128,00	28,37	94		

¹⁾ ...⁷⁾ wie in der Tabelle 1.

3.2. Zhodnotenie vplyvu rôznej dĺžky odrezkov na výšku sadeníc

Keďže v predchádzajúcom rozbere sa nepotvrdil výrazný vplyv rozdielnej hustej výsadky na výšku sadeníc, zhodnotili sme vplyv použitej dĺžky odrezkov spoločne pre všetky spony. Využili sme k tomu regresnú analýzu. Všetky údaje o priemerných výškach sadeníc (H) v rámci variantov A–G pre každý klon osobitne sa vyrovnali v závislosti od dĺžky odrezku (L). Výsledky sú v obrázkoch 2a, b, c. Ukázalo sa, že

- závislosti $H = f(DL)$ sú viac-menej lineárne,
- s rastúcou dĺžkou odrezku sa výška sadeníc všeobecne zväčšuje, a to v priemere o 2,5 až 5 cm na každý centimeter zväčšenia dĺžky odrezkov,
- tesnosť závislosti je priemerná, podľa koeficienta determinácie R^2 vysvetľuje cca 35 až 60 % celkového rozptylu hodnôt výšok, korelačný koeficient r (= odmocnina z R^2) nadobúda hodnotu 0,60 až 0,77 a vzhľadom na počet výberových hodnôt je jeho rozdiel od nuly štatisticky signifikantný (kritická hodnota $r_{0,05(26)} = 0,317$),
- citlivosť výškového rastu na dĺžku odrezkov nie je však rovnaká, najväčšia je pri klone *P. "Pannonia"*, najmenšia pri klone *P. nigra* L.,
- uvedené všeobecné poznatky platia pre všetky tri skúšané topoľové klony, a to s 95 % spoľahlivosťou.



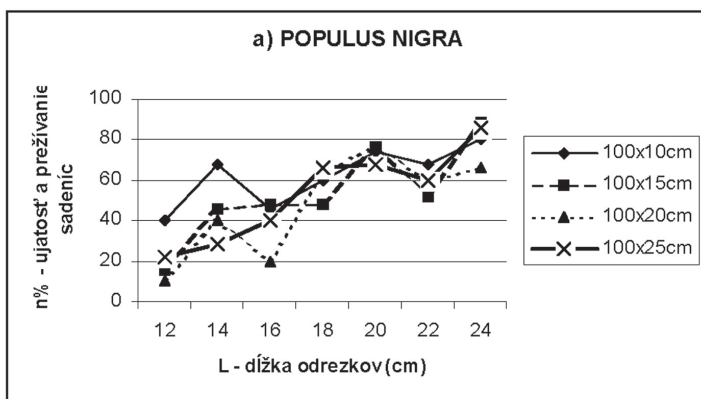
Obr. 2a, b, c: Závislosť výšky sadeníc (H) od dĺžky odrezkov (L), z ktorých boli vypestované
 Abb. 2a, b, c: Abhängigkeit der Pflanzenhöhe (H) von der Stecklingslänge (L)

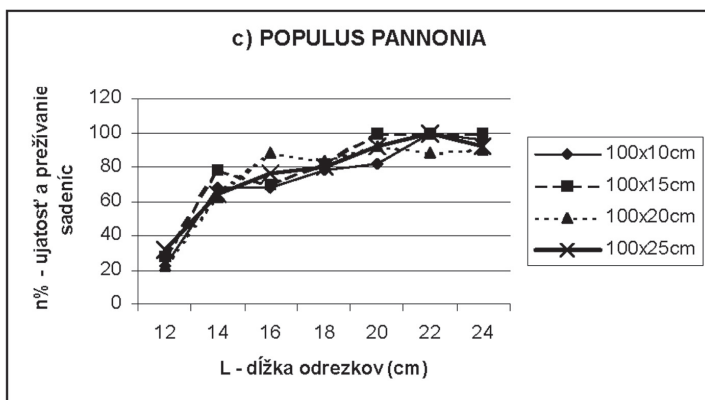
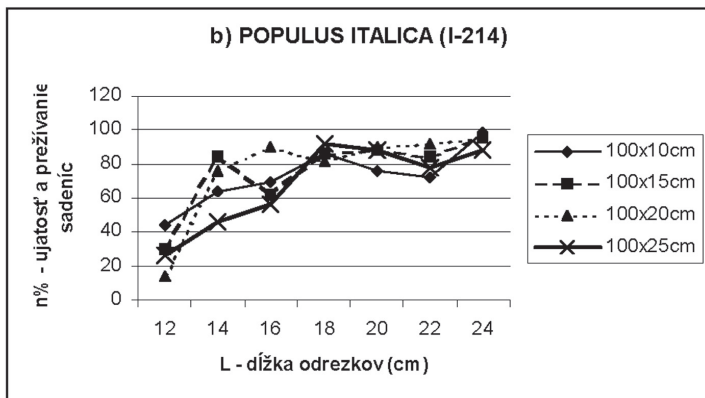
Tento rozbor jednoznačne naznačuje, že pozitívnejšie na výškový rast topoľových klonov vplývajú odrezky dlhšie, ako odrezky krátke. Podobné zistenia sú známe aj z iných domácich a zahraničných pokusov. Našli svoj odraz aj v odporúčaniach pre pestovanie topoľových sadeníc z odrezkov v lesných škôlkach. Napr. u nás sa za štandard považujú odrezky o dĺžke 18 až 22 cm s hrúbkou 8 až 20 mm (ON 48 2330).

3.3. Zhodnotenie ujatosti odrezkov a prežívania sadeníc

Popri výškovom raste sadeníc je pre úspešné založenia porastu rovnako dôležitá aj ujatosť odrezkov a následné prežitie z nich vypestovaných sadeníc, pretože to bezprostredne ovplyvňuje ekonomickú efektívnosť použitej technológie. Potrebne informácie o tom sú v tabuľke 1–3 (v stĺpci n_j) a v obrázku 3. Ako vidieť, na konci pokusu z pôvodne vysadených 25 odrezkov pre každý pokusný variant zostalo 2 až 25 jedincov. Ich redukciu počas sledovaného obdobia spôsobil prevažne nedostatočne vytvorený kalus na odrezkoch, v menšej miere ostatné škodlivé činitele (*Chondroplea populea* (Sacc. et Briard), *Melampsora sp.* a *Marssonina brume* (Ell. et Everh.)). Všeobecne na ujatie a prežívanie sadeníc v oveľa väčšej miere vplývala dĺžka odrezkov ako spon použitý pri ich výsadbe. Potvrdili to aj výsledky viacnásobnej analýzy variancie a regresie (vplyv dĺžky odrezkov bol signifikantný na hladine významnosti $\alpha < 0,0001$, pri spone sa hodnoty α pohybovali na úrovni 0,69 až 0,97), index korelácie pre závislosť $n\% = f(L, S)$ bol tiež vysoký 0,82 až 0,94). Maximálny relatívny počet jedincov na konci pokusu (od 70 po 100 %) dosiahli skúšané klony pri dĺžke odrezkov 20 až 24 cm, zhruba rovnako pri všetkých uvažovaných sponoch. Lepšie výsledky v tomto smere vykázali klony *P. "Pannonia"* a *P. "Italica"* (I-214), horšie *P. nigra* L.

Uvedené zistenie súhlasí so všeobecným poznatkom, že pri pestovaní topoľov v lesných škôlkach úspech produkcie veľmi silne ovplyvňujú rôzne škodlivé činitele, predovšetkým hubové ochorenia. Veľmi dobre a komplexne je celá problematika zdravotnému stavu topoľových klonov spracovaná v monografii o topoľoch a vrbách na Balkáne, ktorú vydal Výskumný ústav topoliarstva v Novom Sade (GUZINA, V. ed. 1986).





Obr. 3: Ujatost' a preživanie sadenic (n%) v závislosti od dĺžky odrezkov (L) a sponu výsadby (S)
 Abb. 3: Lebensfähigkeit der Pflanzen (n%) in Abhängigkeit von der Stecklingslänge (L) und dem Pflanzungsverband (S)

Tab. 3. Súhrnné výsledky o vplyve rôzneho sponu výsadby odrezkov na výšku sadeníc pri rôznej dĺžke odrezkov A–G

Tab. 3. Gesamtergebnisse über die Wirkung verschiedener Pflanzungsverbände der Stecklinge auf die Pflanzenhöhe bei verschiedenen Stecklingslängen A–G

Klon: *Populus* “Pannonia“

Dĺžka odrezkov ¹	Spon (j) ²	Výška sadeníc (X, cm) ³			F-test / hl. výz. (p) ⁴	Štatisticky významné diferencie medzi (j) ⁵
		$\bar{x}_j$	$s_{x(j)}$	n_j		
A (12 cm)	1	130,25	23,33	4	3,638* 0,0315	1–3**, 1–4*
	2	115,29	24,23	7		
	3	79,40	33,16	5		
	4	90,86	26,13	7		
	spolu ⁶	102,65	31,25	23		
B (14 cm)	1	113,87	37,53	15	1,070 0,366	žiadne ⁷
	2	117,12	30,87	17		
	3	118,13	30,89	15		
	4	88,40	30,99	15		
	spolu	112,29	32,70	62		
C (16 cm)	1	124,79	44,10	14	2,590 0,0614	žiadne
	2	94,19	38,24	16		
	3	89,14	43,99	25		
	4	90,91	26,30	15		
	spolu	98,81	41,54	70		
D (18 cm)	1	110,95	24,25	19	2,256 0,089	žiadne
	2	131,00	31,71	19		
	3	130,71	36,30	21		
	4	113,20	34,37	20		
	spolu	121,59	32,91	79		
E (20 cm)	1	145,42	32,97	19	3,476* 0,0194	2–3*, 2–4*
	2	132,52	40,56	25		
	3	161,57	39,36	23		
	4	160,83	34,69	23		
	spolu	149,90	37,87	90		

Tab. 3. Pokračovanie

Tab. 3. Fortsetzung

Dĺžka odrezkov ¹	Spon (j) ²	Výška sadeníc (X, cm) ³			F-test / hl. výz. (p) ⁴	Štatisticky významné diferencie medzi (j) ⁵
		$\bar{x}_j$	$s_{x(j)}$	n_j		
F (22 cm)	1	161,64	31,96	25	0,108 0,955	žiadne
	2	164,48	43,82	25		
	3	164,95	34,41	22		
	4	159,00	51,25	25		
	spolu	162,44	40,70	97		
G (24 cm)	1	149,08	43,36	24	1,858 0,142	žiadne
	2	134,80	39,20	25		
	3	144,77	31,47	22		
	4	159,43	30,12	23		
	spolu	146,81	37,15	94		

¹⁾⁷⁾ wie in der Tabelle 1.

4. SÚHRNNÉ ZÁVERY A ODPORÚČANIA

Vykonaný pokus a jeho zhodnotenie potvrdilo, že spon výsadby odrezkov skúšaných topoľových klonov vplýva pomerne slabo na výškový rast sadeníc, len 11 % zo všetkých hodnotených diferencií bolo signifikantných. Naproti tomu dĺžka odrezkov ovplyvňuje výšku sadeníc oveľa viac a to tým intenzívnejšie, čím sú odrezky dlhšie. S predĺžením odrezkov o 1 cm sa výška sadeníc zväčší v priemere o 2,5 až 5 cm. Najúspešnejšie ujetie odrezkov a prežitie sadeníc vykázali klony pri väčšej dĺžke odrezkov (20 až 24 cm), a to takmer rovnako pri všetkých uvažovaných sponoch výsadby. Pri celkovom zhodnotení výškového rastu aj úspešnosti ujetia a prežitia sadeníc možno pre skúmané klony urobiť nasledovné poradie (od najlepšieho k najhoršiemu): *P. "Pannonia"*, *P. "Italica"* (I–214) a *P. nigra* L. Zároveň sa ukázalo, že pri všetkých klonoch je v lesných škôlkach veľmi dôležité zabezpečiť dobrý zdravotný stav sadeníc a realizovať účinné ochranné opatrenia proti škodlivým činiteľom.

Tieto poznatky aj napriek obmedzenému rozsahu pokusu majú všeobecnú platnosť, pretože boli odvodené použitím objektívnych štatistických metód, ktoré vylúčili nepodstatné vplyvy náhodných faktorov na celkový výsledok. Pomerne dobre korešpondujú s doteraz známymi poznatkami a praktickými skúsenosťami a obohacujú ich o nové údaje pre tri overované klony v domácich podmienkach na Slovensku. Sú využiteľné tak v oblasti vedy ako aj v prevádzkovej praxi.

Pod'akovanie

Problematika bola riešená v rámci grantového projektu č. 1/3515/06.

Literatúra

- GUZINA, V., ed. 1986: Poplars and Willows in Jugoslavia. Poplar Research Institute, Novi Sad, Kultura, Bački Petrovac, 295 p.
- HERPKA, I., MARKOVIČ, J., 1969: Uticaj razmaka sadnje na prirodnu ožiljenica. Izveštaj Instituta za topolarstvo, Novi Sad, s. 83–97.
- LESOPROJEKT, 2004: Súhrnné informácie o stave lesov SR (SLHP, PIL), stav k 31.12.2003. Zvolen, 190 tabuliek
- REMIŠ, J., VARGA L., SOJÁK, D., OBR, F., 1996: Návrh intenzifikačných projektov v lesnom hospodárstve. Záverečná správa referenčnej úlohy. LVÚ Zvolen, 24 s.
- ŠMELKOVÁ, E. a kol., 2001: Lesné škôlky. Ústav pre výchovu a vzdelávanie pracovníkov lesného a vodného hospodárstva SR, Zvolen, 275 s.
- ŠMELKO, Š., WENK, G., ANTANAITIS, V., 1992: Rast, štruktúra a produkcia lesa. Príroda, Bratislava, 342 s.
- VARGA, L., 2002: Optimalizácia zastúpenia uznaných klonov topoľov a stromových vrb v prírodných podmienkach Slovenska. Záverečná správa, LVÚ Zvolen, 84 s.

Adresa autora:

Prof. Ing. Ľubica Šmelková, CSc.
Katedra pestovania lesa
Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
T.G. Masaryka 24
960 53 Zvolen, Slovakia
e-mail: smelkova@vsld.tuzvo.sk

Einfluss der verschiedenen Stecklingslänge und Pflanzungsdichte auf den Höhenwachstum der Pflanzen bei Pappelklonen *Populus nigra* L., *P. "Italica"* und *P. "Pannonia"*

Zusammenfassung

Im Beitrag wird ein Versuch mit Pappelklonen bewertet, der in einer Baumschule in dem wärmsten Gebiet (Palarikovo) der Slowakei begründet wurde. Das Ziel ist festzustellen, wie die verschiedene Länge der Stecklinge (12, 14, ... 24 cm) und verschiedene Pflanzungsverbände (100 × 10, 100 × 15, 100 × 20, 100 × 25 cm) den Höhenwachstum und Lebensfähigkeit der Pflanzen beeinflussen. Mathematisch-statistische Analysen bestätigten, dass der Einfluss von Pflanzungsdichten ziemlich klein ist (mit signifikanten Differenzen nur im 11 % aller Fälle). Dagegen, die Länge der Stecklinge beeinflusst die Pflanzenhöhe viel mehr, und zwar um so intensiver desto die Stecklinge länger sind. Die Verlängerung des Stecklings um 1 cm vergößert die Pflanzenhöhe um 2,5 bis 5 cm. Die Lebensfähigkeit der Pflanzen ist am besten bei der längeren Stecklingen (20–24 cm), und zwar ungefähr gleich bei allen untersuchten Verbänden. Aus dem Gesamtvergleich der Klone nach allen drei bewerteten Parametern folgt diese Reihe (vom besten zum schlechtesten): *P. "Pannonia"*, *P. "Italica"* (I-214), *P. nigra* L. Die angeführten Erkenntnisse und Schlussfolgerungen gelten mit 95 % Zuverlässigkeit.

Schlussworter: Pappelklone; *P. nigra* L.; *P. "Italica"* (I-214); *P. "Pannonia"*; Länge der Stecklinge; Verband der Pflanzung; Lebensfähigkeit; Pflanzenhöhe

EFFECTS OF SLOW-RELEASE FERTILIZERS OF SILVAMIX AND SILVAGEN LINE ON GROWTH OF A YOUNG FOREST PLANTATION AFTER THE SECOND YEAR OF THE FERTILIZERS' INFLUENCE

Peter Š T O F K O – Milan K O D R Í K

Štofko, P., Kodrík, M.: Effects of slow-release fertilizers of Silvamix and Silvagen line on growth of a young forest plantation after the second year of the fertilizers' influence. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **L**, 2008, č. 2, s. 81–91.

This work evaluates the effects of tablet fertilizers Silvamix, Silvamix Mg and Silvagen on height and thickness growth of an established young plantation of spruce and larch after the second year of the fertilizers' influence. The fertilizers were applied randomly, in amount of five tablets (50 g) per tree. Individual fertilizers were regularly altered from one tree to another, including the control trees. The tablets were laid on the ground and consequently trodden into the soil. The ANOVA did not reveal a significant effect of fertilizers on height and thickness growth of spruce plants. Silvagen fertilizer was found out producing a significant effect on height and thickness growth of the larch trees in comparison to control trees.

Key words: tablet fertilizers, height increment, diameter increment, established plantation, Silvamix

INTRODUCTION

The slow-release fertilizers have been used for many years in our forest practice. Their benefit is in slow releasing the nutrients. The release of nutrients from fertilizers depends on chemistry, biological activity and water regime of the soil, but also on chemotropism of the plants. The nutrients can be utilized in course of several vegetation periods. Limited solubility of the nutrients and high degree of their uptake by plants prevent their excessive dissolution into the soil and surface waters.

Expect from using the slow-release fertilizers in forest nurseries, the first are well applicable in individual fertilization of young forest plantations. For this purpose, slow-release fertilizers in tablet form have been developed. When thinking about application of fertilisers in forest stands, it is necessary to take into account some specific aspects of this activity, namely the need of a simple method of application and importance of long term effects of the applied fertilisers. Tablets of slow-release fertilisers represent the product

meeting these requirements. This form of fertilizer permits a fast, simple and accurate application. The tablet form of fertilizer brings about a number of advantages. Most important, the tablets are particularly well suited for fertilization of plants with longer period of growth, especially at sites poorly accessible or wherever conventional methods of fertilization cannot be used. The tablets are ideal for separate fertilization of each individual plant; they provide a sufficient supply of nutrients to the soil or substrate without a risk of undesired increase in the soil concentration and losses due to leaching of the nutrients. The application is simple and targeted, it allows an accurate dosage of the nutrients, and reduces the unproductive fertilization beyond the reach of the root systems.

NÁROVEC (2004) suggests that the tablet fertilizers present a concept of an economical fertilization. The purpose of the fertilization is a long-term nutrient supply with using a slow-release industrial fertilizer. Fertilization is an important operation supplying the nutrition to cultures, whose objective is to intensify growth and to increase the vitality and resistance against the whole range of stress factors cropping up nowadays. Slow-release fertilizers enable the system of plant nutrition to simplify because the overall dose of nutrients can be applied into the substrate at beginning of the growing season without any risk of a too high supply of nutrients. The application of slow-release fertilisers is important above all in young stands just after their establishment because the first supply of necessary nutrients takes place during the most critical period, i. e. after planting and during the period of initial growth and development of the root system. In case of tree species, this critical period can last as much as for several years and it is dependent above all on the existing climatic conditions. It is quite clear that after planting it is not possible to assure such care and growing conditions for young trees as they were provided with in the forest nursery.

The purpose of the paper is to evaluate the effects of slow-release fertilizers on height and diameter growth of forest young plantation.

MATERIAL AND METHODS

The work is connected with the paper published by ŠTOFKO (2007) who presents the results of his research towards the end of the first year.

In the locality Vápeniar (the Low Tatras Mts., private forest enterprise Štrba) was established an experimental plot in the stand 88c. The management set of forest type is acid spruces with fir at higher altitude. The site consists of the following forest types: bilberry-spruces with fir in higher stage (90%) that belongs to the vegetation unit *Piceetum abietinum* higher stage and podzolic spruces with fir in lower stage that belongs to the vegetation unit *Piceetum abietinum* lower stage. The aspect is north-east and the slope is 40%.

The stand represents a young forest plantation, two years in age, consisting of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and European larch (*Larix decidua* Mill.). The trees were planted at the age of three years and then they had been raised through lining out (transplanting). The trees were treated with fertilizers Silvamix, Silvamix Mg and Silvagen in tablet form. The fertilizers were applied randomly, in an amount of

five tablets (50 g) per a tree. Individual fertilizers were regularly altered from one tree to another, including the control trees. The tablets were laid on the ground and consequently trodden into the soil. The distance of the tablets from the seedling's stem corresponded to the perimeter of the seedling's vertical projection onto the soil surface. The tablets were not placed closer than 15 cm from the seedling's stem. The distance did not exceed the perimeter of the seedling's vertical projection by more than 10 cm.

The tree height (total length of plant shoot) and the diameter at root collar were measured for both tree species at the time of fertilizer application (May 2006) and consequently at the time when the vegetation period finished (October 2006 and 2007). The method of ANOVA was used for evaluation of the fertilizers' effect on tree growth.

RESULTS AND DISCUSSION

Biometrical parameters of the fertilized plantation are shown in Table 1.

Tabuľka 1 Biometrické parametre hnojenej kultúry (aritmetický priemer)
Table 1 Biometrical parameters of the fertilized plantation (arithmetical mean)

species/fertilizer		Spruce				Larch			
period/parameter		Silvamix	SilvMg	Silvagen	Control	Silvamix	SilvMg	Silvagen	Control
spring 2006	n ¹	62	62	62	62	61	66	62	62
	h ² (cm)	36.15	36.12	36.61	37.05	51.97	50.71	52.65	50.94
	d ³ (mm)	7.72	7.91	7.76	7.82	8.98	8.71	9.05	8.76
autumn 2006	n ¹	61	57	61	56	57	63	58	59
	h ² (cm)	39.33	38.54	38.83	39.87	63.26	65.24	69.63	59.59
	d ³ (mm)	9.50	9.82	9.62	9.26	12.84	13.00	13.90	11.92
incr. 2006	hi ⁴ (cm)	3.18	2.41	2.21	2.82	11.30	14.53	16.98	8.66
	di ⁵ (mm)	1.78	1.92	1.86	1.44	3.87	4.29	4.85	3.15
autumn 2007	n ¹	56	56	58	54	55	64	56	59
	h ² (cm)	50.04	51.60	51.72	50.39	90.11	94.59	102.76	83.08
	d ³ (mm)	13.20	13.50	13.90	13.17	20.85	21.59	22.82	18.68
incr. 2007	hi ⁴ (cm)	10.71	13.06	12.89	10.52	26.85	29.35	33.13	23.49
	di ⁵ (mm)	3.70	3.68	4.28	3.91	8.01	8.59	8.92	6.76

¹number of measured trees, ²tree height, ³tree diameter, ⁴height increment, ⁵diameter increment

According to the data presented in Table 1, the larch forms substantially higher increments in situ. The height increments are 3–7 times higher and the diameter increments are 2–2.5 times higher than those created by spruce.

Effect of fertilizers on spruce's growth

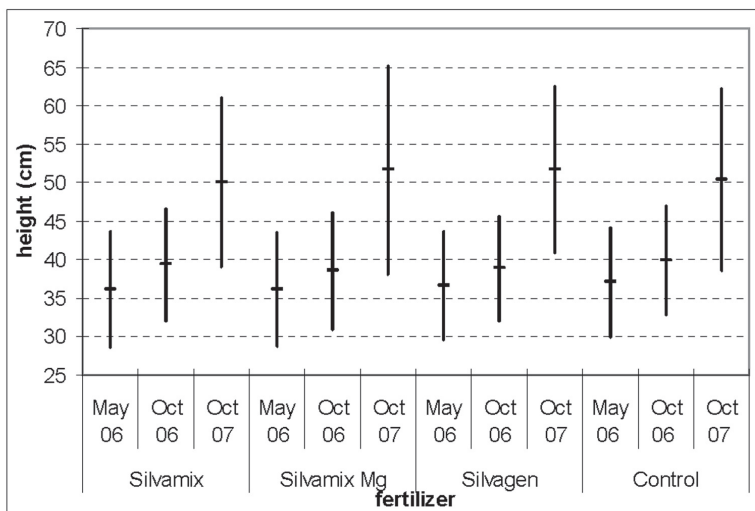
Table 2 and Figure 1 present the effect of fertilization on height growth of spruce trees after the second year.

Tabuľka 2 Vyhodnotenie vplyvu hnojív na výškový rast smreka metódou analýzy variancie
Table 2 Effects of fertilization on spruce's height growth, evaluated with ANOVA

<i>Sample</i>	<i>Observations</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>		
Silvamix	56	2802	50.04	120.59		
Silvamix Mg	56	2889.5	51.60	185.26		
Silvagen	58	3000	51.72	118.69		
Control	54	2721	50.39	140.18		
ANOVA						
<i>Source of variability</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Regression	122.1	3	40.70	0.289	0.834	2.646
Residual	31016.1	220	140.98			
Total	31138.2	223				
<i>Inference</i>	insignificant					

We found out the highest height increment in spruce trees treated by Silvamix Mg. Contrariwise, we found out the lowest height increment of control spruces (increment during 2007). The highest mean value of height of spruce trees was found out in spruces treated with Silvagen. The lowest mean value of height of spruces was found out in spruces treated with Silvamix. The differences are statistically insignificant (See Table 2). The method of ANOVA did not confirm a statistically significant effect of fertilizers on spruce height growth. REMEŠ et al. (2005a) suggest that the tablet fertilization stimulated the height growth of young trees in the year immediately following application of fertilizers i.e. in the second vegetation period. SZOLTYK (2004) evaluated the effect of NPKMg fertilizers on spruce young forest cover for over three years. She reports that the total height increment was by 143% higher in treated spruces in comparison to the control trees.

Table 3 and Figure 2 present the effects of fertilizers on diameter growth in spruce trees. The highest diameter increment was found out in spruce trees treated with Silvagen. In the opposite way, we found out the lowest diameter increment for spruces treated with Silvamix Mg. The highest mean diameter value in spruce trees was found out for spruces treated by Silvagen. The lowest mean value of spruce diameter was found out in the control trees. The differences are statistically insignificant (See Table 3). The method of ANOVA did not confirm a statistically significant effect of fertilizers on spruces' diameter growth.

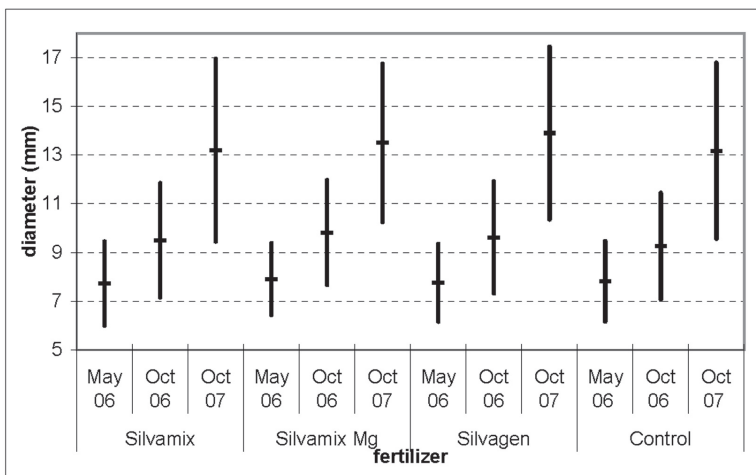


Obrázok 1 Biometrické parametre výšok smreka (aritmetický priemer $\pm$ smer. odchýlka)
Figure 1 Biometrical parameters of spruce height (arithmetical mean $\pm$ standard deviation)

Our results do not confirm the results of TUČEKOVÁ and SARVAŠ (2002) who report a positive effect of fertilization on seedlings growth after one year of the fertilizer's influence. On the contrary, KUBÍČEK (2003) mentions that the tablet fertilization using Silvamix and Silvamix MG significantly impacted the relative height and diameter growth of spruce seedlings in the second year of the experiment.

Tabuľka 3 Vyhodnotenie vplyvu hnojív na hrúbkový rast smreka metódou analýzy variancie
Table 3 Fertilization effect on spruce's diameter growth evaluated with ANOVA

Sample	Observations	Sum	Average	Variance		
Silvamix	56	739	13.20	14.27		
Silvamix Mg	56	755.8	13.50	10.75		
Silvagen	58	806.3	13.90	12.82		
Control	54	711.4	13.17	13.34		
ANOVA						
Source of variability	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Regression	19.67	3	6.56	0.513	0.674	2.646
Residual	2813.49	220	12.79			
Total	2833.16	223				
Inference	insignificant					



Obrázok 2 Biometrické parametre hrúbok smreka (aritmetický priemer $\pm$ smer. odchýlka)
 Figure 2 Biometrical parameters of spruce diameter (arithmetical mean $\pm$ standard deviation)

Effect of fertilizers on larch's growth

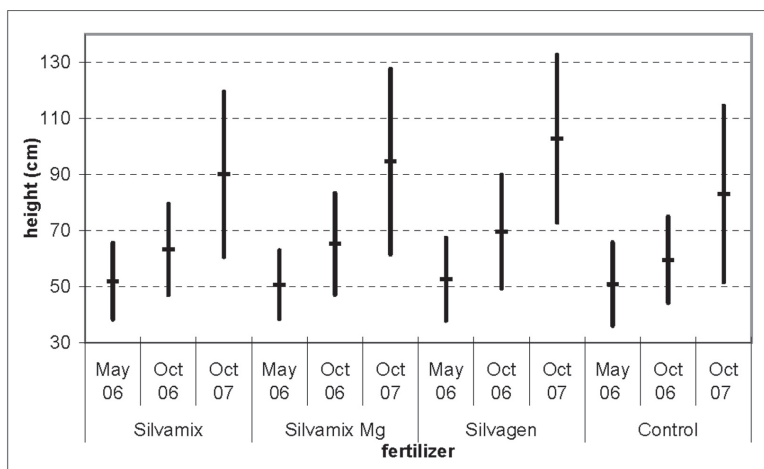
Table 4 and Figure 3 present the effect of fertilization on height growth of larch.

We found out the highest height increment in larch trees treated with Silvagen (33 cm during the summer period 2007). On the contrary, the lowest height increment was found out in the control larches (only 23 cm during the summer period 2007). We found out the highest value of mean height in larch trees treated with Silvagen. The mean value of tree height was by 20 cm lower in the control larches (See Figure 3). After the second year, the method of ANOVA confirmed a significant effect of Silvagen fertilizer on increment of larch height in comparison to the control trees (See Table 4). However, we found out a significant effect of Silvagen fertilizer on larch height increment back in the first year after fertilization.

Similarly, REMEŠ et al. (2004) analyzed the effect of powdery Silvamix and tableted Silvamix Forte on height increment of grand fir seedlings. He found out statistically significant effect on tree height after the first year of fertilizer impact. These results can be caused by a big amount of nitrogen (56% of total nutrient amount) in the Silvagen fertilizer.

Tabuľka 4 Vyhodnotenie vplyvu hnojív na výškový rast smrekovca metódou analýzy variancie
Table 4 Fertilization effect on larch's height growth evaluated with ANOVA

Sample	Observations	Sum	Average	Variance		
Silvamix	55	4956	90.11	884.54		
Silvamix Mg	64	6053.5	94.59	1109.92		
Silvagen	56	5754.5	102.76	908.36		
Control	59	4901.5	83.08	1006.31		
ANOVA						
Source of variability	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Regression	11724.4	3	3908.14	3.977	0.009	2.644
Residual	226016	230	982.68			
Total	237740	233				
Inference	significant					
Matched comparison of pair samples						
Scheffé test						
Comparative pairs	df	Signification	Probability			
Silvamix – Silvamix Mg	−4.48	insignificant	0.896			
Silvamix – Silvagen	−12.65	insignificant	0.214			
Silvamix – Control	7.03	insignificant	0.698			
Silvamix Mg – Silvagen	−8.17	insignificant	0.567			
Silvamix Mg – Control	11.51	insignificant	0.250			
Silvagen – Control	19.68	significant	0.011			



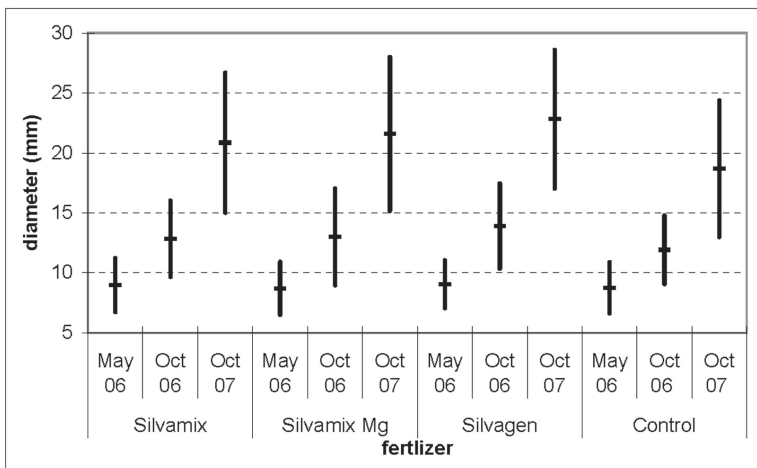
Obrázok 3 Biometrické parametre výšok smrekovca (aritmetický priemer ± smer. odchýlka)
Figure 3 Biometrical parameters of larch's height (arithmetical mean ± standard deviation)

The highest diameter increment was found out in the larch trees treated with Silvagen (8.92 mm during the summer 2007). The lowest diameter increment was found out in the control larches (6.76 mm during the summer period 2007) (See Table 1). The highest mean value of diameter was observed in larch trees treated with Silvagen. The lowest mean value of root collar diameter was found out in the control larches (See Figure 4). Table 5 presents the effect of fertilizers on larch diameter increment. We found out a statistically significant effect of Silvagen fertilizer on larch's diameter increment two years after the fertilization, but significant effect of Silvagen fertilizer on diameter increment was found out back in the first year after the fertilization – in comparison to the control trees. Interestingly, the method of ANOVA almost confirmed a significant effect of Silvamix Mg fertilizer on larch's diameter growth in comparison to the control trees (the value of probability was 0.069).

SARVAŠ, TUČEKOVÁ, PAVLENDÁ (2003) found out positive effect of Silvamix Mg fertilizer on height increment of beech in the first year after fertilization. WALKER (2005) compared three fertilizer formulae with a high N content in Jeffrey pine plantation. The fertilizers were applied by dispersion three years after the plantation establishment. He found out that after five growing seasons, fertilization increased the height by 143%, and stem diameter by 104% in total.

Tabuľka 5 Vyhodnotenie vplyvu hnojív na hrúbkový rast smrekovca metódou analýzy variancie
Table 5 Fertilization effect on larch's diameter growth evaluated with ANOVA

Sample	Observations	Sum	Average	Variance		
Silvamix	55	1146.5	20.85	34.85		
Silvamix Mg	64	1381.8	21.59	41.85		
Silvagen	56	1277.8	22.82	34.07		
Kontrola	59	1102.4	18.68	33.01		
ANOVA						
Source of variability	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Regression	524.83	3	174.94	4.844	0.003	2.644
Residual	8306.87	230	36.12			
Total	8831.7	233				
Inference	significant					
Matched comparison of pair samples						
Scheffé test						
Comparative pairs	df	Signification	Probability			
Silvamix – Silvamix Mg	−0.75	insignificant	0.929			
Silvamix – Silvagen	−1.97	insignificant	0.395			
Silvamix – Control	2.16	insignificant	0.301			
Silvamix Mg – Silvagen	−1.23	insignificant	0.742			
Silvamix Mg – Control	2.91	insignificant	0.069			
Silvagen – Control	4.13	significant	0.004			



Obrázok 4 Biometrické parametre hrúbok smrekovca (aritmetický priemer $\pm$ smerod. odchýlka)
 Figure 4 Biometrical parameters of larch's diameter (arithmetical mean $\pm$ standard deviation)

CONCLUSION

The main contribution of the paper is ascertaining the effect of Silvagen fertilizer on height and diameter increment in larch plants in the first year after their fertilization and the effect present in the second year after fertilization in comparison to the control larches. We found out no significant effect of the other fertilizers on tree growth. However, we expected a significant effect of the other fertilizers on tree increment in the second year in comparison to the control trees. SARVAŠ, TUČEKOVÁ, PAVLENDÁ (2003) carried out a detailed investigation of Silvamix Mg fertilizer application. In the second year after the fertilization, they found out differences in favour of spruce trees treated with fertilizers, and they expect the confirmation of statistic significance in following years. Similarly, REMEŠ *et al.* (2005b) found out that the tablet fertilization using Silvamix and Silvamix Mg contributed to the height increment in spruce seedlings in the second year after providing them with fertilizers. He mentions that the positive effect of tablet fertilizers on height growth of plantations persists in some cases in the third and the fourth year after fertilization.

On the other hand, KUNEŠ, BALCAR, ČÍŽEK (2004) evaluated a nine-year-long period of observation after application of Silvamix Forte tablet fertilizer to spruce trees growing in air polluted sites. They found out that spruce trees treated with Silvamix fertilizer showed a significantly faster pace of height growth than control trees over the period from 1997 to 2000. Similarly, in 2002, the average stem base diameter of the Silvamix variant was by 12.5% larger than that of the control.

On the basis of our preliminary results, we can recommend using especially the Silvagen fertilizer in forestry practice. We found out a significant effect of Silvagen fertilizer on growth of treated larch trees in comparison to the control ones. On the other hand, we did not observed any statistically significant effect of the other fertilizers (Silvamix and Silvamix Mg) on tree growth, but the trees treated by these fertilizers manifested somewhat bigger height and diameter increment in comparison to the trees without treatment. Therefore, we can recommend using Silvamix and Silvamix Mg fertilizers in our forestry practice too.

However, it will be necessary to examine our data in the next years – for objective evaluation of how the tree growth is affected with the fertilizers applied.

Acknowledgement

The study was supported by the Grant Agency of Science VEGA, grant No 1/4397/07.

References

- KUBÍČEK, J.: Dílčí výsledky pokusu s tabletovanými hnojivy. In: Využití chemické meliorace v lesním hospodářství. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, 2003, p. 66–71.
- KUNEŠ, I., BALCAR, V., ČÍŽEK, M.: Influence of amphibolite powder and Silvamix fertiliser on Norway spruce plantation in conditions of air polluted mountains. Journal of forest science, 50, 2004 (8), p. 366–373.
- NÁROVEC, V.: Hnojivé tablety v soustavách hnojení lesních kultur. Lesnická práce, 2004, Nr. 3, p. 16–17.
- REMEŠ, J., VIEWEGH, J., PODRÁZSKÝ, V., VACEK, S.: Výsledky aplikace hnojiv řady Silvamix v lesních porostech. Lesnická práce, 2004, Nr. 2, p. 25–27.
- REMEŠ, J., ZAHRADNÍK, D., PODRÁZSKÝ, V., KUBÍČEK, J., NÁROVEC, V.: Účinky pomalu rozpustných tabletovaných hnojiv. Lesnická práce, 2005a, Nr. 6, p. 28–30.
- REMEŠ, J., ZAHRADNÍK, D., PODRÁZSKÝ, V., KUBÍČEK, J., NÁROVEC, V.: Účinky rozpustných tabletovaných hnojiv v škólkach a pri zalesňovaní, Slovenské lesokruhy, 2005b, Nr. 6, p. 54.
- SARVAŠ, M., TUČEKOVÁ, A., PAVLEND, P.: Výsledky výskumu aplikácie hnojiva Silvamix Mg v lesoch Slovenska. In: Využití chemické meliorace v lesním hospodářství. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, 2003, p. 46–52.
- SZOLTYK, G.: Nawozy wieloskładnikowe o przedluzonym dzialaniu do rewitalizacji sosnowych i świerkowych upraw leśnych. Leśne prace badawcze, 2004, Nr. 2, p. 21–34.
- ŠTOFKO, P.: Účinky pomaly rozpustných hnojiv rady Silvamix a Silvagen na lesnú kultúru po prvom roku pôsobenia. Acta Facultatis Forestalis Zvolen Slovakia, 2007, Vol. 49, Nr. 1, p. 123–132.
- TUČEKOVÁ, A., SARVAŠ, M.: Pomaly rozpustné hnojivá a ich využitie v lesníctve, Les, 2002, Nr. 4, p. 17–18.
- WALKER, R. F.: Growth and nutrition of Jeffrey pine seedlings on a Sierra Nevada surface mine in response to fertilization three years after planting. Western journal of applied forestry, 2005, 20(1), p. 28–35.

Address of authors:

Ing. Peter Štofko
Doc. Ing. Milan Kodrík, CSc.
Department of Forest Protection and Game Management
Faculty of Forestry
Technical University in Zvolen
Masarykova 20
SK 960 01 Zvolen
Slovakia

Účinky pomaly rozpustných hnojív rady Silvamix a Silvagen na rast lesnej kultúry po druhom roku pôsobenia hnojív

Zhrnutie

Práca vyhodnocuje účinky tabletovaných hnojív Silvamix, Silvamix Mg a Silvagen na výškový a hrúbkový rast založenej kultúry smreka a smrekovca po druhom roku pôsobenia hnojív. Hnojivá boli náhodným spôsobom aplikované v množstve 5 tabliet (50 g)/jedinec, pričom ošetrovanie jednotlivými druhmi hnojív sa striedalo od stromčeka k stromčeku, vrátane jedincov bez zásahu (kontrola). Tablety boli kladené na povrch pôdy a následne zašľapované pod povrch. Metóda analýzy variancie nepotvrdila štatisticky významný vplyv hnojív na výškový a hrúbkový rast smreka (tab. 2 a 3). Pri jedincoch smrekovca ošetrovaných Silvagenom sa aj po druhom roku potvrdil štatisticky významný vplyv hnojiva na výškový a hrúbkový rast smrekovca v porovnaní s kontrolou (tab. 4 a 5).

KOLKO PODKÔRNIKOV DUBOVÝCH (*SCOLYTUS INTRICATUS* RATZ.) (COLEOPTERA: SCOLYTIDAE) MÔŽE VYLETIEŤ Z JEDNÉHO CHROBAČIARA?

Juraj G A L K O – Štefan P A V L Í K – Milan K O D R Í K

Galko, J., Pavlík, Š., Kodrík, M.: Kolko podkôrníkov dubových (*Scolytus intricatus* Ratz.) (Coleoptera: Scolytidae) môže vyletieť z jedného chrobačiara? Acta Facultatis Forestalis Zvolen, L, 2008, č. 2, s. 93–102.

Práca sa zaoberá problematikou početnosti podkôrníka dubového (*Scolytus intricatus* Ratz.) na dubových lapákoch z duba žltkastého (*Quercus dalechampii* Ten.) a duba cerového (*Quercus cerris* L.) v oblasti západného Slovenska (LS Kšinná, OZ Trenčín). V poraste 57 sme analyzovali 4 stojace a 3 ležiace lapáky. S narastajúcou hrúbkou vzoriek (4 hrúbkové kategórie) sa zvyšuje počet vyletených podkôrníkov dubových (*Scolytus intricatus* Ratz.) z 1 dm² povrchu vzoriek. Na jednom lapáku sa môže vyvíjať až okolo 50 000 imág (768–2 790 materských chodieb) podkôrníka dubového (vajíčka, larvy, kukly). Mortalita predstavovala v priemere približne 90 % z tohto počtu. Približný priemerný počet vyletených imág zo stojacich lapákov bol od 3 128 imág (lapák Db1S) až do 5 801 imág (lapák Cr1S). Zistili sme aj rozdiely v dĺžke materských chodieb podkôrníka dubového medzi jednotlivými druhmi dubov. Na vzorkách duba žltkastého bola dĺžka materských chodieb výrazne väčšia ako na vzorkách duba cerového. Výsledky poskytujú obraz o počte imág podkôrníka dubového, ktoré môžu opustiť jeden aktívny chrobačiar a o význame odstraňovania takýchto stromov z porastov.

Kľúčové slová: podkôrník dubový (*Scolytus intricatus* Ratz.), dub (*Quercus* sp.), lapák, produkcia potomstva

1. ÚVOD

Zanedbaná porastová hygiena v dôsledku ponechania väčšieho množstva ťažbových zvyškov, resp. aj chrobačiarov a suchých stromov v porastoch je jedným z faktorov podporujúcich premnoženie lesných škodcov. Zvlášť odumierajúce a čerstvo odumreté duby v dubových porastoch sú vhodným materiálom pre rozmnožovanie a vývin podkôrných a drevokazných škodcov, z ktorých je najvýznamnejší podkôrník dubový (*Scolytus intricatus* Ratz.). Tento škodca sa za priaznivých podmienok (teplota, dostatok vhodného materiálu pre vývin, vhodné klimatické podmienky ap.) môže veľmi rýchlo premnožiť a počas zrelostného žeru v tenkých vetvičkách korún prenášať výtrusy ophiostomatálnych húb na zdravé duby (GOGOLA, CHOVANEC, 1987; HLAVÁČ, PAVLÍK, 2000a). Podkôrník dubový vstúpil do povedomia najmä v 80. rokoch minulého storočia, ako významný vektor

tracheomykóz dubov na Slovensku (ČAPEK a kol., 1985). V tomto období stúpol význam odstraňovania aktívnych chrobačiarov (chrobákom naletených stromov) a ťažbových zvyškov z dubových porastov.

Napriek zásadám porastovej hygieny netreba zabúdať ani na ekologický význam mŕtveho dreva v poraste. Mŕtve drevo je habitatom mnohých saproxylických a xylobiontných druhov hmyzu (KLEINEVOSS a kol., 1996), z ktorých, najmä v dubových porastoch, sú niektoré vzácné a ohrozené (HAASE a kol., 1998).

Cieľom nášho príspevku bolo určiť (1) aký veľký bol nálet podkôrnika dubového na pripravené dubové lapáky a (2) koľko podkôrnikov dubových môže potenciálne vyletieť z jedného napadnutého lapáka.

2. MATERIÁL A METÓDY

Na západnom Slovensku pri Bánovciach nad Bebravou na lokalite Jerichov (LS Kšinná, OZ Trenčín) v poraste 57 (slt *Fageto-Quercetum*, vek 60 rokov) s 95 % zastúpením duba sme v polovici apríla 2006 pripravili 8 dubových lapákov. Vybrali sme pri sebe stojace dve dvojice duba žltkastého (*Quercus dalechampii* Ten.) a dve dvojice duba cerového (*Q. cerris* L.). Z každého páru takto vybraných dubov sme jeden pripravili ako ležiaci lapák a jeden sme pripravili podľa STN 48 2717 (Ochrana lesa proti podkôrnikovi dubovému) ako stojaci klasický lapák, takže na tom istom stanovišti a v rovnakých ekologických podmienkach boli pri sebe ležiaci aj stojaci lapák.

Lapáky sme označili a ponechali v poraste celý rok vystavené náletu podkôrneho a drevokazného hmyzu. Pred spílením sme na stojacich lapákoch pomocou buzoly označili sever a na ležiacich lapákoch sme označili ich vrchnú stranu. Po spílení stojacich lapákov sme v trojmetrových odstupoch odmerali hrúbku kmeňov kovovou priemerkou, aby sme mohli čo najpresnejšie vypočítať celkový povrch lapáka. Potom sme zmerali dĺžky všetkých lapákov a narezali ich na 1m sekcie. Údaje o jednotlivých lapákoch sa nachádzajú v tabuľke 1. Jeden ležiaci dubový lapák bol aj napriek označeniu odcudzený.

Tab. 1 Základné charakteristiky dubových lapákov

Tab. 1 Grundcharakteristiken von Eichenfangbäumen

Lapák ¹⁾	Drevina ^{2)*}	Stojaci/ležiaci ³⁾	Označenie ⁴⁾	Dĺžka ⁵⁾ [m]	Hrúbka d _{1,3} ⁶⁾ [cm]	Povrch ⁷⁾ [dm ²]
1	Db	Stojaci	Db1S	20	20,5	876,11
2	Db	Ležiaci	Db1L	20	19,5	857,24
3	Cr	Stojaci	Cr1S	25	28	1464,81
4	Cr	Ležiaci	Cr1L	23	21	1125,69
5	Cr	Stojaci	Cr2S	21,5	21	998,52
6	Cr	Ležiaci	Cr2L	20,5	19,5	880,77
7	Db	Stojaci	Db2S	21	21,5	974,97

¹⁾der Fangbaum, ²⁾die Baumart, ³⁾stehend/liegend, ⁴⁾die Bezeichnung, ⁵⁾die Länge, ⁶⁾die Stärke, ⁷⁾die Fläche

*Db – *Quercus dalechampii*, Cr – *Quercus cerris*

Po odvezení lapákov z porastu boli vzorky analyzované. Z každého lapáka sme analyzovali tri vzorky, t. j. tri hrúbkové kategórie: zo spodnej, strednej a vrchnej časti kmeňa. Tieto sme odkôrnili, očistili oceľovou keľou a štetcom odstránili drobné nečistoty a prach. Na vzorkách sme následne zisťovali počet a dĺžku materských chodieb podkôrnika dubového, a to zvlášť na severnej a južnej strane stojacich lapákov, resp. na spodnej a vrchnej strane ležiacich lapákov. Dĺžky materských chodieb sme merali posuvným meradlom (s presnosťou na 1 mm). Celkovo bolo zmeraných 143 materských chodieb na dube žltkastom a 178 materských chodieb na dube cerovom.

Z dĺžky a hrúbky vzorky sme vypočítali jej povrch. Na základe toho sme prepočítali počet materských chodieb zistených na vzorke na 1 dm² povrchu vzorky. Následne sme sčítali všetky povrchy hodnotených hrúbkových kategórií vzoriek z daného lapáka a počet materských chodieb zistených na všetkých vzorkách daného lapáka sme tiež prepočítali na 1 dm². Takto sme získali priemerný počet materských chodieb na 1 dm² na danom lapáku. Keď sme potom prepočítali priemerný počet materských chodieb na 1 dm² na celý povrch lapáka, a za predpokladu, že poznáme priemerný počet nakladených vajíčok podkôrnika dubového v jednej materskej chodbe (cca 20), vypočítali sme teoreticky možný počet nakladených vajíčok podkôrnika dubového na jednom napadnutom lapáku. Aby sme zistili mortalitu imág, vložili sme do fotoeklektorov 4 hrúbkové kategórie vzoriek zo stojacich lapákov (0–6 cm, 6–14 cm, 14–18 cm, 18–25 cm). Imága sme z fotoeklektorov odoberali v týždenných intervaloch. Zistený počet imág podkôrnika dubového vyletených z jednotlivých vzoriek sme dali do pomeru s ich povrchom. Takto sme získali počet vyletených podkôrníkov z 1 dm². Keď sme vynásobili priemerný počet vyletených podkôrníkov dubových z 1 dm² zo vzoriek zo stojacich lapákov s celkovým povrchom lapáka, dostali sme približný počet vyletených podkôrníkov dubových z každého stojaceho lapáka. Aby sme zistili mortalitu dali sme do pomeru vypočítané množstvo vyletených imág podkôrnika dubového na lapáku s teoreticky možným počtom vyvíjajúcich sa imág podkôrnika dubového na lapáku.

3. VÝSLEDKY

Údaje o obsadení vzoriek z dubových lapákov podkôrníkom dubovým sú uvedené v tabuľke 2 a 3.

Tab. 2 Obsadenie vzoriek z lapákov podkôrníkom dubovým

Tab. 2 Besetzung von Proben aus den Fangbäumen durch den Eichensplintkäfer

Lapák ¹⁾	Vzorka ²⁾	Hrúbka ³⁾ [cm]	Povrch ⁴⁾ [dm ²]	Počet m. ch.* na vzorke ⁵⁾	Počet m. ch.* na dm ² ⁶⁾	Priem. dĺžka m. ch.* – rozpätie [mm] ⁷⁾	J vs. S* ⁸⁾ V vs. D* (množstvo m. ch. v %)
DbIS	1	11,5	36,00	76	2,1	9,2 5–17	62–38
	2	14,5	44,25	124	2,8	10,4 5–19	51–49
	3	18,0	55,18	172	3,1	9,8 6–14	53–47

Tab. 2 Pokračovanie

Tab. 2 Fortsetzung

Lapák ¹⁾	Vzorka ²⁾	Hrúbka ³⁾ [cm]	Povrch ⁴⁾ [dm ²]	Počet m.ch.* na vzorke ⁵⁾	Počet m.ch.* na dm ² ⁶⁾	Priem. dĺžka m. ch.* – rozpätie [mm] ⁷⁾	J vs. S* ⁸⁾ V vs. D* (množstvo m. ch. v %)
Db1L	1	11,0	34,54	44	1,3	9,8 7–15	100–0
	2	14,0	44,70	42	0,9	12,4 7–25	100–0
	3	17,5	54,47	24	0,4	11,7 6–22	100–0
Cr1S	1	11,5	35,39	50	1,4	7,5 5–12	54–46
	2	16,5	52,60	80	1,5	8,9 5–16	54–46
	3	22,5	72,15	175	2,4	9 5–24	51–49
Cr1L	1	13,0	40,80	17	0,4	8,4 7–10	100–0
	2	16,0	50,74	33	0,7	9,2 5–23	100–0
	3	18,0	56,52	51	0,9	8,6 5–15	85–15
Cr2S	1	13,0	40,41	97	2,4	7,1 4–12	51–49
	2	16,0	49,24	113	2,3	8,9 5–20	53–47
	3	18,0	52,01	118	2,3	8,3 5–13	59–41
Cr2L	1	12,0	37,70	0	0	0	0
	2	13,5	42,40	0	0	0	0
	3	17,0	53,40	0	0	0	0
Db2S	1	11,5	36,11	65	1,8	14,3 5–22	47–53
	2	16,0	52,75	89	1,7	13,4 7–26	53–47
	3	18,5	58,74	116	2,0	13,6 10–20	48–52

*Pozn.: m. ch. – materská chodba; J vs. S – južná vs. severná strana stojaceho lapáka, V vs. D – vrchná vs. dolná strana ležiaceho lapáka

¹⁾der Fangbaum (Db – *Quercus dalechampii*, Cr – *Quercus cerris*), ²⁾die Probe, ³⁾die Stärke, ⁴⁾die Fläche, ⁵⁾Anzahl von Muttergängen an der Probe, ⁶⁾Anzahl von Muttergängen an dm², ⁷⁾die Durchschnittslänge des Muttergangs – die Spannweite, ⁸⁾Süd vs. Nord, obere vs. untere Seite (die Menge der Muttergänge im %)

Najväčšia hustota náletu bola na vzorke 3 z lapáka Db1S (3,12 materských chodieb na dm²). Na vzorkách z lapáka Cr2L nebola zistená žiadna materská chodba.

Tab. 3 Priemerné hodnoty sledovaných údajov a ich smerodajné odchýlky

Tab. 3 Die Durchschnittswerte von beobachteten Angaben und ihre Standardfehler

Lapáky spolu ¹⁾	Počet m. ch.* na dm ² ²⁾ (Priemer ± Sm. od.*)	Dĺžka m. ch.* [mm] ³⁾ (Priemer ± Sm. od.*)	J resp. V vs. S resp. D* ⁴⁾ (Priemer ± Sm. od.*) ⁵⁾	
Db S	2,3 ± 0,58	11,8 ± 2,23	52,3 ± 5,35	47,7 ± 5,35
Db L	0,9 ± 0,42	11,3 ± 1,35	100 ± 0	0 ± 0
Cr S	2,1 ± 0,46	8,3 ± 0,81	53,7 ± 2,94	46,3 ± 2,94
Cr L	0,7 ± 0,24	8,7 ± 0,42	95 ± 8,66	5 ± 8,66

*Pozn.: m. ch. – materská chodba; J vs. S – južná vs. severná strana stojaceho lapáka, V vs. D – vrchná vs. dolná strana ležiaceho lapáka, Sm. od. – smerodajná odchýlka.

¹⁾die Fangbäumen insgesamt (Db – *Quercus dalechampii*, Cr – *Quercus cerris*), ²⁾Anzahl von Muttergängen an dm², ³⁾die Länge des Muttergangs, ⁴⁾Süd vs. Nord, obere vs. untere Seite, ⁵⁾Durchschnitt ± Standardfehler

Tab. 4 Potencionálny počet imág podkôrnika dubového na analyzovaných lapákoch

Tab. 4 Potentielle Anzahl von entwickelten Imagen des Eichensplintkäfers an den analysierten Fangbäumen

Lapák ¹⁾	A	B	C	D	E	F	G
Db1S	135,43	372	2,8	2409	9,7	48 186	15,5
Db1L	133,71	110	0,8	703	11,2	14 060	15,6
Cr1S	160,14	305	1,9	2790	8,5	55 797	10,9
Cr1L	148,00	101	0,7	768	8,7	15 364	13,2
Cr2S	141,66	328	2,3	2317	8,0	46 332	14,2
Cr2L	133,50	0	0	0	0	0	15,2
Db2S	147,60	270	1,8	1784	13,8	35 685	15,1

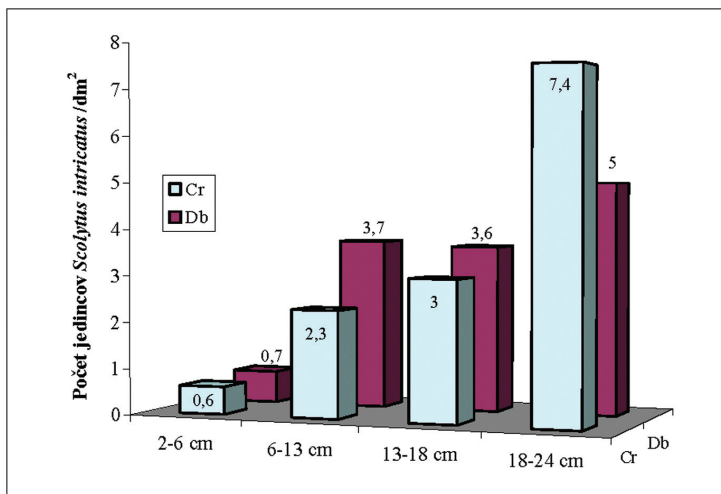
A – Povrch skúmaných vzoriek lapáka [dm²]; B – Počet zistených materských chodieb na vzorkách lapáka; C – Priemerný počet materských chodieb na 1 dm²; D – Počet materských chodieb na celom lapáku; E – Priemerná dĺžka materských chodieb na lapáku [mm]; F – Potenciálny počet nakladených vajíčok podkôrnika dubového na lapáku; G – Percento analyzovaného povrchu lapáku

¹⁾der Fangbaum (Db – *Quercus dalechampii*, Cr – *Quercus cerris*), A – die Fläche von beobachteten Proben des Fangbaums [dm²]; B – die Anzahl von festgestellten Muttergängen an den Proben vom Fangbaum; C – die Durchschnittszahl von Muttergängen an 1 dm²; D – die Anzahl von Muttergängen am gesamten Fangbaum; E – die Durchschnittslänge von Muttergängen am Fangbaum [mm]; F – potentielle Anzahl von gelegten Eien des Eichensplintkäfers am Fangbaum; G – das Prozent von analysierter Fangbaumfläche

Po pre násobení priemerného počtu materských chodieb na 1 dm² na celý povrch lapáka sme dostali pomerne vysoké počty materských chodieb na lapáku (tab. 4, stĺpec D). Údaje o počte nakladených vajíčok v jednej materskej chodbe samičkou podkôrnika dubového sa rôznia, ale prevláda počet 20 vajíčok v jednej materskej chodbe (diskusia).

S touto hodnotou sme uvažovali aj v tejto práci. V stĺpci F (tab. 4) je uvedený potenciálny počet vyvíjajúcich sa imág podkôrnika. Táto hodnota bude znížená v dôsledku parazitácie, vplyvu patogénnych húb, vtákov (ďatle) a ekologických podmienok.

Na obrázku 1 je vzťah medzi hrúbkou vzoriek z dubových lapákov a počtom jedincov vyletených podkôrníkov dubových. So stúpajúcou hrúbkou vzoriek stúpal aj počet vyletených podkôrníkov dubových z 1 dm².



Obr. 1 Priemerný počet imág podkôrnika dubového (*Scolytus intricatus* Ratz.) na 1 dm² povrchu vzoriek podľa hrúbkových kategórií (Cr = dub cerový, Db = dub žltkastý).

Abb. 1 Die Durchschnittszahl von Imagen des Eichensplintkäfers (*Scolytus intricatus* Ratz.) aus 1 dm² Probenfläche nach der Stärkenkategorie (Cr = die Zerreiche, Db = die Dalechamp-Eiche).

V tabuľke 5 je uvedený potencionalný počet jedincov podkôrnika dubového vyletených zo stojacich lapákov po zohľadnení mortality.

Tab. 5 Potencionalné množstvo vyletených podkôrníkov dubových zo stojacich lapákov

Tab. 5 Potentielle Anzahl von ausfliegenden Eichensplintkäfern aus stehenden Fangbäumen

Lapák ¹⁾	Priemerný počet ²⁾ (variačné rozpätie) vyletaných imág na dm ²	Povrch ³⁾ [dm ²]	Potenciálny počet vyletaných imág z lapáka ⁴⁾	Mortalita ⁵⁾ [%]
Db1S	3,57 (0,68–5,12)	876,11	3128 (596–4 486)	93,5 (90,7–98,8)
Cr1S	3,96 (0,64–8,03)	1464,81	5801 (937–11 762)	89,6 (78,9–98,3)
Cr2S	3,96 (0,64–8,03)	998,52	3954 (639–8 018)	91,5 (82,7–98,6)
Db2S	3,57 (0,68–5,12)	975,97	3484 (664–4 997)	90,2 (86,0–98,1)

¹⁾ der Fangbaum (Db – *Quercus dalechampii*, Cr – *Quercus cerris*), ²⁾ die Durchschnittszahl (die Variations-spannung) von Ausfliegenden Imagen an dm², ³⁾ die Fläche [dm²], ⁴⁾ potentielle Anzahl von ausfliegenden Imagen aus dem Fangbaum, ⁵⁾ die Mortalität [%]

4. DISKUSIA

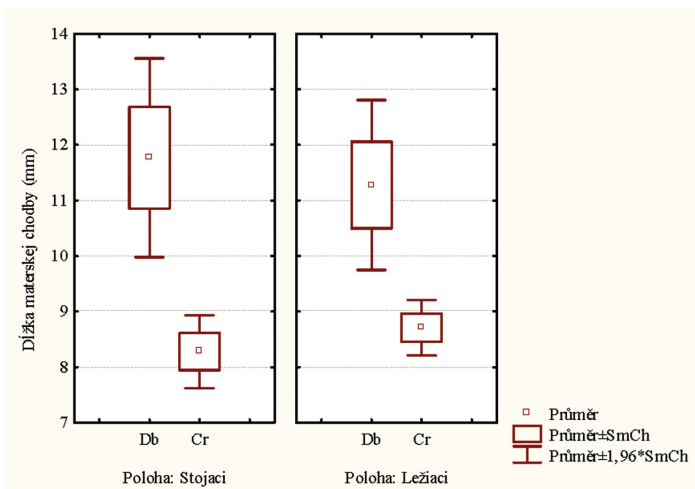
Údajov o počte vyletených imág podkôrnika dubového z chrobačiarov je málo a tak si nevieme predstaviť, aké nebezpečenstvo hrozí dubom, resp. dubovým porastom pri premnožení tohto škodcu. Aj z tohto dôvodu vznikla táto práca ako odpoveď na otázku koľko podkôrníkov dubových vlastne opustí jeden napadnutý strom.

Počas gradácie podkôrnika dubového na Slovensku bolo zistených do 40 materských chodieb na 10 dm² povrchu kôry (ČAPEK a kol., 1985). PATOČKA, NOVOTNÝ (1987) uvádzajú priemerne 48 a GOGOLA, BRUTOVSKÝ (1999) uvádzajú do 160, v niektorých prípadoch až do 400 materských chodieb na 10 dm² povrchu kôry. Ďalej uvádzajú, že v ťažbovom odpade dubov je nízka populačná hustota tohto škodcu, a to len 15 materských chodieb na 10 dm², a že väčšina populácie sa sústreďuje na stojacich, odumierajúcich stromoch. PAVLÍK (1996) zistil na 10 dm² povrchu kmeňa duba cerového v priemere 7 materských chodieb (5–17). My sme zistili na 10 dm² povrchu kôry maximálne 30 materských chodieb.

ČAPEK a kol. (1985) uvádzajú, že zo silno napadnutého stromu môže vyletieť 4 až 70 tisíc jedincov podkôrnika dubového. My sme zistili, že z jedného obsadeného lapáka vyletelo približne 4 tisíc jedincov podkôrnika dubového. Mortalita lariev dosahovala priemerne skoro 90 % (tab. 5). Napr. na lapáku Db1S sme vypočítali až 48 186 jedincov podkôrnika dubového (vajíčka, larvy) podľa počtu materských chodieb zistených na ňom (tab. 4), ale po prepočítaní podľa vyletených imág podkôrnika z fotoeklektorov sme získali približný počet vyletených imág podkôrníkov z tohto lapáka iba 3 128 jedincov. Z toho vyplýva, že mortalita podkôrnika bola na tomto lapáku až 93,5 % (tab. 5).

V dĺžke zmeraných materských chodieb podkôrnika dubového sme zistili medzi dubom žltkastým a dubom cerovým štatisticky vysoko významný rozdiel ($p = 0,0002$; ANOVA). Priemerná dĺžka materských chodieb podkôrnika dubového bola výrazne väčšia na dube žltkastom (obr. 2). Údaje o priemerných dĺžkach materských chodieb sa od mnohých autorov rôznia. U nás sa analýzou požerkov podkôrnika dubového zaoberali PATOČKA, NOVOTNÝ (1987) a GOGOLA, BRUTOVSKÝ (1999). GOGOLA, BRUTOVSKÝ (1999) uvádzajú počet vajíčok na jednu znášku 7–62 (priemerne 28), dĺžku materskej chodby 6–27 mm (priemerne 13,4 mm). PATOČKA, NOVOTNÝ (1987) pozorovali 12–40 (priemerne 20) vajíčok na jednu znášku. GÁLKO (2007) na vybraných vzorkách zistil dĺžku materskej chodby podkôrnika dubového 4,5–22 mm (priemerne 9,2 mm) a počet vajíčok na jednu materskú chodbu (jedna znáška) 12–57, priemerne 25. Naopak DOGANLAR, SCHOPF (1984) uvádzajú 13–95 (priemerne až 30) vajíčok na jednu znášku a HABERMANN, SCHOPF (1987) priemerne až 34 vajíčok na jednu znášku. STARK (1952) uvádza dĺžku materskej chodby 10–30 mm a PFEFFER (1989) dokonca až 20–50 mm.

PAVLÍK (1996) zistil na odumierajúcich duboch cerových priemernú dĺžku materských chodieb 17 mm (7–32) a na jednu materskú chodbu pripadalo v priemere 21 larvových chodieb (11–34). V našej práci sme zistili priemernú dĺžku materských chodieb podkôrnika dubového na stojacich lapákoch duba cerového 8,3 mm ($n = 133$) a na ležiacich lapákoch duba cerového 8,7 mm ($n = 45$).



Obr. 2 Rozdiely v priemernej dĺžke materských chodieb podkôrnika dubového (*Scolytus intricatus* Ratz.) medzi dubom žltkastým (*Quercus dalechampii* Ten.) (n = 143) a dubom cerovým (*Q. cerris* L.) (n = 178).

Abb. 2 Die Unterschiede in der Durchschnittslänge von Muttergängen des Eichensplintkäfer (*Scolytus intricatus* Ratz.) zwischen Dalechamp-Eiche (DB = *Quercus dalechampii* Ten.) und Zerreiche (CR = *Q. cerris* L.).

Pri hodnotení obsadenia stojacich lapákov podkôrnikom dubovým podľa svetových strán sme nezistili žiadne výraznejšie rozdiely medzi severnou a južnou stranou. Na ležiacich lapákoch boli takmer všetky materské chodby iba z hornej strany lapákov, iba na lapáku Cr1L bolo niekoľko materských chodieb aj zo spodnej strany. Bolo to spôsobené zakrivením kmeňa duba, ktorý neležal na zemi celou plochou. Na spodnej strane týchto lapákov boli iba larvové chodby fuzáčov (Cerambycidae).

So stúpajúcou hrúbkou napadnutého materiálu stúpal aj počet vyletených imág podkôrnika dubového (obr.1). Pri ťažbovom odpade (do 6 cm) to bolo len 0,64, resp. 0,68 vyletených podkôrníkov z 1 dm². Pri hrubšom materiále, napr. 14–18 cm, to bolo 3,55, resp. 3 podkôrníky z 1 dm². Konštatujeme teda, že ponechané ťažbové zvyšky (tenký materiál do 6 cm) v poraste v tomto prípade nepredstavujú také nebezpečenstvo šírenia podkôrnika dubového ako keď v poraste ponecháme aktívne chrobačiare (hrubší materiál).

HLAVÁČ, PAVLÍK (2000b) sa venovali tracheomykóznemu ochoreniu, ktoré môže prenášať podkôrník dubový. Dospeli k záveru, že i pomerne malé percento aktívnych prenášačov spór z populácie (5,6 %) predstavuje v celkových číslach potencionálne obrovské množstvo chrobákov, ktorých negatívny vplyv na dubové porasty v prípade premnoženia sa mnohonásobne zvyšuje. Z uvedeného vyplýva, že pre lesnícku prax je mimoriadne dôležité dodržiavať porastovú hygienu v dubových porastoch, odstraňovať zvyšky po ťažbe, ale najmä dôsledne vyhľadávať a odstraňovať dubové chrobačiare, lebo práve tu sa sústreďuje väčšina populácie podkôrnika dubového.

Dub žltkastý pravdepodobne poskytuje na reprodukciu podkôrnika dubového lepšie podmienky ako dub cerový (väčšia dĺžka materskej chodby ap.), avšak je potrebné

analýzovať vzorky viacerých stromov z viacerých lokalít, aby sa dali tieto zaujímavé výsledky zovšeobecniť.

5. SÚHRN

V oblasti západného Slovenska, pri Bánovciach nad Bebravou, sme v blízkosti lokality Jerichov v dubovom poraste analyzovali 7 lapákov z duba žltkastého (*Quercus dalechampii* Ten.) a duba cerového (*Quercus cerris* L.). Výsledky ukázali, že stojace lapáky z oboch druhov dubov boli v priemere omnoho viac (2,1–2,3 materských chodieb na 1 dm²) napádané podkôrníkom dubovým (*Scolytus intricatus* Ratz.) ako ležiace lapáky (0,7–0,9 materských chodieb na 1 dm²). Ďalej sme zistili, že s narastajúcou hrúbkou analyzovaných vzoriek narastal aj počet materských chodieb na 1 dm². Po prepočítaní materských chodieb na celý lapák sme zistili, že na sledovaných lapákoch sa mohlo priemerne vyvíjať približne 50 000 imág podkôrníka dubového (vajíčka, larvy kukly). Avšak počet imág vyletených z lapákov bol len približne 4 000 jedincov (mortalita cca 90 %). Počty imág, ktoré sme zistili pri fotoeklektrovej metóde, nám ukazujú, že so stúpajúcou hrúbkou sledovaných vzoriek stúpal aj počet vyletených podkôrníkov dubových na 1 dm² povrchu vzorky (obr. 1).

Napádanie chradnúcich dubov podkôrníkom dubovým je pomerne vysoké. Pri vysokej mortalite imág je výsledná početnosť tohto škodcu oproti početnosti založenej generácie nízka.

Pod'akovanie

Chceme poďakovať grantovej agentúre VEGA za finančnú podporu grantového projektu č. 1/4397/07 (Disturbančné procesy pôsobiace na ekologickú stabilitu lesných ekosystémov a krajiny), v rámci ktorého sa uvedený výskum realizoval.

6. Zoznam citovanej literatúry

- ČAPEK, M. a kol., 1985: Hromadné hynutie dubov na Slovensku. Príroda, Bratislava, 112 s.
- DOGANLAR, M., SCHOPF, R., 1984: Some biological aspect of the European oak bark beetle, *Scolytus intricatus* (Ratz.) (Col., Scolytidae) in the northern parts of Germany (BRD). J. Appl. Entomol. 97, s. 153–162.
- GALKO, J., 2007: Podkôrne a drevokazné druhy chrobákov (Coleoptera) v ťažbových zvyškoch dubov. In: Acta Facultatis Forestalis Zvolen Slovakia, TU Zvolen Vol. 49, Suppl. 1, s. 59–71.
- GOGOLA, E., CHOVANEC, D., 1987: Podkôrník dubový a tracheomykóza dubov. Bratislava: Videopress MON, 79 s.
- GOGOLA, E., BRUTOVSKÝ, D., 1999: Eichensplintkäfer *Scolytus intricatus* Ratz. In: PATOČKA, J., KŘÍŠTÍN, A., KULFAN, J., ZACH, P. (eds): Die Eichenschädlinge und ihre Feinde. Ústav ekologie lesa SAV, Zvolen, s. 131–151.
- HABERMANN, M., SCHOPF, R., 1987: Untersuchungen zu Laborzucht, Jungkäferschupf und Adultfass von *Scolytus intricatus* (Ratz.), (Col., Scolytidae). J. Appl. Entomol. 106, s. 519–528.
- HAASE, V., TOPP, W., ZACH, P., 1998: Eichen-Totholz im Wirtschaftswald als Lebensraum für xylobionte Insekten. Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz, 7, s. 137–153.
- HLAVÁČ, P., PAVLÍK, Š., 2000a: Podiel podkôrníka dubového (*Scolytus intricatus* Ratz.) na prenose tracheomykóznych húb. In: VARÍNSKY, J. (ed.): Aktuálne problémy v ochrane lesa 2000. Zborník referátov z celoslovenského seminára, Lesnícky výskumný ústav, Zvolen, s. 123–125.

- HLAVÁČ, P., PAVLÍK, Š., 2000b: Podkôrník dubový (*Scolytus intricatus* Ratz.) – vektor tracheomykóznych ochorení. In: HLAVÁČ, P., REINPRECHT, L., GÁPER, J.: Zborník z medzinárodnej konferencie Ochrana lesa a lesnícka fytopatológia 2000, Zvolen, TU, 2000, s. 243–247.
- KLEINEVOSS, K., TOPP, W., BOHÁČ, J., 1996: Buchen-Totholz im Wirtschaftswald als Lebensraum für xylobionte Insekten. Zeitsch. für Ökologie und Naturschutz, 5, s. 85–95.
- PATOČKA, J., NOVOTNÝ, J., 1987: Účasť hmyzu na hromadnom hynutí dubov na Slovensku. In: ČAPEK, M. a kol. (ed.): Vedecké práce VÚLH 36, Bratislava: Príroda, 1987, s. 57–90.
- PAVLÍK, Š., 1996: Odumieranie duba cerového (*Quercus cerris*) spôsobené tracheomykózou. In: Biodiverzita z aspektu ochrany lesa a poľovníctva, Zvolen, s. 193–199.
- PFEFFER, A., 1989: Kůrovcovití (Scolytidae) a jádrohlodovití (Platypodidae). Academia, Praha, 137 s.
- STARK, V. N., 1952: Käfer, 31, Borkenkäfer (russisch). Fauna SSSR, Izd. A. N. SSSR, 462 s.
- STN 48 2717: Ochrana lesa proti podkôrníkovi dubovému.
-

Adresa autorov:

Ing. Juraj Galko

Ing. Štefan Pavlík, PhD.

Doc. Ing. Milan Kodrík, CSc.

Katedra ochrany lesa a poľovníctva

Lesnícka fakulta

Technická univerzita vo Zvolene

T. G. Masaryka 20

960 53 Zvolen

e-mail: galko@vsld.tuzvo.sk, spavlik@pobox.sk, kodrik@vsld.tuzvo.sk

Zusammenfassung

Wieviele Eichensplintkäfer (*Scolytus intricatus* Ratz.) (Coleoptera: Scolytidae) können aus einen Fangbaum hinausfliegen?

In der Region der Westslowakei, bei Bánovce nad Bebravou, haben wir in der Nähe von der Lokalität Jerichov im Eichenbestand sieben Fangbäumen aus Dalechamp-Eiche (*Quercus dalechampii* Ten.) und Zerreiche (*Quercus cerris* L.) ausgewertet. Ergebnisse haben gezeigt, dass die stehenden Fangbäumen waren im Durchschnitt weitaus mehr (2,1–2,3 Muttergänge auf 1 dm²) von dem Eichensplintkäfer (*Scolytus intricatus* Ratz.) befallen als die liegenden Fangbäumen (0,7–0,9 Muttergänge auf 1 dm²). Weiter haben wir festgestellt, dass mit der steigenden Stärke von analysierten Proben auch die Menge der Muttergänge auf 1 dm² anstieg. Nach der Umrechnung von Muttergängen auf dem gesamten Fangbaum stellen wir fest, dass auf dem beobachteten Fangbäumen könnten sich durchschnittlich ungefähr 50 000 Imagen des Eichensplintkäfers (Eier, Larven, Puppen) entwickeln, allerdings wie die Ergebnisse des Ausflugs dieses Schädlings aus Photoelektoren bezeugen erwachsenden, entwickelten Imagen aus solchen Fangbaum fliegt nur ungefähr 4 000 Individuen aus (Mortalität zirka 90%). Mengen von Imagen, die wir beider Photoelektormethode festgestellt haben, zeigen uns, dass mit der steigenden Stärke von analysierten Proben auch der Ausflug von erwachsenen Eichensplintkäfern auf 1 dm² Probenfläche anstieg (Abb. 1).

Ergebnisse haben bestätigt, dass angreifen von kränklichen Eichen durch den Eichensplintkäfer verhältnismässig gross ist, allerdings bei der hoher Mortalität von entwickelten Imagen, die ausgangs Menge von erwachsenen Imagen dieses Schädlings gegenüber der Menge von angelegten Generation niedrig ist.

RIEŠENIE PRAKTICKEJ ŤAŽBOVEJ ÚPRAVY LESA S POUŽITÍM JEMNEJŠÍCH SPÔSOBOV OBHOSPO- DAROVANIA PODRASTOVÉHO LESA

Anton Ž Í H L A V N Í K

Žihlavník, A.: Riešenie praktickej ťažbovej úpravy lesa s použitím jemnejších spôsobov obhospodarovania podrastového lesa. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, L, 2008, č. 2, s. 103–113.

Cieľom príspevku je poukázať na možnosť riešenia praktickej ťažbovej úpravy lesa s použitím podrastového hospodárskeho spôsobu. V práci sa uvádzajú výsledky z opakovaných meraní na 6 trvalých výskumných plochách. Na základe návrhov a realizácie rôznej intenzity ťažbových zásahov sa vyhodnotili získané porastové veličiny. Predpokladaný vývoj prirodzeného zmladenia sa nedosiahol na všetkých trvalých výskumných plochách. Z tohto dôvodu je potrebné zvýšiť návrh intenzity zásahov podľa stavu jednotlivých porastov. Dosiahnuté výsledky sú prínosom pre vhodné a alternatívne stanovenie výšky obnovnej ťažby pri podrastovom hospodárskom spôsobe v nadväznosti na zabezpečenie obnovy lesa prirodzeným zmladením.

Kľúčové slová: hospodársky spôsob, ťažbová úprava lesa

1. PROBLEMATIKA A CIEĽ PRÁCE

V súčasnosti platné právne predpisy a to Zákon č. 360/2007 Z. z., ktorým sa mení a dopĺňa Zákon NR SR č. 326/2005 Z. z. o lesoch, ako aj vyhláška MP SR č. 453/2006 Z. z. o hospodárskej úprave lesov, umožňuje používať okrem holorubného hospodárskeho spôsobu aj podrastový, výberkový a účelový hospodársky spôsob. Snaha každého odborného lesného hospodára je využiť maximálne podľa možností tieto jemné hospodárske spôsoby. Ich použitím vznikajú porasty, ktoré môžeme charakterizovať diferencovanou vekovou a priestorovou štruktúrou. Vznikajú porasty s vysokou ekologickou stabilitou. Táto je veľmi potrebná v súčasnom období práve pri neustálych klimatických zmenách a ich vplyvu na vývoj a stabilitu porastov.

Základným a rozhodujúcim prvkom pri výbere hospodárskeho spôsobu je stav a predpoklady prirodzenej obnovy v príslušnej jednotke priestorového rozdelenia lesa.

Použitím jemnejších hospodárskych spôsobov je možné zabezpečiť v bukových porastoch uplatňovanie prírode blízkych hospodárskych spôsobov a tým aj následne trvale udržateľné hospodárenie v lesoch. Samozrejme, možnosť uplatnenia takýchto spôsobov je aj pri ďalších drevinách. Predpokladom ich použitia je vhodné drevinové zloženie s následným využitím prirodzenej obnovy lesa.

Realizácia jemnejších hospodárskych spôsobov závisí od presnosti správneho určenia prirodzenej obnovy už v plánovaných hospodárskych opatreniach v lesnom hospodárskom pláne (ŽÍHLAVNÍK, A. 2000, 2006, 2007).

Pestovné koncepcie prírode blízkeho pestovania lesa sa stávajú podstatnou formou obhospodarovania lesov Európy. Hlavným dôvodom je zmenená ekologická situácia a rastúca potreba zachovania lesov aspoň na existujúcej ploche (SANIGA, VENCÚRIK 2007, SANIGA 2005).

Veľký vplyv na uplatnenie jemnejších spôsobov majú náhodné ťažby (BALOGH 2005, BAHÝE 2007a, b). Potrebné je preto, aby sa problematike podrastového lesa venovala väčšia pozornosť. Problémy v používaní jemnejších hospodárskych spôsobov a pri stanovení výšky obnovnej ťažby sa prejavili už v minulosti (GREGUŠ 1976, GAŠPERŠIČ 1995, KURTH 1994). Tieto problémy neustále pretrvávajú a niektorí autori sa ich snažia riešiť určitými metódami, ktoré vylepšia postup ťažbovej úpravy lesa (ŽÍHLAVNÍK, A. 2000, 2002, POZNAŇSKI 2001, 2004). Snahou autorov je tiež zlepšenie vekovej a priestorovej štruktúry lesných porastov (MORAVČÍK 2007a, MORAVČÍK, BALOGH 2006) vzhľadom na plnenie všetkých funkcií lesa a zabezpečenie statickej stability a podmienok pre vznik a odrastanie prirodzenej obnovy (MORAVČÍK 2007b).

Cieľom tejto práce je zhodnotenie vybratých porastových veličín z trvalých výskumných plôch (TVP). V nadväznosti na získané výsledky ďalej cieľom práce je podať návrh riešenia ťažbovej úpravy lesa pri použití podrastového hospodárskeho spôsobu pre určitú optimálnu alternatívu.

Ide o stanovenie rôznych alternatív intenzity ťažbových zásahov na sledovaných TVP. Tieto alternatívy sa prehodnocujú vzhľadom na skutočný vývoj prirodzeného zmladenia.

Práca je pokračovaním dlhodobého výskumu na TVP. Je súčasťou riešenia vedeckého a grantového projektu VEGA 1/3530/06 „Metódy HÚL pre trvale udržateľné hospodárenie v lesoch v rôznych vlastníckych formách a ekologických podmienkach“.

2. PODKLADOVÝ MATERIÁL A METODICKÝ POSTUP PRÁCE

2.1. Charakteristika trvalých výskumných plôch

Problematika ťažbovej úpravy lesa v nadväznosti na využitie podrastového hospodárskeho spôsobu sa riešila na TVP založených na LUC VŠLP TU Zvolen.

Ide o TVP, ktoré boli založené v bukových porastoch pre hodnotenie bukového hospodárstva. TVP boli založené v porastoch, v ktorých bol predpoklad možnosti použitia rôznych foriem clonnej obnovy a spĺňali určité kritériá z hľadiska zastúpenia hospodárskych súborov lesných typov pre bukové hospodárstvo.

Výmera všetkých TVP je rovnaká. Každá má výmeru 0,50 ha. TVP majú tvar obdĺžnika a boli vytýčené a stabilizované podľa stanoveného postupu (ŽÍHLAVNÍK, Š. 1999, 2004). Tieto TVP sa dopĺňajú o ďalšie, aby sa dal dosiahnuť určitý časový rad pre výskum obhospodarovania bukových lesov. Podrobný popis TVP a metodický postup ich zakladania, keďže sa jedná o dlhodobé sledovanie, je uvedený v prácach ŽÍHLAVNÍK, A. (2006, 2007). V týchto je spracovaná aj časť problematiky z niekoľkých TVP pre príslušné obdobie z prvých meraní porastových veličín. Uvedená práca je pokračovaním riešenia na základe výsledkov z opakovaných meraní na TVP.

2.2. Zisťovanie porastových veličín

Na jednotlivých TVP boli zisťované porastové veličiny v hornej aj dolnej etáži. V hornej etáži sa zisťovali tieto veličiny: drevina, hrúbka stromov $d_{1,3}$, biosociologické postavenie stromov, výška stromov, kvalita kmeňa, poškodenie kmeňa, vek, zakmenenie, prípadne ďalšie veličiny potrebné pre rôzne účely vyhodnotenia.

V dolnej etáži bola vykonaná kvantitatívna a kvalitatívna inventarizácia. Sledovalo sa prirodzené zmladenie jednak na plôškach umiestnených v rohoch čiastkových plôch, jednak na založených pásoch v rámci čiastkových plôch. Podobný postup je uvedený v predchádzajúcich prácach ŽÍHLAVNÍK, A. (2006, 2007).

3. DOSIAHNUTÉ VÝSLEDKY A MOŽNOSTI REALIZÁCIE

Na základe vykonaných zásahov na TVP a vzniknutej náhodnej ťažbe došlo k zmene porastových veličín na jednotlivých TVP.

V tabuľkách č. 1 až 6 sú uvedené porastové veličiny jednotlivých TVP1–TVP6, ktoré boli získané opakovaným meraním. Ide o počet jedincov (N), objem (V), kruhovú plochu (G) a skutočné zakmenenie (zak.sk.). Tieto sú prepočítané aj na ha. Na základe získaných údajov sa vykonalo zhodnotenie na jednotlivých TVP. Dosiahnutie priaznivého vývoja porastových veličín a vplyv na obnovu následného porastu a vznik prirodzeného zmladenia mal hlavne úbytok jedincov z úrovne porastu so širokými korunami. Niektoré výsledky však boli nepriaznivo ovplyvnené výskytom náhodnej ťažby na TVP.

Tabuľka 1 Porastové veličiny na TVP 1

Tab. 1 Stand characteristics on the permanent research plot Nr. 1

Č. pl. ¹⁾	N (ks) ²⁾	N/ha (ks) ³⁾	V (m ³) ⁴⁾	V/ha (m ³) ⁵⁾	G (m ²) ⁶⁾	G/ha (m ²) ⁷⁾	zak. sk. ⁸⁾
A	18	360	30,53	610,54	1,85	37,04	0,94
B	23	460	39,30	786,02	2,32	46,37	1,00
C	15	300	25,67	513,32	1,46	29,13	0,74
D	16	320	27,12	542,49	1,67	33,30	0,84
E	22	440	30,56	611,25	1,96	39,16	0,99
F	22	440	27,07	541,47	1,72	34,49	0,87
G	25	500	33,52	670,45	2,10	42,01	1,06
H	15	300	28,86	577,27	1,70	33,97	0,86
I	6	120	22,81	456,28	1,18	23,62	0,60
J	23	460	34,62	962,45	2,14	42,88	1,09
Σ	185	370	300,08	600,15	18,10	36,20	0,88

¹⁾Partial plot, ²⁾Number of trees, ³⁾Number of trees/hectare, ⁴⁾Stock (m³), ⁵⁾Stock/hectare, ⁶⁾Circular base (m²), ⁷⁾Circular base/hectare (m²), ⁸⁾Crop density

V súčasnosti sa na TVP 1 nachádza 185 stromov s celkovou zásobou 300,08 m³, kruhovou základňou 18,10 m² a zakmenením 0,88. Zastúpenie drevín je nasledovné: buk 98 %, jaseň 2 % a jedľa ako vtrúsená drevina. Zásoba buka je 295,17 m³, kruhová základňa 17,76 m², priemerná hrúbka buka je 35,4 cm a výška 33,9 m. Jaseň dosiahol zásobu 4,69 m³, kruhovú základňu 0,31 m², priemernú hrúbku 44,2 cm a výšku 36,8 m. Jedľa má zásobu 0,22 m³, kruhovú základňu 0,03 m², priemernú hrúbku 11,6 cm a výšku 14,5 m.

Tabuľka 2 Porastové veličiny na TVP 2

Tab. 2 Stand characteristics on the permanent research plot Nr. 2

Č. pl. ¹⁾	N (ks) ²⁾	N/ha (ks) ³⁾	V (m ³) ⁴⁾	V/ha (m ³) ⁵⁾	G (m ²) ⁶⁾	G/ha (m ²) ⁷⁾	zak. sk ⁸⁾
A	20	400	36,61	732,24	2,24	44,87	1,00
B	26	520	31,72	634,41	2,10	41,94	1,00
C	27	540	28,90	577,91	1,94	38,87	0,98
D	25	500	33,87	677,40	2,14	42,82	1,00
E	20	400	31,30	625,97	1,99	39,77	1,00
F	18	360	25,86	517,24	1,68	33,60	0,85
G	35	700	38,91	778,21	2,63	52,69	1,00
H	28	560	36,17	723,45	2,39	47,83	1,00
I	21	420	27,02	540,37	1,79	35,73	0,90
J	14	280	18,85	376,90	1,27	25,41	0,64
Σ	234	468	309,20	618,41	20,18	40,35	0,94

¹⁾Partial plot, ²⁾Number of trees, ³⁾Number of trees/hectare, ⁴⁾Stock (m³), ⁵⁾Stock/hectare, ⁶⁾Circular base (m²),

⁷⁾Circular base/hectare (m²), ⁸⁾Crop density

Na TVP 2 sa nachádza 234 stromov. Zastúpenie drevín je buk 99 %, jedľa 1 % a javor je ako prímies. Celková zásoba je 309,20 m³, kruhová základňa 20,18 m² a zakmenenie 0,94. Zásoba buka je 307,35 m³, kruhová základňa 20,04 m², priemerná hrúbka je 33,2 cm a výška 31,7 m. Objem javora je 0,18 m³, kruhová základňa 0,02 m², priemerná hrúbka 16,0 cm a výška 20,6 m. Zásoba jedle je 1,67 m³, kruhová základňa 0,12 m², priemerná hrúbka je 27,4 cm a výška 29,1 m.

Tabuľka 3 Porastové veličiny na TVP 3

Tab. 3 Stand characteristics on the permanent research plot Nr. 3

Č. pl. ¹⁾	N (ks) ²⁾	N/ha (ks) ³⁾	V (m ³) ⁴⁾	V/ha (m ³) ⁵⁾	G (m ²) ⁶⁾	G/ha (m ²) ⁷⁾	zak. sk ⁸⁾
A	18	360	16,54	330,84	1,20	24,05	0,61
B	22	440	37,55	751,05	2,39	47,76	1,00
C	31	620	33,80	675,92	2,20	43,99	1,00
D	42	840	31,11	622,15	2,23	44,67	1,00

Tab. 3 Pokračovanie

Tab. 3 Continued

Č. pl. ¹⁾	N (ks) ²⁾	N/ha (ks) ³⁾	V (m ³) ⁴⁾	V/ha (m ³) ⁵⁾	G (m ²) ⁶⁾	G/ha (m ²) ⁷⁾	zak. sk ⁸⁾
E	30	600	28,07	561,49	1,95	39,09	0,99
F	18	360	22,59	451,83	1,48	29,58	0,75
G	25	500	25,24	504,85	1,76	35,15	0,89
H	30	600	33,49	669,83	2,21	44,17	1,00
I	29	580	29,38	587,50	1,89	37,88	0,96
J	33	660	23,80	475,97	1,68	33,51	0,85
Σ	278	556	281,57	563,14	18,99	37,99	0,90

¹⁾Partial plot, ²⁾Number of trees, ³⁾Number of trees/hectare, ⁴⁾Stock (m³), ⁵⁾Stock/hectare, ⁶⁾Circular base (m²), ⁷⁾Circular base/hectare (m²), ⁸⁾Crop density

Na TVP 3 sa nachádza 278 stromov. Zastúpenie drevín je 95 % buk, 3 % hrab, 2 % smrek a jedľa ako prímies. Celková zásoba je 281,57 m³, kruhová základňa 18,99 m² a zakmenenie 0,90. Zásoba buka je 267,90 m³, kruhová základňa 18,02 m², priemerná hrúbka 29,6 cm a výška 30,4 m. Jedľa má zásobu 0,31 m³, kruhovú základňu 0,05 m², priemernú hrúbku 10,6 cm a výšku 12,6 m. Smrek má zásobu 4,83 m³, kruhovú základňu 0,33 m², priemernú hrúbku 46,0 cm a výšku 36,2 m. Zásoba hrabu je 8,53 m³, kruhová základňa 0,59 m², priemerná hrúbka je 30,5 cm a výška 30,9 m.

Tabuľka 4 Porastové veličiny na TVP 4

Tab. 4 Stand characteristics on the permanent research plot Nr. 4

Č. pl. ¹⁾	N (ks) ²⁾	N/ha (ks) ³⁾	V (m ³) ⁴⁾	V/ha (m ³) ⁵⁾	G (m ²) ⁶⁾	G/ha (m ²) ⁷⁾	zak. sk ⁸⁾
A	35	700	24,77	495,35	2,03	40,68	1,00
B	26	520	25,23	504,51	1,92	38,48	0,97
C	25	500	19,42	388,35	1,53	30,70	0,78
D	18	360	23,31	466,20	1,65	32,91	0,83
E	12	240	15,48	309,58	1,02	20,49	0,52
F	24	480	22,52	450,33	1,78	35,58	0,90
G	44	880	27,52	550,37	2,22	44,31	1,00
H	41	820	40,11	802,23	2,93	58,52	1,00
I	37	740	31,23	624,69	2,29	45,84	1,00
J	24	480	29,60	591,91	2,12	42,47	1,00
Σ	286	572	259,18	518,35	19,50	39,00	0,90

¹⁾Partial plot, ²⁾Number of trees, ³⁾Number of trees/hectare, ⁴⁾Stock (m³), ⁵⁾Stock/hectare, ⁶⁾Circular base (m²), ⁷⁾Circular base/hectare (m²), ⁸⁾Crop density

Na TVP 4 sa nachádza 286 stromov. Zastúpenie drevín je tu 78,5 % buka, 21 % duba, 0,5 % hrabu a lipa tvorí prímies. Zásoba je tu 259,18 m³, kruhová základňa 19,50 m² a zakmenenie 0,90. Zásoba buka je 203,30 m³, kruhová základňa 14,91 m², priemerná hrúbka 28,2 cm a výška 27,4 m. Zásoba duba je 53,69 m³, kruhová základňa 4,38 m², priemerná hrúbka 36,9 cm a výška 30,5 m. Hrab dosiahol zásobu 1,41 m³, kruhovú základňu 0,14 m², priemernú hrúbku 17,3 cm a výšku 20,5 m. Lipa má objem 0,77 m³, kruhovú základňu 0,06 m², hrúbku 28,3 cm a výšku 27,4 m.

Tabuľka 5 Porastové veličiny na TVP 5

Tab. 5 Stand characteristics on the permanent research plot Nr. 5

Č. pl. ¹⁾	N (ks) ²⁾	N/ha (ks) ³⁾	V (m ³) ⁴⁾	V/ha (m ³) ⁵⁾	G (m ²) ⁶⁾	G/ha (m ²) ⁷⁾	zak. sk ⁸⁾
A	17	340	40,13	802,62	2,36	47,24	1,00
B	20	400	31,41	628,19	1,99	39,85	1,00
C	16	320	34,08	681,57	2,06	41,25	1,00
D	25	500	43,21	864,27	2,70	54,08	1,00
E	33	660	32,24	644,78	2,23	44,61	1,00
F	20	400	25,72	514,39	1,79	35,81	0,91
G	21	420	34,51	690,10	2,09	41,80	1,00
H	25	500	24,12	682,47	2,20	43,98	1,00
I	24	480	37,85	765,95	2,39	47,72	1,00
J	27	540	26,23	524,67	1,75	35,00	0,89
Σ	228	456	339,50	679,00	21,57	43,13	0,98

¹⁾Partial plot, ²⁾Number of trees, ³⁾Number of trees/hectare, ⁴⁾Stock (m³), ⁵⁾Stock/hectare, ⁶⁾Circular base (m²),

⁷⁾Circular base/hectare (m²), ⁸⁾Crop density

Na TVP 5 sa nachádza 228 stromov. Zastúpenie drevín je 92 % buk a 8 % dub. Celková zásoba na ploche je 339,50 m³, kruhová základňa 21,57 m², zakmenenie 0,98. Zásoba buka je 313,15 m³, kruhová základňa 19,68 m², priemerná hrúbka je 34,2 cm a výška 32,6 m. Dub dosiahol zásobu 26,35 m³, kruhovú základňu 1,89 m², priemernú hrúbku 41,4 cm a výšku 35,0 m.

Tabuľka 6 Porastové veličiny na TVP 6

Tab. 6 Stand characteristics on the permanent research plot Nr. 6

Č. pl. ¹⁾	N (ks) ²⁾	N/ha (ks) ³⁾	V (m ³) ⁴⁾	V/ha (m ³) ⁵⁾	G (m ²) ⁶⁾	G/ha (m ²) ⁷⁾	zak. sk ⁸⁾
A	28	560	32,96	659,28	2,25	44,91	1,00
B	15	300	22,34	446,84	1,44	28,88	0,73
C	12	240	19,85	397,03	1,32	26,49	0,67
D	18	360	31,26	625,22	1,96	39,14	0,99
E	26	520	28,86	577,25	1,96	39,17	0,99

Tabuľka 6 Pokračovanie
Tab. 6 Continued

Č. pl. ¹⁾	N (ks) ²⁾	N/ha (ks) ³⁾	V (m ³) ⁴⁾	V/ha (m ³) ⁵⁾	G (m ²) ⁶⁾	G/ha (m ²) ⁷⁾	zak. sk ⁸⁾
F	11	220	24,63	492,63	1,64	32,76	0,83
G	19	380	36,01	720,21	2,30	46,01	1,00
H	23	460	38,77	775,46	1,63	52,53	1,00
I	18	360	32,34	646,78	2,08	41,57	1,00
J	24	480	32,93	658,69	2,17	43,48	1,00
Σ	194	388	299,97	599,94	19,75	39,49	0,92

¹⁾Partial plot, ²⁾Number of trees, ³⁾Number of trees/hectare, ⁴⁾Stock (m³), ⁵⁾Stock/hectare, ⁶⁾Circular base (m²), ⁷⁾Circular base/hectare (m²), ⁸⁾Crop density

Počet stromov na TVP 6 dosiahol 194. Zastúpenie drevín je 68 % buk, 23 % smrek, 8 % jedľa a 1 % jaseň. Celková zásoba je tu 299,97 m³, kruhová základňa 19,75 m² a zakmenenie 0,92. Zásoba buka je 205,24 m³, kruhová základňa 13,56 m², priemerná hrúbka je 32,3 cm a výška 30,9 m. Smrek má zásobu 67,98 m³, kruhovú základňu 4,47 m², priemernú hrúbku 54,8 cm a výšku 36,1 m. Zásoba jedle je 25,37 m³, kruhová základňa 1,61 m², priemerná hrúbka je 50,6 cm a výška 35,5 m. Jaseň má objem 1,38 m³, kruhovú základňu 0,10 m², hrúbku 35,7 cm a výšku 32,1 m.

Návrhy ťažbových zásahov

Po zistení skutočného stavu porastu po vykonaní zásahov a predpokladanej možnosti vzniku prirodzeného zmladenia sa v nadväznosti na predchádzajúce zrealizované návrhy ťažbových zásahov navrhli ďalšie alternatívy postupu obnovy. Dosiahnuté výsledky pri použití 1. alternatívy sa uvádzajú v práci ŽÍHLAVNÍK, A. (2007). Pri tejto alternatíve sa uvažovalo pri zásahoch hlavne so zdravotným a kvalitatívnym výberom. Do ťažby boli navrhnuté všetky jedince poškodené, ustupujúce a podúrovňové. Tým boli čiastočne splnené základné podmienky pre výskyt a prežívanie semenáčikov prirodzenej obnovy. Na komplexné splnenie základných podmienok bolo nutné pristúpiť v niektorých prípadoch aj do úrovne a nadúrovne porastu. Ide o použitie presvetľovacieho rubu. V práci sa uvádzajú návrhy intenzity zásahov len na TVP 1 až TVP 3.

Na TVP 1 bol pôvodný návrh intenzity zásahu zvýšený až na 20 %. I napriek uvedenému zvýšeniu intenzity sa nedosiahol predpokladaný efekt výskytu prirodzeného zmladenia. Súčasný návrh, keďže sa jedná o veľký výskyt jedincov s veľkým objemom a zároveň veľkými košatými korunami predstavuje intenzitu zásahu až 30 %. Podobne ako v predchádzajúcom návrhu sa zasiahne do jednotlivých čiastkových plôšiek nerovnomerne podľa stavu a vývoja prirodzeného zmladenia. Uvedeným zásahom sa sleduje dosiahnutie aj predpokladaného výrazného zníženia zakmenenia na 0,7. Toto zníženie zakmenenia sa v minulosti použitím príslušného zásahu v skutočnosti nedosiahlo. Na jednotlivých čiastkových plochách A až J sa zasiahne intenzitou od 14 % do 40 %, podľa výskytu jedincov, ktoré sú navrhnuté do ťažby.

Na TVP 2 sa predpokladaný účinok zásahu v minulosti dosiahol. Z tohto dôvodu návrh predpokladá postupovať ďalej podľa pôvodne stanovenej alternatívy. Ide o postupné mierne zvyšovanie intenzity zásahu na jednotlivých čiastkových plochách. Pôvodná intenzita 22 % sa len mierne zvýši a súčasný návrh predstavuje intenzitu zásahu 25 %. Použitím 22 % intenzity v minulosti sa dosiahli priaznivé podmienky pre vývoj už existujúceho prirodzeného zmladenia. Na niektorých čiastkových plochách sa zasiahlo len do úrovne, keďže podúroveň bola odstránená dostatočne už v minulosti. Na jednotlivých čiastkových plochách sa zasiahne intenzitou do 10 do 30 %.

Na TVP 3 už v minulosti bol navrhnutý vyšší zásah ako na ostatných TVP a to až 28 %. Dôvodom takejto intenzity bolo vysoké skutočné zakmenenie, čo malo nepriaznivý vplyv na vznik a ďalší vývoj prirodzeného zmladenia. Vzhľadom na to, že sa jednalo o prvý zásah v tomto poraste a predpokladala sa možnosť zaburinenia, bola navrhnutá znížená intenzita zásahu na 20 %. Použitím tejto alternatívy sa znížilo zakmenenie na 0,78. Súčasný návrh predpokladá rovnakú intenzitu zásahu a to až 28 %, ako bola navrhovaná v minulosti, keďže sa nevyskytlo silné zaburinenie. Zásah na jednotlivých čiastkových plochách A až J sa bude vykonávať v rozpätí od 15 % do 45 %.

Návrhy intenzity zásahov na TVP 4 – TVP 6 sú ovplyvnené výskytom náhodných ťažieb, preto sú v štádiu riešenia odlišným postupom.

Zhodnotenie prirodzeného zmladenia

Zhodnotenie prirodzeného zmladenia sa vykonáva každoročne na všetkých TVP za účelom možnosti ovplyvnenia jeho vývoja použitím rôznej intenzity zásahov. Vzhľadom na veľký rozsah, ako aj z dôvodu nepriaznivých vplyvov rôznych škodlivých činiteľov na vývoj prirodzeného zmladenia sa v práci uvádza len zhodnotenie prirodzeného zmladenia podľa výskovej vyspelosti na TVP 3 až TVP 5.

Postup zisťovania počtu jedincov na jednotlivých čiastkových plochách bol použitý ten istý ako v práci ŽIHĽAVNÍK, A. (2006). Boli zisťované počty jedincov podľa veku a to: jednoročné, dvojročné a trojročné s určitým výškovým rozpätím. Z opakovaného merania prirodzeného zmladenia na jednotlivých TVP sa zistilo, že prirodzená obnova buka bola nedostatočná oproti predpokladom a prognóze jej vývoja. K príčinám zisteným na základe predchádzajúceho merania (vysoké zakmenenie, oneskorené presvetlenie porastov, slabšia intenzita zásahu) pristúpili ďalšie faktory a to slabé semenné roky a úbytok jedincov vplyvom poškodenia zverou. Toto poškodenie sa v minulosti nevyskytovalo. I napriek uvedeným skutočnostiam prirodzené zmladenie bolo dosiahnuté na väčšine čiastkových plôch. Z výsledkov zhodnotenia opakovaných meraní vyplýva, že je potrebné zamerať sa na odstránenie zistených príčin a tým dosiahnuť priaznivejšie výsledky.

Uvedené dosiahnuté výsledky prispievajú k zlepšeniu postupu pri začatí obnovy a pri rozhodovaní o intenzite zásahov.

V tabuľkách 7–9 sú uvedené údaje o prirodzenom zmladení na TVP 3 až TVP 5.

Zo zhodnotenia prirodzenej obnovy vyplynulo, že v danej lokalite je potrebné pri vypracovaní lesného hospodárskeho plánu zvýšiť intenzitu ťažbového zásahu v navrhovaných plánovaných opatreniach a tým následne skrátiť obnovnú dobu. Ďalej je potrebné

využiť a doplniť súčasnú metodiku o zjednodušený postup na skusných plochách s výmerou 0,01–0,02 ha pri praktickom stanovení výšky ťažby v každom poraste tesne pred rozhodnutím o vykonaní zásahu. Podobný postup treba uplatniť aj v porastoch postihnutých náhodnými ťažbami.

Výsledky dokazujú, že použité formy podrastového hospodárskeho spôsobu dávajú možnosť dosiahnutia požadovaného percenta prirodzeného zmladenia.

Tabuľka 7 Zmladenie na TVP 3

Tab. 7 Young-growth stand on the permanent research plot Nr. 3

Čiastkové plochy ¹⁾		A			B		C	E	F		G	H	N ⁸⁾ ks	%
číslo plôšky ²⁾		1	2	3	7	8	10	18	23	24	27	30		
Bk ³⁾	1-ročné (do 5 cm) ⁴⁾	5	1	1	2	2	2	2	1	2	2	1	21	32
	2-ročné (6–15 cm) ⁵⁾	1	2	1				2	1	2			9	14
	3-ročné (16–25 cm) ⁶⁾	1		3			10	5	4	4	6	2	35	54
Spolu ⁷⁾		7	3	5	2	2	12	9	6	8	8	3	65	100

¹⁾Partial plot, ²⁾Number of plot, ³⁾Bk = beech, ⁴⁾one year old, ⁵⁾Two years old, ⁶⁾Three years old, ⁷⁾Sum

⁸⁾Number of trees

Tabuľka 8 Zmladenie na TVP 4

Tab. 8 Young-growth stand on the permanent research plot Nr. 4

Čiastkové plochy ¹⁾		A	B		C		D		E	F	H	J	N ⁸⁾	%
číslo plôšky ²⁾		2	7	8	9	10	13	16	19	23	31	38	ks	
Bk ³⁾	1-ročné (do 5 cm) ⁴⁾	2	1	2	2	2	2	2	3	1	3	3	23	37
	2-ročné (6–15 cm) ⁵⁾		1	2	1				1	3		1	9	14
	3-ročné (16–25 cm) ⁶⁾			2		4	6	6	2	4	5	2	31	49
Spolu ⁷⁾		2	2	6	3	6	8	8	6	8	8	6	63	100

¹⁾Partial plot, ²⁾Number of plot, ³⁾Bk = beech, ⁴⁾one year old, ⁵⁾Two years old, ⁶⁾Three years old, ⁷⁾Sum

⁸⁾Number of trees

Tabuľka 9 Zmladenie na TVP 5

Tab. 9 Young-growth stand on the permanent research plot Nr. 5

Čiastkové plochy ¹⁾		A		B		C		D		E	G		I		J	N ⁸⁾	%
číslo plôšky ²⁾		1	4	7	8	9	12	14	15	17	27	28	33	36	39		
Bk ³⁾	1-ročné (do 5 cm) ⁴⁾	1	2	1	1	3		2	2	2	2	2	2	1	3	24	33
	2-ročné (6–15 cm) ⁵⁾													1		1	1
	3-ročné (16–25 cm) ⁶⁾	1	2	2	3	5	2	4	4	3	4	4	5	5	5	49	66
Spolu ⁷⁾		2	4	3	4	8	2	6	6	5	6	6	7	7	8	74	100

¹⁾Partial plot, ²⁾Number of plot, ³⁾Bk = beech, ⁴⁾one year old, ⁵⁾Two years old, ⁶⁾Three years old, ⁷⁾Sum

⁸⁾Number of trees

4. ZÁVER

Cieľom príspevku je poukázať na riešenie ťažbovej úpravy lesa s použitím podrastového hospodárskeho spôsobu. Ide o vyhodnotenie porastových veličín z opakovaných meraní na trvalých výskumných plochách. Predpokladá sa zvýšenie intenzity zásahov až do 30 %, podľa stavu jednotlivých porastov. Dosiahnuté výsledky sú prínosom pre vhodné a alternatívne stanovenie výšky obnovnej ťažby pri podrastovom hospodárskom spôsobe v nadväznosti na zabezpečenie obnovy lesa prirodzeným zmladením. Využijú sa aj pri aktualizácii modelov hospodárenia, ktoré sa v súčasnom období upravujú vzhľadom na zmeny a nové prvky v hospodárskej úprave lesov

Literatúra

- BALOGH, P., 2005: Vplyv náhodných ťažieb na ťažbovú úpravu lesa v lesných užívateľských celkoch. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, XLVII, s. 249–261.
- BAHÝL, J., 2007a: Ťažbové ukazovatele a ich vyjadrenie na základe všeobecnej hodnoty lesných porastov. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, XLIX, Supp. 1, s. 141–152.
- BAHÝL, J., 2007b: Hodnotenie vekových štruktúr vlastníckych celkov alternatívnymi metódami. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, XLIX, s. 201–213.
- GAŠPERŠIČ, F., 1995: Gozdnogospodarsko načrtovanie v sonaravnem ravnanju z gozdovi. Ljubljana, 403 s.
- GREGUŠ, C., 1976: Hospodárska úprava maloplošného rúbaňového lesa. Bratislava, 304 s.
- KURTH, H., 1994: Forsteinrichtung Nachhaltige Regelung des Waldes. DLV Berlin, 592 s.
- MORAVČÍK, M., BALOGH, P., 2006: Development of age structure of forest in Slovakia. *Lesnícky časopis – Forestry Journal*, r. 52, č. 4, s. 333–339.
- MORAVČÍK, M., 2007a: Derivation of target structure for forests of Norway spruce vegetation zone in Slovakia. *Journal of Forest Science*, 53 (6): 276–277.
- MORAVČÍK, M., 2007b: Derivation of target stocking for forests of Norway spruce vegetation zone in Slovakia. *Journal of Forest Science*, 53 (8): 352–358.
- POZNAŇSKI, R., 2001: Metoda optymalnego porządku cięć w przerębowozrębowym sposobie zagospodarowania z rełnią częściami. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu. CCCXXXI, Leśnictwo*, 39: 203–208.
- POZNAŇSKI, R., 2004: Nowe metody regulacji a urządzania lasu. *Akademia Rolnicza, Krakow*, 196 s.
- SANIGA, M., 2005: Hodnotové prírastkové hospodárstvo listnatých porastov. *Sympóziu. „Súčasnú otázky pestovania lesa“*. TU Zvolen, s. 206–210.
- SANIGA, M., VENCÚRIK, J., 2007: Dynamika štruktúry a regeneračné procesy lesov v rôznej fáze prebudovy na výberkový les v LHC Korytnica. *VŠ 1/2007/A, TU Zvolen*, 83 s.
- ŽIHĽAVNÍK, A., 2000: Ťažbová regulácia v lesných užívateľských celkoch s podrastovým hospodárskym spôsobom. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, XLII, s. 213–225.
- ŽIHĽAVNÍK, A., 2002: Zhodnotenie realizácie obnovných ťažieb v lesnom užívateľskom celku. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, XLIV, s. 187–200.
- ŽIHĽAVNÍK, A., 2006: Využitie prirodzenej obnovy buka pri riešení ťažbovej úpravy lesa. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, XLVIII, s. 255–268.
- ŽIHĽAVNÍK, A., 2007: Riešenie ťažbovej úpravy lesa vo väzbe na trvale udržateľné hospodárenie v lesoch. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, XLIX, s. 215–225.
- ŽIHĽAVNÍK, Š., 1999: Geodézia a fotogrametria v lesníctve. *Skriptá, TU Zvolen*, 340 s.
- ŽIHĽAVNÍK, Š., 2004: Geodézia a fotogrametria v lesníctve. *VŠ učebnica, TU Zvolen*, 388 s.
- Výhláška MP SR č. 453/2006 Z. z. o hospodárskej úprave lesov.
- Zákon NR SR č. 326/2005 Z. z. o lesoch.
- Zákon NR SR č. 360/2007 Z. z. o lesoch.

Adresa autora:

Prof. Ing. Anton Žihlavič, CSc.
Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie
Lesnícka fakulta TU vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen
Slovakia
e-mail: azihlav@vslld.tuzvo.sk

The solution of practical cutting control with using tender type of silvicultural systems in shelter forest

Summary

The aim of this paper refers about possibility of working out the practical cutting control with using of shelterwood cutting. The paper presents results of the iterative measurement from six permanent plots. The stand parameters obtained from the plots were interpreted on the basis of suggestions and implementation of different cutting intensity. The expected natural regeneration wasn't reached at the all of plots. Therefore it's necessary to increase suggestion of cutting intensity according to conditions of individual forest stands. The results which were achieved, they are proposition for suitable and alternate determination of number the regeneration cutting in the shelterwood cutting for sustainability of natural regeneration in forest.

HODNOTENIE VPLYVU METÓDY MATEMATICKÝCH MODELOV NA VYROVNÁVANIE VEKOVEJ ŠTRUKTÚRY

Ján B A H Ý Ľ – Anton Ž Í H L A V N Í K

Bahýľ, J., Žihlavník, A.: Hodnotenie vplyvu metódy matematických modelov na vyrovnanie vekovej štruktúry. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, L, 2008, č. 2, s. 115–129.

Práca sa zaoberá problematikou zistenia vplyvu metódy matematických modelov ťažbovej regulácie na vyrovnanie vekovej štruktúry vo vlastníckych celkoch. Základom sú modelové súbory porastov, s rôznym usporiadaním vekových stupňov, ku ktorým sa priradili skutočné vlastnícke celky s podobným zastúpením vekových stupňov. Na vyhodnotenie skutočnej a normálnej vekovej štruktúry sa použil variačný koeficient, udávajúci variabilitu vekovej štruktúry, percentá zhody a modifikované percentá zhody, ako charakteristika stupňa priblíženia sa skutočnej a normálnej výmery vekových stupňov.

Zo sledovania priebehu variačných koeficientov po vykonaní prognózy dochádza u väčšiny modelových súborov k postupnému znižovaniu variability. Táto skutočnosť sa nepotvrdila u modelových súborov M29 a M32. Spojnice hodnôt vypočítané pomocou percent zhody stúpajú úmerne s desaťročím prognózovania. Ich hodnoty sa v modelových súboroch pohybujú od 85,50–91,77 % a v skutočných súboroch vlastníckych celkov 70,72–94,26 %. Podobný priebeh má i metóda modifikovaných percent zhody, avšak s nižšími hodnotami. V modelových súboroch 79,50–89,20 % a v skutočných súboroch 67,90–91,05 %. Tieto hodnoty dokazujú, že pri použití metódy matematických modelov dochádza k vyrovnávaniu vekových štruktúr a zabezpečeniu tak vo vyššej miere možnosti ťažbovej vyrovnanosti.

Kľúčové slová: skutočná veková štruktúra, normálna veková štruktúra, percento zhody vekovej štruktúry

1. PROBLEMATIKA A CIEĽ PRÁCE

V procese reprivatizácie dochádza k deleniu ucelených lesných častí na menšie jednotky, čím vzniká problém aj v riešení ťažbovej úpravy lesa. V minulosti, i napriek dostatočnej veľkosti základných jednotiek pre ťažbovú úpravu lesa, bolo problémom plne zodpovedať na základné otázky koľko, kde, kedy a ako sa má ťažiť drevo. V súčasných malých výmerách týchto jednotiek tento problém ešte viac narastá, spolu s požiadavkami vlastníka, ktoré nie sú vždy reálne a opodstatnené.

Vzhľadom k malým výmerám vzniká problém objektívneho stanovenia výšky ťažby, ktorý sa musí riešiť v priebehu vypracovania lesného hospodárskeho plánu. Pred každým

stanovením objemu výšky ťažby je preto potrebné v príslušnom vlastníckom celku zhodnotiť jeho stav a všetky potrebné charakteristiky. Pre posúdenie ťažbovej úpravy lesa je vhodné využiť aj modelové štruktúry vlastníckych celkov, ktoré sú blízke skutočným vekovým štruktúram vlastníckych celkov v prípade, že chýbajú dostatočné praktické skúsenosti. (ŽÍHLAVNÍK 2000).

Rozdrobovanie ucelených lesných častí vplyvom zmien v užívaní lesov má veľmi výrazný vplyv na vekovú štruktúru vznikajúcich vlastníckych celkov, ktoré sú základnými jednotkami v ťažbovej úprave. Ich skutočná veková štruktúra sa často krát veľmi odlišuje od normálnej výmery. Vo väčšine vlastníckych celkov je predpoklad nerovnomerného zastúpenia vekových stupňov, nedostatok alebo prebytok rubných porastov, s čím úzko súvisí nerovnomerné rozdelenie drevných zásob vo vekových stupňoch. Dosiahnutie vyrovnanosti ťažieb je v takýchto prípadoch problematické (ŽÍHLAVNÍK 2005a, b).

V súčasnom období ovplyvňuje vo výraznej miere štruktúra jednotlivých vlastníckych celkov riešenie ťažbovej úpravy lesa. V minulosti, ale aj v súčasnom období niektorí autori poukázali na problematiku riešenia v súvislosti s nepravidelnou vekovou štruktúrou základných jednotiek pre ťažbovú úpravu lesa (Greguš 1976; POZNAŇSKI 2001, 2004; ŽÍHLAVNÍK 2004, 2005b).

Pri stanovení výšky ťažby sa v súčasnom období nenachádza medzi základnými ťažbovými ukazovateľmi žiadny plochový ukazovateľ. Výhodou ich využitia pri stanovení výšky ťažby je rýchle, presné a pomerne jednoduché odvodenie aj na niekoľko desaťročí dopredu. Zmeny na výmerách nastávajú iba vplyvom obnovnej ťažby vo vekových stupňoch obnovovaných a v najmladšom (prvom) vekovom stupni, vplyvom presunu obnovných plôch. Na druhej strane v súvislosti s výskytom prekrývajúcich sa etáží na tej istej ploche v podrastovom lese, dochádzalo k nepresnostiam vo výpočtoch. Celková výmera konkrétneho vlastníckeho celku sa pri dodržaní stanovených podmienok hospodárenia vo väčšine prípadov vôbec nemení a nemajú na ňu vplyv výchovné ani obnovné zásahy, na rozdiel od zásob, pri ktorých s dodržaním týchto zásad dochádza k neustálym zmenám vo vekových stupňoch v každom desaťročí.

Na výpočet plochového ukazovateľa ŽÍHLAVNÍK (1999, 2004) používa rôzne varianty matematických modelov na viac desaťročí, ktoré majú vyrovnávací charakter. Metóda umožňuje voliť varianty výpočtu v závislosti od stavu vekovej štruktúry vlastníckych celkov. S predlžujúcou sa dobou obdobia pri výpočte sa prakticky stáva hodnota výpočtu menej reálnejšia a dosiahnutie určitého optimálneho stavu vekových stupňov, ktorý sme si vytýčili, naráža na rôzne ťažkosti, vzhľadom na pôsobenie rôznych nepredvídaných biotických a abiotických činiteľov (vznik kalamít a pod.). Na jednotlivé zmeny, ktoré vznikli týmito činiteľmi, je potrebné pružne reagovať prispôbením výpočtu v konkrétnom desaťročí. Dosiahnu sa tak reálnejšie výsledky potrebné pre najbližšie desaťročia (ŽÍHLAVNÍK 1999).

Pri výpočte sa však neuplatňuje iba jeden variant matematickej formulácie, ale jednotlivé varianty sa striedajú počas celého obdobia, podľa podmienok stanovených pre ich použitie v príslušnom období. Výpočtom zisťujeme pre každé plánovacie obdobie, hodnotu plochového ťažbového ukazovateľa, výmery vekových stupňov vlastníckych celkov, stav a usporiadanie vekových stupňov na konci príslušného plánovacieho obdobia v rámci rubnej doby.

Cieľom práce bolo zistenie vplyvu metódy matematických modelov ťažbovej regulácie na vyrovnávanie vekovej štruktúry, počas celej dĺžky rubnej doby, vo vybraných modelových súboroch porastov a ich následné porovnanie, so skutočnými vlastníckymi celkami vybranými na základe modelových vekových štruktúr.

Uvedená práca je súčasťou riešenia vedeckého grantového projektu VEGA 1/3530/06 „Metódy HÚL pre trvale udržateľné hospodárenie v lesoch v rôznych vlastníckych formách a ekologických podmienkach“.

2. PODKLADOVÝ MATERIÁL A METODICKÝ POSTUP PRÁČ

Ako podkladový materiál boli použité modelové súbory porastov s rôznym usporiadaním vekových stupňov s nadnormálnou, normálnou ako aj podnormálnou výmerou. Každému modelovému súboru bol priradený jeden skutočný vlastnícky celok, s podobným zastúpením vekových stupňov, získaný z lesných hospodárskych plánov vypracovaných Lesoprojektom Zvolen, s platnosťou za obdobie 1996–2005. Jednotlivé vlastnícke celky sú v práci označované poradovým číslom, aby sa zabránilo zneužitiu údajov treťou osobou.

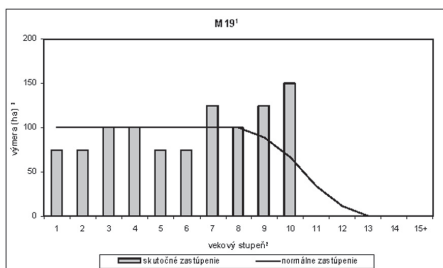
K vyhodnoteniu skutočného stavu jednotlivých vlastníckych celkov, priradených k modelom boli použité prehľadové tabuľky, z kategórie hospodárskych lesov, tvaru vysokého lesa, s plochami drevín, zásobami a ťažbami drevín podľa vekových stupňov. Porovnaním skutočného a normálneho zastúpenia vekových stupňov sa zistili rozdiely medzi skutočnými výmerami (navrhnutými modelovými výmerami) v jednotlivých vlastníckych celkoch (modeloch) a normálnymi výmerami vekových stupňov.

Zo všetkých modelových súborov porastov sa vybralo 6 súborov (obr. 1–6), na základe porovnania ich modelovej vekovej štruktúry, so skutočnou štruktúrou konkrétnych vlastníckych celkov. Modelový súbor M19 má štyri vekové stupne zastúpené s výmerou 75 % z normálnej výmery vekového stupňa, tri vekové stupne zastúpené s výmerou 100 % normálnej výmery, dva vekové stupne so 125 % a posledný vekový stupeň s normálnou výmerou 150 %. V modelových súboroch M27, M29, M31, M32 a M 33 sa striedajú štyri vekové stupne s výmerou 125 % normálnej výmery vekového stupňa, štyri vekové stupne s výmerou 75 % normálnej výmery a dva vekové stupne s výmerou 100% normálnej výmery vekového stupňa.

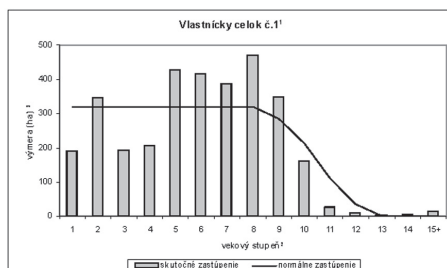
Na obrázkoch 7–12 sú znázornené vekové štruktúry skutočných vlastníckych celkov. V ich charakteristike sa uvádza výmera, rubná a obnovná doba, zásoba, prípadne ďalšie veličiny.

Vlastnícky celok č. 1

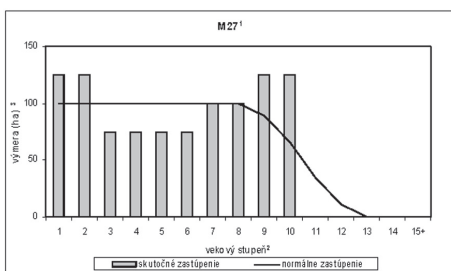
Výmera lesných porastov kategórie hospodárskych lesov tvaru vysokého je 3 211,25ha. Rubná doba je 100 rokov a obnovná doba predstavuje 30 rokov. Celková zásoba predstavuje 595 237 m³. Zásoba rubných porastov je 299 784 m³, výmera rubných porastov je 1038,78 ha a ťažbová plocha je 101,78 ha. Stanovená výška obnovnej ťažby je 36 273 m³.



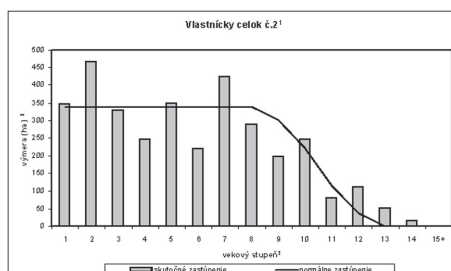
Obr. 1



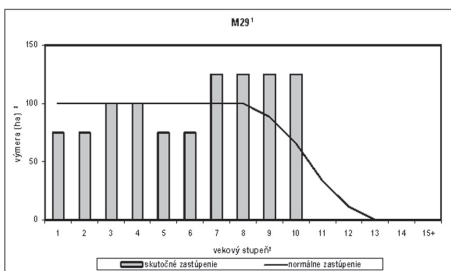
Obr. 7



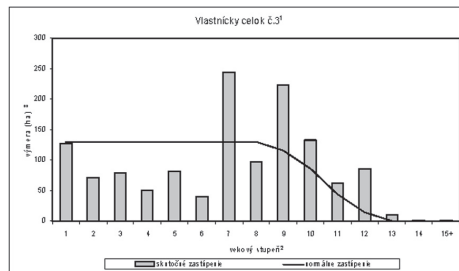
Obr. 2



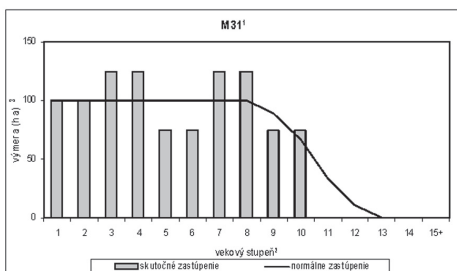
Obr. 8



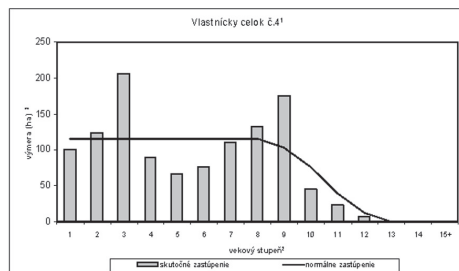
Obr. 3



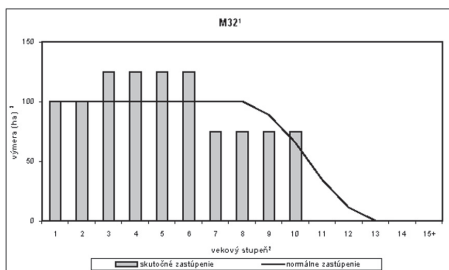
Obr. 9



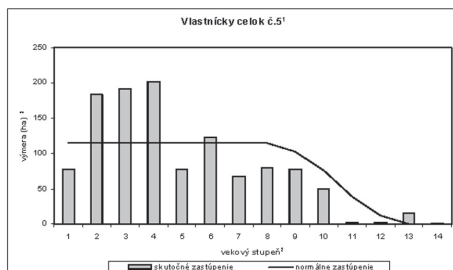
Obr. 4



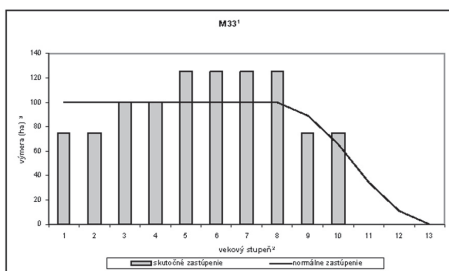
Obr. 10



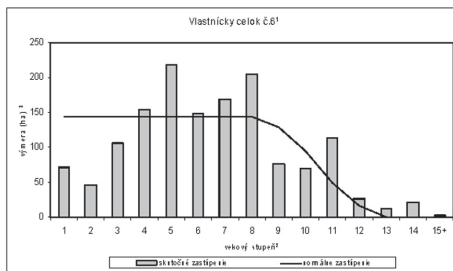
Obr. 5



Obr. 11



Obr. 6



Obr. 12

Obr. 1–12 Znáznornenie rozdielu skutočného zastúpenia vekových stupňov a normálneho zastúpenia vekových stupňov modelových a skutočných vlastníckych celkov na začiatku rubnej doby

Fig. 1–12 Plots of difference of the real age-class distribution and the normal age-class distribution at the beginning of rotation period in the model and real users units

¹user unit No., ²age class, ³real area

Vlastnícky celok č. 2

Výmera lesných porastov kategórie hospodárskych lesov je 3 384,35 ha. Rubná doba je 100 rokov a obnovná doba 30 rokov. Celková zásoba predstavuje 608 004 m³. Zásoba rubných porastov je 330 777 m³, a ich výmera je 999,97 ha a ťažbová plocha predstavuje 208,37 ha. Výška obnovnej ťažby je 85 900 m³.

Vlastnícky celok číslo 3

Výmera lesných porastov kategórie hospodárskych lesov predstavuje 1 304,96 ha. Rubná doba je 100 rokov a obnovná doba 30 rokov. Celková zásoba vlastníckeho celku predstavuje 415 086 m³. Zásoba rubných porastov je 281 109 m³, výmera rubných porastov je 527,10 ha a ťažbová plocha je 140,49 ha. Výška obnovnej ťažby je 61 500 m³.

Vlastnícky celok číslo 4

Výmera lesných porastov je 1 154,43 ha. Rubná doba je 100 rokov a obnovná doba 30 rokov. Celková zásoba predstavuje 111 348 m³. Zásoba rubných porastov je 121 906 m³, výmera rubných porastov je 383,11 ha a ťažbová plocha 36,40 ha. Výška obnovnej ťažby je 12 618 m³.

Vlastnícky celok číslo 5

Výmera lesných porastov vlastníckeho celku je 1152,22 ha. Rubná doba je 100 rokov a obnovná doba 30 rokov. Celková zásoba predstavuje 183 111 m³. Zásoba rubných porastov je 71 591 m³, výmera rubných porastov je 512,69 ha a ťažbová plocha je 208,37 ha. Výška obnovnej ťažby je 7560 m³.

Vlastnícky celok 6

Výmera lesných porastov hospodárskeho tvaru vysokého je 1442,03 ha. Rubná doba je 100 rokov a obnovná doba 30 rokov. Celková zásoba predstavuje 249 652 m³. Zásoba rubných porastov je 134 768 m³, výmera rubných porastov je 527,10 ha a ťažbová plocha predstavuje 89,49 ha. Výška obnovnej ťažby je 24 542 m³.

Na prognózovanie vývoja jednotlivých vekových štruktúr bola použitá metóda matematických modelov pre reguláciu vekovej štruktúry (ŽÍHLAVNÍK, A. 2000, 2004). Pomocou tejto metódy sa v každom prognózovanom decéniu, na základe vypočítaných plochových ťažbových ukazovateľov určilo nové zastúpenie vekových stupňov pre nasledujúce decénium. Prognóza sa urobila na desať decénií, čo zodpovedá dĺžke rubnej doby 100 rokov. Pri metóde bol použitý počet vekových stupňov $k = 3$, ktorý sa pre praktickú realizáciu výšky ťažby javí ako najvhodnejší.

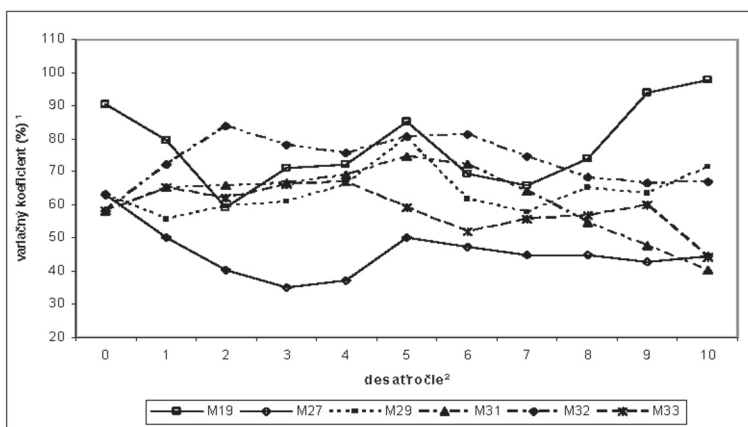
Stupeň zhody vekovej štruktúry vlastníckych celkov, t. j. priblíženie sa skutočnej vekovej štruktúry k normálnemu zastúpeniu vekových stupňov sa vyhodnotil pomocou nasledujúcich ukazovateľov:

- zhodnotenie vekovej štruktúry pomocou variačného koeficienta z rozdielov diferencií medzi skutočným a normálnym zastúpením vekových stupňov.
- index zhody vekovej štruktúry, ktorý vychádza z podielu sumy absolútnych hodnôt rozdielov medzi skutočnou a normálnou výmerou jednotlivých vekových stupňov a maximálne možným súčtom diferencií.
- modifikovaný index zhody vekovej štruktúry, ktorý predstavuje podiel sumy vážených aritmetických priemerov, kde váhou je diferenciacia medzi skutočnou a normálnou výmerou vekového stupňa, a rozdiel výmery vekového stupňa s najväčšou skutočnou a najnižšou normálnou výmerou.

Hodnoty indexu zhody a taktiež modifikovaného indexu zhody sú pre jednoduchšie porovnanie, s hodnotami variačného koeficientu, uvádzané prostredníctvom ich percentuálneho vyjadrenia. Problematika a postup výpočtu jednotlivých metód je podrobnejšie rozobraná v práci (BAHÝL, J. 2007).

3. DOSIAHNUTÉ VÝSLEDKY A DISKUSIA

Z vybratých modelových vekových štruktúr na začiatku rubnej doby dosiahli najnižšiu hodnotu variability modelové súbory porastov číslo M31, M32 a M33 zhodne po 58,25 % (obr. 13). Vyplýva to z rovnakého zloženia skutočného zastúpenia v modelových súboroch s odlišným zastúpením výmer v jednotlivých vekových stupňoch. Modelové súbory M27 a M29 majú o niečo vyššie hodnoty variačných koeficientov, no v porovnaní s modelovými súbormi M31, M32 a M33 je to iba o 4,91 % viac. Najvyššiu hodnotu variability na začiatku rubnej doby dosiahol modelový súbor M19, ktorého variačný koeficient predstavoval hodnotu 90,54 %, čo je o 32,29 % viac ako hodnota modelových súborov s najnižšou mierou variability. Na základe tohto ukazovateľa sa preto javí ako najviac odlišná od normálne zastúpenej vekovej štruktúry, zo šiestich vybraných modelových súborov porastov na začiatku rubnej doby.



Obr. 13 Graf priebehu variačných koeficientov v modelových vlastníckych celkoch po desaťročiach

Fig. 13 Plot of coefficient of variance of the decades in the model user units

¹coefficient of variance, ²decade

Celkový vývoj variability modelových súborov porastov do veku rubnej doby ukazuje, že najnižšiu variabilitu dosahuje modelová štruktúra M 27 v treťom decéniu a to 34,94 %. Priebeh variability má až do tretieho decénia v tejto modelovej štruktúre klesajúci trend, v porovnaní s nultým decéniom až o 28,22 %. V štvrtom decéniu dosahuje iba mierne stúpanie naproti tomu v piatom decéniu, ktoré predstavuje polovicu rubnej doby nadobúda hodnota variačného koeficienta 50,16 %, čo je podobné ako v prvom decéniu. Následne v ďalších decéniách po polovici rubnej doby je priebeh variability mierne klesajúci, až na posledné sledované decénium kde variabilita stúpla na hodnotu 44,48 %.

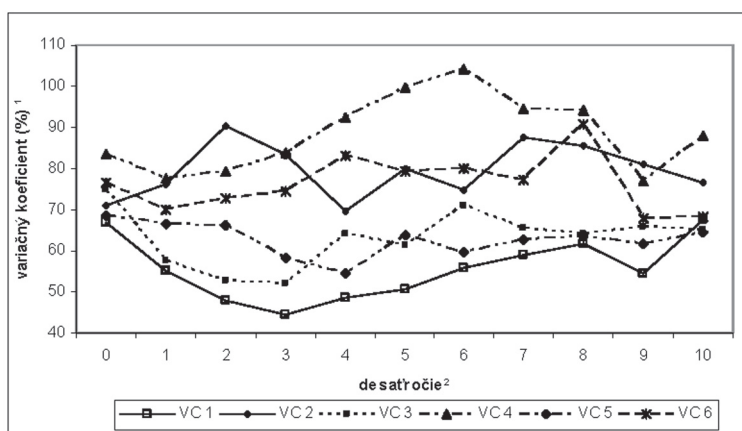
Modelová štruktúra s najvyššou hodnotou variability M19 patrí zároveň medzi štruktúry s najväčšími výkyvmi v rámci jednotlivých skúmaných decénií. Najnižších hodnôt

dosahuje v druhom, siedmom a desiatom decéniu, v ktorých sa zároveň najviac približuje normálnej vekovej štruktúre. Naopak, najvyššie hodnoty variability dosahuje v decéniu na začiatku rubnej doby, piatom a deviatom decéniu, čo je spôsobené zastúpením vekových stupňov s vysokými výmerami, v najstarších vekových stupňoch, a vekových stupňov, s malými výmerami, v najmladších a pred rubných vekových stupňoch.

V priebehu prognózy dosiahol najvyšších hodnôt variability modelový súbor porastov M32. Jeho variabilita je na začiatku pozorovaného obdobia 58,25 %, čo je zároveň i najnižšia hodnota počas celého sledovaného obdobia. Najvyššiu hodnotu variačného koeficienta dosahuje v druhom decéniu 83,86 %, potom mierne klesá do štvrtého decénia a jeho druhý vrchol dosahuje v šiestom decéniu 81,18 %. Od tohto bodu pozvoľne klesá až na hodnotu 66,43 % v deviatom decéniu.

Zo sledovania variability v skutočných vlastníckych celkoch (obr. 14) je zrejmé, že najvyšších hodnôt variačného koeficienta na začiatku rubnej doby 83,45 % dosiahol vlastnícky celok č. 4. Ostatné vlastnícke celky sa nachádzali na úrovni 70 až 80 %. Najnižších hodnôt dosiahli vlastnícky celok č. 1 a vlastnícky celok č. 5 a to 66,99 a 68,45 %.

V tabuľke č.1 je uvedený prehľad plôch jednotlivých modelových a skutočných súborov vlastníckych celkov po vekových stupňoch a desaťročiach, celkových plôch (P), plochových ukazovateľov (UP_{MMM}), variačných koeficientov diferencií ($s_x\%$), percent zhody ($\%_{zh}$) a modifikovaných percent zhody vekovej štruktúry ($\%_{mzh}$).



Obr. 14 Graf priebehu variačných koeficientov v skutočných vlastníckych celkoch po desaťročiach

Fig. 14 Plot of process coefficient of variance of the decades in the real user units

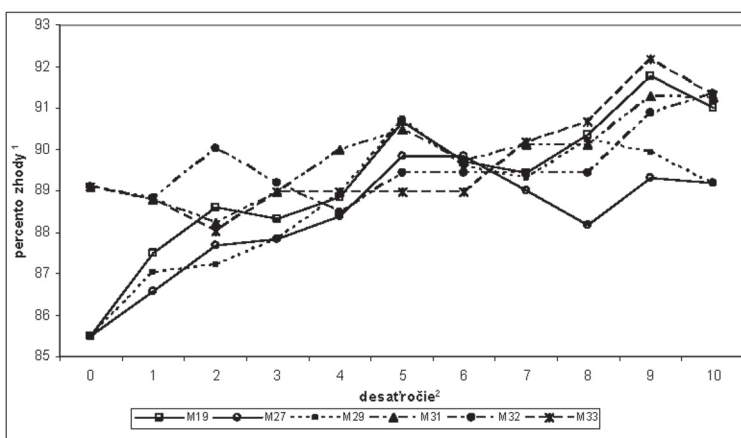
¹coefficient of variance, ²decade

Tabuľka 1 Prehľad ploch vekových štruktúr v modelových a skutočných vlastnických celkoch
 Table 1 View areas of the age structures in the model user units

model vlastnícky celok ¹ č.	veková štruktúra ³															UP ⁴ MAX ⁵	S _% ⁶	% ₇₅ ⁷	% ₉₀ ⁸		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15+						
M19	0	75	75	100	100	75	75	125	100	125	150					1000,00	1000,00	90,54	85,50	81,52	
	5	103,18	94,75	143,4	135,71	85,96	75	75	100	97,60	54,25	21,57	13,57	0,00		1000,00	103,18	85,02	90,65	87,01	
	10	100,28	98,93	95,65	76,96	89,17	103,18	94,75	143,40	132,09	56,38	9,19	0,00	0,00		999,99	155,69	97,76	91,00	88,28	
VC 1	0	191,92	346,69	194,72	208,07	427,69	416,1	387,28	469,6	350,13	160,85	26,4	10,74	1,61	4,86	14,59	3211,25	66,99	83,59	80,39	
	5	356,45	452,28	427,02	377,05	128,64	191,92	346,69	194,72	198,07	341,74	196,67	0,00	0,00		3211,25	429,87	50,63	82,21	79,33	
	10	311,25	209,42	274,73	298,06	371,80	356,45	452,28	427,02	369,81	66,80	38,03	35,59	0,00		3211,25	294,26	67,73	87,32	84,47	
M27	0	125,00	125,00	75,00	75,00	75,00	100,00	100,00	100,00	125,00	125,00					1000,00	1000,00	63,16	85,50	79,50	
	5	91,10	95,51	124,21	127,43	76,81	125,00	125,00	75,00	72,88	56,77	28,37	1,92	0,00		1000,00	91,10	50,16	89,84	84,68	
	10	126,15	83,87	84,45	85,78	78,76	91,10	95,51	124,21	124,20	49,24	56,73	0,00	0,00		1000,00	139,06	44,48	89,17	84,23	
VC 2	0	347,03	467,28	329,62	246,75	348,34	219,87	425,49	288,83	198,45	248,22	82,65	110,31	53,07	18,44	3384,35	3384,35	70,99	88,07	85,01	
	5	334,70	309,71	305,39	379,47	294,96	347,03	467,28	329,62	238,97	280,40	41,30	55,53	0,00		3384,35	334,70	79,84	92,50	90,54	
	10	407,86	341,35	267,25	370,71	296,76	334,70	309,71	305,39	369,98	212,89	135,82	31,93	0,00		3384,35	407,86	76,44	94,26	91,05	
M29	0	75,00	75,00	100,00	100,00	75,00	75,00	125,00	125,00	125,00	125,00					1000,00	1000,00	63,16	85,50	79,50	
	5	103,19	114,20	119,63	146,33	81,40	75,00	75,00	100,00	97,60	54,29	21,56	11,80	0,00		1000,00	103,19	80,07	90,72	87,63	
	10	87,80	117,54	95,33	76,98	87,39	103,19	114,20	119,63	142,79	51,53	3,61	0,00	0,00		1000,00	152,32	71,45	89,17	86,49	
VC 3	0	126,68	171,71	78,54	49,62	81,93	39,33	244,74	97,07	222,21	133,31	61,8	85,3	9,62	1,06	2,04	1304,96	64,60	61,48	75,14	74,13
	5	52,41	137,38	161,32	208,73	223,44	126,68	71,71	78,54	48,12	66,80	0,00	129,84	0,00		1304,96	228,94	65,14	80,00	75,41	
	10	111,81	104,68	71,98	84,77	173,49	52,41	137,38	161,32	203,41	179,18	24,55	0,00	0,00		1000,00	999,99	58,25	89,10	85,62	
M31	0	100,00	100,00	125,00	125,00	75,00	75,00	125,00	125,00	125,00	75,00					1000,00	116,42	74,80	90,47	86,80	
	5	116,42	119,22	80,69	101,37	62,07	100,00	100,00	125,00	122,29	51,89	17,03	4,00	0,00		999,99	108,45	40,47	91,24	87,83	
	10	98,88	111,38	118,60	83,26	85,99	116,42	119,22	80,69	98,85	40,56	46,13	0,00	0,00		999,99	108,45	74,80	90,47	86,80	
VC 4	0	100,63	123,28	206,19	89,18	66,15	76,03	109,86	132,52	175,02	45,59	22,85	7,13			1154,43	1154,43	83,45	83,72	80,21	
	5	119,03	142,56	120,85	86,40	102,59	100,63	123,28	206,19	86,57	44,11	22,20	0,00	0,00		1154,42	112,30	99,57	88,33	86,08	
	10	164,61	125,81	101,40	82,61	96,10	119,03	142,56	120,85	83,59	78,59	39,26	0,00	0,00		1000,00	154,88	80,59	89,44	86,28	
M32	0	100,00	100,00	125,00	125,00	125,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00					1000,00	100,00	58,25	89,10	85,62	
	5	87,94	87,67	86,45	94,51	48,84	100,00	100,00	125,00	121,40	94,81	53,38	0,00	0,00		1000,00	154,88	80,59	89,44	86,28	
	10	100,40	107,55	114,43	120,35	126,46	87,94	87,67	86,45	92,11	28,31	48,32	0,00	0,00		999,98	103,39	66,80	91,34	89,20	
VC 5	0	77,32	183,51	192,17	202,04	77,59	123	68,01	79,66	77,58	49,57	2,66	2,85	15,28	0,88	1152,22	68,45	77,77	77,77	69,91	
	5	97,10	90,40	88,88	78,24	57,27	77,32	183,51	192,17	197,87	43,34	46,11	0,00	0,00		1152,21	179,38	63,88	78,52	72,19	
	10	109,17	143,89	182,77	108,80	128,65	97,10	90,40	88,88	76,27	39,27	24,23	62,76	0,00		1152,20	84,66	64,61	86,14	80,18	
M33	0	75,00	75,00	100,00	100,00	125,00	125,00	125,00	125,00	75,00	75,00					1000,00	1000,00	58,25	89,10	85,62	
	5	120,37	126,24	88,61	104,93	62,07	75,00	75,00	100,00	96,71	96,86	54,20	0,00	0,00		999,99	141,39	59,38	88,97	85,66	
	10	80,56	90,80	94,20	110,34	116,30	120,37	126,24	88,61	102,59	42,39	27,59	0,00	0,00		999,99	100,70	44,24	91,32	87,86	
VC 6	0	71,57	46,48	106,24	153,91	218,84	148,58	169,31	205,29	76,67	69,65	113,72	26,68	12,45	20,64	1442,03	76,68	80,20	78,83	78,83	
	5	164,40	215,41	134,94	165,34	163,87	71,57	46,48	106,24	149,17	178,28	46,33	0,00	0,00		203,81	79,26	83,62	83,62	81,18	
	10	80,19	123,68	163,25	127,06	139,94	164,40	215,41	134,94	161,45	131,72	0,00	0,00	0,00		1442,04	167,47	68,23	87,51	85,96	

¹model user unit No., ²decade, ³age class, ⁴real area of the user unit, ⁵prescribed cut by method of mathematic models, ⁶coefficient of variance, ⁷percent of coincidence, ⁸modified percent of coincidence

Najlepší vývoj variability do veku rubnej doby predstavuje v skutočných vlastníckych celkoch pri vlastníckom celku č.1, ktorý za prvé tri prognózované desaťročia dosiahol najnižšiu hodnotu variability zo všetkých vlastníckych celkov 44,33 %.Od tohto desaťročia nastáva pozvoľný nárast variability, ktorý končí vo veku rubnej doby na hodnote 67,73 %. Podobne sú na tom i vlastnícky celok č. 3 a č. 5. Obidva majú podobný vyrovnaný priebeh, v prvých troch desaťročiach je vyrovnanejší vlastnícky celok č. 3, ktorý tu dosiahol najnižšiu hodnotu 52,0 %.Následne do šiesteho desaťročia stúpa a potom až do konca rubnej doby nadobúda vyrovnaný priebeh. Na konci rubnej doby dosiahol najnižšiu hodnotu variability 64,61 %, vlastnícky celok č. 5. Najvyššiu hodnotu variability z vybraných skutočných vlastníckych celkov dosiahol celok č.4, ktorého hodnota variačného koeficienta narástla v šiestom desaťročí na hodnotu 104,01 %. Na tento rast mal vplyv hlavne vekový stupeň s najväčšou skutočnou výmerou, ktorý sa v tomto desaťročí dostal do obnovy a jeho skutočná výmera bola oproti normálnej výmere v deviatom vekovom stupni dvojnásobne väčšia.

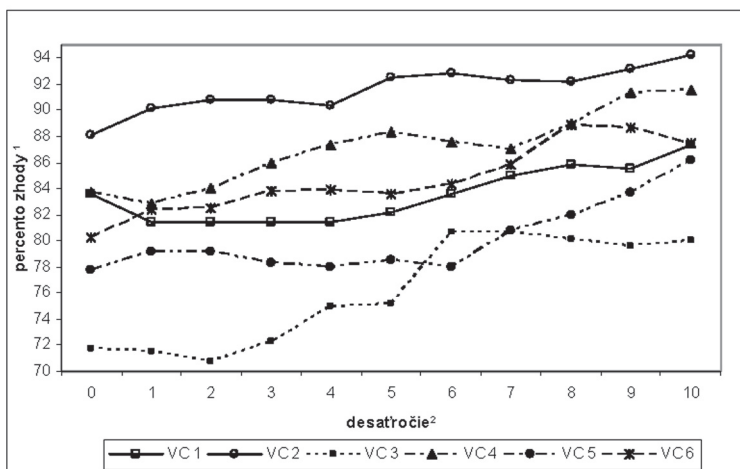


Obr. 15 Graf zmeny hodnoty percenta zhody po desaťročiach v modelových vlastníckych celkoch

Fig. 15 Plot of value change percent of coincidence of the decades in model users units
percent of coincidence, ²decade

Na začiatku rubnej doby (obr. 15) zaznamenali modelové súbory M19, M27 a M29 rovnako hodnoty percenta zhody 85,5 % a súbory M32 a M33 hodnoty 89,1 %.V nasledujúcich desaťročiach dochádzalo k nárastu jednotlivých percent po desaťročiach. Za obdobie rubnej doby zaznamenal najvyšší nárast hodnoty modelový súbor M19 a to až o 5,5 %. Tento nárast sprevádzali tri kulminácie týchto indexov a to v druhom , piatom a deviatom desaťročí, kedy dochádzalo k poklesu percent. V nasledujúcich desaťročiach sa zvýšila diferencovanosť jednotlivých vekových stupňov dostávajújúcich sa do obnovy a čím došlo k väčším rozdielom medzi skutočnými výmerami vekových stupňov a ich normálnymi výmerami.

V porovnaní s priebehom variačných koeficientov jednotlivých modelových súborov možno konštatovať, že pri použití percent zhody sa zaznamenal vo všetkých súboroch porastov stúpajúci priebeh hodnôt na rozdiel od variačného koeficientu.



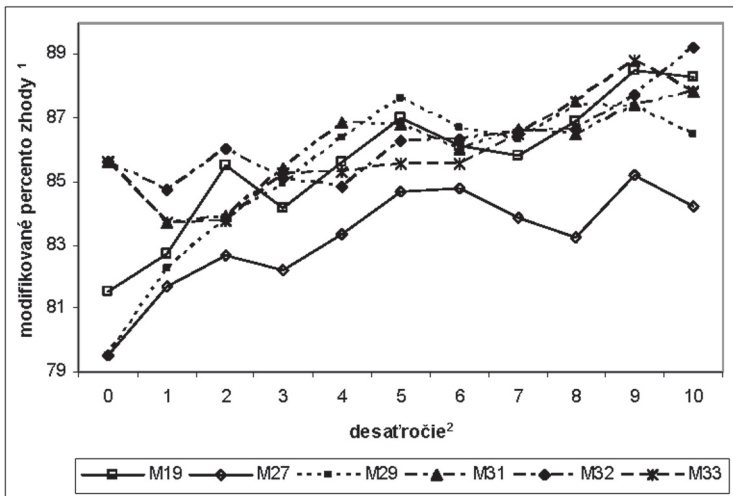
Obr. 16 Graf zmeny hodnoty percenta zhody po desaťročiach v skutočných vlastníckych celkoch

Fig. 16 Plot of value change percent of coincidence of the decades in real users units

¹percent of coincidence, ²decade

Z porovnania skutočných vlastníckych celkov (obr. 16) pomocou percent zhody sa najviac približuje svojou skutočnou výmerou k normálnej výmere vlastnícky celok č. 2. Spojnica hodnôt vypočítaných v jednotlivých desaťročiach nadobúda najvyšších hodnôt od 88,07% na začiatku rubnej doby až po hodnotu 94,26% na jej konci, po uplatnení metódy matematických modelov a jej vplyvu na vyrovnávanie vekovej štruktúry. Ostatné vlastnícke celky majú vyrovnaný priebeh a zaznamenali taktiež nárast hodnôt od začiatku rubnej doby. Najväčší nárast percent a teda aj najväčšie priblíženie sa k vyrovnanej vekovej štruktúre od začiatku rubnej doby zaznamenal vlastnícky celok č. 5 o hodnotu 8,36 %. Najnižšie hodnoty indexov nadobúdal vo väčšine desaťročí vlastnícky celok č. 3, s najnižšou hodnotou 70,72% v druhom desaťročí.

Upravené percentá zhody nadobúdajú podobný priebeh hodnôt ako klasické percentá zhody, ale s výrazne nižšími hodnotami v jednotlivých desaťročiach (obr. 17). Najnižší rozdiel sa zaznamenal pri modelovej štruktúre M31 iba 2,21 % a o niečo vyšší 2,24 % u M33. Spolu s M32 dosahovali tieto modelové súbory porastov na začiatku rubnej doby najvyššiu hodnotu 85,62 %.



Obr. 17 Graf zmeny hodnoty modifikovaného percenta zhody po desaťročiach v modelových vlastníckych celkoch

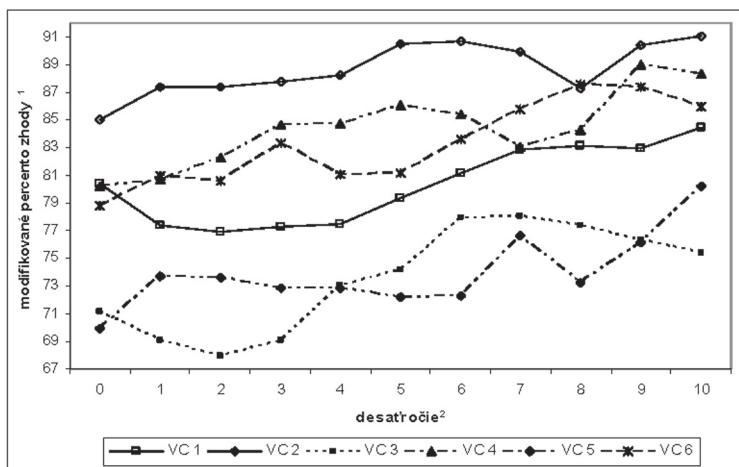
Fig. 17 Plot of change of value modified percent of coincidence of the decades in model users units
¹modified percent of coincidence, ²decade

Na začiatku rubnej doby dosahuje percento najnižších hodnôt, zhodne 79,5 % a teda i najväčší rozdiel od normálnej výmery v modelových súboroch M27 a M29. Tieto dva modelové súbory spolu s M19, ktorého percento nadobúda na začiatku rubnej doby o niečo vyššiu hodnotu, zaznamenávajú pomocou vyrovnávacieho charakteru metódy matematických modelov, na konci rubnej doby, najväčších zmien v hodnotách. Tento výsledok sa dosiahol pri všetkých modelových štruktúrach s použitím ukazovateľa modifikovaného percenta zhody.

Najväčší rozdiel na začiatku a konci rubnej doby zaznamenal modelový súbor porastov M29 a to o 6,99 % hodnoty. Spojnica jednotlivých hodnôt percent stúpa, až do piateho desaťročia, predstavujúceho polovicu rubnej doby a zároveň dosahuje maximálnu hodnotu percenta v tomto modelovom súbore porastov. Spôsobuje to zastúpenie rubných vekových stupňov, ktoré sa v tomto desaťročí najviac približuje normálnej vekovej štruktúre. V piatom decéniu, však hodnota variačného koeficienta dosahuje najvyššiu hodnotu, čo podľa tohto ukazovateľa predstavuje najvyššiu mieru variability medzi skutočným a normálnym zastúpením vekových stupňov.

Najvyššie hodnoty modifikovaného percenta zhody v skutočných vlastníckych celkoch sa dosahujú podobne ako pri klasickom percente zhody vo vlastníckom celku č. 2, kde dosahujú najvyšších hodnôt z pomedzi vybraných skutočných vlastníckych celkov. Hodnoty modifikovaného percenta (obr. 18) sa pohybujú od 85,01 % na začiatku rubnej doby po 91,05 % na konci rubnej doby, čo je zároveň i najvyššia hodnota upraveného

percenta a v tomto desaťročí sa najviac približuje jeho skutočná veková štruktúra k normálnej, z pohľadu tohto ukazovateľa.



Obr. 18 Graf zmeny hodnoty modifikovaného percenta zhody po desaťročiach v skutočných vlastníckych celkoch

Fig. 18 Plot of value change modified percent of coincidence of the decades in real users units
¹modified percent of coincidence, ²decade

V celku vyrovnaných hodnôt dosahujú vlastnícke celky č. 1, 4 a 6. Nižšie hodnoty percenta sa vyskytujú vo vlastníckych celkoch č. 3 a č. 5. Prvý spomínaný vlastnícky celok dosahuje v druhom desaťročí najnižšiu hodnotu 67,90 %, čoho následkom je zastúpenie dvoch obnovovaných vekových stupňov, s dvojnásobne väčšou skutočnou výmerou, v porovnaní s normálnou výmerou týchto vekových stupňov.

4. ZÁVER

Cieľom práce bolo zistenie vplyvu metódy matematických modelov ťažbovej regulácie na vyrovnanie vekovej štruktúry použitím plochového ťažbového ukazovateľa, počas celej dĺžky rubnej doby, vo vybraných modelových súboroch porastov a ich následné porovnanie, so skutočnými vlastníckymi celkami vybranými na základe modelových vekových štruktúr.

Zo sledovania priebehu variačných koeficientov po decéniách je zrejmé, že po vykonaní prognózy vývoja jednotlivých vekových štruktúr s použitím metódy matematických modelov pre reguláciu vekovej štruktúry, za obdobie celej rubnej doby, dochádza vo väčšine modelových súborov, k postupnému znižovaniu variability medzi skutočnou a normálnou výmerou vekových stupňov v jednotlivých skúmaných modelových štruktúrach. Táto skutočnosť sa nepotvrdila iba pri dvoch modelových súboroch porastov M29 a M32

Porovnaním priebehu kriviek percent zhody jednotlivé hodnoty stúpajú, priamo úmerne s desaťročím prognózovania. Ich hodnoty sa v modelových súboroch vlastníckych celkoch pohybujú od 85,50–91,77 % a 70,72–94,26 % v skutočných súboroch vlastníckych celkov. Je teda zrejmé, že použitím metódy matematických modelov pre reguláciu vekovej štruktúry dochádza k postupnému vyrovnávaniu skutočných vekových štruktúr modelových súborov porastov k normálnym vekovým štruktúram, ktoré slúžia ako cieľový stav, a vyrovnávaním sa ho snažíme dosiahnuť. S rastúcou hodnotou percenta zhody vekovej štruktúry dochádza i k väčšiemu približovaniu skutočného a normálneho zastúpenia vekových stupňov.

Rastúci charakter spojnice hodnôt modifikovaných percent je podobný ako pri percentách zhody, dosahujú však nižšie hodnoty. Hodnoty modifikovaného percenta zhody sa vo vybraných modelových súboroch vlastníckych celkov nachádzajú v rozpätí 79,50–89,20 % a v skutočných súboroch 67,90–91,05 %. I tieto hodnoty dokazujú, že pri použití metódy matematických modelov dochádza k vyrovnávaniu vekových štruktúr a zabezpečovaniu tak vo vyššej miere možnosti na zabezpečenie ťažbovej vyrovnanosti.

Literatúra

- BAHÝL, J., 2007: Hodnotenie vekových štruktúr vlastníckych celkov alternatívnymi metódami. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen Slovakia*. XLIX, s. 201–213.
- GREGUŠ, C., 1976: Hospodárska úprava maloplošného rúbaňového lesa. Bratislava, 304 s.
- POZNAŇSKI, R., 2001: Metoda optymalnego porządku cięć w przerębowozrębowym sposobie zagospodarowania z rębnią częściową. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu*. CCCXXI, Leśnictwo, 39: 203–208.
- POZNAŇSKI, R., 2004: Nowe metody regulacji w urządzaniu lasu. *Katedra Urządzania Lasu Akademii Rolniczej*, Kraków, 195 s.
- ŽIHLAVNÍK, A., 1999: Ťažbová úprava v lesných užívateľských celkoch. *Vedecké štúdie*, Technická univerzita Zvolen, 78 s.
- ŽIHLAVNÍK, A., 2000: Ťažbová regulácia v lesných užívateľských celkoch s podrastovým hospodárskym spôsobom. *AFF*, XLII, s. 213–225.
- ŽIHLAVNÍK, A., A., 2004: Vplyv vlastníckych vzťahov k lesu na metódy ťažbovej úpravy lesa. *Vedecké štúdie*, Technická univerzita Zvolen, 62 s.
- ŽIHLAVNÍK, A., 2005a: Hospodárska úprava lesov. *Technická univerzita Zvolen*, 389 s.
- ŽIHLAVNÍK, A., 2005b: Uplatnenie ťažbových ukazovateľov v dlhodobom sledovaní vývoja vekovej štruktúry lesa. *AFF*, XLVII, s. 309–322.

Adresa autora:

Ing. Ján Bahýľ

Prof. Ing. Anton Žihlavník, CSc.

Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie

Lesnícka fakulta

Technická univerzita vo Zvolene

T. G. Masaryka 24

96053 Zvolen

Valuation of the influence by method of mathematical models on age structure composition

Summary

The report deals with problem of the investigation of influence by method of mathematical models feeling regulation on the compensating age structure in the users units. The basic are model files of forest stands with different composition of age classes with associated real user units which have similar age class distribution. The valuations were performed by coefficient of variance which indicates variability of age structure, percent of coincidence and modified percent of coincidence of age structure. These indexes indicate level of approximation to real and model age class area.

After prognosis there was determined lower variance in most of model user units. This theory was not supported in model user units number M29 and M32. The flowline of values which are calculated by percent of coincidence it has been increased in proportion with decade. The values of coefficient of variance were appeared from 85,50% to 91,77% in model user units and in real user units from 70,72% to 94,26%. Very similar course have been noticed by method of modified percent of coincidence, but with lower values in model users units from 79,50% to 89,20% and in real user units from 67,90% to 91,05%. These values confirmed that method of mathematical models feeling regulation makes balance of age structures and provide for feeling equability in higher rate.

FAREBNÉ DIGITÁLNE ORTOFOTOPLÁNY A ICH VYUŽITIE V LESNÍCTVE

Miroslav K A R D O Š – Jozef Š A D I B O L

Kardoš, M., Šadibol, J.: Farebné digitálne ortofotoplány a ich využitie v lesníctve. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, L, 2008, č. 2, s. 131–139.

Práca sa zameriava na spracovanie farebných digitálnych ortofotoplánov z pohľadu ich využitia v lesníctve, najmä v oblasti lesníckeho mapovania, geografických informačných systémov a diaľkového prieskumu Zeme. Farebné digitálne ortofotoplány boli vytvorené z digitálnych snímok upravených panchromatickým zaostrovaním, s veľkosťou obrazového prvku na zemskom povrchu 10 cm. Pre tento účel bol vytvorený fotogrametrický projekt, v ktorom bola spracovaná relatívna a absolútna orientácia digitálnych snímok. Pre tvorbu ortofotoplánov bolo vybraté záujmové územie v oblasti VŠLP vo Zvolene v katastrálnom území Kováčová. Na digitálne diferenciálne prekršľovanie leteckých snímok bol použitý výrez z digitálneho modelu reliéfu tretej generácie z územia Slovenskej republiky získaný od Topografického ústavu Banská Bystrica. Finálna veľkosť obrazového prvku bola pri ortofotoplánoch zvolená na 15 cm. V príspevku je tiež analyzovaná polohová a výšková presnosť fotogrametrického projektu a polohová presnosť vytvorených ortofotoplánov posudzovaná na základe porovnávania hodnôt kontrolných bodov. Príprava farebných syntéz z digitálnych snímok prebiehala v systéme PCI Geomatica 10, spracovanie fotogrametrického projektu vo fotogrametrickom systéme ImageStation SSK a spracovanie výstupných ortofotoplánov v softwarovom module ImageStation OrthoPro.

Kľúčové slová: farebný digitálny ortofotoplán, panchromatické zaostrovanie, digitálny model terénu, kontrolné body

1. ÚVOD

Dostupnosť materiálov digitálneho snímkovania, ich predurčuje na ich širšie využitie aj v oblasti lesníctva, najmä hospodárskej úpravy lesov, lesníckeho mapovania pri tvorbe máp a v prostredí geografických informačných systémov, ale aj v iných lesníckych disciplínach ako sú napr. lesnícke meliorácie, lesné stavby, lesná ťažba a dopravníctvo a pod. Vysoké geometrické a rádiometrické rozlíšenie, ktorým sa takéto letecké snímky vyznačujú im dáva širšie možnosti využitia oproti klasickým analógovým snímkam. Nielen geometrické rozlíšenie tzv. ground sample distance, ktoré môže dosiahnuť až 5 cm, ale aj ich spektrálne rozlíšenie kde sú súčasne zachytené viaceré pásma zo spektra elektromagnetického žiarenia, im dáva širšie možnosti uplatnenia na trhu s podobnými materiálmi.

Postupnou digitalizáciou a automatizáciou procesov pri získavaní leteckých snímok sa dosiahlo racionálnejšie a rýchlejšie získavanie výstupov, akými sú presné digitálne modely terénu, digitálne ortofotomapy s väčšou rozlišovacou schopnosťou. Do popredia sa tak dostávajú digitálne snímky, z ktorých je umožnené vytvárať multispektrálne syntézy, ktoré je možné využiť aj pri interpretácii objektov, ktoré sú na nich zachytené. V oblasti lesníctva ide najmä o interpretáciu a vytváranie interpretačných kľúčov na zisťovanie druhov drevín, zisťovanie zdravotného stavu lesov, určovanie taxačných veličín, zisťovanie vplyvu interpretácie na polohovú presnosť a podobne.

2. PROBLEMATIKA

Môžeme povedať, že v súčasnom období je v lesníckom mapovaní dominantné fotogrametrické vyhodnotenie, pričom sa tiež využíva reambulácia už existujúcich základných lesníckych máp (TOMAŠTÍK 2007, HALVOŇ 2007).

Hlavnými produktami digitálnej fotogrametrie sú digitálne modely terénu, ortofotosnímky, ortofotoplány a z nich vytvorené ortofotomapy (POTŮCKOVÁ 2004).

Digitálne snímky získané digitálnou kamerou ponúkajú základné panchromatické rozlíšenie a štyri farebné kanály (červený, zelený, modrý, blízky infračervený). Nami použité snímky boli získané kamerou UltracamD, ktorá snímkuje s rozlíšením väčším ako 12-bit na pixel v rámci dynamického rozsahu hodnôt, má väčšiu kvalitu obrazu, snímky nevyžadujú sekundárne spracovanie skenovaním, odpadá proces riešenia vnútornej orientácie, snímky majú lepšie rádiometrické vlastnosti.

Procesom panchromatického zaostrovania sa získavajú rôzne multispektrálne syntézy, ktoré sú kombináciou panchromatického (čiernobieleho) rastra s vysokým priestorovým rozlíšením a multispektrálneho (farebného) rastra s nižším priestorovým rozlíšením. Výsledkom sú farebné syntézy, ktoré ale nesú presnosť panchromatického rastra.

Vzťah medzi štvorcovým rastrom referenčnej terénnej plochy a jemu zodpovedajúcim perspektívne skresleným štvorcovým rastrom digitálnej snímky je vyjadrený perspektívnou (kolineárnou) priestorovou transformáciou. Digitálne ortofotosystémy postupne transformujú každý bod perspektívne skresleného štvorcového rastra (obrazové elementy) digitálnej snímky do zodpovedajúceho bodu štvorcového rastra ortofotosnímky pomocou perspektívnej priestorovej transformácie s využitím údajov digitálneho modelu reliéfu (DMR). Body štvorcového rastra (obrazové elementy) digitálnej snímky medzi bodmi vzťažnej štvorcovej siete sú transformované bilineárnou transformáciou, ktorá dobre aproximuje perspektívnu kolineárnu transformáciu (ŽÍHLAVNÍK Š. 2004).

Vyššie popísaným procesom digitálneho diferenciálneho prekresľovania sa získavajú mierkovo jednotné rastre – ortofotosnímky, na ktorých sa ale nie vždy nachádza celá oblasť záujmu. Preto je potrebné vytvoriť procesom mozaikovania t. j. pospájaním ortofotosnímok pomocou spojovacích čiar digitálny raster, tzv. ortofotoplán, na ktorom sa už nachádza celá záujmová oblasť. Pri procese mozaikovania je dôležité, aby boli samostatné ortofotosnímky rádiometricky vyrovnané tak, aby hranice medzi pôvodnými obrazmi boli len ťažko rozlíšiteľné. Definovanie spojov medzi ortofotosnímkami sa vykonáva prevažne automatizovane, operátor však má možnosť manuálne upravovať vygenerované spojovacie

čiary. Ortofotomapa sa získava doplnením ortofotoplánu o mapové údaje, napr. popisnú časť, mierku, symboly, výškopis vo forme vrstevníc, rám a pod.

Ortofotomapa sa môže využiť pre obnovu a revíziu topografických, katastrálnych, tematických máp alebo pri zisťovaní a prognózovaní globálnych, regionálnych a lokálnych zmien povrchu Zeme z ekologického hľadiska. S využitím súčasných výstupných zariadení napr. ploter je možné ortofotomapu kvalitne zobraziť do analógovej podoby. Upravenú ortofotomapu je vhodné rozdeliť do určitých výrezov podľa mapového listu, aby sa uľahčila manipulácia s digitálnym obrazom. Obraz je často rozdelený ešte do menších častí, prevažne do sietí mapových listov vhodnej mierky.

Polohovú presnosť digitálneho ortofotoplánu, resp. polohovú presnosť interpretovaných prvkov na ortofotopláne, je možné určiť na základe porovnania súradníc kontrolných bodov zameraných v teréne a súradníc rovnakých bodov odčítaných na ortofotopláne.

Ďalším spôsobom je určenie polohovej presnosti ortofotosnímkou a súčasne výškovej presnosti DMT na základe metodiky POTŮČKOVÁ (2004), kde jedna ortofotosnímkou je vytvorená z ľavej snímky a druhá z pravej. Ak DMT obsahuje chyby, ortofotosnímkou sa budú líšiť v polohe. Na odvodenie chyby DMT na danej pozícii môže byť použitá hodnota xovej paralaxy a posuny medzi dvomi ortofotosnímkami v smere letu lietadla pri snímkaní. X-ová paralaxa na danej pozícii na ortofotosnímke sa určí porovnávaním korešpondujúcich si plôch. Jedna plocha slúži ako šablóna a druhá ako hľadacia. Následne sa párovaním pixelov hľadá ich najlepšia zhoda na kontrolných bodoch. Posun medzi stredom porovnávacej plochy a pozíciou bodu je x-ová paralaxa, ktorá môže byť konvertovaná na výškovú chybu.

Polohová presnosť ortofotoplánu závisí najmä od: polohovej a výškovej presnosti vličovacích bodov, presnosti ich zamerania a signalizácie, presného určenia spojovacích bodov a vličovacích bodov na snímkach, od samotnej presnosti aerotriangulácie čiže zvyškových chýb na kontrolných bodoch po blokovo vyrovnaní a presnosti použitého DMT pri digitálnom diferenciálnom prekresľovaní.

Cieľ práce je zameraný na vytvorenie farebných digitálnych ortofotoplánov, posúdenie ich polohovej presnosti a na možnosti ich využitia v oblasti lesníctva.

3. MATERIÁL A METÓDY

Pre vytvorenie digitálnych ortofotoplánov boli použité digitálne snímky získané digitálnou kamerou UltraCamD. Išlo celkovo o 21 digitálnych snímok. Pomocou panchromatického zaostrovania boli vytvorené syntézy v prirodzených farbách, farebná infračervená syntéza a čiernobiela infračervená syntéza.

Pre uskutočnenie panchromatického zaostrovania (pansharpening) boli použité multispektrálne a panchromatické snímky. Ich rádiometrické rozlíšenie je 16 bitov v rámci dynamického rozsahu (panchromatická) a 12 bitov každý kanál pri multispektrálnej snímke. Počet pixelov pri panchromatickej snímke je $11\,500 \times 7\,500$ a pri multispektrálnej 4008×2672 . Fyzická veľkosť pixla na zemskom povrchu bola preddefinovaná v rámci záletového plánu na $9\,\mu\text{m}$ s priemernou výškou letu $1\,620\text{ m}$, z čoho vychádza priemerná mierka snímok v závislosti od nadmorskej výšky snímkaného územia okolo $1 : 11\,000$

(priemerná nadmorská výška oblasti, s ktorou sme uvažovali pri vyhodnotení bola 400 m. n. m.).

Porovnávaci základ na posúdenie polohovej presnosti ortofotoplánov tvorili body zamerané terestricky pomocou systému GPS, služba SKPOS. Pretože tieto body boli nesignalizované, vyberali sa také body, ktoré sú v teréne jednoznačne identifikovateľné, napr. kanály, rohy betónových plôch, obrubníky, hroby. Súradnice týchto bodov boli určené v systéme WGS-84 (geografické súradnice) a následne boli transformované na pravouhlé, v zobrazení UTM (Universal Transverse Mercator) a zóne 34N, v ktorej sa nachádza predmetné územie. Transformácia súradníc z geografických na pravouhlé bola vykonaná v programe Pinnacle od firmy Topcon.

Súradnice rohov záujmového územia vo formáte [X,Y], použitý bol súradnicový systém WGS84 UTM 34N: Severo-západný roh výrezu – [357 575 m, 5 388 435 m]

Juho-východný roh výrezu – [360 110 m, 5 386 150 m]

Spracovanie fotogrametrického projektu

Pri vytváraní fotogrametrického projektu je potrebné nadefinovať formát vstupných a výstupných dát, typ používaných dĺžkových a uhlových jednotiek. Súradnicový systém WGS-84 s pravouhlým systémom UTM zóna 34N. Ďalej sa definujú údaje o použitej kamere UltraCamD (ohnisková vzdialenosť objektívu, rozmer snímok, veľkosť obrazového prvku). K dispozícii sme mali aj parametre vonkajšej orientácie získané inerciálnou meračskou jednotkou pri snímkaní. Ide o číslo snímky, časový údaj, priestorové súradnice projekčného centra (X, Y, Z), priečny sklon ω , pozdĺžny sklon ϕ , uhol pootočenia χ , zemepisné súradnice projekčného centra. Po importe parametrov vonkajšej orientácie bolo potrebné priradiť jednotlivým snímkam ich rastrové súbory, zoradiť ich správne do radov a definovať orientáciu kamery v smere letu lietadla. Riešenie vnútornej orientácie je definované polohou hlavného snímkového bodu, konštantou fotokomory a skreslením objektívu vo vstupných dátach projektu.

Nasledujúcim krokom bolo vytváranie snímkových blokov, ktoré vstupujú do procesu automatickej vzájomnej orientácie, založenej na vyhľadávaní spojovacích bodov na snímkach aplikáciou obrazového vyhľadávania, tzv. image matching. Absolútna orientácia bola realizovaná meraním vlicovacích bodov, ktorých bolo použitých 7 a 4 kontrolné signalizované body. Po prepočítaní blokov sa odstránili hrubé chyby na meraných súradniciach bodov, kým sa nedosiahla hodnota strednej kvadratickej chyby meraných súradníc σ , menšia ako 1/3 veľkosti obrazového elementu, t.j. v našom prípade menej ako 3 μ m.

Spracovanie ortofotosnímkov a ortofotoplánov

Nepostrádateľným prvkom pri tvorbe ortofotosnímkov z digitálnych snímok je digitálny model terénu (DMT), ktorý sa používa na ich digitálne diferenciálne prekresľovanie, čím sa snímka z centrálnej projekcie prekreslí do mierkovo jednotnej ortogonálnej roviny. Nami použitý DMR bol DMR tretej generácie získaný od Topografického ústavu Banská Bystrica vo formáte DTED2, ktorý sa skladal z dvoch blokov. Samotné digitálne

diferenciálne prekresľovanie sa realizovalo v softwarovom module ImageStation Ortho-Pro (ISOP). Prvým krokom bolo otvorenie projektu aerotriangulácie, nastavenie súradnicového systému prostredia, definovanie oblasti, z ktorej chceme vytvárať výstupné produkty. Ďalej sa definovala veľkosť pixla ortofotosnímkov (v našom prípade 0,15 m rozmer obrazového prvku ortofotosnímkov odvodený od veľkosti obrazového prvku snímok), definovala sa cesta k uloženým súborom DMT a cesta, kde sa vytvorené ortofotosnímky budú ukladať.

Samotný postup práce potom pozostáva z nasledovných krokov:

- nastavenie parametrov projektu,
- digitálne diferenciálne prekresľovanie snímok,
- aplikovanie rádiometrických korekcií na ortofotosníkoch,
- generovanie a uloženie spojovacích čiar,
- priradenie identifikátorov pre polygóny vytvorené spojením spojovacích čiar,
- mozaikovanie ortofotosnímkov,
- meranie kontrolných bodov.

4. VÝSLEDKY

Vyhodnotenie spracovania bloku snímok

Riešenie vzájomnej resp. relatívnej orientácie sa uskutočnilo automatizovaným vyhľadávaním spojovacích bodov a ich následným meraním pomocou snímkovej korelácie. Kritériom presnosti vygenerovania spojovacích bodov sú vertikálne paralaxy P_y na snímkach, ktoré dosiahli priemernú veľkosť 5 μm . Celková štandardná odchýlka výpočtu vyrovnania súradníc spojovacích bodov pri relatívnej orientácii vykonávanej po blokoch dosiahla hodnotu 1,5 μm , ktorá je teda menšia ako 1/3 veľkosti obrazového prvku (9 μm). Z toho vyplýva, že výsledok vyrovnania bol úspešný a neprekročil povolenú hodnotu krajnej dovolenej odchýlky.

Pre absolútnu orientáciu, t. j. určenie mierky modelov, ich posunov a otočení okolo osí X, Y, Z bolo použitých 7 vlicovacích bodov. Stredná kvadratická súradnicová chyba RMS_{xy} pri blokovej aerotriangulácii bola overovaná na 4 kontrolných bodoch.

Tab. 1 Dosiahnuté hodnoty strednej kvadratickej chyby (RMS) [m]

Tab. 1 Achieved values of the root mean square error (RMS) [m]

RMS [m]	X	Y	Z	XY
RMS vlicovacie body	0,011	0,024	0,000	0,019
RMS kontrolné body	0,116	0,099	0,265	0,108

Pozn. RMS – stredná kvadratická chyba

Hodnoty RMS dosiahnuté na vlicovacích bodoch charakterizujú vnútornú presnosť fotogrametrického projektu. Hodnoty RMS dosiahnuté na kontrolných bodoch charakterizujú skutočnú presnosť fotogrametrického projektu.

Kontrolné body nevstupujú do výpočtu absolútnej orientácie, ale slúžia na overenie celkovej presnosti bloku snímok. Stredné kvadratické chyby dosiahnuté v našom projekte (tabuľka 1) sme porovnali s triedami presnosti pre body podrobného polohového bodového poľa (PBPP), ktoré sa stanovujú krajnými dovolenými hodnotami stanovenými v norme STN 73 0415 (Geodetické body) uvedenými v tabuľke 2.

Tab. 2 Triedy presnosti podľa STN 73 0415

Tab. 2 Accuracy classes by STN 73 0415

Triedy presnosti	m_{xy} [m]
1. trieda	0,02
2. trieda	0,04
3. trieda	0,06
4. trieda	0,12
5. trieda	0,20

Stredná kvadratická chyba súradníc na vlicovacích bodoch dosiahla hodnotu 0,019 m a stredná kvadratická chyba na kontrolných bodoch dosiahla hodnotu 0,108 m, čo spadá do 4. triedy presnosti pre určenie polohy PBPP.

Vyhodnotenie spracovania ortofotoplánov

Vyhodnocovanie sa vykonávalo v programe Geomedia Professional 6.0, ktorý zároveň slúži ako pracovné prostredie pre modul ImageStation OrthoPro (ISOP), v ktorom sa spracúvajú jednotlivé úlohy od založenia projektu až po diferenciálne prekresľovanie snímok. Zároveň modul ISOP obsahuje nástroj na odčítavanie súradníc a súčasne porovnávanie súradníc na kontrolných bodoch. Presnosť ortofotoplánu vytvoreného mozaikovaním z digitálnych ortofotosnímkov, sa zisťovala štatistickým vyhodnotením nameraných rozdielov medzi súradnicami bodov odčítaných z ortofotoplánu a presnými súradnicami kontrolných bodov nameraných v teréne. Týchto bodov bolo v teréne zameraných 24.

Tab. 3 Hodnoty M_{yx} získané porovnávaním súradníc kontrolných bodov so systematickou zložkou chyby a hodnoty M_{yx} po jej odstránení

Tab. 3 Values of the M_{yx} achieved by comparing the coordinates of the check points -with systematic error and values of the M_{yx} with removed systematic error

suma	-1,378	-3,280	0	6,10623E-16
aritmetický priemer	-0,057	-0,137	0	2,54426E-17
smerodajná odchýlka	0,226	0,163	0,226	0,163
testovacie kritérium	-1,219	-4,018		
kritická hodnota		-2,064		
početnosť	24	24	24	24
M_{yx} [m]	0,233	0,213	0,226	0,163
M_{yx} [m]	0,223		0,197	

Hodnota strednej súradnicovej chyby $M_{yx} = 0,223$ m (tab. 3), ktorá bola zistená na bloku snímok je hodnota pred odstránením systematickej zložky chyby. Stredná súradnicová chyba $M_{yx} = 0,197$ m je hodnota po odstránení systematickej zložky a zodpovedá 4. triede presnosti podľa STN 01 3410 Mapy veľkých mierok (základné a účelové mapy) podľa tabuľky 4.

Tab. 4 Triedy presnosti podľa STN 01 3410 „Mapy veľkých mierok“

Tab. 4 Accuracy classes by STN 01 3410 „Large scale maps“

Triedy presnosti	m_{xy}
1. trieda	0,04 m
2. trieda	0,08 m
3. trieda	0,14 m
4. trieda	0,26 m
5. trieda	0,50 m

Využitie farebných ortofotoplánov v lesníctve

Snímky získané digitálnou kamerou významne zasiahli do oblasti fotogrametrie a DPZ. Lepšie spektrálne vlastnosti digitálnych snímok sa prejavili najmä v oblasti interpretácie. Zlepšenie geometrickej presnosti sa prejavilo na presnosti samotnej ortofotosnímky, resp. ortofotoplánu. Jednotlivé farebné ortofotoplány nám poskytujú širokú škálu informácií pre tvorbu účelových máp. V našom prípade sme vytvorili tri druhy ortofotoplánov – farebnú infračervenú, čierno-bielu infračervenú a farebnú v kvázi prirodzených farbách.

Farebné infračervené ortofotoplány majú veľké uplatnenie na posúdenie zdravotného stavu lesa, poškodenia jednotlivých stromov, identifikáciu ťažbových plôch, lesných ciest, skladov. Samozrejme, užívateľ musí byť dobre oboznámený s farebným interpretačným kľúčom, pretože všetky objekty sú vyjadrené v nepravých farbách.

Pri čierno-bielych infračervených ortofotoplánoch je ich interpretačná schopnosť oproti farebným ortofotoplánom nižšia, ale na týchto snímkach sa dá lepšie posúdiť zdravotný stav porastu ako celku. Čím je zdravotný stav porastu lepší, tým sa svetlejšie zobrazí na ortofotopláne.

Pri farebných ortofotoplánoch sú jednotlivé objekty zemského povrchu vyjadrené v kvázi prirodzených farbách, čo umožňuje vyhodnocovateľovi lepšiu interpretovateľnosť. Pri tomto ortofotopláne sme dobre rozoznali jednotlivé druhy drevín, topografické prvky, cesty, vodné plochy, plochy bez vegetácie, plochy s vegetáciou, lepšia bola identifikácia lesnej a poľnohospodárskej pôdy.

Ortofotoplány majú význam v lesníctve pri mapovacích prácach, pri určovaní taxáčnych charakteristík, pri ochrane lesných porastov, v krajinnom plánovaní. Tieto ortofotoplány

možno použiť aj pri automatizovaných postupoch segmentácie a klasifikácie jednotlivých objektov (napr. stromov, druhov drevín, počtov stromov živých, odumretých, vodných plôch). Samozrejme musíme dbať na kompresiu výstupných súborov, aby sme nestratili údaje dôležité pre zachovanie štruktúry a textúry rastra.

5. ZÁVER

V súčasnosti sa stávajú čoraz viac dostupnejšie materiály získané digitálnymi kamerami, prípadne laserovými skenermi. Tieto majú vysokú geometrickú a rádiometrickú presnosť a ponúkajú väčšie možnosti pri ich vyhodnocovaní a spracovaní. Navyše umožňujú snímať viaceré spektrá elektromagnetického žiarenia naraz, čím v podstatnej miere konkurujú klasickým analógovým kamerám. Dosiahnuté výsledky predurčujú vytvorené ortofotosnímky a ortofotoplány na využitie v oblasti geografických informačných systémov, interpretácie, plánovania. Digitálne letecké meračské snímky sa stávajú čoraz dostupnejšie a svojou presnosťou výrazne konkurujú klasickým analógovým snímkam. Majú bohatší informačný obsah z hľadiska kvalitatívneho aj kvantitatívneho, čo ich predurčuje na využitie v mnohých vedných disciplínach ako aj v praxi.

Príspevok vznikol v rámci riešenia vedeckého projektu VEGA MŠ SR a SAV č. 1/3525/06 „Metódy na zisťovanie a spracovanie informácií o stave lesa pre lesnícke mapovanie a tvorbu digitálnych databáz“.

Literatúra

- TOMAŠTÍK, J., 2007: Vplyv interpretácie na polohovú presnosť v lesníckom mapovaní, *Aktuálne problémy lesníckeho mapovania*: 50–61.
- HALVOŇ, L., 2007: Digitálna fotogrametria a GNSS v lesníckom mapovaní, *Aktuálne problémy lesníckeho mapovania*: 93–108.
- POTŮČKOVÁ, M., 2004: Image matching and its applications in photogrammetry, dizertačná práca, České vysoké učení technické v Prahe, 132 s.
- ŽIHĽAVNÍK, Š., 2004: Geodézia, fotogrametria a mapovanie v lesníctve, Zvolen, 388 s.
- STN 01 3410 Mapy veľkých mierok. Základné a účelové mapy.
- STN 73 0415 Geodetické body.
-

Adresa autorov:

Ing. Bc. Miroslav Kardoš, PhD.

Ing. Bc. Jozef Šadibol

Lesnícka fakulta

Katedra Hospodárskej úpravy lesov a geodézie

Technická univerzita vo Zvolene

T. G. Masaryka 24

960 53 Zvolen

tel. +421/0455206248

e-mail: kardos@vsld.tuzvo.sk

Digital colour orthophotoplans and their utilization in forestry

Summary

This article deals with digital colour orthophotoplans processing, from their utilization aspect in forestry, especially in forestry mapping, geographic information systems and remote sensing of the Earth. Digital colour orthophotoplans have been created from digital pansharpened aerial images with the ground sample distance 10 cm. The photogrammetric project has been created to solve relative and absolute orientation of the digital aerial images. Area in the Kováčová district as a part of the university forestry enterprise has been selected as the area of interest. A section from the digital terrain model of the third generation from TOPU has been used for orthorectification of the digital aerial images. Final pixel size at the orthophotoplans has been set on 15 cm. In the article there is also analyzed horizontal and vertical accuracy of the photogrammetric project, and also horizontal accuracy of the created orthophotoplans derived from comparing the coordinates of the control points. The 4th accuracy class of the STN 01 3410 “Maps of the large scales” has been achieved in digital orthophotoplans. Preparation of the colour synthesis has been realized in PCI Geomatica 10 software, processing of the photogrammetric project in ImageStation and final outputs have been processed in Geomedia.

ANALÝZA VPLYVU SPRACOVANIA LESNEJ BIOMASY NA TECHNOLOGICKÝ POSTUP HARVESTEROVEJ TECHNOLOGIE V BORSKEJ NÍŽINE

Ivan SAČKOV

Sáčkov, I.: Analýza vplyvu spracovania lesnej biomasy na technologický postup harvesterovej technológie v Borskej nížine. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, L, 2008, č. 2, s. 141–150.

Využívanie lesníckej integrovanej ťažbovo–dopravnej technológie pri spracovaní lesnej biomasy je problematika relatívne nová a vyžaduje si preto podrobne analýzy.

Z výskumu v podmienkach borovicových porastov vyplynulo, že táto pracovná špecializácia je možná. Na pracovnej činnosti harvestera sa nepreukázali významné zásahy do výkonnosti mechanizmu. Potenciál negatívnych faktorov vzniká pri práci forwardera: nevyužitie nosnosti, časové straty, ekonomická neefektívnosť.

Implementácia spracovania lesnej biomasy do technologického postupu harvesterovej technológie zaberala v daných podmienkach operátorom harvestera priemerne 8 % a operátorom forwardera priemerne 17 % z celkového operatívneho času.

Kľúčové slová: obnoviteľné zdroje energie, lesná biomasa, harvesterová technológia

1. ÚVOD, CIEĽ A PROBLEMATIKA

Snaha znížiť negatívne vplyvy, ktoré plynú z využívania fosílnych energetických zdrojov (ekonomické, environmentálne, sociálne, atď.), vedie k postupnému zvyšovaniu záujmu o obnoviteľné zdroje energie (OZE). Podmienkou reálneho úspechu tejto aktivity je ale správna voľba zdroja alternatívnej energie, následne technológia jeho spracovania a konečného využitia.

Z pohľadu charakteru zdrojov je za kľúčový obnoviteľný zdroj energie považovaná biomasa (poľnohospodárska, lesnícka – drevospracujúci priemysel, lesné hospodárstvo). V zameraní na biomasu lesnícku produkovanú lesným hospodárstvom sa jedná predovšetkým o dendromasu nevhodnú na mechanické, chemické spracovanie (palivové drevo, ťažbový odpad) a dendromasu zo zdrojov presne určených k produkcii energetického dreva (intenzívne porasty, energetické porasty, energetické plantáže). Celkový ročný potenciál lesnej biomasy na Slovensku pritom do roku 2010 z týchto zdrojov dosiahne približne 1 810–2 432 tis. ton (MH SR, 2004, 2008).

Z pohľadu charakteru technológie spracovania je dôležité aby samotný proces pestovania, zberu (ťažby) a potrebnej úpravy konkrétneho zdroja nebol energeticky náročnejší

ako energetická výdatnosť tohto zdroja a aby celkové náklady na tento proces boli čo najnižšie. V podmienkach lesného hospodárstva to znamená hľadať alternatívy ku klasickým technológiám ťažby a dopravy dreva v podobe vysoko mechanizovaných a efektívnych technológií, akými sú technológie multioperačných výrobných systémov. Vo všeobecnosti pritom následne existujú štyri základné ťažbovo-dopravné technické situácie (LUKÁČ, 2005, MESSINGEROVÁ, 2004):

- Klasická harvesterová technológia, keď harvester sústredí celý odpad z korún stromov na približovaciu linku, alebo blízko ku linke. Harvesterová technológia v holorube, keď sa zvyšky po ťažbe vyskytujú v určitých líniiach, alebo na celej ploche.
- Stromová technológia pri práci horských procesorov.
- Spracovanie korunových častí stromov v kultúrach rýchlorastúcich drevín, prípadne pri spracovaní časti listnáčov pri motomanuálnej ťažbe.
- Spracovanie častí stromov (tenčina, hrubina korún) balíkovacími strojmi.

Z pohľadu konečného využitia zdrojov obnoviteľnej energie existuje široký výber možností, pričom táto problematika nespadá do analýzy rozoberanej v príspevku.

Cieľom príspevku je analyzovať vplyv spracovania lesnej biomasy na technologický proces (technologickú účinnosť) konkrétneho harvesterového uzla (harvester – Valmet 911.3, forwarder – Valmet 840.2) v borovicových porastoch Borskej nížiny.

2. METODIKA

Metodický postup použitý pri vypracovaní analýzy pozostával z dvoch základných zložiek: zber empirického materiálu (terénne práce); vyhodnotenie nameraných údajov a ich interpretácia (kancelárske práce).

2.1 Terénne práce

Terénne práce boli realizované v lokalite OZ Šaštín, LHC Kostolište, dielec 133 A (tab. 1).

Tab. 1 Výpis z LHP pre porast 133 A

Tab. 1 Forest management plan dump for stand 133 A

Plocha ¹ (ha)	9,84	Drevina ²	Bo	Str. výška ³ (m)	25
Vek ⁴ (r)	100	Zastúpenie ⁵ (%)	100	Str. hrúbka ⁶ (cm)	29
Sklon ⁷ (%)	12	Str. objem ⁸ (m ³)	0,66	Ťažba obnovná ⁹ (m ³)	1650

¹)area (ha), ²)tree species, ³)mean height (m), ⁴)age (y), ⁵)species composition (%), ⁶)mean diameter (cm), ⁷)slope (%), ⁸)mean volume (m³), ⁹) regeneration cutting (m³)

Analyzovaný bol jeden harvesterový uzol, ktorý pracoval v dvoch zmenách. Technické parametre viacoperačných ťažbovo-dopravných mechanizmov (harvester, forwarder), ktoré boli podrobené meraniam sú uvedené v tab. 2.

Tab. 2 Technické parametre Valmet 911.3 (ľavá tabuľka), Valmet 840.2 (pravá tabuľka)

Tab. 2 Technical Parameters of Valmet 911.3 (left table), Valmet 840.2 (right table)

Charakteristika ¹	Hodnota ²	Jednotka ³
Hmotnosť ⁴	16 300	kg
Štandardná šírka ⁵	2 800	mm
Výkon motora ⁶	170	kW
Dosah hydraul. žeriavu ⁷	10	m
Max. úrez. harv. hlavice ⁸	65	cm

Charakteristika ¹	Hodnota ²	Jednotka ³
Hmotnosť ⁴	15 300	kg
Max. nosnosť ⁹	10 000	kg
Štandardná šírka ⁵	2 620	mm
Výkon motora ⁶	125	kW
Dosah hydraul. žeriavu ⁷	7	m

¹)characterization, ²)value, ³)measure, ⁴)weight, ⁵)standard width, ⁶)engine power, ⁷)crane hydraulical radius,

⁸)maximal mean of harvester chaplet, ⁹)maximal loading capacity

Primárnou analyzovanou charakteristikou výskumu bola spotreba času pracovnej operácie z pracovného cyklu a spotreba času pracovného cyklu z pracovnej zmeny podľa modifikácie metodiky SCHLAGHAMERSKÝ (1994). Meracím zariadením boli digitálne stopky s možnosťou záznamu viacerých časových intervalov súbežne (presnosť na 5 sekúnd).

Spotreba času pracovnej operácie z pracovného cyklu

Pracovný postup sa delí na pracovné cykly, ktoré pozostávajú z pracovných operácií. Implementácia výroby lesnej biomasy do pracovných cyklov pritom ale modifikuje všeobecné pracovné postupy.

Modifikované pracovné operácie harvestera v pracovnom cykle:

- Vyhľadanie vyznačeného stromu a manévrovanie $t_{1.}$
- Uchopenie kmeňa stromu harvestrovou hlaviceou a jeho spillovanie $t_{2.}$
- Odvetvovanie, meranie a prerezavanie spileného kmeňa na sortimenty guľatiny, vlák-niny a zvyšku korunovej časti na lesnú biomasu $t_{3.}$
- Ukladanie sortimentov na kopy $t_{4.1}$
- Ukladanie zvyšku korunovej časti na kopy $t_{4.2}$
- Ukladanie sortimentov na kopy a zvyšku korunovej časti na linku a ku koreňovým nábehom ako podklad pre málo škodlivú jazdu $t_{4.3.}$

Modifikované pracovné operácie forwardera v pracovnom cykle:

- Vyhľadanie kopy so sortimentmi a manévrovanie $t_{1.1.}$
- Vyhľadanie kopy so zvyškami korunovej časti a manévrovanie $t_{1.2.}$
- Nakladanie sortimentov $t_{2.1.}$
- Nakladanie zvyškov korunovej časti $t_{2.2.}$
- Približovanie sortimentov $t_{3.1.}$
- Približovanie zvyškov korunovej časti $t_{3.2.}$
- Vykladanie sortimentov $t_{4.1.}$
- Vykladanie zvyškov korunovej časti $t_{4.2.}$

Celkovú spotrebu času pracovných operácií v pracovnom cykle, resp. jednotlivé po-diely pracovných operácií dostaneme ich sumáciou, resp. podielom ich enumerácií.

Spotreba času pracovného cyklu z pracovnej zmeny

Pracovná zmena pozostáva z intervalov produktívneho a neproduktívneho času, ktorých podiely signifikantne korelujú s produktivitou práce.

Diferenciácia časov pracovnej zmeny:

- Čas na prípravu a zakončenie zmeny T_{pz}
- Čas operatívny T_o
- Čas na oddych a prirodzené potreby T_{opp}
- Čas na opravu a údržbu mechanizmu T_u
- Čas na ostatné práce T_d

Sumarizáciou časovej spotreby pracovných operácií (T_o) v pracovných cykloch a evidenciou spotreby času mimo nich (T_{pz} , T_{opp} , T_u , T_d) dostaneme celkový obraz o využití pracovnej zmeny.

2.2 Kancelárske práce

Kancelárske práce pozostávali zo štatistického vyhodnotenia nameraných údajov z terénnych prác, pričom zvolená metodika konkrétne korešpondovala s riešením aktuálnej charakteristiky (analýza časových snímok, analýza vplyvu operátora na výkonnosť mechanizmu pri spracovaní biomasy).

Analýza časových snímok bola vykonaná matematicky (základné štatistické charakteristiky polohy a variability) a graficky (výsekové grafy) zvlášť pre harvester a forwarder.

Analýza vplyvu operátora na výkonnosť mechanizmu pri spracovaní dendromasy bola vykonaná matematicko-štatisticky (test o zhode stredných hodnôt dvoch základných súborov, test normality rozdelenia) zvlášť pre harvester a forwarder. V rámci tejto analýzy sa muselo pristúpiť k diferenciácii jednotlivých testov, keďže analyzované premenné nemali totožné rozdelenia a rozsahy súborov. Pri analýze harvesteru sa tak na určenie normality rozdelenia použil Kolmogorov-Smirnovov test a pri tej istej analýze u forwardera Shapiro-Wilksov W test. Na určenie zhody stredných hodnôt u oboch typoch ťažbovo-dopravných integrovaných systémoch Test zhody stredných hodnôt z dvoch základných súborov s normálnym rozdelením kedy nepoznáme rozptyly (predpoklad, že sa rovnajú), výberové súbory sú nezávislé.

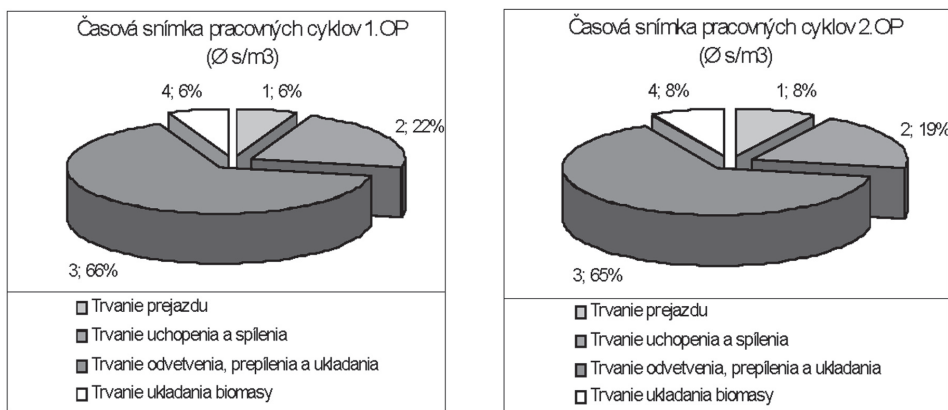
3. VÝSLEDKY

Zhodnotenie a interpretácia výsledkov korešponduje s metodickou postupnosťou uvedenou v podkapitole 2.2 Kancelárske práce.

3.1 Analýza časových snímok

Analýza časových snímok – harvester

Z analýzy spotreby času pracovnej operácie z pracovného cyklu po prepočte na m^3 vyplýva, že implementácia spracovania lesnej biomasy do technologického postupu harvesteru zaberie v daných podmienkach obom operátorom priemerne 7 % (obr. 1).



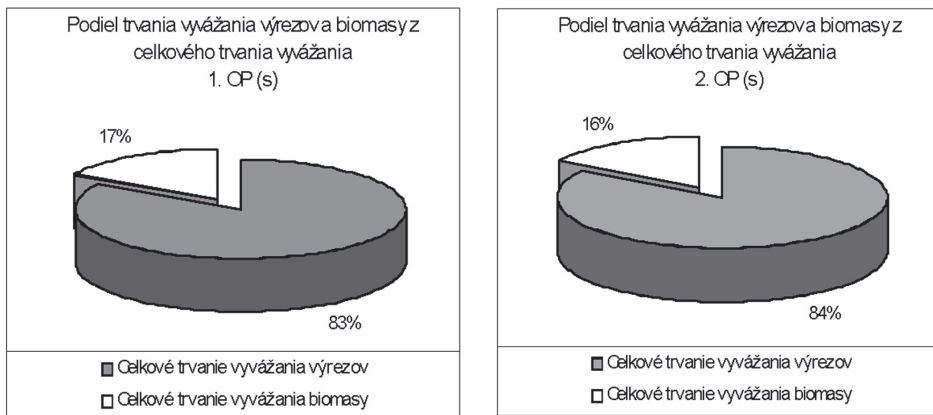
Obr. 1 Spotreba času pracovnej operácie z pracovného cyklu, operátor 1 (ľavý graf) a operátor 2 (pravý graf)
Fig. 1 Time spending for work operation of work cycle, machine operator 1 (left graph) and machine operator 2 (right graph)

Vo vyjadrení časovom to znamená $5,97 \text{ s/m}^3$ u operátora jedna a $5,28 \text{ s/m}^3$ u operátora dva, pričom smerodajná odchýlka činí priemerne $\pm 2,44 \text{ s/m}^3$. V rámci prepočtu toho istého času na spracovávaný strom to nasledovne znamená $4,29 \text{ s/strom}$ u operátora jedna a $4,18 \text{ s/strom}$ u operátora dva pri približne rovnakej variabilite okolo strednej hodnoty ako tomu bolo v prepočte na m^3 .

Na základe toho, že čas strávený modifikáciou pracovného cyklu o spracovanie lesnej biomasy, je v porovnaní s celkovou spotrebou času na pracovný cyklus relatívne malý, môžeme konštatovať, že táto implementácia nespôsobuje významné straty na výkonnosti konkrétného harvesteru v analyzovaných podmienkach. Súčasne platí, že táto činnosť, keď harvester musí ukladať dendromasu na kopy vedľa vyvážacích liniek nie je priamo časovo zaťažujúca aj v porovnaní s technologickým postupom kedy sa ťažbové zvyšky nespracúvajú. Dôvodom je fakt, že táto biomasa sa aj pri takom postupe zväčša musí ukladať na vyvážacie linky.

Analýza časových snímok – forwarder

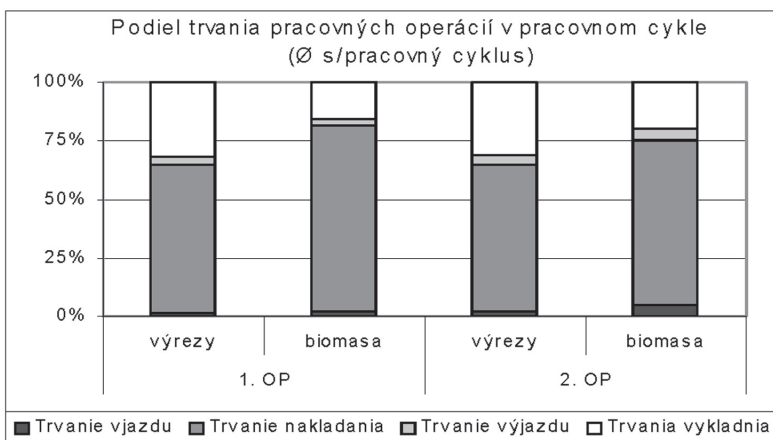
Z analýzy podielu trvania vyvážania dendromasy z celkového trvania vyvážania vyplýva, že forwarder strávil priemerne 17 % celkového produktívneho času vyvážaním lesnej biomasy u oboch operátorov (obr. 2).



Obr. 2 Spotreba času pri vývoze biomasy a výrezov, operátor 1 (ľavý graf) a operátor 2 (pravý graf)
Fig. 2 Time spending in exporting biomass and stems, machine operator 1 (left graph) and machine operator 2 (right graph)

Vo vyjadrení časovej spotreby to znamená, že prvý operátor strávil pri vyvážaní dendromasy skoro 80 min a operátor dva skoro 72 min.

Z analýzy spotreby času pracovnej operácie z pracovného cyklu po prepočte na pracovný cyklus (jazdu) vyplýva, že pri nediferencovaní časovej spotreby pri vývoze výrezov a biomasy je najviac časovo náročná pracovná operácia nakladanie (priemerný podiel na pracovnom cykle 65 %), nasleduje pracovná operácia vykladanie (priemerný podiel na pracovnom cykle 30 %) a nakoniec to sú pracovné operácie vjazd a výjazd forwardera na linku (priemerný podiel na pracovnom cykle 5 %).



Obr. 3 Spotreba času pracovnej operácie z pracovného cyklu
Fig. 3 Time spending for work operation of work cycle

Podobná hodnotová postupnosť podielov, vyjadrená v percentách, platí aj pri spotrebe času pracovných cyklov na celkovej spotrebe času pracovného cyklov diferencovaných na vývoz výrezov a vývoz dendromasy. Rozdielna je len numerická hodnota jednotlivého podielu konkrétnej pracovnej operácie (obr. 3), kde časti grafu popisujú prvého a druhého operátora pri vyvážaní výrezov a biomasy. Prvý operátor tak po časovom vyjadrení strávil priemerne cca 26 min/prac. cyklu a druhý operátor cca 14 min/prac. cyklu pri vyvážaní lesnej biomasy, pri smerodajnej odchylke ± 72 s/prac. cyklus.

3.2 Analýza vplyvu operátora na proces spracovania lesnej biomasy

Analýza vplyvu operátora na proces spracovania lesnej biomasy – harvester

Pri overovaní predpokladov o dátach sa pri testovaní normality výberu prostredníctvom Kolmogorov-Smirnovovho testu ukázalo, že normalita výberu bola preukázaná. Na základe toho sa mohol pri analýze vplyvu operátora na proces výroby dendromasy použiť test zhody stredných hodnôt z dvoch základných súborov s normálnym rozdelením. Výsledky tohto testu sú zobrazené v tabuľke 3.

Tab. 3 Test zhody stredných hodnôt spotreby času pri spracovaní dendromasy harvesterom

Tab. 3 Test of statistical significance for the differences between two means for time spending in processing of forest biomass by harvester

	Priemer ¹	Smerodajná odchylka ²	Rozsah súboru ³	p-level ⁴
1. operátor ⁵	4,28694	2,67947	304	0,60130
2. operátor ⁶	4,17684	2,20320	253	

¹)mean, ²)standard deviation, ³)sample size, ⁴)p-level, ⁵)machine operator 1, ⁶)machine operator 2

Z výsledkov vyplýva, že na hladine významnosti $\alpha = 0,05$ prijímame nulovú hypotézu o nesignifikantnosti rozdielov medzi strednými hodnotami. Teda platí, že rozdiel v časovej spotrebe pri pracovnej operácii ukladanie dendromasy na kopy vedľa vyvážacích liniek harvesterom nebol medzi prvým a druhým operátorom významný.

Analýza vplyvu operátora na proces spracovania lesnej biomasy – forwarder

Plnenie predpokladov o dátach, resp. testovanie normality dát sa pre relatívne malý rozsah súboru vykonával prostredníctvom Shapiro-Wilksovho W testu. Normalita bola preukázaná pri všetkých jednotkách párových pracovných operácií. Po splnení podmienok sa následne pristúpilo k dvojvýberovému testu stredných hodnôt, ktorého výsledky sú zobrazené v tabuľke 4.

Tab. 4 Test zhody stredných hodnôt spotreby času pri spracovaní dendromasy forwarderom

Tab. 4 Test of statistical significance for the differences between two means for time spending in processing of forest biomass by forwarder

		Priemer ¹	Smerodajná odchylka ²	Rozsah súboru ³	p-level ⁴
1. operátor ⁵	Vjazd ⁷	34,8000	9,7631	3	0,25400
2. operátor ⁶		48,2300	14,5073	3	
1. operátor ⁵	Nakladanie ⁸	1265,6670	183,6473	3	0,04560
2. operátor ⁶		680,3267	302,1457	3	
1. operátor ⁵	Výjazd ⁹	42,1966	33,3037	3	0,78380
2. operátor ⁶		50,1966	33,4746	3	
1. operátor ⁵	Vykladanie ¹⁰	249,6667	61,4600	3	0,23900
2. operátor ⁶		184,3700	53,9913	3	

¹)mean, ²)standard deviation, ³)sample size, ⁴)p-level, ⁵)machine operator 1, ⁶)machine operator 2, ⁷)entry, ⁸)loading, ⁹)exit, ¹⁰)unloading

Významný rozdiel v spotrebe času medzi dvomi operátormi pri vyvážaní dendromasy sa na hladine významnosti $\alpha = 0,05$ potvrdil len pri pracovnej operácii nakladanie. Z uvedeného vyplýva, že vplyv konkrétnych operátorov sa pri vyvážaní lesnej biomasy neprejavil pri pracovnej operácii vjazd forwardera na vyvážaciu linku, výjazd forwardera z vyvážacej linky k odvoznému miestu a vykladanie dendromasy na kopy v miestach odvozu. Súčasne je nutné poznamenať, že výsledky tejto analýzy sú zaťažené malým rozsahom súboru a po editácii väčšieho počtu pracovných cyklov do testu sa môže dospieť k iným výsledkom.

4. ZÁVER

Koncepcia využívania lesníckej integrovanej ťažbovo-dopravnej technológie pri spracovaní lesnej biomasy je založená na potenciálnych pozitívach, ktorými obidve technológie oplývajú. V podstate sa ale jedná o problematiku relatívne novú, pričom plnenie základnej koncepcie je značne podmienené lokálnymi faktormi.

Výskum, ktorý prebiehal v lokálnych podmienkach Borskej nížiny preukázal, že integrácia spracovania lesnej biomasy do technologického procesu harvesterovej technológie je možná. U operátora harvesteru si ale vyžiada aby ukladal časti stromov, po manipulácii nezariadených medzi výrezy, na kopy vedľa vyvážacích liniek. Táto činnosť v analyzovaných podmienkach pritom nespôsobovala výrazné časové straty a priemerne dosahovala 5,62 s.m⁻³. Činnosť forwardera v pracovných cykloch sa nemenní, rozdielny je len náklad ktorý sa vyváža. Podielovo bolo zaznamenané, že približne pätinu pracovnej zmeny operátori strávili len vývozom lesnej biomasy, pričom časovo bola najviac náročná operácia nakladania a vykladania. Práve táto pracovná činnosť, kedy sa naplno nevyužíva nosnosť vývozných prostriedkov (náklad lesnej biomasy má nízku objemovú hmotnosť), vznikajú časové straty (operátori priemerne strávili 76 min. z pracovnej zmeny vývozom

dendromasy), ekonomická neefektívnosť (speňaženie lesnej biomasy nepokrýva náklady na jej spracovanie harvesterovým uzlom) znamená negatívny prvok kombinácie integrovanej technológie s technológiou obnoviteľných zdrojov energie.

Na komplexnejšie závery, ktoré majú objektívne zhodnotiť možnosti výroby alternatívnej energie z lesných produktov multifunkčnými výrobnými systémami v lesníctve, je nutné podrobiť pracovné skupiny zaoberajúce sa touto činnosťou širším výskumným projektom.

Príspevok vznikol na základe výsledkov výskumu riešenia v projektoch: „Integrovaná logistika pre využívanie energie z lesnej biomasy“ VEGA – 1/0263/08, a „Teoretické princípy a praktická účinnosť multioperačných výrobných technológií pri ťažbe a spracovaní dendromasy na energetické a priemyselné využitie“ VEGA – 1/3522/06.

Literatúra

- MESSINGEROVÁ, V. 2004. Technické a technologické parametre baliacej jednotky Timberjack 1490 D. In *Zborník referátov z medzinárodného seminára Perspektívy vývoja ťažbovo dopravného procesu a využitia biomasy v lesnom hospodárstve*, s. 255–260.
- MH SR, 2008: Akčný plán využívania biomasy 2008.
- MH SR, 2004: Konceptia využitia poľnohospodárskej a lesníckej biomasy na energetické účely 2004.
- LUKÁČ, T., 2005: Viacoperačné stroje v lesnom hospodárstve. Zvolen: TU Zvolen. 137 s.
- SCHLAGHAMERSKÝ, A., 1994: Zeitstudien, Fachhochschule Hildesheim/Holzminde. Göttingen: Fachbereich Forstwirtschaft in Göttingen. 122 s.
-

Adresa autora:

Ing. Ivan Sačkov
Katedra lesnej ťažby a mechanizácie
Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
Masarykova 24
960 53 Zvolen
Slovenská republika
e-mail: isackov@vsld.tuzvo.sk

Analysis of influence for processing of forest biomass on technological process of harvester technology at Borská nížina lowland

Summary

Utilization of forest integrated harvest and transport technology in processing of forest biomass is new field of study and it needs detail analysis for investigation.

The research in pine forest conditions confirmed this working specialization as available. Important interferences with performance weren't shown in harvester working operation. Potencial of negatives factors is formed in forwarder operation: unused loading capacity, time losses, economical inefficiency.

Implementation of forest biomass processing into technology workflow of harvester technology took in given conditions average 8% of harvester work time and 17% of forwarder work time.

NÁVRH MODELOVÉHO SYSTÉMU PMS – PAVEMENT MANAGEMENT SYSTÉM PRE ÚDRŽBY A OPRAVY LESNÝCH ODVOZNÝCH CIEST

Ladislav ZELINKA

Zelinka, L.: Návrh modelového systému PMS – Pavement management systém pre údržby a opravy lesných odvozných ciest. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, L, 2008, č. 2, s. 151–159.

Článok pojednáva o návrhu zavedenia manažérskeho prístupu do správy lesných odvozných ciest.

Navrhnutý modelový systém (PMS – Pavement Management Systems) údržieb a opráv pre lesné cesty je prvým komplexným postupom na Slovensku.

V článku je v základnom rozsahu prezentovaný databázový systém, ktorý je nevyhnutý tak, aby bol nástrojom pre rozhodovanie o údržbe, oprave, obnove, rekonštrukcii lesných odvozných ciest. Navrhnutý systém by umožňoval kvalifikovať náklady na údržbu, opravu, hodnotil prínosy a straty a vytváral normatívnu technologickú základňu k rozhodovaniu o najvhodnejšom spôsobe použitia finančných prostriedkov. V článku sú navrhnuté nevyhnutné komponenty údajov, ktoré by systém mal obsahovať a to od zbierania inventárnych údajov premenných charakteristík cesty až po jeho spracovanie a vyhodnotenie.

Prínosom navrhnutého systému je, že umožňuje rozhodovanie o kvalitnom hodnotení lesných ciest a tým zlepšuje efektívne vynaloženie financií pre následnú údržbu a opravu lesnej cesty.

Kľúčové slová: lesné cesty, údržba, oprava, modelové riešenie

1. ÚVOD

Základnou úlohou pri modelovaní údržby a opráv vozoviek je zhromaždiť a analyzovať prevádzkové, technické a ekonomické informácie, ktoré umožňujú v modelovom riešení dokumentovať prospešnosť stávajúcich i nových prevádzkových, technologických opatrení pri údržbe a oprave vozovky počas jej životnosti. K tomu je potrebné vytvorenie vzorových modelov, ktoré by viedli k popisu modelov a uvádzali by podmienky využitia výhody, nevýhody a orientačné ekonomické hodnotenie. Samozrejým predpokladom je, že bude rešpektovaný technicko-organizačný pokrok.

Tento prístup nie je dôležitý iba pre efektívne využívanie finančných prostriedkov, ale je tiež nutným predpokladom pre zapojenie súkromných zdrojov do cestnej údržby, opráv, obnov, rekonštrukcií stávajúcich ciest i pre budovanie nových ciest.

2. SÚČASNÝ STAV

V porovnaní so súčasnými informáciami u moderného cestného manažmentu je potrebné konštatovať, že domáce pochopenie (Navrhovanie údržby a opráv netuhých vozoviek 1996) nie je dostatočne konzistentné, databázová základňa je roztrieštená a nie je organizovaná tak, aby mohla byť prístupná k dlhodobému sledovaniu opatrení vynakladaných prostriedkov a celoplošnému prínosu počas životnosti vozovky.

Pokiaľ sa to týka lesných ciest, potom môžeme konštatovať, že o zavedení (v lesnom hospodárstve) v širšom rozsahu sa neuvažovalo i keď niektoré teoretické aj praktické postupy sú k tomu dostatočne prepracované (FERTÁL, 1995, 1996, ZELINKA, 1981, 1988, 1989, 1994, 1999, 2003).

Závažnou komplikáciou v lesnom hospodárstve je nedostatočné navyšovanie problematiky v úrovni plánovania a hodnotenia v rámci lesnej cestnej siete a v úrovni problematiky pracovných projektov.

K tomu, aby sme mohli správne hodnotiť lesnú cestnú sieť (lesnú cestu) je potrebné vytvoriť:

- Schému zaistenia informácií o stave lesných ciest a podklady pre navrhovanie údržby, opráv, rekonštrukcií, vrátane schematického znázorňovania ich tokov.
- Databanku majetkových správcov (užívateľov) ciest
- Harmonogram k aktualizácii dát k zabezpečeniu plánu údržby, opráv, obnov, rekonštrukcií lesnej cestnej siete

Pre modelové riešenie uvedenej problematiky je nevyhnutné vhodné programové vybavenie. Súčasný stav v lesnom hospodárstve možno charakterizovať tak, že manažment lesných ciest (pokiaľ to tak môžeme nazvať) v lepšom prípade vychádza zo skúseností a odborného odhadu projekčných a prevádzkových pracovníkov a častejšie sa to tak ani nerobí.

Modelové riešenie danej problematiky na lesných cestách je potrebné oprieť o jeden základný manažérsky systém, ktorý nie je príliš závislý na technickom vybavení jednotlivých pracovísk, je ho možné zaistiť aj manuálne s jednoduchým počítačovým zariadením a prístrojovou technikou a na jeho základe aktualizovať modelové riešenie alebo jeho výber.

3. METODICKÝ POSTUP PRÁCE

3.1 Cestný manažment pre modelové riešenie

Cestný manažment (PMS – Pavement Management Systems) pre lesné cesty je nástroj pre rozhodovanie o údržbe, oprave, obnove rekonštrukcii lesnej cestnej siete a opiera sa o odborné informácie. Je potrebné zdôrazniť, že PMS ani naväzujúce modelové riešenie rozhodnutia nerobí. Toto je výsledkom rozhodnutia odborných pracovníkov, ktorí k tomu využívajú informácie z PMS (modelov). PMS iba transformuje „surové“ údaje do využiteľnej informácie. Odborníci informácie kombinujú so svojimi skúsenosťami a s okolitými vplyvmi a rozhodnú o realizácii. PMS je podstatnou súčasťou rozhodovacieho procesu odborných pracovníkov.

3.2 Cestná sieť

Cestná sieť je pomocou PMS hodnotená s ohľadom na stanovenú minimálnu úroveň nákladov alebo maximálnych prínosov voči obmedzenému finančnému rozpočtu. Pracuje sa s menej podrobnými údajmi než sú potrebné projektovú pre úroveň a je používaný pre plánovanie údržby a opráv, obnov rekonštrukcií.

PMS s úrovňou lesnej cestnej siete pozostáva z nasledovného:

- Vymedzenie lesnej cestnej siete (napr. stanovenie triedy lesnej cesty a pod.).
- Stanovenie hranice lesnej cesty (napr. začiatok a koniec lesnej cesty a pod.).
- Súpis cestného majetku.
- Hodnotenie kvality lesnej cesty (napr. prevádzkovej výkonnosti vozovky; zaznamenanie porúch, ich rozsah a frekvencia výskytu).
- Určenie strategickej údržby (technológie) a očakávanej životnosti.
- Stanovenie potrieb finančných zdrojov.
- Interaktívnym procesom vybrať jednotlivé projekty.
- Kandidáti na opravu.
- Analyzovať dopad rozhodnutí na prevádzkovú výkonnosť vozovky.

Zaistenie spätnej väzby starostlivosti o lesnú cestnú sieť znamená vedie k:

- k aktualizácii finančných nákladov a životnosti vozovky,
- k revízii údržbových stratégií,
- k zlepšeniu vierohodnosti použitej metódy PMS.

Prevedenie analýzy lesnej cestnej siete

- potreba údržby, opráv, obnov rekonštrukcie vozovky,
- analýza nákladov na potrebnú údržbu a opravy,
- stanovenie objemu finančných prostriedkov,
- stanovenie poradia opráv, projektov jednotlivých ciest s ohľadom na obmedzené finančné zdroje,
- predpoveď budúcich prevádzkových podmienok a dopady nedostatočného financovania opráv, údržby a pod.

Ťažisko „Modely údržby a opráv vozoviek lesných ciest“, spočíva v problematike lesnej cestnej siete. Cieľom je, aby realizačné výstupy podporovali cestný manažment a **úrovni lesnej siete** a oddelili problematiku úrovne jednotlivých projektov, údržby, opráv, t. j. starostlivosti o lesnú cestnú sieť.

3.3 Projektová úroveň

Je potrebné aby cestný manažment PMS na úrovni siete vygeneroval:

- zoznam lesných ciest (sekcii) k zásahu na základe jednoduchého prieskumu (hodnotenia) napr. pomalej jazdy autom, peši a pod.,
- alternatívy technológií údržby a opráv.

Pre vlastné stavebné práce pri údržbe, resp. oprave príslušnej lesnej cesty alebo sekcie sú potrebné podrobnejšie informácie, ktoré je nutné doplniť.

Pri stanovení pracovných postupov v každom projekte (údržby, opráv) je potrebné stanoviť presný finančný rozpočet stavebných prác. To vyžaduje doplniť informácie, tak aby (údržba, oprava) bola správne projektovaná predovšetkým i správne realizovaná. Informácie môžu obsahovať podrobnejší prieskum sekcií, hodnotenie všetkých porúch presnejšie stanovenie rozsahu porúch, odber vzoriek z konštrukcie vozovky odvodnenia, stanovenie únosnosti vozovky, zvyšnej životnosti vozovky, návrh obnovy – zosilnenie vozovky a pod.

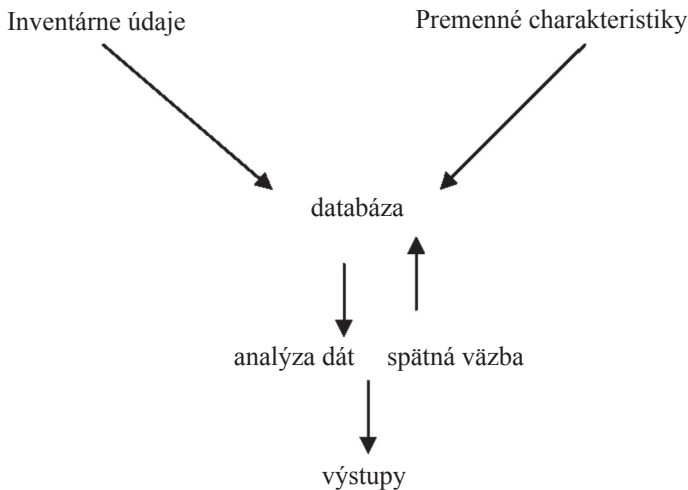
PMS v projektovej úrovni na lesných cestách:

- identifikácia príčin porúch,
- dostupné technológie k odstráneniu príčin porúch,
- vybrané najefektívnejšieho postupu,
- analýza a návrh technických požiadaviek,
- vypracovanie projektovej dokumentácie na každý projekt spolu s dozorom.

4. VÝSLEDKY – NÁVRH PMS – PAVEMENT MANAGEMENT SYSTEMS

4.1 Komponenty PMS

Každý PMS na lesných cestách by pozostával aspoň z týchto nasledujúcich komponentov:



4.2 Inventárne údaje

Inventárne údaje zahŕňajú fyzické charakteristiky príslušnej vozovky. Sem patria nasledovné informácie: trieda cesty, historické záznamy napr. doba výstavby, resp. obnovy vozovky, konštrukčné vrstvy vozovky, dopravné zaťaženie, geometria vozovky, poruchy vozovky.

Dopravené zaťaženie je najdôležitejší faktor, ktorý rozhoduje o výstavbe novej lesnej cesty, resp. o začiatku obnovy, alebo rekonštrukcie vozovky. Tu je potrebné získať údaje o počte vozidiel ale tiež o ich druhoch, hlavne pri ťažkých nákladných autách nad 12 t, ich zaťaženia na os. Je teda oveľa dôležitejšie stanoviť údaje o ťažkých vozidlách než zisťovanie podrobného počtu prejazdov osobných aut. Podrobnejšie sa touto problematikou zaoberá autor (ZELINKA 1989).

Presné stanovenie jednotlivých položiek komponentov inventárnych údajov záleží na počiatočnom vybavení i požiadaviek správy lesných ciest.

Komponent **inventárnych údajov** musí obsahovať aspoň nasledujúce položky alebo informácie:

- fyzikálne miery napr. dĺžka, šírka, sklon cesty a pod.,
- druh povrchu vozovky, resp. aj celú konštrukciu vozovky po jednotlivých vrstvách
- vek povrchu vozovky, resp. celej vozovky,
- dopravné zaťaženie, napr. priemerný ročný, resp. decenálny odvoz drevnej hmoty,
- stav odvodňovacích zariadení, prípadne i ďalších napr. dĺžka oporných múrov, alebo zvodidiel atď.

Rozsah informácií sa riadi dvomi pravidlami:

- informácie by mali byť ľahko dostupné tak, aby nebolo potrebné venovať ich zisťovaniu značné množstvo času,
- informácie majú slúžiť svojmu účelu, ak informácie nie sú využité pre rozhodovanie o údržbe alebo oprave vozovky, potom ich nemá význam zhromažďovať.

4.3 Premenné charakteristiky

Údaje o premenných charakteristikách vozoviek sú základom každého PMS. Pokiaľ tieto údaje nie sú spoľahlivé potom navrhované opatrenia vychádzajúce zo systému rovnako nie sú spoľahlivé.

Premenné parametre definujú prevádzkovú spôsobilosť vozovky napr. podmienky o hodine jazdy na verejných cestách a pod. Na lesných cestách je to predovšetkým prevádzková výkonnosť vozovky.

Ako základné premenné parametre sa sledujú: rovnosť povrchu vozovky (v priečnom aj pozdĺžnom smere), drsnosť (šmykľavosť) povrchu, stav povrchu vozovky (druh a množstvo porúch), únosnosť ako primárny zdroj najčastejších porúch vozoviek. Doplňkové parametre z hľadiska vozovky napr. skladba vozovky, hrúbka vrstiev a ich spolupôsobenie, stav podložia, ale aj separačné zásoby a odtok vody z vozovky.

K zisteniu premenných charakteristík sa používajú tri postupy:

- vizuálne hodnotenie,

- nedeštruktívne hodnotenie napr. špeciálne auto pri hodnotení únosnosti vozovky,
- deštruktívne skúšky napr. pre určenie modulu pružnosti živичnej vrstvy.

Vizuálne hodnotenie, ktoré je na lesných cestách najrozšírenejšie je v praxi nezastupiteľné. Môže byť urobené pri pochôdzke, pomalejšej jazde autom (bicyklom), prípadne špeciálnym zariadením. Je veľmi dôležité stanoviť taký postup vizuálneho hodnotenia, ktoré je objektívne a schopné údaje reprodukovat'. Napr. z vizuálnych hodnotení je priečne, pozdĺžne, mozaikové, mramorové trhliny, vyjazdené koľaje, roleta, drobné hrbole, výtlky, presýtenie asfaltu, zlé odvodnenie, nekvalitné kamenivo, pohodlie jazdy. Tieto údaje je najvhodnejšie zaznamenať do zhotoveného tlačiva (formulára).

Vizuálne hodnotenie je základom moderného cestného manažmentu. Značnou výhodou je možnosť jednoduchého spracovania i archivácia údajov.

Nedeštruktívne hodnotenie spočíva v tom, že hodnotíme modul pružnosti vozovky a na základe toho potom určíme prevádzkovú výkonnosť vozovky, resp. zvyšnú životnosť vozovky. K určeniu modulu pružnosti použijeme špeciálne technické vybavenie napr. rázovú dynamickú skúšku, pákový priechybomer, deflektograf a pod. Nedeštruktívnym hodnotením rovnako overíme kvalitu jednotlivých vrstiev počas výstavby vozovky. Nedeštruktívne hodnotenie má tú výhodu, že nám objektívnejšie zhodnotí kvalitu vozovky, ktorú pri vizuálnom hodnotení nie je možné posúdiť.

Deštruktívnymi skúškami overujeme kvalitu stavebných materiálov, rovnako overujeme aj hrúbky jednotlivých konštrukčných vrstiev (pomocou sond). Výsledky deštruktívnych skúšok nám potom následne pomôžu k celkovému hodnoteniu vozovky.

4.4 Databáza

Zhromaždené inventárne údaje o stave lesných ciest, t. j. prevádzkovú spôsobilosť (premenné charakteristiky) je potrebné evidovať v databáze. Údaje sú použité iba pokiaľ sú ľahko dostupné a vhodne usporiadané pre rozhodovanie. Je preto veľmi dôležité zaistiť ľahký prístup k údajom a ich výber, napríklad ukladanie údajov na hlavnom počítači, ktorý umožňuje zloženie príslušnej časti (sekcie) do personálneho počítača k prevedeniu analýzy. Táto oblasť vyžaduje samostatnú pozornosť a rozbor, aby bolo možné stanoviť aké údaje je schopné zaisťovať špecializované pracovisko a aké údaje majú vzniknúť a byť archivované v jednotlivých útvaroch alebo pracoviskách v lesnom hospodárstve.

4.5 Analýza dát

Samostatná databáza je málo platná pracovníkom, pokiaľ nemajú k dispozícii metódu, ktorá pomáha identifikovať potreby stanoviť priority, predpovedať budúcu prevádzkovú výkonnosť vozovky, zhromaždiť údaje o výdavkoch a prínosoch a zvoliť efektívnu stratégiu stávajúcimi (momentálnymi) údajmi.

Kritickým komponentom každého systému cestného manažmentu je preto softwarový model umožňujúci analyzovať dáta a následne činiť rozhodnutia podľa ktorého budú preukázateľne finančné údaje najlepšie zhodnotené.

4.6 Výstupy systému

Software cestného manažmentu má poskytovať niekoľko druhov výstupov.

- správy,
- grafy,
- mapy.

Správy môžu byť zostavené rôznym spôsobom. Niektoré druhy softwaru môžu byť pripravené s fixnou skladbou. V tomto prípade výstupy sú pevne stanovené a užívateľ nemôže ich modifikovať podľa svojich potrieb. Iný druh softwaru môže byť upravovaný podľa potrieb, kto spravuje (sa stará) o cestnú sieť (lesnú cestu).

4.7 Spätná väzba

Je veľmi dôležité priebežne monitorovať, vyhodnocovať a aktualizovať cestný manažérsky systém. Spätná väzba (väzby) musí byť definovaná vo vnútri manažérského systému tak, aby vo vnútri systému mohla byť aktualizovaná na cestnú spôsobilosť vozovky a výdaje na ich správu a údržbu. Takto je zaisťovaná jeho vierohodnosť. Vo väčšine prípadov sa zlá väzba zaisťuje manuálnym spôsobom.

5. Diskusia a záver

Táto problematika je predovšetkým u štátnych verejných ciest dosť aktuálna predovšetkým v zahraničí.

Pokiaľ sa týka tejto problematiky u lesných ciest, potom sa touto problematikou v celej šírke (rozsahu) nikto neprezentoval a to nielen u nás, ale ani vo svete. Autor tohto príspevku (ZELINKA 2003) navrhol jednoduchú schému sledovania vozovky lesnej cesty pre optimálny návrh údržby, opráv vozovky lesnej cesty a to z hľadiska prevádzkovej výkonnosti vozovky. Doporučuje sa aby každá lesná cesta túto schému – evidenčný list sledovania vozovky, kde sú uvedené nepremenné, premenné parametre vozovky, ktoré sú dôležité pre správne posúdenie vozovky s následným návrhom opráv. Tento odborný materiál sa môže vhodne zakomponovať do PMS pre lesné cesty.

Je potrebné zdôrazniť, že každý správca lesných ciest si musí stanoviť vlastné výdaje na zavedenie PMS (Pavement Managemet Systems) a prínosy spojené s PMS. Je lákavé konštatovať, že prínosy PMS prevyšujú náklady, ale je potrebné aspoň minimálne identifikovať úroveň prínosov a výdajov. Prínosom PMS na lesných cestách je uľahčovanie o rozhodovaní optimálneho riešenia pre monitorovanie stavu prevádzkovej spôsobilosti lesnej cestnej siete a poskytuje podklady pre kvalitné hodnotenie lesných ciest. Jedná sa predovšetkým o výber rozličných údržbových stratégií, proces výberu cestnej opravy čo znižuje náklady vynaložené pri opozdenej údržbe, poskytuje spôsob analyzovať dopady rôznych úrovní financovania, je zdravým základom pre umiestnenie zdrojov, zlepšuje efektívnosť vynaložených financií na lesnej ceste, umožňuje úpravy nákladov užívateľov, je cennou spätnou väzbou k projektovaniu, riadenia a kontrole kvality čo v dlhodobom časovom horizonte prináša lepší stav vozoviek.

PMS je výborným nástrojom k uchovaniu údajov, organizovaniu, manipulácii a ich analyzovaniu, ale treba povedať, že neoslobodzuje užívateľa od zdravého inžinierskeho úsudku. Existuje rada rôznych ovplyvnení, ktoré nemôžu byť zapracované do systému PMS, ale sú významné pri konečnom rozhodnutí. Preto systém PMS ostáva vždy podkladovým nástrojom ku kvalifikovanému rozhodnutiu.

Je načas aby PMS v lesnom hospodárstve sa zaviedol, pretože je dostatok odborných predpokladov k tomu, aby bol na začiatok aspoň v jednoduchej verzii zostavený, čo prispeje k zlepšovaniu stavu lesných ciest, ktorý sa neustále zhoršuje. K tomu je potrebné stanoviť jasné pravidlá o správcovstve lesných ciest a tým uľahčiť fungovanie PMS.

Literatúra

- FERTÁL, D., 1995: Výpočet limitu plochy vozovky pre ekonomickú opravu. Lesnícky časopis – Forestry Journal, 41 (5): s. 294–304.
- FERTÁL, D., 1996: Stanovenie ekonomického limitu opráv vozoviek lesných ciest. Lesnictví – Forestry Journal 42 (6): s. 277–286.
- ZELINKA, L., 1981: Zisťovanie únosnosti na netuhých vozovkách lesných ciest pákovým prieťahomerom. Lesnícky časopis 27, s. 157–165.
- ZELINKA, L., 1988: Oprava netuhej vozovky lesnej cesty a jej prevádzková výkonnosť. Lesnictví, 34, s. 1131–1136.
- ZELINKA, L., 1989: Diagnostika stavu a zosilnenie netuhých vozoviek lesných ciest. Lesnictví, 35, s. 739–755.
- ZELINKA, L., 1994: Príspevok k hodnoteniu kvality netuhých vozoviek lesných ciest so živичným krytom na území ŠLP TU Zvolen. Lesnícky časopis – Forestry Journal, 4016, s. 421–430.
- ZELINKA, L., 1999: Únavový proces netuhých vozoviek lesných ciest s krytom OK (obaľované živичné kamenivo). Lesnícky časopis – Forestry Journal, 45, s. 217–224.
- ZELINKA, L., 2003: Roadway monitoring scheme at proposal of the forest road repapairs. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, XLV, 2003, s.407–416.
-

Adresa autora:

Doc. Ing. Ladislav Zelinka, PhD.
Katedra lesníckych stavieb a meliorácií
Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen

Project of PMS model system – Pavement Management System for maintenance and repairs of timber transport forest roads

Summary

This article deals with the project of managerial approach introduction into the management of timber transport forest roads.

The projected model system (PMS – Pavement Management System) of maintenances and repairs for forest roads is the first complex procedure in Slovakia.

The integrated database system in the basic extent is presented in the work. System is projected in such a way that it will be the tool for decision about maintenance, repair (renovation, reconstruction) of timber transport forest roads. System enablers to quality the maintenance and repair costs, to evaluate the benefits and the financial losses and to create the standard technologic base for decision about the most appropriate application method of financial means. In article they are proposed the necessary components of data, which the system ought to contain from the collection of inventory data, variable characteristics of roads to data processing and their evaluations.

The system enables determination about the quality evaluation of forest roads and it improves the effective use of finances for next maintenance and repair of the forest road.

Key words: forest roads, maintenance, repair, model study