

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**

**XLIX – 2007
č. 1**

**2007
VYDALA TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE**

Redakčná rada:

Prof. Ing. Štefan Žihlavič, CSc. – predseda

Doc. Ing. Pavel Dvorščák, PhD.

Prof. Ing. Peter Garaj, CSc.

Doc. Ing. Juraj Gregor, CSc.

Prof. Ing. Iveta Hajdúchová, PhD.

Prof. Ing. Rudolf Kropil, CSc.

Prof. Ing. Valéria Messingerová, CSc.

Prof. Ing. Ladislav Paule, PhD.

Prof. Ing. Milan Saniga, DrSc.

Prof. Ing. Anton Žihlavič, CSc.

Vedecký redaktor:

Doc. Ing. Dušan Gömöry, CSc.

OBSAH – CONTENTS – INHALT

Tužinský, L.: Bilancia pôdnej vody v smrekovom ekosystéme v zrážkovo nezabezpečených vegetačných obdobiach	9
Soil water balance in the spruce ecosystem during growing seasons with precipitation deficit	9
Bodenwasserbilanz in einem Fichtenökosystem in den Vegetationsperioden mit dem Niederschlagsdefizit	9
 Škvareninová, J.: Vyhodnotenie fenologických fáz jelše lepkavej (<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.) v Arboréte Borová hora TU vo Zvolene v rokoch 1987–2006	17
Characterization of phenological phases of common alder (<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.) in the Borová hora arboretum during the period of 1987–2006	17
Auswertung phänologischer Phasen der Schwarzerle (<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.) in dem Borová hora Arboretum in den Jahren 1987–2006	17
 Galko, J., Pavlík, Š. Zach, P.: Floeo- a xylofágne chrobáky (Coleoptera) v ťažbových zvyškoch dubov a ich prirodzení hmyzí nepriatelia.....	31
Fleo- und xylophagen Käfer (Coleoptera) in den Eichennützresten und ihre natürliche Insektenfeinde	31
Floephagous and xylophagous beetles (Coleoptera) in oak logging residua and their natural insect enemies	31
 Kodrík, M.: Vplyv podkôrneho hmyzu na vývoj a štruktúru prírodných vrcholových smrečín na Poľane	43
Bark beetle community influence on the structure of montane Norway spruce natural forests in the Poľana Mts.	43
Einfluss der Borkenkäfer auf die Entwicklung und Struktur der natürlichen montanen Fichtenwälder der Poľana-Gebirge	43
 Garaj, P. ml., Garaj, P.: Analýza obhospodarovania a trofejovej kvality jelenej zveri v účelovom poľovnom revíri TU vo Zvolene za ostatných 20 rokov	53
Analysis of red deer management and trophy quality in the special-purpose hunting ground of the Technical University in Zvolen during the last 20 years	53
Analyse der Bewirtschaftung und Trophäenqualität vom Rotwild im Jagdrevier der Technischen Universität in Zvolen während der letzten 20 Jahre	53

Malajterová, N., Nič, J.: Dynamika prirodzených a hospodárskych lesov Nízkych Tatier na príklade LHC Liptovská Osada	67
Dynamics of natural and managed forests of Low Tatras in the area of the LHC Liptovská Osada	67
Dynamik der Natur- und Wirtschaftswälder der Niederen Tatra am Beispiel der Wirtschaftseinheit Liptovská Osada	67
Jaloviar, P., Sarvašová, I.: Vybrané charakteristiky semenáčikov smreka vyprodukovaných rôznymi technológiami	77
Ausgewählte Merkmale der Fichtensämlinge produziert durch unterschiedliche Anbautechnologien	77
Selected traits of spruce seedlings produced by different technologies	77
Repáč, I.: Účinky vegetatívneho hubového inokula a komerčného prípravku Ectorize na vývin nadzemnej časti obalených odrezkovancov smreka obyčajného	87
Effects of vegetative-bead fungal inoculum and commercial product Ectorize on the development of above-ground part of container-grown Norway spruce rooted cuttings	87
Wirkung des vegetativen Pilzinokulum und des kommerziellen Produkts Ectorize auf die Entwicklung der oberirdischen Teile der Ballenstecklinge der Fichte	87
Sarvašová, I.: Hodnotenie vplyvu alginitu na rast semenáčikov jedle bielej (<i>Abies alba</i> Mill.) ...	99
The evaluation of alginite influence on the growth of silver fir (<i>Abies alba</i> Mill.) seedlings ...	99
Auswertung der Wirkung vom Alginit auf das Wachstum der Weisstannensämlinge (<i>Abies alba</i> Mill.)	99
Šmelková, L.: Výberové zisťovanie kvality sadbového materiálu v lesných škôlkach	109
Stichprobenweise Inventur der Qualität des Pflanzenmaterials in den Baumschulen	109
Sampling procedure of plant material quality assessment in forest nurseries	109
Štofko, P.: Účinky pomaly rozpustných hnojív rady Silvamix a Silvagen na lesnú kultúru po prvom roku pôsobenia	123
Effects of slow-release fertilizers of the Silvamix and Silvagene line on forest young plantation after the first year	123
Wirkung der langsam löslichen Düngemittel der Reihe Silvamix und Silvagene auf die Waldkultur nach dem ersten Jahr	123

Saniga, M.: Vybrané znaky štruktúry a regeneračné procesy bukového pralesa v NPR Kyjov ...	133
Ausgewählte Strukturmerkmale und Regenerationsprozesse im Urwald Kyjov	133
Selected structural traits and regeneration processes of a beech primeval forest in the National Nature Reserve Kyjov	133
Kuchel, S.: Analýza semennej úrody smreka vo vysokohorskom lese vyššieho montánneho stupňa Nízkyh Tatier.....	145
Analyse des Fichtensamenfalls in einem Gebrigswald der hochmontanen Stufe in der Niederen Tatra	145
Analysis of spruce seed crop in a forest of the higher montane zone of the Low Tatra Mts. .	145
Jančová, G.: Výsledky výskumu prirodzenej obnovy lesa na požiarisku v NPR Kyseľ.....	155
Outcomes of the research into natural regeneration of the NPR Kyseľ forest.....	155
Ergebnisse der Forschung über die natürliche Verjüngung auf der Brandfläche im Naturreservat Kyseľ	155
Vencúrik, J.: Výškový rast smreka a jedle v dolnej vrstve výberkového lesa	173
Das Höhenwachstum von Fichte und Tanne in der Unterschicht des Plenterwaldes.....	173
Height growth of spruce and fir in the lower layer of a plenter forest	173
Sedmák, R.: Predikcia rastu hrúbky bukových stromov pomocou Korfovej rastovej funkcie na podklade informačne neúplných časových radov.....	185
Prediction of beech diameter growth by Korf's function on the basis of information incomplete time series.....	185
Prediktion des Diameterwachstums der Buche mit der Korf-Wachstumsfunktion aufgrund der informationsweise unkompletten Zeitreihen	185
Bahýľ, J.: Zhodnotenie vekovej štruktúry vo vlastníckych celkoch alternatívnymi metódami ...	201
Evaluation of the age structure of user units by alternative methods.....	201
Auswertung der Alterstruktur in den Eigentümerganzenheiten mit alternativen Methoden.....	201
Žihlavník, A.: Riešenie ťažbovej úpravy lesa vo väzbe na trvale udržateľné hospodárenie v lesoch.....	215
Solution of the cutting control in association with sustainable forest management	215
Die Lösung der Nutzungskontrolle des Waldes im Bezug zur nachhaltigen Forstwirtschaft....	215

Vaculčiak, T.: Kvantifikácia faktorov ovplyvňujúcich vetrové kalamity prostredníctvom faktorovej analýzy	227
Extraction of factors influencing windstorm by factor analysis.....	227
Quantifizierung der Windkalamitäten beeinflussenden Faktoren mittels der Faktorenanalyse	227
Žihlavič, Š., Meluš, J., Halvoň, E.: Globálne navigačné satelitné systémy v lesníckom mapovaní	239
GNSS in der Waldkartierung.....	239
Global navigation satellite systems in forest mapping.....	239
Ilčík, Š.: Overovanie grafickej metódy pre zostrojenie trajektórie bremana.....	249
Verification of the graphic method for construction to log line distance by forest cableway ...	249
Verifizierung der graphischen Methode für die Konstruktion der Lasttrajektorie	249
Jakubis, M.: K princípom hydraulickej geometrie ustálených úsekov bystrín	259
To principles of hydraulic geometry of naturally stabilized sections of torrents	259
Zu den Prinzipien der hydraulischen Geometrie von stabilisierten Abschnitten der Wildbache	259
Kadlec, V., Papaj, V.: Využitie hydrologického modelu DesQ – MAXQ pre výpočet maximálnych prietokov na malom povodí.....	273
The use of hydrological model DesQ – MAXQ for the estimation of maximum runoff on a small watershed	273
Ausnutzung des hydrologischen Modells DesQ – MAXQ für die Schätzung der maximalen Abflüsse in einem kleinen Abflussgebiet.....	273
Juško, V.: Predikcia erózných strát z lesných ciest.....	287
Prediction of erosion losses from forest roads	287
Prediktion der Erosionsverluste aus den Waldwegen.....	287

BILANCIA PÔDNEJ VODY V SMREKOVOM EKOSYSTÉME V ZRÁŽKOVO NEZABEZPEČENÝCH VEGETAČNÝCH OBDOBIACH

Ladislav TUŽINSKÝ

Tužinský, L.: Bilancia pôdnej vody v smrekovom ekosystéme v zrážkovo nezabezpečených vegetačných obdobiach. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLIX**, 2007, č. 1, s. 9–15.

Predmetom príspevku sú výsledky monitoringu vodného režimu pôdy pod smrekovým porastom, v zrážkovo nezabezpečených vegetačných obdobiach. V horských lesoch dochádza v ostatnom období k určitým zmenám vodného režimu pôd, čo sa odôvodňuje hlavne vplyvom meniacich sa ekologických podmienok. Dynamika vlhkosti pôdy je v najväčšej miere ovplyvňovaná klimatickými pomermi, osobitne množstvom a intenzitou zrážok a teplotou vzduchu. K výrazným zmenám vodného režimu prispievajú aj pôdnohydrologické procesy, osobitne vertikálny priesak a evapotranspirácia (ET). Priesak vody do spodín predstavuje v priemere 34 %, evapotranspirácia 36 % z celkového množstva zrážok. Dominantným intervalom vlhkosti pôdy je semiuvidický interval s kapilárne pohyblivou a pre rastliny dostatočnou zásobou vody. V zrážkovo nezabezpečených vegetačných obdobiach, po dlhšie trvajúcich suchých dňoch sa objavuje semiaridný interval, kedy dochádza vo fyziologickom profile pôdy vplyvom intenzívneho výdaja vody na ET k veľkým stratám v zásobách pôdnej vody. V letných mesiacoch môže klesnúť množstvo pôdnej vody do kategórie kapilárne menej pohyblivej vody a pre rastliny do nízkej zásoby využiteľnej vody, v extrémne suchých obdobiach až do kategórie kapilárne nepohyblivej a nedostatočnej zásoby využiteľnej vody.

Kľúčové slová: pôdna voda, interval vlhkosti pôdy, hydrolimity, ekologická klasifikácia vlhkosti pôdy

1. ÚVOD

Z analýzy vodného režimu v lesných pôdach Slovenska vyplýva, že najpriaznivejšie vlhkostné pomery sú v pôdach horských lesov. Z hľadiska hydrofyzikálnych vlastností je medzi pôdami horských lesov a lesov v nižších lesných vegetačných stupňov (lvs) relatívne veľký rozdiel. Pôdy nižších lvs majú prevažne menšiu skeletnosť a vyšší obsah jemnozeme, väčšiu hĺbku fyziologického profilu, čo znamená, že môžu zadržať väčšie množstvo vody. Pôdy horských lesov so silne vyvinutým humusovým horizontom, v ktorom je často naakumulované veľké množstvo cudzorodých látok, väčšinou skeletnate, s vyšším obsahom hrubých pórov a nižšou vododržnosťou majú zhoršené hydrologické vlastnosti.

Dominantné postavenie v procesoch vodného režimu majú príjmové (zrážky) a výdajové (evapotranspirácia + odtok) zložky vodnej bilancie. Znamená to, že k najväčším zmenám zásob pôdnej vody dochádza vo vegetačnom období.

Vo vyšších vegetačných stupňoch (> 5vs.) podľa modelov dopadu zmenenej klímy sa predpokladá vo vegetačnom období vyššie množstvo atmosférických zrážok v porovnaní s výdajom vody na potenciálnu evapotranspiráciu (ŠKVARENINA, TOMLAIN, KRIŽOVÁ 2002). Ako sa ďalej uvádza, v 5. a 6. lvs treba v budúcnosti počítať so znížením nadbytku vlhky v letných a jesenných mesiacoch.

Hlavnými príčinami klimatickej zmeny v horských lesoch Slovenska je otepľovanie a zmena zrážkového režimu. V tejto súvislosti treba pripomenúť, že smrek, ktorý je hlavnou drevinou horských lesov je okrem náročnosti na vodu závislý aj od jej pravidelnej dodávky. Takýto vlhkostný režim je v ostatnom období často prerušovaný hydropedologickými cyklami s obmedzenou, resp. nízkou zásobou využiteľnej vody pre rastliny.

V príspevku sú spracované experimentálne získané údaje o zásobách pôdnej vody, jej využiteľnosti pre rastliny a vo veľmi stručnej podobe aj ekologická klasifikácia vodného režimu, vo vegetačných obdobiach s deficitom zrážkových úhrnov, v prevažne smrekovom poraste, v oblasti Hornej Oravy.

2. CHARAKTERISTIKA OBJEKTU A METODIKA VÝSKUMU

Výskum sa vykonával v oblasti Hornej Oravy, LHC Oravská Polhora – Borušcie) v prevažne smrekovom poraste (sm 85, bk 13, jd 2). Na začiatku výskumu, v roku 1989 bol porast 80 ročný, so zakmenením 0,7 a zápojom 90 %. Porast sa nachádza v nadmorskej výške 940 m, na južne orientovanom svahu, so sklonom do 15 %. Typologicky patrí do slt *Fageto-Abietum*.

Klimaticky patrí do oblasti chladnej klímy, s priemernou ročnou teplotou 5 °C, vo vegetačnom období 11 °C a ročným úhrnom zrážok viac ako 1000 mm.

Okamžitá vlhkosť pôdy sa sledovala gravimetricky, prostredníctvom pôdneho vrtáka, vo fyziologickom profile pôdy, hlbokom 100 cm, v 10 cm vrstvách pôdy, v dekadových intervaloch, v 3 až 5 opakovaníach.

Z hydrofyzikálnych charakteristík sme stanovili maximálnu kapilárnu kapacitu (MKK) podľa NOVÁKA (in KLIKA a kol. 1954), bod zníženej dostupnosti (BZD) a bod vädnutia (BV) podľa DRBALA (1965).

Zásoba využiteľnej vody a ekologická klasifikácia vlhkosti pôdy sa stanovila podľa stupnice KUTÍLKA (1966, 1971).

3. ZHODNOTENIE VÝSLEDKOV A DISKUSIA

Vlhkostný režim pôdy môžeme charakterizovať ako výsledok procesov vzájomného spájania atmosférickej, pôdnej a podzemnej vody, ktoré prebiehajú v pôdnom

profile účinkom síl príslušných ku gradientu celkového potenciálu pôdnej vody, gradientu napätia vodných pár v styčnej vrstve pôdy s atmosférou a k sacej sile rastlín (BENETÍN 1970).

Dynamika vody v pôde má v čase a priestore charakteristický priebeh. Časové a priestorové vymedzenie determinuje nie trvalý režim, ale režim v určitom období, napr. vo vegetačnom období, počas hydrologických rokov atď.

Vodný režim je teda komplex procesov a javov, ktorý rozhoduje o režime pôdnej vlahy, ktoré možno v hrubých rysoch rozdeliť od vsakovania vody do pôdy, jej pohybu v nej až po spotrebu vody na evapotranspiráciu. V lesných pôdach je vodný režim okrem už spomenutých činiteľov formovaný aj transformačným vplyvom porastu, najmä druhom dreviny, vekom, zakmenením, zápojom a prítomnosťou a hustotou prízemnej vegetácie (GREGOR 1992, 1999, PICHLER 1996, 2003, KANTOR 1995).

Najvýraznejšia dynamika vlhkosti pôdy je vo vegetačnom období. Súvisí to predovšetkým s klimatickými pomermi, osobitne priebehom zrážkových úhrnov a teplotou vzduchu.

Vodný režim lesnej pôdy sme analyzovali s výnimkou vegetačného obdobia 1998 v zrážkovo nezabezpečených vegetačných obdobiach 1992, 1994, 1998, 1999 a 2000. Vlhkostné pomery vo vegetačnom období 1998 sme zahrnuli do hodnotenia vzhľadom na dlhšie trvajúce suché obdobie v júni a júli.

Odchýlky mesačných úhrnov zrážok od dlhodobého normálu sú uvedené v tab. 1.

Tab. 1 Odchýlky mesačných zrážkových úhrnov [mm] od zrážkového normálu (Or. Polhora)
Table 1 Deviations of the monthly precipitation total [mm] from the precipitation normal

VO	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	IV.-IX.
1901-70	67	87	122	139	115	77	607
1992	+11	-21	-45	-24	-85	-42	-206
1994	+35	+8	-52	-101	-27	-8	-145
1998	-9	+35	+38	-47	-60	+31	-12
1999	-11	-10	-59	-40	-27	-21	-168
2000	+1	-23	-22	+29	-88	-4	-107
Sa	+27	-11	-140	-183	-287	-44	-638

Z tabuľky vyplýva, že najväčší deficit zrážkových úhrnov bol v letných mesiacoch, v ktorých sme zaznamenali zároveň aj najvyššie priemerné mesačné teploty vzduchu (14,6–18,2 °C).

Výsledky monitoringu vlhkosti pôdy na výskumnej ploche v Oravskej Polhore – Borsuči potvrdili, že k zmene stratifikácie vlhkosti pôdy, pohyblivosti a kategórií pôdnej vody dochádza predovšetkým v dôsledku zmien v teplotnom a zrážkovom režime. Pri vysokých

teplotách vzduchu, ktoré sa v letných mesiacoch pohybujú okolo 20 °C, alebo aj vyššie a v pôde je dobrá zásoba využiteľnej vody, výdaj vody na evapotranspiráciu môže dosiahnuť viac ako 5 mm.deň⁻¹, čo je už veľmi vysoká denná spotreba vody (MRÁZ 1973). Veľký výdaj vody na transpiráciu, ktorá je rozhodujúcou zložkou evapotranspirácie, je v letných mesiacoch a v podobných prírodných podmienkach známy aj z prác iných autorov (KANTOR 1984, 1989, STŘELCOVÁ, MINĐÁŠ 2002, STŘELCOVÁ, MINĐÁŠ, ŠKVARENINA 2006).

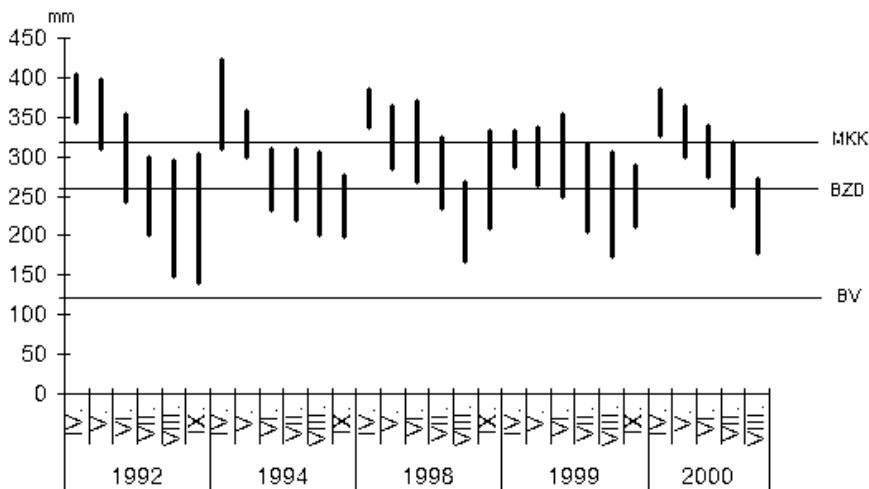
Vo všeobecnosti možno konštatovať, že na začiatku vegetačného obdobia je vo fyziologickom profile pôdy prevažne gravitačne presakujúca, kapilárne pohyblivá a ľahko prístupná voda. V prvej polovici vegetačného obdobia kolíše zásoba využiteľnej vody spravidla v rozpätí veľmi dobrá – dostatočná zásoba. V druhej polovici vegetačného obdobia je rozptýlená vlhkosť pôdy výraznejšia a varíruje väčšinou v existenčnom intervale vlhkosti pôdy, medzi hydrolimitmi maximálnej kapilárnej kapacity (MKK) a bodom vädnutia (BV).

K najväčším vlhkostným zmenám dochádza v letných mesiacoch. Zvlášť nebezpečný je v tomto období výskyt dlhšie trvajúcich suchých a teplých dní. Napr. vo vegetačnom období 1992 sme zaznamenali v porovnaní s dlhodobým priemerom o 206 mm menej zrážok. V júli, v priebehu necelých 10 dní poklesla zásoba vody v celom fyziologickom profile (0–100 cm) o viac ako 80 mm, v povrchovej 20 cm vrstve pôdy sa znížila až do kategórie nedostatočnej zásoby využiteľnej vody (< 20 mm).

V priebehu takmer bezzrážkovej a veľmi teplej (>18 °C) prvej a druhej dekády augusta 1998 sa znížila zásoba vody vo fyziologickom profile pôdy o 108 mm, v povrchovej 20 cm vrstve o 29 mm, čo vo vyjadrení využiteľnosti vody pre rastliny predstavovalo skok z kategórie dobrej až do kategórie nízkej zásoby fyziologicky prístupnej vody. Relatívne vysoké straty vody (–90 mm) v procese evapotranspirácie sme zaznamenali aj v auguste a septembri 1999, ale s podstatne menšou dennou spotrebou vody, čo možno odôvodniť nižšou teplotou vzduchu. Prevažná časť tejto vody (viac ako 80 %) sa vyparila z povrchovej 30 cm vrstvy pôdy.

Z variačného rozpätia zásob pôdnej vody, ktorú sme vyjadrili prostredníctvom hydrolimitov (obr. 1) je zrejmé, že ani v zrážkovo nezabezpečených vegetačných obdobiach sme nezaznamenali vlhkostný stav s poklesom zásob vody pod kritickú hranicu hydrolimitu BV. Ide o grafické vyjadrenie maximálnych a minimálnych mesačných zásob vody v celom fyziologickom profile pôdy. V tejto súvislosti si však treba uvedomiť, že v pôdach pod smrekovými ekosystémami je v najhlbších vrstvách fyziologického profilu pôdy vzhľadom na silne redukovanú desukciu často prítomná zvlhčovacia vrstva, ktorá zabezpečuje zvýšenie celkových zásob pôdnej vody vo fyziologickom profile pôdy.

Z porovnania maximálnych a minimálnych hodnôt zásob vody ďalej vidno, že jarné mesiace sú zásobené prevažne kapilárne pohyblivou vodou a veľmi dobrou zásobou využiteľnej vody. Intenzívny pokles začína spravidla v júli, kedy najnižšie hodnoty prechádzajú do oblasti medzi hydrolimitmi BZD a BV a kedy sa už znižuje pohyblivosť pôdnej vody a aj jej prístupnosť pre rastliny.



Obr. 1 Variačné rozpätie zásob vody [mm] vo fyziologickom profile pôdy
 Fig. 1 Variation range of water supply [mm] in the physiological profile of soil

V povrchových 20 cm pôdy, v ktorej je najvýraznejšia dynamika vlhkosti pôdy sme po dlhšie trvajúcich suchých dňoch pokles pod kritickú hranicu BV už zaznamenali, najčastejšie v júli a auguste a niekedy aj v septembri. Ako sme už uviedli v takýchto obdobiach, kedy je výdaj vody preukazne vyšší ako príjem dochádza k zvýšenej absorpcii vody koreňmi rastlín. V prípade, že gravitačne presakujúca voda nedokáže vytvoriť v hlbších horizontoch zvlhčovaciu vrstvu a sacie korene nedosahujú hĺbku, z ktorej môžu byť zásobované vodou kapilárnym výstupom, evaporácia a desukcia prízemnou vegetáciou a drevinami v priebehu niekoľkých dní dokáže spotrebovať takmer všetky zásoby využiteľnej vody.

Najvyrovnanejšia dynamika vlhkosti pôdy je v období, kedy sú príjmové a výdajové zložky vodnej bilancie pokiaľ možno v rovnováhe. Z hľadiska príjmových zložiek vodnej bilancie to napr. znamená častejší výskyt zrážok, ktoré zabezpečujú pravidelnú dodávku vody do pôdy. Sporadicky sa vyskytujúce vyššie zrážkové úhrny sú v krátkom čase, menšie zrážky okamžite spotrebované na celkový výpar.

Analýzy zásob vody v pôde pod smrekovým porastom ukázali, že v zrážkovo nezabezpečených vegetačných obdobiach, najmä po dlhšie trvajúcich dňoch s deficitom zrážok a vyššími teplotami vzduchu sú pre existenciu a vývoj lesa, podľa prevlhčenia, dĺžky prevlhčenia a stratifikácie vlhkosti (KUTÍLEK 1971) najvýznamnejšie povrchové a stredné vrstvy fyziologického profilu pôdy. Výskyt hydropedologických cyklov s nízkou, resp. nedostatočnou zásobou využiteľnej vody znamená, že v smrekových ekosystémoch dochádza ku konkrétnym zmenám vodného režimu pôdy.

4. ZÁVER

V príspevku sú hodnotené zmeny vodného režimu vo fyziologickom profile pôdy v suchých dňoch vegetačného obdobia v prevažne smrekovom ekosystéme. Z údajov okamžitej vlhkosti pôdy a zásob pôdnej vody vyplýva, že počas bezsrážkového obdobia dochádza k výskytu hydropedologických cyklov, pri ktorých sa podstatne znižuje pohyblivosť pôdnej vody a jej prístupnosť pre rastliny. V povrchových vrstvách pôdy, v ktorých je najväčší výskyt aktívnych koreňov je po dlhšie trvajúcom suchom období charakterizovaná vlhkosť pôdy, pri ktorej sú rastliny nedostatočne zásobované pôdnou vodou, kedy môže dôjsť k fyziologickému oslabeniu drevín, v prípade prízemnej vegetácie a semenáčikov a sadeníc smreka k ich vädnutiu a následne aj hynutiu. Uvedený vlhkosťný režim sme v doterajšom priebehu výskumu vlhkosti pôdy pozorovali prevažne len v nížinných a pahorkatinných oblastiach Slovenska.

PodĎakovanie

Publikovaná práca bola podporená finančnými prostriedkami z grantov 1/3548/06, 1/2383/05 a 1/2357/05.

Literatúra

- BENETÍN, J., 1970: Dynamika pôdnej vlhky. SAV Bratislava, pp. 268.
- DRBAL, J., 1965: Praktikum melioračního půdoznalství. SPN Praha, pp. 145.
- GREGOR, J., 1992: Množstvo vody v pôde v podmienkach bukového ekosystému. Lesnícky časopis 37 (3), 175–185.
- GREGOR, J., 1999: Vplyv denzity bukového porastu a reliéfu na vlhkosť pôdy. Vedecké štúdie, ES TU, Zvolene, pp. 56.
- KANTOR, P., 1984: Vodní bilance smrku a buku ve vegetačním období. Práce VÚLHM, 64, 471–490.
- KANTOR, P., 1989: Transpirace smrkových a bukových porostů. Vodohosp. čas., 37, 2, 222–237.
- KANTOR, P., 1995: Vodní režim bukového porostu před jeho obnovou holou sečí a po ní. Lesnictví – Forestry, 41, 1, 1–10.
- KLIKA, J., NOVÁK, V., GREGOR, J., 1954: Praktikum fytocenologie, ekologie, klimatologie a půdoznalství. ČSAV Praha, pp. 773.
- KUTÍLEK, M., 1966: Vodohospodářská pedologie. SNTL, Praha, pp. 275.
- KUTÍLEK, M., 1971: Ekologická klasifikace půdní vlhkosti. Vodní hospodářství, 250–256.
- MRÁZ, K., 1973: Očekávané změny stanovištních poměrů Jihomoravských lužních lesů vlivem budovaných vodohospodářských úprav. Zprávy lesnického výskumu 3, 2–9.
- PICHLER, V., 1996: Zmeny pôdnej vlhkosti a vlhkosťného potenciálu po redukcii zakmenenia bukového porastu. TU vo Zvolene, pp. 77.
- PICHLER, V., 2003: Ekologicko-produkčné a environmentálne aspekty vodného režimu pôdy po zmene denzity stromovej zložky bukového ekosystému. Habilitačná práca, LF TU vo Zvolene, pp. 142.
- STŘELCOVÁ, K., MINDÁŠ, J., ŠKVARENINA, J., 2006: Influence of tree transpiration on mass water balance of mixed mountain forests of the West Carpatians. Biológia (Bratislava), Special Iss.: Biohydrology: Impact of biological factors on soil hydrology, 75 – 79.
- STŘELCOVÁ, K., MINDÁŠ, J., 2002: Transpirácia buka lesného vo vzťahu k meniacim sa podmienkam prostredia. Vedecké štúdie 11/2000/A, TU vo Zvolene, pp. 82.
- ŠKVARENINA, J., TOMLAIN, J., KRIZOVÁ, E., 2002: Klimatická vodní bilance vegetačních stupňů na Slovensku. Meteorologické zprávy, 55, 4, 103–109.

Adresa autora:

Prof. Ing. Ladislav Tužinský, CSc.

Katedra prírodného prostredia

Lesnícka fakulta

T. G. Masaryka 24

960 53 Zvolen

e-mail: tuzinsky@vsld.tuzvo.sk

Soil water balance in the spruce ecosystem during growing seasons with precipitation deficit

Summary

The main topic of presented paper is the moisture condition in mountain forests with spruce as a prevailing tree species. Recently, the hydropedological conditions changes were observed in these forests. It is mainly due to the air temperature increase and presence of seasons with precipitation totals deficit. Results analysis of the soil moisture observed in these seasons show that the water regime becomes inconvenient for the spruce having high demands on water. Consequently the physiological weakening and increase of biotic pests risk follows. Changes in the soil hydrological processes consist especially in more frequent presence of hydropedological cycles with a low or insufficient available water supply. Other observed change is strong soil moisture dynamic in the rhizosphere layer with a relatively short time fluctuations of water supply from the category of gravitational or capillary movable to the capillary bound or bound water, being unavailable to the plant. Such moisture conditions can be observed especially in the upper layers of the soil profile, gradually its occurrence even in deeper layers of the physiological soil profile can be expected.

CHARAKTERISTIKA FENOLOGICKÝCH FÁZ JELŠE LEPKAVEJ (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) V ARBORÉTE BOROVÁ HORA V ROKOCH 1987–2006

Jana Š K V A R E N I N O V Á

Škvareninová, J.: Charakteristika fenologických fáz jelše lepkavej (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) v Arboréte Borová hora v rokoch 1987–2006. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLIX**, 2007, č. 1, s. 17–29.

V príspevku sme spracovali pozorovania fenologických fáz prirodzených populácií jelše lepkavej (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) v Arboréte Borová hora v Zvolenskej kotline v rokoch 1987–2006. Kvitnutie trvá od polovice februára do začiatku apríla s priemerným nástupom 76 deň roka (17. marec). Fáza začiatku pučania prebieha od polovice marca do polovice apríla, priemerný nástup 93 deň roka (3. apríl). Všeobecné zalistenie má priemerný deň nástupu 114 deň roka (24. apríl). Opad listov nastáva v priemere 296 deň roka (23. október) a zrelosť plodov nastávala priemerne 334 deň roka (30. november). Začiatok a dĺžka fenologických fáz sa v jednotlivých rokoch do značnej miery odlišovali. Pre nástup jednotlivých fenologických fáz sa rozhodujúcou ukázala teplota vzduchu. Ako bioklimatologické kritérium posúdenia závislosti fenologických fáz od meteorologických prvkov sme použili sumy efektívnych teplôt. Tieto sa stanovili ako hodnoty súm priemerných denných teplôt vzduchu vyšších ako 0 °C (TS0), 5 °C (TS5), 8 °C (TS8), 10 °C (TS10). Pre začiatok kvitnutia je rozhodujúca priemerná teplotná suma TS0 = 102,8° C, pre začiatok pučania TS0 = 191,1 °C, pre všeobecné zalisťovanie TS0 = 369,7 °C. Priemerný deň opadávanie listov bol s teplotnou sumou TS0 = 3214 °C, a teplotná suma pre zrelosť plodov dosahovala v priemere 3373 °C.

Kľúčové slová: fenologické fázy, jelša lepkavá (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.), Zvolenská kotlina, sumy efektívnych teplôt vzduchu

1. ÚVOD

V súčasnosti dochádza v lesných ekosystémoch k zvýšenému výskytu klimatických extrémnych javov, ktoré spôsobujú druhové a plošné zmeny v zastúpení jednotlivých zložiek a tiež zhoršenie zdravotného stavu. Ten má za následok oslabenie ich celkového odolnostného potenciálu. Súčasťou predpokladaných klimatických zmien je zvyšovanie priemernej ročnej teploty, nedostatok alebo nerovnomerné rozloženie zrážok počas vegetačného obdobia, či zvýšenie teplotných extrémov.

Rastliny citlivo reagujú na okolité podmienky a pôsobenie mnohých biotických a abiotických faktorov. Z meteorologických prvkov vývoj drevín ovplyvňuje vlhkosť pôdy, slnečné žiarenie a v rozhodujúcej miere teplota vzduchu. Tvárnosť terénu vytvára miestne odchýlky v teplotách a žiarení a tým aj miestne zvláštnosti v priebehu rastových a fenologických fáz drevín (KURPELOVÁ 1972).

Dôležitým biologickým indikátorom zmien podmienok prostredia sa v súčasnosti stávajú fenologické pozorovania. Môžu sa využiť nielen na modelovanie fenologických fáz drevín pri možnom dopade klimatických zmien, ale aj na prognózu ich ďalšieho rozšírenia a vitality (BAGAR – NEKOVÁŘ 2006). Poznatky vzájomných súvislostí medzi meteorologickými charakteristikami a fenologickými fázami umožňujú posúdiť vplyv zmien klímy pri zakladaní lesných porastov a selekčných prácach v škôlkárstve (skoro a neskoro pučiace jedince), ale aj vo včelárstve (MELO 2006).

Analýzou a porovnaním priebehu fenologických fáz sa dajú získať informácie o aktuálnom stave a vývoji abiotických a biotických zložiek prostredia v zmenených klimatických podmienkach (CHMIELEWSKI 1996, ŠPÁNIK *et al.* 1999), stanoviť najvhodnejšie oblasti pre pestovanie určitých druhov lesných (SLOBODNÍK *et al.* 2006) a ovocných drevín (LITSCHMANN 2006). Mimoriadny význam možno očakávať aj pri tvorbe lesných hospodárskych plánov, ako aj parametrov jednotlivých hospodárskych súborov.

2. MATERIÁL A METODIKA

Jelša lepkavá (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) patrí k drevinám, zabierajúcim svojim nesúvislým areálom celé územie Slovenska. Viazaná je na vlhké stanovištia s pohyblivou okysličenou podzemnou vodou. Rastie pri brehoch riek, ale aj na stanovištiach so stagnujúcou vodou a mokradiach s dlhotrvajúcim zabahnením (PAGAN 1992, LUKÁČIK – BUGALA 2005). Citlivo reaguje na obdobia poklesu hladiny podzemnej vody, čo sa prejavuje na kvalite a zdravotnom stave porastov. Patrí k významným rýchlorastúcim drevinám so širokým uplatnením v drevospracujúcom priemysle. Poskytuje kvalitné drevo peknej farby a textúry s ľahkou opracovateľnosťou.

Jelša lepkavá sa nachádza prirodzene aj na území chráneného areálu Arboréta Borová hora Technickej univerzity vo Zvolene. Fenologické pozorovania sme vykonávali na jedincoch, ktoré rastú v alúviu Hrona v juhozápadnom výbežku Zvolenskej kotliny v nadmorskej výške 290 metrov. Oblasť je charakterizovaná priemernou ročnou teplotou 8,1 °C a priemerným úhrnom zrážok 714 mm. Podľa biogeocenologickej klasifikácie Zlatníka patria na tomto území do skupiny lesných typov *Saliceto – Alnetum* – vřbové jelšiny ako ukážka prirodzených spoločenstiev (PAGAN *et al.* 1985). Fenologické pomery Arboréta Borová hora rámcovo charakterizujú práce ŠKVARENINOVEJ (2003) a ŠKVARENINOVEJ *et al.* (2006).

Fenologické pozorovania sme robili na 5 vybraných jedincoch tohto druhu v rokoch 1987–2006 podľa metodického postupu vypracovaného SHMÚ v Bratislave v roku 1984.

V roku 1996 došlo k jeho prepracovaniu a zmene fenofáz, čím sa narušila homogenita pozorovaní. Nakoľko popis jednotlivých fenofáz sa zjednodušil a v menšej miere pozmenil, pri spracovaní 20 ročného obdobia sme vyhodnotili tie fenofázy z oboch metódických postupov, ktoré sa zhodujú a sú v teréne zreteľne rozlíšené. Fenofázu žltnutia listov sme vynechali, pretože u jelše lepkavej neprebíha. Nástup jednotlivých fenofáz bol označený dňom, kedy aspoň 50 % stromov dosiahlo danú fenofázu. Pre spracovanie sme k jednotlivým kalendárnym dňom nástupu priradili poradové číslo kalendárneho dňa od začiatku roka (juliánsky kalendár). Pozorovali sme nasledovné vegetatívne aj generatívne fenofázy:

- *Začiatok pučania* (v strede púčika sa objavili zelené konce mladých lístkov a obalové šupiny zostávajú v strednej a spodnej časti púčika).
- *Všeobecné zalísťovanie* (list dosiahol normálny tvar, ale nemá úplnú veľkosť a sfarbenie).
- *Opadávanie listov* (lístie samovoľne opadáva aj za bezvetria).
- *Všeobecné kvitnutie* (na stromoch sa úplne rozvinuli vyvinuté kvety).
- *Zrelosť plodov* (zrelé plody sa objavili aspoň na polovici jedincov danej skupinky).

Okrem fenologických pozorovaní sme vyhodnotili meteorologické údaje prislúchajúce danej lokalite. Vypočítali sme teplotné sumy z priemerných denných teplôt vzduchu vyšších ako 0 °C (TS0), 5 °C (TS5), 8 °C (TS8), a 10 °C (TS10), ktoré majú vplyv na nástup jarých fenofáz. Táto celková hodnota teplôt je stanovená k termínu začiatku kalendárneho roka.

3. VÝSLEDKY

3.1. Priebeh jarých fenologických fáz

Jarné fenologické fázy sa výrazne prejavujú pri drevinách, ktoré začínajú svoju fenologickú aktivitu koncom zimy alebo v skorom jarom období. Pre nástup týchto fenologických fáz je okrem genetických vlastností dreviny a lokality rozhodujúca teplota vzduchu. Priebeh jednotlivých jarých fenologických fáz v sledovanom období podáva tabuľka 1. Tabuľka 2 podáva sumarizáciu jednotlivých rokov pozorovania v celkovom štatistickom prehľade. Priebeh jarých fenofáz a ich medziročných diferencií je znázornený na obrázkoch 1 až 3.

Jelša lepkavá začína prvú jarnú fenofázu kvitnutím. Z výsledkov pozorovaní v rokoch 1987–2006 sme zistili jej nástup od polovice februára do začiatku apríla, čo predstavuje najväčšie variačné rozpätie medzi jednotlivými rokmi (50 dní). Dĺžka trvania fenofázy bola 4 až 12 dní. Najskorší nástup kvitnutia pripadol na 20. február 1998. Najneskorší dátum všeobecného kvitnutia sme zaznamenali 11. apríla 1988, priemerný nástup 17. marca.

Začiatok pučania v sledovanom období prebiehal od polovice marca až do polovice apríla s variačným rozpätím 28 dní. Najskorší nástup bol 21. marca 1994, najneskorší 17. apríla 1987. Priemerný nástup pripadol na 2. apríl.

Fáza *všeobecného zalisťovania* prebiehajúca od polovice apríla do začiatku mája v rozpätí 21 dní mala priemerný deň nástupu 24. apríl. Najskorší nástup viazaný na 11. apríl 1989 súvisí s teplotnými výkyvmi vo vzťahu k dlhodobým teplotným a vlhkostným pomerom. Neskorý priebeh zalisťovania v rokoch 1997 a 1998 bol ovplyvnený nízkymi teplotami v tomto období.

Nástup jarých fenofáz výrazne podlieha vplyvu zmien teploty vzduchu. Čas nástupu jarých fenofáz závisí predovšetkým od prekročenia určitých teplotných hraníc (LARCHER 1988). Spoločnou charakteristikou, ktorá vyjadruje túto závislosť je suma priemerných denných teplôt vzduchu za určitú časovú periódu. Viacerí autori z oblasti lesníckeho aj poľnohospodárskeho výskumu (ŠIŠKA – ŠPÁNIK 1999, STŘEDA – ROŽNOVSKÝ 2006, BEDNÁŘOVÁ – MERKLOVÁ 2006) ju vo svojich prácach používajú ako hodnotiace kritérium pre začatie týchto fenofáz. Treba však pripomenúť, že začiatok každej fenologickej fázy závisí aj od ďalších faktorov, akými sú vlhkostné pomery, intenzita svetla a pôdne pomery.

Ako bioklimatologické kritérium posúdenia závislosti fenologických fáz od meteorologických prvkov sme použili sumy efektívnych teplôt. Tieto sa stanovili ako hodnoty súm priemerných denných teplôt vzduchu vyšších ako 0 °C (TS0), 5 °C (TS5), 8 °C (TS8), 10 °C (TS10). Priemerné sumy efektívnych teplôt dní s priemernou dennou teplotou vzduchu vyššou ako 0 °C (TS0), 5 °C (TS5), 8 °C (TS8), 10 °C (TS10), pre 50 % nástup fenologických fáz za roky 1987–2006 (teplotné sumy sú počítané od začiatku kalendárneho roka) sú podané v tabuľke 3.

Jarné fenologické fázy sú charakteristické pomerne vysokou mierou štatistickej variability, čo veľmi názorne dokumentujú hodnoty variačných koeficientov, ktoré sa pohybujú v rozpätí od 4,25 do 18,53 %. Predpokladáme, že príčinou vysokej variability je rôzny charakter zimy ako aj nástup jarného obdobia v jednotlivých rokoch, ako to dokumentuje analýza meteorologických podmienok Zvolenskej kotliny (ŠKVARENINOVÁ *et al.* 2006). Z našich vypočítaných teplotných súm ovplyvňujúcich nástup a priebeh jarých fenofáz je zrejmé, že ich začiatok výrazne podmieňuje teplotná hranica 0 °C. Pri nej dosahujú teplotné sumy najnižšiu mieru variability a teda aj vyrovnanejší priebeh hodnôt. Pre začiatok kvitnutia je rozhodujúca priemerná teplotná suma TS0 = 102,8 °C. Nízke až takmer nulové hodnoty teplotných súm TS8 a TS10 indikujú, že pre nástup tejto fenofázy postačujú priemerné denné teploty vzduchu v intervale 0 – 5 °C. Začiatok pučania listových púčikov začína pri priemernej teplotnej sume TS0 = 191,1 °C a je už podmienený aj nástupom vyšších priemerných denných teplôt vzduchu nad 5 °C (TS5 = 35,6 °C). Začiatok fázy zalisťovania je podmienený všetkými stanovenými teplotnými sumami, ale najvyrovnanejší priebeh a najspoločlivejšiu hodnotu poskytuje teplotná suma TS0 = 369,7 °C.

Tabuľka 1 Časový priebeh fenofáz jelše lepkavej *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. v rokoch 1987–2006 (poradové číslo dňa v roku kedy aspoň 50 % stromov dosiahlo danú fenofázu)

Table 1 Time behaviour of phenological phases Common Alder *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. in the years 1987–2006 (serial number of the day, when least 50% tree reach given phenophase)

Rok	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Fenofáza	Poradové číslo dňa v roku									
všeobecné kvitnutie	99	101	63	61	81	69	79	58	62	94
začiatok pučania	107	98	81	98	92	91	96	80	81	95
všeobecné zalisťovanie	118	110	101	113	116	113	115	105	111	114
opadávanie listov	301	304	293	288	273	299	285	304	315	296
zrelosť plodov	325	330	347	328	348	323	340	340	347	337

Tabuľka 1 Pokračovanie

Table 1 Continuation

Rok	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Fenofáza	Poradové číslo dňa v roku									
všeobecné kvitnutie	62	51	69	75	71	75	77	77	93	91
začiatok pučania	85	93	90	95	92	87	102	92	101	105
všeobecné zalisťovanie	122	120	112	114	116	113	117	116	119	116
opadávanie listov	298	292	296	300	298	291	294	300	297	297
zrelosť plodov	330	334	336	331	330	334	328	332	331	329

Tabuľka 2 Štatistické charakteristiky fenofáz ($\bar{x}$ – aritmetický priemer (vyjadrený ako dátum), s_x – smerodajná odchýlka, $s_x\%$ – variačný koeficient)

Table 2 Statistic characteristics of phenological phases ($\bar{x}$ – arithmetic mean (as date), s_x – standard deviation, $s_x\%$ – relative standard deviation)

Fenologické fázy	Štatistické charakteristiky		
	$\bar{x}$	s_x	$s_x\%$
všeobecné kvitnutie	17. 3.	13,84	18,53
začiatok pučania	3. 4.	7,16	7,74
všeobecné zalisťovanie	24. 4.	4,84	4,25
opadávanie listov	23. 10.	8,37	2,83

3.2. Priebeh jesenných fenologických fáz

Priebeh jednotlivých jesenných fenologických fáz v rokoch 1987–2006 podáva tabuľka 1. Tabuľka 2 podáva štatistické zhrnutie jesenných fenofáz. Sumy efektívnych teplôt pre jesenné fenofázy sú štatisticky zhrnuté v tabuľke 3. Priebeh jesenných fenofáz a ich medziročných diferencií je znázornený na obrázkoch 4 a 5.

Žltnutie listov je prvou jesennou fenofázou, ktorá signalizuje ukončenie fotosyntetickej činnosti. Jelša lepkavá patrí k drevinám, u ktorých nedochádza k zmene farby listov, preto prvou jesennou fenofázou je ich opadávanie. Tá prebieha od konca septembra až do prvej polovice novembra a závisí od charakteru počasia v letnom období. Priemerný deň nástupu opadávania listov pripadol za sledované obdobie na 23. október, priemerná teplotná suma TS0 predstavovala 3214 °C. Najskorší zaznamenaný čas opadu listov bol 30. september 1991 a najneskorší 11. november 1995 s rozpätím 42 dní. Tieto pomerne veľké výkyvy spôsobuje pravdepodobne zvýšená vlhkosť v lete, náhle teplotné zmeny a pokles teplôt pod bod mrazu v jesennom období. Zrelosť plodov jelše sa prejavuje padaním zrelých semien zo šišíek. Dĺžka a čas dozrievania môžu byť ovplyvňované priebehom teplôt, dĺžkou slnečného žiarenia počas letných a jesenných mesiacov a tiež zásobou živín. Podľa našich dlhoročných pozorovaní zrelosť plodov nastáva priemerne od druhej polovice novembra do polovice decembra. Priemerný termín pripadá na koniec novembra (30. 11.) V roku 1992 sme zaznamenali najskorší nástup (19. 11.) a v roku 1991 najneskorší termín zrelosti (14. 12.). Variačné rozpätie predstavuje 25 dní. Priemerná suma efektívnych teplôt potrebná na túto fenologickú fázu predstavuje hodnotu TS0 = 3373 °C.

Jesenné fenofázy majú v porovnaní s jarnými fenologickými fázami menšiu mieru variability medzi jednotlivými rokmi pozorovaní ($s_x\%$ v intervale 2,13 až 2,83 %). Predpokladáme, že jelša lepkavá sa v podmienkach Zvolenskej kotliny na alúviu Hrona nachádza v klimatickom, edafickom a hydrickom optime, ktoré do veľkej miery ovplyvňuje hladina podzemnej vody v rieke Hron. Preto meteorologické podmienky letného a jesenného obdobia len v menšom rozsahu podmieňujú nástup a trvanie jesenných fenologických fáz.

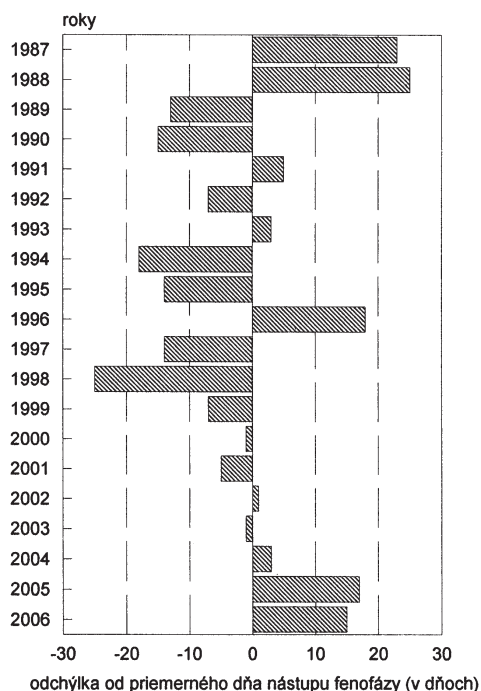
Tabuľka 3 Priemerné sumy efektívnych teplôt dní s priemernou dennou teplotou vzduchu vyššou ako 0 °C (TS0), 5 °C (TS5), 8 °C (TS8), 10 °C (TS10), pre 50 % nástup fenologických fáz za roky 1987–2006 (teplotné sumy sú počítané od začiatku kalendárneho roka)

Table 3 Mean sum of effective temperatures the days, when the mean air temperature is higher 0 °C (TS0), 5 °C (TS5), 8 °C (TS8), 10 °C (TS10), for the 50 % start of phenological phase in years 1987–2006 (temperature sums are computed back to square one calendar year)

Fenologická fáza	Sumy efektívnych teplôt nad 0, 5, 8, 10 °C			
	TS0	TS5	TS8	TS10
	(°C)			
všeobecné kvitnutie	102,81	12,23	2,34	0,42
začiatok pučania	191,09	35,56	7,83	1,54
všeobecné zalisťovanie	369,73	114,76	41,24	15,72
opadávanie listov	3214	2057	1457	1098
zrelosť plodov	3373	2107	1475	1105

Všeobecné kvitnutie (*Alnus glutinosa*)

priemerný deň nástupu fenofázy- 76 deň roka (17. III.)

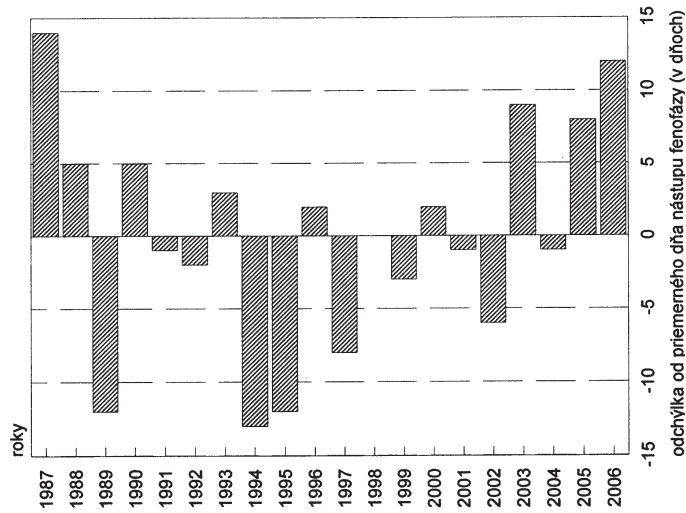


Obrázok 1 Nástup fenofázy všeobecné kvitnutie v rokoch 1987–2006 v Arboréte Borová hora

Figure 1 Start of phenological phase "Flowering" in years 1987–2006 in the Borova hora Arboretum

Začiatok pučania (*Alnus glutinosa*)

priemerný deň nástupu fenofázy- 93 deň roka (3.IV.)

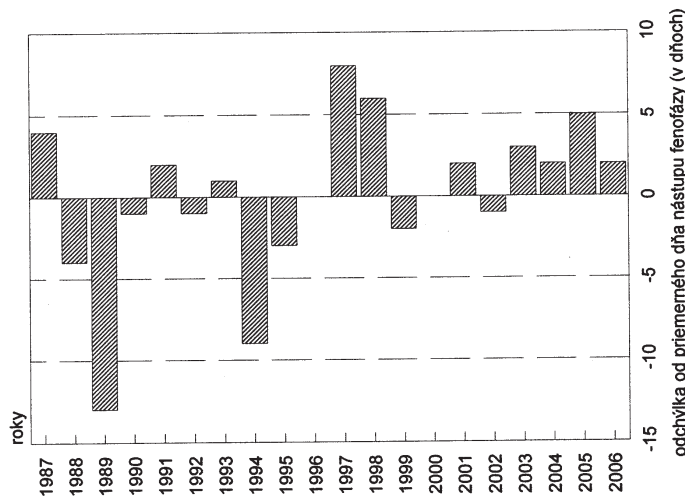


Obrázok 2 Nástup fenofázy začiatok pučania v rokoch 1987–2006 v Arboréte Borová hora
 Start of phenological phase “Leaf bud swelling” in years 1987–2006 in the Borova hora Arboretum

Figure 2

Všeobecné zalisťovanie (*Alnus glutinosa*)

priemerný deň nástupu fenofázy- 114 deň roka (24.IV.)

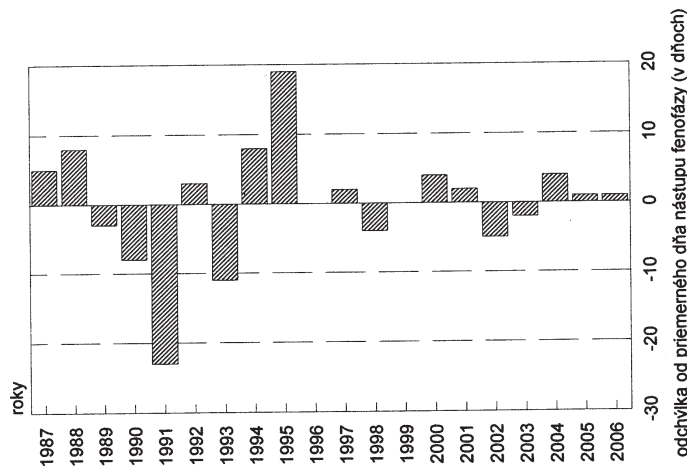


Obrázok 3 Nástup fenofázy všeobecné zalisťovanie v rokoch 1987–2006 v Arboréte Borová hora
 Start of phenological phase “Leaf unfolding” in years 1987–2006 in the Borova hora Arboretum

Figure 3

Opadávanie listov (*Alnus glutinosa*)

priemerný deň nástupu fenofázy- 296 deň roka (23. X.)

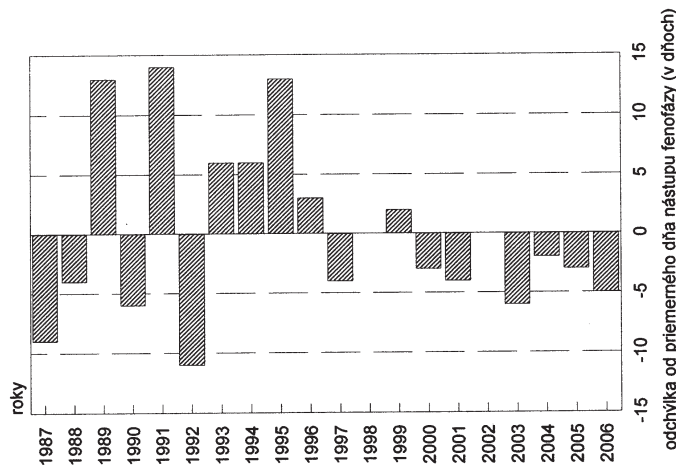


Obrázok 4 Nástup fenofázy opadávanie listov v rokoch 1987–2006 v Arborete Borová hora

Figure 4 Start of phenological phase "Leaf fall" in years 1987–2006 in the Borová hora Arboretum

Zrelosť plodov (*Alnus glutinosa*)

priemerný deň nástupu fenofázy- 334 deň roka (30. XI.)



Obrázok 5 Nástup fenofázy zrelosti plodov v rokoch 1987–2006 v Arborete Borová hora

Figure 5 Start of phenological phase "Ripeness of fruits" in years 1987–2006 in the Borová hora Arboretum

4. DISKUSIA

Problematicou priebehu fenologických fáz jelše lepkavej v dôsledku zmien teplotných pomerov sa zaoberali viacerí autori. LUKNÁROVÁ – BRASLAVSKÁ (1999) uvádzajú za obdobie rokov 1987 – 1998 priemerný nástup kvitnutia v oblasti Zvolena 16. marec. Iní autori (KAMENSKÝ – BRASLAVSKÁ, 1999), ktorí spracovali fenologické pozorovania jelše lepkavej za desaťročné obdobie 1986–1995 udávajú dátum priemerného nástupu kvitnutia pre územie Slovenska 17. marec. Ak porovnáme naše výsledky s uvedenými môžeme konštatovať, že aj za dlhšie časové obdobie priemerný dátum všeobecného kvitnutia pripadá tiež na 17. marec. Zistili sme skutočnosť, že za posledných 5 rokov sa termín kvitnutia posunul do druhej polovice marca a za priemerom sa oneskoruje o 2 až 16 dní. Neskorý začiatok kvitnutia v rokoch 2005, 2006 súvisí s chladným koncom zimy. Nástup ďalšej fenofázy – začiatok pučania sa za uplynulých 5 rokov tiež oneskoruje oproti priemeru o 9–12 dní.

Fáza všeobecného zalisťovania podľa našich pozorovaní nastupuje v priemere 24. apríla. Za posledných 5 rokov sa oproti priemeru oneskoruje o 2–5 dní. Táto skutočnosť je podmienená nízkymi teplotami koncom zimy a náhlym oteplením začiatkom vegetačného obdobia. Aj napriek uvedeným skutočnostiam sú tieto časové termíny v súlade s dátumom priemerného nástupu zalisťovania, ktorý podľa KAMENSKÉHO a BRASLAVSKEJ (1999) pripadá na 27. apríl.

Nástup a priebeh skorých jarných fenofáz je úzko viazaný na priebeh teplôt koncom zimy a teplotné výkyvy v skorom jarnom období. Súvislosť s teplotnými pomermi v tomto období v svojej práci potvrdili aj PRIWITZER – MINĐÁŠ (1998), STŘELCOVÁ *et al.* (2006). Na základe zistených hodnôt teplotných súm dospeli k záveru, že pre rozbehnutie jarných fenofáz je rozhodujúcou teplotná suma TS₀, pretože vykazuje najmenšie rozdiely v jednotlivých rokoch. Tieto zistené údaje sa zhodujú aj s našimi poznatkami. Teplotná suma TS₀ sa ukázala z hľadiska indikácie nástupu všetkých jarných fenofáz jelše ako najspoľahlivejšia, čo potvrdzujú aj hodnoty variačných koeficientov.

Za celé sledované obdobie sme zistili, že práve v posledných rokoch sa pri fenofázach kvitnutia a pučania listov skrátila ich dĺžka v porovnaní s ostatným obdobím o 3–5 dní. Tento jav závisí od teplotných zmien vzduchu a môže indikovať predpokladanú klimatickú zmenu. ŠIŠKA – ŠPÁNIK (1999) predpokladajú v súvislosti s klimatickou zmenou urýchlenie fenologických fáz v jarnom období, čoho priamym dôsledkom je skracovanie obdobia vegetačného pokoja. Reakciu drevín na následky klimatickej zmeny je potrebné ďalej sledovať práve v nasledujúcom období, kedy sa extrémny nástup a dĺžky fenofáz môžu prejaviť v plnom rozsahu.

5. ZÁVER

Výsledky fenologických pozorovaní jelše lepkavej v rokoch 1987–2006 v Arboréte Borová hora v Zvolenskej kotline ukázali, že jarné fenologické fázy začínajú kvitnutím od polovice februára do začiatku apríla. Dĺžka trvania fenofázy bola 3 až 11 dní, priemerný nástup pripadol na 17. marec. Začiatok pučania v sledovanom období prebiehal od polovice marca až do polovice apríla s priemerným nástupom 3. apríla. Fáza všeobecného zalisťovania prebiehajúca od polovice apríla do začiatku mája v rozpätí 21 dní mala priemerný deň nástupu 24. apríl.

Zistili sme, že nástup a priebeh skorých jarných fenofáz je úzko viazaný na priebeh teplôt koncom zimy a teplotné výkyvy v skorom jarnom období. Závisí aj od ďalších faktorov, akými sú vlhkostné pomery, intenzita svetla, kvalita stanovišťa a genetické vlastnosti dreviny. Monitoringom fenofáz sme zistili, že sa skrakuje dĺžka trvania jarných fenofáz a tieto prebiehajú veľmi rýchlo. Tento jav závisí od teplotných zmien vzduchu a môže indikovať predpokladané klimatické zmeny.

Pre posúdenie významnosti nástupu jednotlivých fenologických fáz od stanovených teplotných hraníc sme vypočítali hodnoty sumy priemerných denných teplôt vzduchu vyšších ako 0, 5, 8, 10 °C za sledované obdobie. Zistili sme, že nástup a priebeh jarných fenofáz výrazne podmieňuje teplotná hranica 0 °C s najvyrovnanejším priebehom hodnôt a najnižšou mierou variability. Pre začiatok kvitnutia je rozhodujúca priemerná teplotná suma $TS_0 = 102,8$ °C. Začiatok pučania listových púčikov začína pri priemernej teplotnej sume $TS_0 = 191,1$ °C a je už podmienený aj nástupom vyšších priemerných denných teplôt vzduchu nad 5 °C, kedy $TS_5 = 35,6$ °C. Začiatok fázy zalisťovania je podmienený teplotnou sumou $TS_0 = 369,7$ °C.

Prvá jesenná fenofáza – opadávanie listov prebieha od konca septembra až do prvej polovice novembra a závisí od charakteru počasia v letnom období. Priemerný deň nástupu pripadol na 23. október s priemernou teplotnou sumou $TS_0 = 3214$ °C.

Zrelosť plodov jelše sa prejavuje padaním zrelých semien zo šišiek. Dĺžka a čas dozrievania môžu byť ovplyvňované priebehom teplôt, dĺžkou slnečného žiarenia počas letných a jesenných mesiacov a tiež zásobou živín. Podľa našich dlhoročných pozorovaní zrelosť plodov nastáva priemerne od druhej polovice novembra do polovice decembra. Priemerný termín pripadá na 30. november.

Fenologické pozorovania lesných drevín sú cenným zdrojom informácií pre šľachtenie a následnú reprodukciu. V súčasnosti sa stávajú dôležitým bioindikátorom klimatických zmien, ktoré môžu mať vplyv aj na plošné rozšírenie drevín. Využitie údajov o časovej a priestorovej postupnosti fenologických fáz prispieva k rozšíreniu poznatkov nárokov jednotlivých druhov na podmienky prostredia. Tým sa môže zabezpečiť aj prirodzená obnova lesných porastov v optimálnom druhovom zložení.

Podakovanie:

Autorka ďakuje projektom VEGA MŠ SR: 1/3514/06, 1/2382/05, 1/4393/07 za podporu tejto publikácie.

Literatúra

- BAGAR, R. – NEKOVÁŘ, J.: Tendence vývoje vegetace v přírodních lesních oblastech Moravy. In.: Rožnovský, J., Litschmann, T., Vyskot, I. (eds.): Fenologická odezva proměnlivosti podnebí. Zborník vedeckých abstraktov, Brno 22.3. 2006, 23 s.
- BEDNÁŘOVÁ, E. – MERKLOVÁ, L.: Zhodnocení fenologických fází keřového patra na okraji smrkového porostu v oblasti Dražanská vrchovina. In.: Rožnovský, J. – Litschmann, T. – Vyskot, I. (eds.): Fenologická odezva proměnlivosti podnebí. ČHMÚ, Brno, 2006, s. 8, CD Rom 9 s.
- Fenologické pozorovanie lesných rastlín. Metodický predpis. SHMÚ Bratislava, 1996, 16 s.
- CHMIELEWSKI, F. M.: The International Phenological Gardens across Europe. Present state and perspectives. Phenology and Seasonality, 1996, 1, p. 19–23.
- KAMENSKÝ, L. – BRASLAVSKÁ, O.: Fenologické charakteristiky listnatých drevín na Slovensku v období 1986–1995. Meteorologický časopis, 2, 4, 1999, s. 49–55.
- KURPELOVÁ, M.: Fenologické pomery. Slovensko, Príroda. Vydavateľstvo Obzor, Bratislava, 1972, 917 s.
- LARCHER, W.: Fyziologická ekologie rostlin. Academia Praha, 1988, 368 s.
- LITSCHMANN, T.: Možnosti stanovení jednotlivých fenofází broskvoní na základě meteorologických údajů a jejich využití při prognóze termínu sklizně. In.: Rožnovský, J., Litschmann, T., Vyskot, I. (eds.): Fenologická odezva proměnlivosti podnebí. Zborník vedeckých abstraktov, Brno 22.3. 2006, 11 s.
- LUKÁČIK, I. – BUGALA, M., 2005: Premenlivosť, rastové charakteristiky a ekológia jelše sivej (*Alnus incana* (L.) Moench) a jelše lepkavej (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn) na Slovensku. Vydavateľstvo Technickej univerzity vo Zvolene, 69 s.
- LUKNÁROVÁ, V. – BRASLAVSKÁ, O.: Flowering variability of the most important spring producers of allergenic pollen in Slovakia. Meteorologický časopis, 2, 2, 1999, s. 21–28.
- MELO, M.: Influence of the geographical locality on the coming of *Tilia cordata* phenological phases in Slovakia. In.: Rožnovský, J., Litschmann, T., Vyskot, I. (eds.): Fenologická odezva proměnlivosti podnebí. Zborník vedeckých abstraktov, Brno 22.3. 2006, s. 16.
- Návod na fenologické pozorovanie lesných rastlín. SHMÚ Bratislava, 1984, 16 s.
- PAGAN, J.: Lesnícka dendrológia. Technická univerzita, Zvolen, 1992, 347 s.
- PAGAN, J. et al.: Arborétum Borová hora 1965–1985. VŠLD Zvolen 1985, 236 s.
- PRIWITZER, T. – MINĐÁŠ, J.: Výsledky fenologických pozorovaní lesných drevín v rokoch 1993–1997 na lokalite Poľana – Hukavský grúň. Vedecké práce Lesníckeho výskumného ústavu vo Zvolene, 42, 1998, s. 17–32.
- SLOBODNÍK, B. – ČAŇOVÁ, I. – PAULE, L.: Flowering and leafing phenology of two Mediterranean ash species (*Fraxinus* L.) at the northern limit of their distribution. In.: Litschmann, T., Vyskot, I. (eds.): Fenologická odezva proměnlivosti podnebí. Zborník vedeckých abstraktov, Brno 22. 3. 2006, s. 27.
- STŘEDA, T. – ROŽNOVSKÝ, J.: Vliv teplotních sum na nástup fenofáze „Počátek kvetení“ u meruňky (*Prunus armeniaca* L.). In.: Rožnovský, J. – Litschmann, T. – Vyskot, I. (eds.): Fenologická odezva proměnlivosti podnebí. ČHMÚ, Brno, 2006, s. 28, CD Rom 6 s.
- STŘELCOVÁ, K. – PRIWITZER, T. – MINĐÁŠ, J.: Phenological phases and transpiration of beech in mixed forest. In.: Litschmann, T., Vyskot, I. (eds.): Fenologická odezva proměnlivosti podnebí. Zborník vedeckých abstraktov, Brno 22.3. 2006, s. 29.
- ŠÍŠKA, B. – ŠPÁNIK, F.: Predpokladané zmeny fenologických pomerov ozimnej pšenice a jarného jačmeňa v oblasti Podunajskej nížiny do roku 2075 ako dôsledok klimateckej zmeny. Meteorologický časopis 2, 3, 1999, s. 35–39.
- ŠKVARENINOVÁ, J.: Analýza fenologických pozorovaní vybraných lesných drevín v Zvolenskej pahorkatine. Acta facultatis Forestalis Zvolen, XLV, 2003, s. 29–40.
- ŠKVARENINOVÁ, J. – KOVÁČIK, M. – SNOPOVÁ, Z. – ŠKVARENINA, J., 2006: Výsledky fenologických pozorovaní liesky obyčajnej (*Corylus avellana*) a duba letného (*Quercus robur*) v Zvolenskej pahorkatine. In:

Adresa autora:

Ing. Jana Škvareninová, PhD.
Technická univerzita vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen

Characterization of phenological phases of common alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) in the Borova hora arboretum during period of 1987–2006

Summary

The paper presents results of long-term phenological observations of wood species of the Common Alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.). The observations refer to period of (1987–2006), and were held in the Borova hora Arboretum, Technical University of Zvolen, in Zvolen Basin. The Common Alder belong to wooden plants that, by its natural extension, occur in the whole area of Slovakia. Observation of its phenological displays can therefore serve as suitable whole-area bioindicator of environmental changes. Based on 20-years period data, we evaluated following vegetative and generative phenological phases: leaf bud swelling, leaf unfolding, defoliation leaves, flowering, ripeness of fruits.

Flowering lasts from the middle of February to the beginning of April with average formation the 76th day of year (17th March). Phenological phase of leaf bud swelling starts in early March and ends in early April with average formation the 93rd day of year (3th April). The leaf unfolding has its average day formation the 114th day of year (24th April). The defoliation leaves sheet occurs on average in 296th day of year (23rd October) and the ripeness of fruits occurs on average in 334th day of year (30th November). The highest variability index belongs to phenological phase of flowering. The decisive divergence (s_x) of the start of flowering equals 13.95 and its variation coefficient ($v_x\%$) equals 18%. This effect probably relates to mostly irregular spring start, as well as to frequent spring frosts due to the Zvolen basin inverse position. The phenological phase of leaf unfolding bears the lowest measure variability. Its decisive divergence (s_x) equals 4.74 and variation coefficient ($v_x\%$) equals 4.16%. The same value of measure variability is valid for phase of ripeness of fruits ($s_x = 7.03$ and $v_x\% = 2.10$). The start and duration of phenological phases differed lot during the observation period. The air temperature was determining for the start of phenological phase. We used the totals of effective temperatures as arbitrary bioclimatological criterion for phenological phase dependencies on meteorological elements. The above mentioned totals were determined as subtotals of average daily air temperatures higher than 0 °C (TS0), 5 °C (TS5), 8 °C (TS8), 10 °C (TS10). Average temperature total of TS0 = 102.1 °C is decisive for the beginning of flowering, the value of TS0 = 191.2 °C is decisive for the leaf bud swelling, and the value of TS0 = 367.9 °C is decisive for the leaf unfolding. The average day of defoliation leaves has its temperature totals of TS0 = 3214 °C and the temperature totals of the ripeness of fruits equals on average 3373 °C. For all following phenological phases, the effective temperature TS0 has the most balanced development and the lowest variation coefficient.

Key words: phenological phases, Common Alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.), effective temperatures, temperature totals, Zvolen Basin

FLOEO- A XYLOFÁGNE CHROBÁKY (COLEOPTERA) V ŤAŽBOVÝCH ZVÝŠKOH DUBOV A ICH PRIRODZENÍ HMYZÍ NEPRIATELIA

Juraj G A L K O – Štefan P A V L Í K – Peter Z A C H

Galko, J., Pavlík, Š., Zach, P.: Floeo- a xylofágne chrobáky (Coleoptera) v ťažbových zvyškoch dubov a ich prirodzení hmyzí nepriatelia. Acta Facultatis Forestalis, Zvolen, **XLIX**, 2007, č. 1, s. 31–42.

Cieľom príspevku je zistiť a porovnať výskyt floeo- a xylofágnych druhov chrobákov a ich prirodzených hmyzích nepriateľov v ťažbových zvyškoch duba žltkastého a duba cerového.

V 96-tich vzorkách ťažbového odpadu z duba žltkastého (*Quercus dalechampii*) a z duba cerového (*Q. cerris*) zo štyroch porastov v okolí Trenčína a Bánoviec nad Bebravou, ktoré boli umiestnené vo fotoeklektoroch v laboratóriu, sa spolu získalo 12 druhov floeo- a xylofágnych chrobákov v celkovej početnosti 4216 jedincov (zo vzoriek duba žltkastého 3431 jedincov – 81,4 %, zo vzoriek z duba cerového 785 jedincov – 18,6 %). Najpočetnejším druhom bol podkôrník dubový (*Scolytus intricatus*) s až 90,6 % zastúpením v rámci všetkých získaných druhov chrobákov. Prirodzených hmyzích nepriateľov predmetnej skupiny chrobákov tvorili najmä parazitoidy, ktorých sa získalo 22 druhov. Prevládali najmä chalcidky (9 druhov), z ktorých najzastúpenejšia bola *Entedon leucogramma* (Chalcidoidea) so zastúpením až 34,3 %, ktorá je zároveň najhojnejším prirodzeným hmyzím nepriateľom podkôrnika dubového. Z 10 druhov lumčikov (Braconidae) mal najvyššie zastúpenie *Dendrosoter protuberans* (10,2 %). Lumky (Ichneumonidae) mali zastúpenie len 0,5 %. Získané výsledky jednoznačne potvrdili, že podkôrník dubový (*Scolytus intricatus* Ratz.) je najpočetnejším druhom v ťažbových zvyškoch skúmaných druhov dubov.

Kľúčové slová: floeo- a xylofágne chrobáky, prirodzení hmyzí nepriatelia, ťažbové zvyšky.

1. ÚVOD

Floeo- a xylofágne chrobáky predstavujú na duboch charakteristickú a významnú súčasť podkôrných entomocenóz (ZACH, 1994). Niektorí zástupcovia tejto potravy špecificky (na lyko a drevo) orientovanej skupiny sú lesníckej verejnosti známi aj ako vektory cievnych hubových ochorení, tzv. tracheomykóz (HEŠKO, 1987; PRÍHODA, 1990). Tracheomykózy v 80. rokoch (minulého storočia) vyvolali na Slovensku hromadné hynutie duba (ČAPEK *et al.*, 1985). Za najvýznamnejšieho vektora spomenutých ochorení na dube sa považuje podkôrník dubový (*Scolytus intricatus* Ratz.) (GIBBS, 1981; GIBBS *et al.*, 1984; YATES, 1984; DOGANLAR *et al.*, 1984; DOGANLAR, SCHOPF, 1984; GOGOLA, CHOVANEC, 1987; HABERMANN, SCHOPF, 1987, 1988; HLAVÁČ, PAVLÍK, 2000). Pri nedodržaní zásad porastovej hygieny sa dokáže rýchlo premnožiť a počas zrelostného žeru v tenkých vetvičkách korún

prenášať výtrusy ophiostomatálnych húb na zdravé duby (GOGOLA, CHOVANEC, 1987; HLAVÁČ, PAVLÍK, 2000).

Problematikou spoločenstiev floeo- a xylofágnych chrobákov na duboch sa zaoberalo viacero autorov (ČAPEK *et al.*, 1957; ČAPEK *et al.*, 1985; PATOČKA, 1985; ČAPEK, 1986; GOGOLA, CHOVANEC, 1987; SCHOPF, 1992; ZACH, 1994, 1995; TKÁČIKOVÁ, 1998; PATOČKA *et al.*, 1999). Pozornosť venovali hlavne zloženiu spoločenstiev predmetnej skupiny chrobákov v rôznych častiach stojacich alebo ležiacich (spílených alebo vetrom vyvrátených) dubov.

V našej práci komparatívne analyzujeme ťažbové zvyšky duba žltkastého (*Quercus dalechampii* – skupina *Q. petraea*) a duba cerového (*Q. cerris*) so zreteľom na prítomnosť floeo- a xylofágnych chrobákov a ich prirodzených hmyzích nepriateľov.

Cieľom príspevku je zistiť a porovnať výskyt floeo- a xylofágnych druhov chrobákov a ich prirodzených hmyzích nepriateľov v ťažbových zvyškoch duba žltkastého a duba cerového.

2. MATERIÁL A METÓDY

Vzorky boli odoberané v apríli 2006 zo 4 porastov v okolí Trenčína a Bánoviec nad Bebravou. Týmto územím prechádza aj severná hranica rozšírenia duba cerového. V porastoch bol vykonaný ťažbový zásah v jarných mesiacoch roku 2005, t.z. že ťažbový materiál, z ktorého boli odoberané vzorky, bol vystavený náletu hmyzu po celý rok. Základné údaje o sledovaných porastoch sú v tabuľke 1. Celkovo bolo odobraných 96 vzoriek, 24 z každého porastu (12 ks z duba žltkastého a 12 ks z duba cerového). V jednotlivých porastoch boli vzorky odoberané náhodne, aby sa vylúčilo pôsobenie niektorých faktorov (napr. mikroklima), ktoré majú na obsadenie tohto materiálu predmetnou skupinou chrobákov zásadný vplyv.

Tab. 1 Základné charakteristiky sledovaných porastov

Tab. 1 Grundcharakteristiken von beobachteten Beständen

Porast ¹⁾	Lokalita ²⁾	LS/ Urbár ³⁾	Výmera ⁴⁾ (ha)	Vek ⁵⁾ (roky)	Zastúpenie ⁶⁾ (%)	Ťažba ⁷⁾ (m ³)		Mesiac ťažby ⁸⁾ (2005)
						db	cer	
57	Jerichov	Kšinná	20,39	60	Db90, hb5, cr5	312,3	74,09	február
56	Haláčovce	Dubodiel	5,65	60	Db85, cr10, bo5	43,52	10,91	marec
640	Timoradza	Kšinná	9,21	115	Db52, hb37, bo8, cr3	320,31	35,97	marec
223	Klamárová dolina	Urbár Bobot	13,5	115	Db65, cr20, hb15	280,23	96,12	marec

¹⁾der Bestand, ²⁾der Standort, ³⁾die Forstverwaltung, ⁴⁾die Fläche, ⁵⁾das Alter [die Jahre], ⁶⁾die Holzarteuvertretung,

⁷⁾die Holznutzung, ⁸⁾Monat der Holznutzung

Vzorky mali dĺžku 1 m a hrúbku 4–6 cm. Je to materiál, ktorý už väčšinou ostáva v poraste ako ťažbové zvyšky (hmota „nehrubia“), ale zároveň je atraktívny pre floeo- a xylofágne chrobáky. Vzorky sa umiestnili do fotoeklektorov v laboratóriu (7. 4. 2006), ktorých použitie opísal ZACH (1991). Tu sa sledoval výlet chrobákov a parazitoidov v týždenných intervaloch počas 20 týždňov (140 dní). Zaznamenávalo sa druhové spektrum, abundancia (početnosť, n), dominancia abundancie (ako percento z celkového počtu imág, D %) a frekvencia výskytu (ako percento vzoriek obsadených daným druhom, F %) jednotlivých druhov floeo- a xylofágnych druhov chrobákov a ich parazitoidov.

3. VÝSLEDKY

Hlavné výsledky tohto výskumu sú uvedené v tabuľke 2. Celkový počet zistených druhov chrobákov (S) bol 12, pričom 12 druhov vyletelo zo vzoriek duba žltkastého a 8 druhov zo vzoriek duba cerového. Celkový počet odchytených chrobákov (N) dosiahol 4216 jedincov, pričom zo vzoriek duba žltkastého vyletelo 3431 (81,4 %) a zo vzoriek z duba cerového 785 (18,6 %) jedincov. Prejavovali sa aj rozdiely v abundancii medzi druhmi zo vzoriek duba žltkastého a zo vzoriek duba cerového. Eudominantný (D%>10 %) zo vzoriek oboch druhov dubov bol iba podkôrník dubový, ktorý dosiahol celkovú dominanciu abundancie zo všetkých vzoriek až 90,6 % (3824 ks). V tabuľke 3 je uvedená početnosť (abundancia) a dominancia abundancie vyletených jedincov podkôrnika dubového z jednotlivých porastov.

Tab. 2 Frekvencia výskytu (F%), abundancia (n) a dominancia abundancie (D%) floeo- a xylofágnych chrobákov (Coleoptera) v ťažbových zvyškoch dubov

Tab. 2 Häufigkeitsfrequenz (F%), Abundanz (n) und Abundanzdominanz (D%) von floeo- und xylophagen Käfern (Coleoptera) in dem Eichennützzresten

Druh ¹⁾	Dub žltkastý (<i>Quercus dalechampii</i>)			Dub cerový (<i>Q. cerris</i>)			Spolu ²⁾		
	F%	n	D%	F%	n	D%	F %	n	D%
Buprestidae									(4,4)
<i>Agrilus angustulus</i>	45,8	115	3,3	33,3	50	6,4	39,6	165	3,9
<i>Agrilus sulcicollis</i>	18,8	18	0,5	6,3	4	0,5	12,5	22	0,5
Cerambycidae									(3,1)
<i>Phymatodes alni</i>	12,5	14	0,4	10,4	16	2,1	11,5	30	0,7
<i>Phymatodes testaceus</i>	2,1	3	0,1				1	3	0,1
<i>Pyrrhidium sanguineum</i>	2,1	1	0,1				1	1	0,1
<i>Xylotrechus antilope</i>	27,1	27	0,8	25	22	2,8	26	49	1,2
<i>Plagionotos arcuatus</i>	2,1	1	0,1	4,2	2	0,2	3,1	3	0,1
<i>Leiopus nebulosus</i>	8,3	35	1	2,1	1	0,1	5,2	36	0,8
<i>Pogonocherus hispidulus</i>	4,2	3	0,1				2,1	3	0,1

¹⁾der Art, ²⁾zusammen, ³⁾Individuen zusammen, ⁴⁾Arten zusammen

Tab. 2 Pokračovanie

Tab. 2 Fortsetzung

Druh ¹⁾	Dub žltkastý (<i>Quercus dalechampii</i>)			Dub cerový (<i>Q. cerris</i>)			Spolu ²⁾		
	F %	n	D %	F %	n	D %	F %	n	D %
Scolytidae									(92,5)
<i>Scolytus intricatus</i>	79,2	3147	91,7	60,4	677	86,2	69,8	3824	90,6
<i>Xyleborus monographus</i>	2,1	5	0,1				1	5	0,1
<i>Taphrorychus bicolor</i>	4,2	62	1,8	6,3	13	1,7	5,2	75	1,8
Celkom jedincov (N) ³⁾	3431			785			4216		
Celkom druhov (S) ⁴⁾	12			8			12		

¹⁾der Art, ²⁾zusammen, ³⁾Individuen zusammen, ⁴⁾Arten zusammen

Tab. 3 Abundancia (n) a dominancia abundancie (D%) podkôrnika dubového (*Scolytus intricatus*) v sledovaných porastochTab. 3 Abundanz (n) und Abundanzdominanz (D%) des Eichensplintkäfer (*Scolytus intricatus*) in beobachteten Beständen

Druh duba ¹⁾ (<i>Quercus</i> sp.)	56		57		640		223		Spolu ²⁾	
	n	D%	n	D%	n	D%	n	D%	n	D%
Dub žltkastý (<i>Q. dalechampii</i>)	334	86,1	772	87,7	217	59,1	1824	83,3	3147	82,3
Dub cerový (<i>Q. cerris</i>)	54	13,9	108	12,3	150	40,9	365	16,7	677	17,7
Celkom ³⁾	388		880		367		2189		3824	

¹⁾der Eichenart, ²⁾zusammen, ³⁾total

Celkom sa získalo 3824 jedincov podkôrnika dubového, z ktorých až 2189 (57 %) vyletelo z porastu 223. Práve v tomto poraste sa nachádzalo aj najviac odumierajúcich a uschýnajúcych dubov žltkastých aj dubov cerových. Z ostatných troch porastov vyletelo zvyšných 1635 (43 %) jedincov.

Vo fotoeklektorech boli odchyťavani aj prirodzení hmyzí nepriatelia chrobákov, najmä parazitoidy. Výskyt parazitoidov vo vzorkách, ich frekvencia výskytu (F %), abundancia (n) a dominancia abundancie (D%) sú uvedené v tabuľke 4.

Okrem parazitoidov boli ešte odchytené aj niektoré druhy predátorov: 3 jedince *Vincenzellus ruficollis* (Coleoptera), niekoľko lariev chrobákov z čeľade Pyrochroidae (Coleoptera) a jeden jedinec neurčeného druhu z rodu *Raphidia* spp. (Neuroptera).

Tab. 4 Frekvencia výskytu (F%), abundancia (n) a dominancia abundancie (D%) parazitoidov chrobákov v ťažbových zvyškoch dubov

Tab. 4 Häufigkeitsfrequenz (F%), Abundanz (n) und Abundanzdominanz (D%) von Kärfenparasitoiden in Eichennützresten

Druh ¹⁾	Dub žltkastý (<i>Quercus dalechampii</i>)			Dub cerový (<i>Q. cerris</i>)			Spolu ²⁾		
	F%	n	D%	F%	n	D%	F%	n	D%
Braconidae									(31,1)
<i>Blacus</i> sp.	2,1	1	0,1				1	1	0,1
<i>Doryctes pomarius</i>	20,8	64	5,7	2,1	2	0,6	11,5	66	4,6
<i>Doryctes</i> sp.	27,1	25	2,7	14,6	13	4,1	20,8	38	2,7
<i>Dendrosoter protuberans</i>	25	143	12,9	4,2	2	0,6	14,6	145	10,2
<i>Spathius brevicaudis</i>	31,3	53	4,7	18,8	12	3,9	25	65	4,6
<i>Spathius exarator</i>	2,1	2	0,2				1	2	0,1
<i>Ecphyllus silesiacus</i>	27,1	59	5,3	10,4	8	2,5	18,8	67	4,7
<i>Eucorystes aciculatus</i>	27,1	23	2,1	18,8	18	5,6	22,9	41	2,9
<i>Coeloides scolyticida</i>	6,3	4	0,4	6,3	7	2,2	6,3	11	0,8
<i>Coeloides</i> sp.	4,2	5	0,5				2,1	5	0,4
Eurytomidae									(2,1)
<i>Eurytoma arctica</i>	8,3	5	0,5				4,2	5	0,4
<i>Eurytoma morio</i>	16,7	26	2,7				8,3	26	1,7
Pteromalidae									(6,1)
<i>Macromesus amphiretus</i>	6,3	4	0,4				3,1	4	0,3
<i>Dinotiscus aponius</i>	14,6	12	1,1				7,3	12	0,9
<i>Cheiropachus quadrum</i>	27,1	51	4,5	2,1	1	0,3	14,6	52	3,7
<i>Roptrocerus xylophagorum</i>	2,1	1	0,1	2,1	1	0,3	2,1	2	0,1
<i>Acrocornus semitasciatus</i>	16,7	13	1,1	4,2	2	0,6	10,4	15	1,1
Eulophidae									(46,8)
<i>Entedon euphorion</i>	41,7	158	14,3	16,7	21	6,6	29,2	179	12,5
<i>Entedon leucogramma</i>	70,8	395	35,9	45,8	89	27,9	58,3	484	34,3
Proctotrupoidea	31,3	47	4,2	39,6	141	44,2	35,4	188	(13,3)
Megaspilidae									(0,1)
<i>Conostigmus</i> sp.	2,1	1	0,1	2,1	1	0,3	2,1	2	0,1
Ichneumonidae	8,3	5	0,5	2,1	1	0,3	5,2	6	(0,5)
Celkom jedincov (N) ³⁾	1097			319			1416		
Celkom druhov (S) ⁴⁾	22			15			22		

¹⁾der Art, ²⁾zusammen, ³⁾Individuen zusammen, ⁴⁾Arten zusammen

Celkový počet druhov (S) parazitoidov dosiahol 22 druhov. Všetky vyleteli zo vzoriek duba žltkastého a 15 druhov vyletelo z duba cerového. Najviac druhov (10) bolo z čeľade Braconidae. Z nich bol najčastejší a najviac početný *Dendrosoter protuberans*, ktorý mal celkovú dominanciu abundancie 10,2 %. Z chalcidiiek najpočetnejšími boli zástupcovia čeľade Eulophidae, s dominanciou abundancie 46,8 %. Do tejto čeľade patrí aj najviac zastúpený druh *Entedon leucogramma*. Jeho celková dominancia abundancie bola v rámci predmetného spoločenstva najvyššia (34,3 %) (tab. 4). *E. leucogramma* bol najvýznamnejším prirodzeným hmyzím nepriateľom podkôrnika dubového, ktorý mal tiež najvyššiu dominanciu abundancie (90,6 %) (tab. 2).

Počty všetkých druhov vyletených parazitoidov z chrobákov zo vzoriek duba žltkastého prevyšovali počty vyletených parazitoidov z chrobákov zo vzoriek duba cerového. Výnimkou boli zástupcovia nadčeľaďe Proctotrupoidea, kde počet jedincov zo vzoriek duba cerového (141 ks) výrazne prevyšoval počet jedincov zo vzoriek duba žltkastého (47 ks).

4. DISKUSIA

Po objavení sa príznakov tracheomykózy a následnom hynutí dubov nadobudol na význame práve floeo- a xylofágny hmyz. Ide najmä o niektorých zástupcov z čeľadi podkôrníkovité (Scolytidae), krasoňovité (Buprestidae) a fuzáčovité (Cerambycidae) (TKÁČIKOVÁ, 1998).

Entomofauna dubov je veľmi pestrá a tak sa môže zdať, že počet zistených druhov (12) je nízky. Je potrebné zdôrazniť, že analyzované boli ťažbové zvyšky s hrúbkou 4–6 cm, kde počet druhov floeo- a xylofágnych chrobákov je nižší ako v hrubšom substráte (hrubé konáre, kmene).

ČAPEK *et al.* (1985) uvádza, že v dubových kmeňoch a konároch bol medzi podkôrným hmyzom najviac zastúpený podkôrník dubový, ktorý tvoril až 90 % počtu všetkých odchytených jedincov. Zvyšok tvorili krasone a fuzáče približne v rovnakom zastúpení. Významom ťažbových zvyškov, ako substrátu pre vývin podkôrných a drevokazných druhov hmyzu, sa zaoberala aj TKÁČIKOVÁ (1998). Jej výsledky tiež potvrdili výrazné zastúpenie podkôrnika dubového (až 88 % početnosti všetkých zistených druhov). Z čeľade krasoňovité odchytila 7 % a z čeľade fuzáčovité 5 %. V predloženej práci sa zistili podobné výsledky, kde zastúpenie podkôrnika dubového bolo až 90,6 % zo všetkých odchytených jedincov predmetnej skupiny chrobákov. Celkovo teda zastúpenie čeľade podkôrníkovité dosahovalo 92,5 %, čeľade krasoňovité 4,4 % a čeľade fuzáčovité 3,1 %.

K podobným záverom dospeli aj PATOČKA a NOVOTNÝ (1987), ktorí skúmali entomofaunu dubových výrezov a konárov. V ich vzorkách taktiež prevládal podkôrník dubový (priemerne tvoril 90% zachytenej populácie), zvyšok pripadal na krasone a fuzáče.

Z domácich autorov sa zaoberal touto problematikou aj ZACH (1994). Sledoval floeo- a xylofágny hmyz na kmeni duba žltkastého (*Quercus dalechampii*). Pripravené lapáky boli rok vystavené náletu a následne prenesené do fotoeklektorov v laboratóriu.

V porovnaní s údajmi z predloženej práce, ako aj z prác ČAPKA *et al.* (1985), PATOČKU, NOVOTNÉHO (1987) a TKÁČIKOVEJ (1998), uvádza ZACH (1994) celkovú abundanciu podkôrnika dubového v spracovaných vzorkách podstatne nižšiu (24 %). Vysvetľuje to charakterom oslneného a teplého stanovišťa, na ktorom dosahovali vysokú početnosť najmä krasone rodu *Agilus* a pakôrnik konárový (*Xylopertha retusa*, Bostrichidae), prípadne ďalšie druhy charakteristické pre lesostepi a okraje dubových lesov. GALKO (2004) zisťoval entomofaunu v ťažbovom odpade z duba zimného (*Q. petraea*) a zistil podiel podkôrnika dubového až 82 % zo všetkých odchytených druhov hmyzu.

ZACH (1995) sa venoval početnosti a priestorovému rozmiestneniu floeo- a xylofágnych chrobákov na rôznych druhoch dubov. Porovnával spoločenstvá chrobákov na rôznych druhoch dubov, medzi ktorými bol aj dub cerový. Zistil, že všetky analyzované druhy dubov sa vyznačovali pestrú faunou floeo- a xylofágnych chrobákov. Na dube cerovom zistil 14 druhov chrobákov. Medzi nimi výrazne prevažoval pakôrnik konárový (dominancia abundancie 42,2 %). Naopak podkôrnik dubový dosiahol dominanciu len 11,6 %, ktorá bola spomedzi všetkých analyzovaných druhov dubov najnižšia. Tieto výsledky sa značne odlišujú od výsledkov prezentovaných v našej práci. ZACH (1995) odoberal vzorky rôznych hrúbok z duba cerového na strednom Slovensku, a to z extrémne teplej a suchej lokality (Poštárka pri Zvolene). Naše vzorky pochádzajú z chladnejšieho okolia Trenčína a Bánoviec nad Bebravou, kde prebieha severná hranica rozšírenia duba cerového na Slovensku. Majú malú hrúbkovú variabilitu (4–6 cm), podstatne nižšiu ako vzorky od Zvolena (2–15 cm). Podľa súčasných poznatkov lokalizácia vzoriek (napr. na voľnej ploche alebo v interiéri lesa – rozdiely v intenzite osvetlenia, teplote a vlhkosti) a ich hrúbka sú najvýznamnejšími faktormi ovplyvňujúcimi výskyt a distribúciu floeo- a xylofágnych chrobákov (HAASE *et al.*, 1998). Ďalšie práce umožňujúce adekvátne porovnanie spoločenstiev chrobákov na rôznych druhoch dubov na Slovensku chýbajú.

Zaujímavosťou je, že EISENHAEUER (1990), ktorý robil výskum v bývalej NDR v dubových porastoch starších ako 120 rokov, na rozdiel od našich autorov výskyt podkôrnika dubového za trojročné výskumné obdobie ani raz nepotvrdil. Podľa ďalších údajov zo západnej časti Nemecka (HAASE *et al.*, 1998) podkôrnik dubový je tu pomerne častý, ale vyskytuje sa zrejme v nižšej početnosti ako na Slovensku.

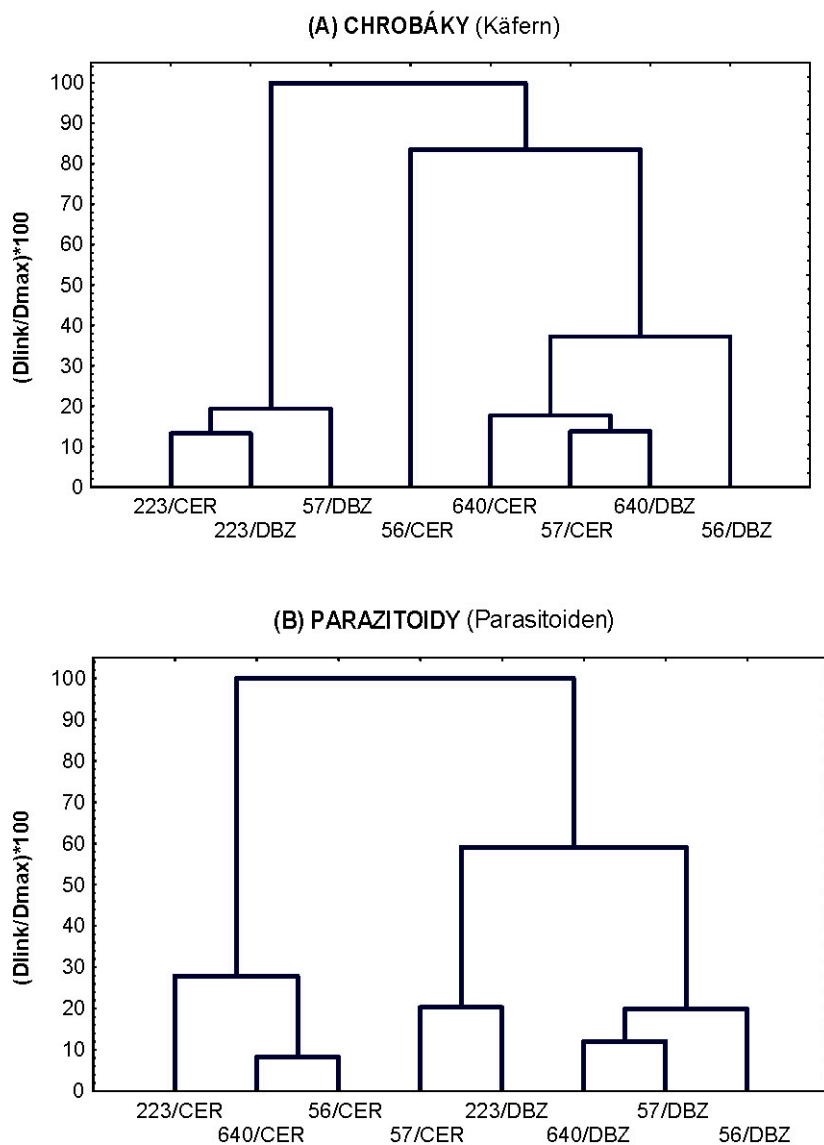
SCHOPF (1992) sa taktiež zaoberal problematikou floeo- a xylofágnych škodcov, ale na odumierajúcich duboch v Rakúsku. Keďže v mnohých prípadoch išlo už o stromy odumreté, práve na nich bola vo všeobecnosti najväčšia rôznorodosť a početnosť jednotlivých škodcov. Zistil podobné druhové spektrum ako v našej práci (16 druhov). Keďže skúmal odumierajúce duby, veľmi početným škodcom bola pílovka *Xiphydria longicollis* (Hymenoptera, Xiphydriidae), ktorá sa vyvíja najmä v takomto substráte.

Medzi prirodzenými hmyzmi nepriateľmi výrazne prevládali parazitoidy nad predátormi. Získané výsledky, ako aj údaje v literatúre (ČAPEK, 1986; ČAPEK *et al.*, 1987; ZACH, 1994; PAVLÍK, 2003), poukazujú na to, že chalcidky čeľade Eulophidae, hlavne *Entedon leucogramma*, sú najvýznamnejšími parazitoidmi lariev podkôrnika dubového so zastúpením

až 46,8 %. Z čeľade Braconidae boli zistené ďalšie významné parazitoidy podkôrnika dubového: *Dendrosoter protuberans* (10,2 %), *Spathius brevicaudis* (4,6 %), *Ecphyllus silesiacus* (4,7 %) a *Doryctes pomarius* (4,6 %). Avšak Zach (1994) zistil zastúpenie *Ecphyllus silesiacus* až 27,8 %. Tento druh v jeho práci mal dokonca vyššie zastúpenie ako chalcidky (27,4 %). Podobne MARKOVIČ a STOJANOVIČ (2001) vo svojich výsledkoch zo Srbska uvádzajú, že *E. silesiacus* mal spomedzi všetkých parazitoidov podkôrnika dubového najvyššiu dominanciu (39,2 %).

PAVLÍK (2003) uvádza, že zistené rozdiely v druhovom zložení parazitoidov môžu byť spôsobené rozdielnym časom odberu vzoriek a/alebo rozdielnymi ekologickými podmienkami stanovišťa, odkiaľ boli analyzované vzorky odobrané. Uvedená skutočnosť sa potvrdila aj v našom prípade, a to nielen pri parazitoidoch, ale ešte výraznejšie aj pri floeo- a xylofágnych chrobákoch. Z hľadiska podobnosti dominancie chrobákov v jednotlivých vzorkách sa zistili výrazné rozdiely nielen medzi oboma druhmi dubov (čo by súviselo podľa očakávania s rozdielnymi nárokmi jednotlivých druhov chrobákov pri výbere hostiteľskej dreviny), ale aj v rámci tej istej dreviny medzi rôznymi porastami/lokalitami (napr. medzi porastami 223, 57 a porastami 640, 56 pri dube žltkastom alebo medzi porastom 223, porastom 56 a porastami 640, 56 pri dube cerovom – obr. 1A), čo by poukazovalo na priestorové rozdiely v druhovom zložení a zastúpení jednotlivých druhov floeo- a xylofágnych chrobákov v ťažbových zvyškoch z tej istej dreviny.

Na druhej strane sa však v niektorých prípadoch zistila aj výrazná podobnosť dominancie chrobákov v ťažbových zvyškoch pochádzajúcich z rôznych drevín (napr. pri dube žltkastom a cerovom v poraste 223 alebo pri dube žltkastom v poraste 640 a dube cerovom v poraste 57 – obr. 1A). Pri parazitoidoch sa takisto zistili výrazné rozdiely v podobnosti dominancie medzi rozdielnymi porastami/lokalitami v rámci tej istej dreviny (napr. medzi porastom 223 a ostatnými porastami pri dube žltkastom alebo medzi porastom 57 a ostatnými porastami pri dube cerovom – obr. 1B), avšak celkovo boli tieto rozdiely v porovnaní s chrobákmi výrazne nižšie. Navyše sa ukázalo, že spoločenstvá parazitoidov viazaných na floeo- a xylofágne chrobáky v ťažbových zvyškoch sú výrazne separované s ohľadom na druh duba (obr. 1B), čo v prípade spoločenstiev chrobákov neplatí (obr. 1A).



Obr. 1 Podobnosť dominancie floeo- a xylofágnych chrobákov (A) a parazitoidov (B) v jednotlivých vzorkách z ťažbových zvyškov (porast/drevina) analyzovaná na základe zhlukovej analýzy (Wardova metóda s využitím euklidovských vzdialeností)

Abb. 1 Ähnlichkeit der Dominanz von floeo- und xylophagen Käfern (A) und Parasitoiden (B) in einzelnen Proben aus dem Nützresten (Bestand/Baumart) analysiert auf Grund der Anhäufungsanalyse (Wardmethode mit Ausnutzung von Euklidentfernungen)

5. SÚHRN

V 96-tich vzorkách ťažbového odpadu z duba žltkastého (*Quercus dalechampii*) a z duba cerového (*Q. cerris*) zo štyroch porastov v okolí Trenčína a Bánoviec nad Bebravou, ktoré boli umiestnené vo fotoeklektoroch v laboratóriu, sa spolu získalo 12 druhov floeo- a xylofágnych chrobákov v celkovej početnosti 4216 jedincov (zo vzoriek duba žltkastého 3431 jedincov – 81,4 %, zo vzoriek z duba cerového 785 jedincov – 18,6 %). Najpočetnejším druhom bol podkôrnik dubový (*Scolytus intricatus*) s až 90,6 % zastúpením v rámci všetkých získaných druhov chrobákov. Prirodzených hmyzích nepriateľov predmetnej skupiny chrobákov tvorili najmä parazitoidy, ktorých sa získalo 22 druhov. Prevládali najmä chalcidky (9 druhov), z ktorých najzastúpenejšia bola *Entedon leucogramma* (Chalcidoidea) so zastúpením až 34,3 %, ktorá je zároveň najhojnejším prirodzeným hmyzím nepriateľom podkôrnika dubového. Z 10 druhov lumčikov (Braconidae) mal najvyššie zastúpenie *Dendrosoter protuberans* (10,2 %). Lumky (Ichneumonidae) mali zastúpenie len 0,5 %. Získané výsledky jednoznačne potvrdili, že podkôrnik dubový (*Scolytus intricatus* Ratz.) je najpočetnejším druhom v ťažbových zvyškoch skúmaných druhov dubov.

Pod'akovanie

Chceme poďakovať grantovej agentúre VEGA za finančnú podporu grantových projektov č. 1/4397/07 (Disturbančné procesy pôsobiace na ekologickú stabilitu lesných ekosystémov a krajiny) a č. 2/5152/26 (Lesné živočíchy v meniacom sa prostredí: dopad globálnych a lokálnych antropických vplyvov) v rámci ktorých sa uvedený výskum realizoval. Za identifikáciu dubov ďakujeme Ing. J. Požgajovi, CSc. Ďalej chceme poďakovať pracovníkom lesných správ Dubodiel a Kšinná za pomoc a ochotu pri vyhľadaní porastov pre tento výskum.

6. Literatúra

- ČAPEK, M., CHARVÁT, K., PATOČKA, J., 1957: Poznámky k faune korún duba plstnatého v Štátnej prírodnej rezervácii Kováčovské kopce pri Štúrove na južnom Slovensku. Ochrana prírody, 12, (5), s. 144–145.
- ČAPEK, M. et al., 1985: Hromadné hynutie dubov na Slovensku. Bratislava, Príroda, 112 s.
- ČAPEK, M., 1986: Lumčíkovité (Hymenoptera: Braconidae) ako parazitoidy podkôrnych a drevokazných škodcov duba – vektorov tracheomykóz. Biológia (Bratislava) 41, s. 535–542.
- ČAPEK, M., FINDO, S., BRUTOVSKÝ, D., 1987: Možnosti biologickej ochrany proti vektorom hromadného hynutia dubov. In: ČAPEK, M. et al. (ed.): Vedecké práce VÚLH 36. Bratislava: Príroda, 1987, s. 169–182.
- 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.
- DOGANLAR, M., REINHARD, S., BOMBOSCH, S., 1984: Zum Vorkommen potentieller Vektoren der Eichenwelke in Süd – Niedersachsen (Mitteleuropa). Entomol. Gener., 10, s. 35–46.
- EISENHAEUER, D. R., 1990: Vývoj ekologickej stability dubín v oblasti dilúvia NDR v dôsledku pôsobenia komplexu patogénnych činiteľov. Autoreferát KDP. VŠLD, Zvolen.

- GALKO, J., 2004: Sledovanie frekvencie výskytu podkôrnika dubového na ťažbových zvyškoch v dubových porastoch na LS Dubodiel. Diplomová práca, Zvolen: TU, 45 s.
- GIBBS, J. N., 1981: European Forestry and *Ceratocystis* Species. EPPO Bull., 11, s. 193–197.
- GIBBS, J. N., LIESE, W., PINON, J., 1984: Oak wilt for Europe. Outlook Agric. 13, s. 203–207.
- GOGOLA, E., CHOVANEC, D., 1987: Podkôrník dubový a tracheomykóza dubov. Bratislava: Videopress MON, s. 9–20.
- HABERMANN, M., SCHOPF, R., 1987: Untersuchungen zu Laborzucht, Jungkäferschupf und Adultfrass von *Scolytus intricatus* (Ratz.) (Col., Scolytidae). J. Appl. Entomol., 106, s. 519–528.
- HABERMANN, M., SCHOPF, R., 1988: Freilanduntersuchungen zu Flugaktivität, Adultfrass und Bruterfolg von *Scolytus intricatus* (Ratz.) (Col., Scolytidae). J. Appl. Entomol., 106, s. 252–261.
- 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.
- HEŠKO, J., 1987: Príznaky a priebeh hromadného hynutia dubov so zreteľom na patogény a vektory. In: ČAPEK, M. et al. (ed.): Vedecké práce VÚLH 36. Bratislava: Príroda, 1987, s. 35–56.
- HLAVÁČ, P., PAVLÍK, Š., 2000: Podiel podkôrnika dubového (*Scolytus intricatus* Ratz.) na prenose tracheomykózných húb. In: VARÍNSKY, J. (ed.): Aktuálne problémy v ochrane lesa 2000. Zborník referátov z celoslovenského seminára. Zvolen: Lesnícky výskumný ústav, s. 123–125.
- MARKOVIČ, Č., STOJANOVIĆ, A., 2001: Significance of parasitoids in the reduktion of oak bark beetle *Scolytus intricatus* Ratzeburg (Col., Scolytidae) in Serbia. J. Appl. Ent., 127, s. 23–28.
- PATOČKA, J., 1985: K bionómii a lesníckemu významu podkôrnika dubového. Zprávy lesnického výskumu, 30, (3), s. 17–21.
- PATOČKA, J., NOVOTNÝ, J., 1987: Účasť hmyzu na hromadnom hynutí dubov na Slovensku. In: ČAPEK, M. et al. (ed.): Vedecké práce VÚLH 36. Bratislava: Príroda, s. 59–90.
- PATOČKA, J., KRISTÍN, A., KULFAN, J., ZACH, P., 1999: Die Eichenschädlinge und ihre Feinde. In: Zvolen, Ústav ekológie lesa slovenskej akadémie vied, 396 s.
- PAVLÍK, Š., 2003: Parazitácia zimujúcich lariev podkôrnika dubového (*Scolytus intricatus* Ratz.) parazitoidmi. In: Acta Facultatis Forestalis XLV, Zvolen: Vyd. TU, s. 227–236.
- PŘÍHODA, A., 1990: Hmyz přenášející tracheomykózy dřevin. In: Souhrny referátů přednesených na prvních dnech experimentální a užité entomologie. Liblice, Zprávy Českosl. spol. ent., 26, s. 95–104.
- SCHOPF, A., 1992: Rinden- und holzbrütende Schädlinge an erkrankten Eichen in Österreich. Österreichische Forstzeitung, 1, s. 33–35.
- TKÁČIKOVÁ, G., 1998: Význam ťažbových zvyškov ako prostredia pre vývin podkôrných a drevokazných škodcov z radu Coleoptera na dube. Projekt dizertačnej práce, Zvolen: TU, 25 s.
- YATES, M. G., 1984: The biology of the oak bark beetle, *Scolytus intricatus* (Ratzeburg) (Coleoptera: Scolytidae) in southern England. Bull. Ent. Res., 74, s. 569–579.
- ZACH, P., 1991: Anwendung von Photoelektoren beim Studium der kambio- und xylophagen Coleopteren. Use of photo-elektors in studies of cambio- and xylophagous beetles. Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz, 64, s. 34–37.
- ZACH, P., 1994: Floeo- a xylofágne chrobáky (Coleoptera) v dubových lapákoch na lesostepnom stanovišti. Lesnícky časopis, Forestry J., 40, s. 249–257.
- ZACH, P., 1995: K abundancii a priestorovému rozmiestneniu xylofágnych chrobákov (Coleoptera) na duboch. Entomofauna Carpathica, 7, s. 145–150.

Adresa autorov:

Ing. Juraj Galko

Katedra ochrany lesa a poľovníctva

Lesnícka fakulta

Technická univerzita vo Zvolene

T. G. Masaryka 20

960 53 Zvolen

e-mail: galko@vslid.tuzvo.sk

Ing. Štefan Pavlík, PhD.

Katedra ochrany lesa a poľovníctva

Lesnícka fakulta

Technická univerzita vo Zvolene

T. G. Masaryka 20

960 53 Zvolen

e-mail: spavlik@pobox.sk

Ing. Peter Zach, PhD.

Ústav ekológie lesa SAV

L. Štúra 2

960 53 Zvolen

e-mail: zach@sav.savzv.sk

Floeo- und xylophagen Käfern (Coleptera) im Eichennützresten und ihre natürliche Insektenfeinde

Zusammenfassung

Ziel dieses Beitrages ist die Feststellung und Vergleich von floeo- und xylophagen Käferarten und ihrer natürlichen Insektenfeinden im Nützresten aus dem Eichen. Im 96 Nützrestenproben aus *Quercus dalechampii* und *Q. cerris*, aus vier Beständen in der Umgebung von Trenčin und Banovce nad Bebravou, die im Fotoelekktoren in einem Laboratorium untergebracht waren, haben wir zusammen 12 Arten von floeo- und xylophagen Käfern im gesamter Häufigkeit von 4216 Individuen erworben (aus dem Proben von *Q. dalechampii* 3431 Individuen – 81,4 % und aus dem Proben von *Q. cerris* 785 Individuen – 18,6 %). Die häufigste Art war der Eichensplintkäfer (*Scolytus intricatus*), mit bis 90,6 % Vertretung aus allen beobachteten Käferarten. Insekten-naturfeinden von gegendständlichen Gruppen von Käfern bildeten besonders Parasitoiden, deren haben wir 22 Arten bekommen. Überwogen haben besonders die Zehrwespen (9 Arten), aus denen die häufigste war *Entedon leucogramma* (Chalcidoidea) mit der Vertretung von 34,3 %, die zugleich auch der zahlreichste Insektenfeind von dem Eichensplintkäfer ist. Aus 10 Arten Braconidae war am zahlreichsten der *Dendrosoter protuberans* (10,2 %). Ichneumonidae waren nur mit 0,5 % vertreten. Erworbenene Ergebnisse haben eindeutig bestätigt, dass der Eichensplintkäfer die zahlreichste Art im Eichennützresten von beobachteten Eichenarten ist.

VPLYV PODKÔRNEHO HMYZU NA VÝVOJ A ŠTRUKTÚRU PRÍRODNÝCH VRCHOLOVÝCH HORSKÝCH SMREČÍN NA POĽANE

Milan K O D R Í K

Kodrík, M.: Vplyv podkôrneho hmyzu na vývoj a štruktúru prírodných vrcholových horských smrečín na Poľana. Acta Facultatis Forestalis, Zvolen, **XLIX**, 2007, č. 1, s. 43–51.

Výskum početnosti a štruktúry kambiofágneho a xylofágneho hmyzu smreka na modelovom území Poľany. Výsledky boli porovnávané so zistenou štruktúrou publikovanou v 70-tich rokoch minulého storočia. Bolo zistených 21 druhov kambioxylofágov smreka. Konštatuje sa zmena štruktúry podkôrneho hmyzu. *Pityophthorus exculptus* Ratz., ktorý je typický pre pahorkatiny, sa objavil aj v horskej smrečine Poľany v skupinách lesných typov *Sorbetto-Piceetum* a *Acereto-Piceetum*. Podobne dochádza k zmene pri výskyte druhov, ktoré vo väčšej miere osídľujú spodné konáre smreka odumierajúcich jedincov, z ktorých niektoré ako *Xylechinus pilosus* Ratz. sa vyskytol aj na živých smrekoch. Bola zaznamenaná veľmi hojná frekvencia výskytu druhu *Pityophthorus pityographus* Ratz., často na úkor podkôrnika *Pityogenes chalcographus* L. V horských smrečínach Poľany sa nepotvrdil očakávaný väčší výskyt druhu *Ips amitinus* Eichh. a ani *Pityogenes chalcographus* L. Zvýšenú frekvenciu výskytu zaznamenal *Pityophthorus pityographus* Ratz. a *Xylechinus pilosus* Ratz., podobne aj *Hylurgops palliatus* Gyll., ktorý prejavil väčšiu agresivitu než v minulosti.

Potvrdilo sa, že meniace sa ekologické podmienky významnou mierou vplývajú tak na kvalitatívnu ako aj na kvantitatívnu pestrosť ipidofauny a tým aj významnosť niektorých druhov.

Kľúčové slová: BR Poľana, podkôrny hmyz, globálne zmeny klímy

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Prírodné horské smrečiny Poľany predstavujú fragmenty hospodársky neovplyvnených, resp. málo ovplyvňovaných pôvodných vysokohorských lesov. Dôležitou súčasťou zoocenózy týchto lesov, ktorá sa výrazne podieľa na vývoji a štruktúre smrečín je podkôrny hmyz. Smrek je v strednej Európe hostiteľskou drevinou pomerne veľkého počtu druhov podkôrníkov, ktorí podľa jednotlivých autorov značne kolíšu. BALACHOWSKY (1949) uvádza pre strednú Európu 35 druhov, KARPÍŇSKI, STRAWIŇSKI (1948) na území Poľska 44 druhov, výhradne na smreku 26 druhov. PFEFFER (1932, 1950, 1955) 27 druhov, ale pre horské oblasti len 17 druhov viazaných na smrek. STOLINA (1969) uvádza 25 druhov, ktoré sa podieľajú na formovaní štruktúry prírodných lesov a zatrieduje ich podľa skupín lesných typov (ZLATNÍK 1955, 1959).

Pre vývoj štruktúry smrekových porastov sú významné tie druhy podkôrníkov, ktoré napádajú živé stojace stromy. Ostatné druhy, ktoré nalietať na smrek už pred tým obsadené podkôrníkmi, na chradnúce alebo už suché, sú považované za druhy indiferentné. Aj keď tieto hranice je pomerne ťažké zistiť, je možné ich na základe skutočného náletu vymedziť. Potrebne je hodnotiť ich agresivitu vzhľadom na porastotvorné činitele. Tu niektoré druhy podkôrníkov po preriedení porastov vetrom, námrazou môžu zmeniť svoju významnosť a tak aj z indiferentných druhov sa môžu stať druhy významné pre vývoj štruktúry smrekových porastov.

Meniace sa ekologické podmienky významnou mierou vplyvajú tak na kvalitatívnu ako aj na kvantitatívnu pestrosť ipidofauny a tým aj významnosť určitých druhov. V minulosti ako významné druhy pôsobiace na štruktúru porastov popísal KOMÁREK (1924 in STOLINA 1969), ďalej PFEFFER (1932, 1950), SCHIMITSCHEK (1953) a posledne STOLINA (1969). Stolina pri posudzovaní vplyvu podkôrníkov na štruktúru lesných porastov už upozornil aj na určité odchýlky, hlavne pri posudzovaní druhov *Ips typographus* L. a *Pityogenes chalcographus* L. Posudzuje ich ako veľmi citlivé na zmenu charakteru zápoja porastov. Za určitých podmienok môžu v horských smrečinách vyvolať deštruktívnu činnosť (STOLINA 1969). Ďalej upozorňuje aj na prelet podkôrníkov z nižších polôh do vyšších. Na základe týchto skutočností je potrebné hodnotiť aj súčasný stav podkôrníkov, pretože od posledných výskumov a záverov zo 60-tich a 70-tich rokov minulého storočia v ekologicky meniacich sa podmienkach sa výrazne uplatňujú klimatické činitele. Z novších výskumov sú známe práce ZUMRA (1984), KNÍŽKA (2001), KULU a ZĄBECKÉHO (1997, 2002), ktorí podávajú prehľad kambioxylofágnej fauny smreka v gradačných oblastiach lykožrúta smrekového, v českých a poľských Beskydách. Ďalej sú to práce JAKUŠA (1995) o ipidofaune na Poľane, ZELENEHO a DOLEŽALA (2004) o podkôrníkoch na Šumave a podobne aj ZAHRADNÍKA (1999). Informáciu zo západnej časti poľských Beskyd uvádza GRODZKI (2004). Výskumu podmienok aktivizácie agresívnych druhov podkôrníkov v smrekových lesoch NPR Zadná Poľana sa venuje PAVLÍK a kol. (2004, 2005, 2006). Okrem spomínaných prác možno konštatovať, že ďalšie informácie o ipidofaune z oblasti horských smrečín na Poľane, ako aj z Vysokých Tatier z lokalít nad 1200 m n. m. absentujú.

Z toho dôvodu sme sa pokúsili vo vrcholovej smrečine zadnej Poľany, v smrekovom vegetačnom stupni v skupine lesných typov *Sorbeto-Piceetum* a *Acereto-Piceetum* zistiť druhovú prítomnosť jednotlivých podkôrníkov a ich vplyv na formovanie štruktúry týchto smrečín.

MATERIÁL A METÓDA

V skupine lesných typov *Sorbeto-Piceetum* sa popri dominantnom smreku obyčajnom (*Picea abietis* L.) uplatňuje jarabina vtáčia (*Sorbus aucuparia* L.). Na Poľane sú v prevahe hrebeňové a podhrebeňové plochy s východnou, juhovýchodnou a južnou expozíciou. Smrečiny pokrývajú svahy od nadmorskej výšky 1250 m n. m. až po najvyššie

vrcholy 1458 m n. m. Spoločenstvá skupiny lesných typov *Acereto-Piceetum* prevládajú na juhovýchodných expozíciách v nadmorských výškach 1250–1410 m n. m. V týchto smrečinách sa sporadicky vyskytuje aj *Acer pseudoplatanus* L., ktorý však len zriedka dosahuje hlavnú úroveň porastu. Za účelom výskumu sme vytvorili transekty tak, aby boli zachytené aj smreký rastúce na okraji porastov. Podrobne bolo vyhodnotených 21 smrekov, z toho 16 vývrátov a zlomov z r. 2003, 2004 a 2005 a 5 stojacich chradnúcich stromov. Pozorovali a vyhodnocovali sme jarňý a letný nálet v druhej polovici leta, kedy dochádzalo aj k oneskorenému náletu druhu *Ips typographus* L. a *Ips amitinus* Eichh. Posudzovali sme požerky a ich hustotu. Vyhodnocovali sme aj počet odchytených imág. Pre kvantifikáciu druhov a ich početnosť sme zvolili metodiku podľa STOLINA (1969), ako aj zatriedenie podkôrníkov a ich kombináciu v určitých hrúbkových stupňoch na kmeni, vrcholcoch a vetvách.

Hodnoty merania: stromy s $d_{1,3}$ viac ako 25 cm, 15–25 cm a menej ako 15 cm. Osobitne sme vyhodnocovali jarňý a letný nálet v rokoch 2003 až 2006. Početnosť sme posudzovali nasledovne: zriedkavý výskyt (●), slabý výskyt s frekvenciou do 5 % ●, stredný výskyt s frekvenciou 6–15 % ●● a veľký výskyt s frekvenciou nad 15 % ●●●.

Pri určovaní ipidofany sme použili Kľúč požerkov podkôrníkov (PFEFFER 1955) a Atlas najvýznamnejších biotických škodcov na Slovensku (NOVOTNÝ et al. 2000). Dopĺňujúce informácie z modelového územia sú uvedené v nasledujúcich prácach: JALOVIAK (1998, 1999), KONTRIŠ a kol. (1997 a, b, c), KOVÁČOVÁ a kol. (1997), KRIŽOVÁ a kol. (1997), SCHIEBER a kol. (1997), SLÁVIKOVÁ (1997).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Zoznam zistených druhov podkôrníkov a xylofágov v prírodných horských lesoch Poľany v skupine lesných typov *Sorbeto-Piceetum* a *Acereto-Piceetum* je uvedený v Tabuľke 1.

Podľa Tabuľky 2 je možné výskyt podkôrníkov rozdeliť do troch skupín. V prvej skupine je ipidofauna, ktorá sa v predošlých rokoch, najmä pri vyhodnotení v 60. a 70. rokoch minulého storočia nevyskytla. V druhej skupine sú druhy, ktoré sa v určitých hrúbkových dimenziách vyskytli vo väčšom množstve so zvýšenou agresivitou. Tretiu skupinu tvoria tie druhy, ktorých výskyt ostal na predošlej úrovni alebo sa mierne znížil.

Do prvej skupiny je potrebné zaradiť podkôrníka *Pityophthorus exculptus* Rtzb., ktorý sa v minulosti v horských lesoch nevyskytoval. Podľa literárnych zdrojov (PFEFFER 1932, Stolina 1969) bola jeho prítomnosť zaznamenaná v nižších nadmorských výškach – v pahorkatinách do 800 m n. m. Tento druh sa vyskytoval pod kôrou živých stromov na uschýnajúcich spodných vetvách s $d_{1,3}$ 15–25 cm zvlášť na okrajoch porastov. PFEFFER (1932, 1955) ho zaradil medzi vzácné, ale v r. 1993 sa o ňom zmieňuje ako o trvalom členovi smrekových biocenóz, ktorý osídľuje prirodzene odumierajúce spodné vetvy, s výskytom aj v korunách zdravých stromov. Naše pozorovania ukázali, že tento druh prišiel z nižších

nadmorských výšok a vyskytuje sa na Poľane spolu s podkôrníkom *Phthorophloeus spinulosus* Rey. Do tejto skupiny je potrebné zaradiť aj druh *Pityogenes chalcographus* L. aj keď len so zriedkavou frekvenciou na kmeňoch hrúbky s $d_{1,3}$ 15–25 cm, s častejším výskytom na konároch. Častejšie sa vyskytuje na miestach kde došlo k rozpojeniu zápoja porastu, resp. na okrajoch porastov. Z hľadiska frekvencie výskytu je menej významný.

Tab. 1 Prehľad zisteného podkôrneho a xylofágneho hmyzu s použitými skratkami a ich významnosťou
Tab. 1 Survey of investigated bark and xylofagous beetles with their used abbreviations and significance

Názov	Skratka	Významnosť
<i>Cryphalus abietis</i>	C. ab	menšia
<i>Cryphalus saltuarius</i>	C. sa	veľká
<i>Crypturgus cinnereus</i> var. <i>suberibrosus</i>	C. ci	menšia
<i>Crypturgus hispidulus</i>	C. hi	menšia
<i>Crypturgus pusillus</i>	C. pu	menšia
<i>Dendroctonus micans</i>	D. mi	veľká
<i>Dryocoetes autographus</i>	D. au	menšia
<i>Dryocoetes hectographus</i>	D. he	veľká
<i>Hylurgops glabratus</i>	H. gl	veľká
<i>Hylurgops palliatus</i>	H. pa	veľká
<i>Ips amitinus</i>	I. am	menšia
<i>Ips typographus</i>	I. ty	menšia
<i>Orthotomicus laricis</i>	O. la	menšia
<i>Phthorophloeus spinulosus</i>	P. sp	veľká
<i>Pityogenes chalcographus</i>	P. ch	menšia
<i>Pityophthorus exculptus</i>	P. ex	menšia
<i>Pityophthorus pityographus</i>	P. pi	veľká
<i>Polygraphus poligraphus</i>	P. po	veľká
<i>Polygraphus subopacus</i>	P. su	veľká
<i>Xylechinus pilosus</i>	X. pi	veľká
<i>Xyloterus lineatus</i>	X. li	veľká

Do druhej skupiny je možné zaradiť nasledujúce podkôrníky: *Pityophthorus pityographus* Ratz., *Cryphalus saltuarius* Weise, *Xylechinus pilosus* Ratz., *Hylurgops palliatus* Gyll., *Dryocoetes hectographus* Reitt. a najmä *Phthorophloeus spinulosus* Rey. Najväčší výskyt ako aj nárast frekvencie bol zaznamenaný pri podkôrníkovi *Pityophthorus pityographus* Ratz., ktorý sa vyskytoval hojne na vrcholoch starších smrekov s najväčšou frekvenciou výskytu na vetvách až po hornú hranicu lesa. Jeho veľký výskyt sme zaznamenali

na smrekoch postihnutých suchom, podpňovkou a na menej vitálnych stromoch. Podľa frekvencie výskytu ho možno zaradiť medzi druhy so značnou ekologickou amplitúdou, ktoré významne ovplyvňujú rozvoj a štruktúru smrekových horských porastov.

Tab 2 Kombinácia druhov podkôrníkov v nálete na smrekové porasty Poľany

Tab 2 Bark beetle attack combination on spruce forests of Poľana

Priemer		nad 25 cm	15–25 cm	do 15 cm
Kmeň – časť	dolná	D. he ●●●	D. he ●●●	P. po ●●
		H. gl ●●●	H. pa ●●●	P. su ●●
		P. po ●●●	P. po ●●●	X. pi ●●
		X. li ●●	O. la ●●	D. he ●
		C. hi ●	X. li ●●	H. pa ●
		C. ci ●	X. pi ●●	O. la ●
		I. ty ●	C. ci ●	P. ch ●
		O. la ●	C. hi ●	T. li ●
		C. pu (●)	H. gl ●	D. au (●)
		D. au (●)	I. ty ●	
			P. ex ●	
			P. su ●	
			C. pu (●)	
			I. am (●)	
	horná	D. mi ●●	I. am ●●	P. pi ●●●
		I. am ●●	P. po ●●	P. su ●●●
		P. po ●●	P. su ●●	P. ch ●
		I. ty ●	X. pi ●●	X. pi ●
			P. ch (●)	
Vrcholec		D. mi ●●	P. pi ●●	P. pi ●●
		P. pi ●●	P. su ●	P. su ●●
		I. am ●	X. pi ●	P. ch ●
				X. pi ●
Konáre		P. pi ●●●	P. pi ●●●	P. pi ●●●
		C. sa ●●	C. sa ●●	P. sp ●●
		P. sp ●●	P. sp ●●	P. ch (●)
		C. ab (●)	P. ex ●	

Legenda:

zriedkavý výskyt (●), slabý výskyt s frekvenciou do 5 % ●, stredný výskyt s frekvenciou 6–15 % ●●, veľký výskyt s frekvenciou nad 15 % ●●●.

Výskum početnosti druhu *Xylechinus pilosus* Ratz. v porovnaní s rokom 1969 poukázal na jeho jednoznačný vzostup, pretože frontálny nárast jeho početnosti sme zaznamenali v celej horskej oblasti Poľany. Zistili sme, že obsadzuje potlačené smrek, kde svojou prítomnosťou sa výraznou mierou podieľa na odumieraní najstarších stromov. STOLINA (1969) a PFEFFER (1932) ho zaradili ako indiferentný druh. Súčasné výskumy dokázali, že nalieta na stromy síce potlačené, ale ešte živé. Jeho agresivita je jednoznačne väčšia ako v minulosti. Z toho dôvodu je potrebné zaradiť ho medzi druhy, ktoré sa významne podieľajú na formovaní štruktúry horských smrečín Poľany.

Významným druhom tejto skupiny je aj *Polygraphus poligraphus* L., ktorý nalieta na kmene ustupujúcich stromov, obyčajne niekoľko rokov po sebe. Jeho výskyt sme zaznamenali najmä na smrekoch stredných hrúbok s $d_{1,3}$ 18–22 cm v zatienených porastoch a to od bázy kmeňa až po vrchlec, kde napádal aj zdravé smrek. Možno súhlasiť s tvrdením STOLINU (1982), že je prvým signálom prechodnej fázy nastupujúcej k štádiu rozpadu. *Polygraphus subopacus* Thom. pri hornej hranici lesa miestami nahradzuje predošlý druh, ale nie vo väčšom množstve. Medzi druhy so zvýšenou frekvenciou výskytu patrí aj *Hylurgops palliatus* Gyll., ktorý obsadzoval len konáre. Nikdy nenapádal zdravé smrek a to ani pri premnožení (PFEFFER 1993). Tieto údaje sa potvrdili aj na Poľane. Pri hodnotení hojnosti výskytu väčšiu agresivitu zaznamenal aj *Dryocoetes hectographus* Reitt., ktorý je z hľadiska vplyvu na štruktúru smrečín indiferentný, je podkôrnikom s vysokou frekvenciou výskytu.

Sem možno zaradiť aj podkôrnika *Cryphalus saltuarius* Weise s výskytom na konároch a vrcholcoch smreka, najmä pri hornej hranici lesa. Potvrdil sa názor PFEFFERA (1993), že nenapáda zdravé, ale len odumierajúce stromy, najčastejšie v miestach prasklin na vrcholcoch a kmeni smreka.

Do tretej skupiny je možné zaradiť nasledovné druhy: *Ips typhographus* L., *Ips amitinus* Eichh., *Polygraphus poligraphus* L., *Polygraphus subopacus* Thom., *Dendroctonus micans* Kug., *Cryphalus abietis* Ratz., *Xyloterus lineatus* Ol., *Hylurgops glabratus* Zett., *Orthotomicus laricis* Fab., *Dryocoetes autographus* Ratz., *Crypturgus cinnereus* var. *suberibrosus* Herb., *Crypturgus pusillus* Gyll.

Podkôrniky tejto skupiny okrem druhov *Xyloterus lineatus* Ol., *Ips amitinus* Eichh. a *Dendroctonus micans* Kug. sa vyskytujú na potlačených smrekoch, ktoré postupne s pribúdajúcim vekom prirodzene odumierajú. Pretože majú nepatrnú osciláciu (len jednu generáciu v roku), vytvárajú charakteristické dielčie spoločenstvo (merocenózu), ktorá nemá autoreguláciu PFEFFER (1993). Významnými indiferentnými druhmi ostávajú *Hylurgops glabratus* Zett. a *Dryocoetes autographus* Ratz. Osobitne je potrebné hodnotiť lykožrútov *Ips typhographus* L. a *Ips amitinus* Eichh. Vo zvýšenom množstve sa vyskytujú na južných vývratkách, resp. námrazových polomoch. Svojou činnosťou v menšej miere prispievajú k postupnej deštrukcii okolitých stromov. K nim často pristupuje aj *Pityogenes chalcographus* L., *Pityophthorus pityographus* Ratz. Frekvencia výskytu *Ips*

amitinus Eichh. tu nikdy nepresiahla 30 % celkového napadnutia. V staticky stabilnom spoločenstve *Ips typhographus* L. a *Ips amitinus* Eichh. nikde nespôsobili vážnejšie ohrozenie zdravých smrekov.

ZÁVER

Zistené skutočnosti potvrdzujú, že vplyvom meniacich sa ekologických podmienok dochádza k určitej zmene synúzie kambioxylofágov smreka. V modelovom území Poľany bolo zistených 21 druhov kambioxylofágov smreka (Tab. 1). Nadmerné sucho a vysoké teploty v lete 2005 a 2006 spôsobili, že druh *Pityophthorus exculptus* Ratz., ktorý je typický pre pahorkatiny, sa objavil aj v horskej smrečine Poľany v skupinách lesných typov *Sorbeto-Piceetum* a *Acereto-Piceetum*. Jeho výskyt bol zaznamenaný rozptýlene na južných expozíciách. Podobne dochádza k zmene pri výskyte druhov, ktoré vo väčšej miere osídľujú spodné konáre smreka odumierajúcich jedincov, z ktorých niektoré ako *Xylechinus pilosus* Ratz. sa vyskytol aj na živých smrekoch. Veľmi hojná frekvencia výskytu bola zaznamenaná u druhu *Pityophthorus pityographus* Ratz., často na úkor druhu *Pityogenes chalcographus* L. V horských smrečinách Poľany sa nepotvrdil očakávaný väčší výskyt druhu *Ips amitinus* Eichh. a ani *Pityogenes chalcographus* L.

Zvýšenú frekvenciu výskytu zaznamenal *Pityophthorus pityographus* Ratz. a *Xylechinus pilosus* Ratz., podobne aj *Hylurgops palliatus* Gyll., ktorý prejavil väčšiu agresivitu než v minulosti.

PodĎakovanie

Príspevok vznikol s finančnou podporou VEGA v rámci grantového projektu „Disturbančné procesy pôsobiace na ekologickú stabilitu lesných ekosystémov a krajiny“ č. 1/4397/07.

Literatúra

- BALACHOWSKY, A., 1949: Faune de France. Coléoptères Scolytides. Paris.
- FERIANC, O. (Ed.), 1975: Slovenské mená hmyzu. Veda, Bratislava, 308 s.
- GRODZKI, W., 2004: Zagrożenie górskich drzewostanów świekowych w zachodniej cześci Beskidów ze strony szkodników owadzych. Leśne prace badawcze, 2, s. 35–47.
- JAKUŠ, R., 1995: Bark beetle (Col., Scolytidae) communities and host and site factors on tree level in Norway spruce primeval natural forest. Journal of applied entomology (Germany), 119, č. 10, s. 643–651.
- JALOVÍAR, P., 1998: Produkcia jemných koreňov smreka v prírodných smrekových lesoch NPR Babia hora a BR Poľana. In: Saniga, M. (Ed.): Stav, vývoj, produkčné schopnosti a využívanie lesov v oblasti Babej hory a Pilska, Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene, p. 55–59.
- JALOVÍAR, P., 1999: Produkcia jemných koreňov v rôznych typoch smrekových porastov. In: Bioklimatologické pracovné dni 1999, Zvolen, 7.–9. 9. 1999, TU vo Zvolene, p. 94–97.
- KARPIŃSKI, J., 1948: Korniki ziem Polskich. Les bostryches de la Pologne. Lublin.
- KNIŽEK, M., 2001: Progradation of “small spruce bark beetles”. J. For. Sci., 47, Special Issue No. 2, s. 113–11.

- KONTRIŠ, J., KOVÁČOVÁ, M., SCHIEBER, B., KONTRIŠOVÁ, O., 1997a: Produkcia biomasy bylinnej synúzie horských smrečín Prednej Poľany. In: Midriak, R. (Ed.): Biosférické rezervácie na Slovensku, Technická univerzita vo Zvolene, FEaE, p. 119–121.
- KONTRIŠ, J., KONTRIŠOVÁ, O., KOVÁČOVÁ, M., SCHIEBER, B., 1997b: Geobotanická charakteristika smrekových lesov Prednej Poľany. In: Midriak, R. (Ed.): Biosférické rezervácie na Slovensku, Technická univerzita vo Zvolene, FEaE, p. 123–128.
- KONTRIŠ, J., KONTRIŠOVÁ, O., KOVÁČOVÁ, M., SCHIEBER, B., 1997c: Geobotanická charakteristika vysokobylinných smrečín Poľany. In: Midriak, R. (Ed.): Racionálne využívanie a obhospodarovanie chránenej krajiny – biosférickej rezervácie Poľana, Technická univerzita vo Zvolene, FEaE, p. 141–143.
- KOVÁČOVÁ, M., KONTRIŠ, J., KONTRIŠOVÁ, O., SCHIEBER, B., 1997: Produkčno-ekologická analýza bylinnej synúzie syntaxónov horských smrečín Prednej Poľany. In: Midriak, R. (Ed.): Racionálne využívanie a obhospodarovanie chránenej krajiny – biosférickej rezervácie Poľana, Technická univerzita vo Zvolene, FEaE, p. 145–149.
- KRIŽOVÁ, E., UHÁZY, K., NIČ, J., 1997: Floristický a fytoecologický výskum vybraných ekosystémov BR Poľana. In: Midriak, R. (Ed.): Racionálne využívanie a obhospodarovanie chránenej krajiny – biosférickej rezervácie Poľana, Technická univerzita vo Zvolene, FEaE, p. 163–168.
- KULA, E., ZĄBECKI, W., 1997: Vliv sociálního postavení stromu na faunu kambioxylofágu smrku. *Lesnictví – Forestry*, 43, č. 6, s. 269–278.
- KULA, E., ZĄBECKI, W., 2002: Synuze kambioxylofágu smrku v závislosti na stupni odumření lýka. *Beskydy*, 15, s. 113–118.
- NOVOTNÝ, J., ZÚBRÍK, M. et al. (Eds.), 2004: Biotický škodcovia lesov Slovenska. *Polnochem*, 206 s.
- PAVLÍK, Š., 2004: Podmienky aktivizácie agresívnych druhov podkôrníkovitých v smrekových lesoch NPR Zadná Poľana (Biosférická rezervácia Poľana). In: Sláviková, D., Pavlík, M. (Eds.): Trvalo udržateľné využívanie lesa v podmienkach prírodnej rezervácie, TU vo Zvolene, s. 114–119.
- PAVLÍK, Š., PAVLÍK, M., BÚTORA, L., 2005: Štádium rozpadu v prírodnom smrekovom lese v Národnej prírodnej rezervácii Zadná Poľana: procesy a zákonitosti. In: Sláviková, D. (Ed.): Biosférická rezervácia Poľana po pätnástich rokoch, ŠOP SR – S CHKO BR Poľana – TU vo Zvolene, s. 182–189.
- PAVLÍK, Š., 2006: Potenciálne možnosti premnoženia lykožrúta smrekového (*Ips typographus*) v NPR Zadná Poľana. In: Sláviková, D., Pavlík, M. (Eds.): Krajinnárstvo – ochrana prírody a lesa – ochrana a tvorba krajiny, TU vo Zvolene, s. 85–90.
- PFEFFER, A., 1932: Kůrovci ve Vysokých Tatrách. *Lesnická práce*, 11, s. 246–268.
- PFEFFER, A., 1950: Odumírání smrku v horských ochranných lesích. *Lesnická práce*, 28, s. 135–159.
- PFEFFER, A., 1955: Fauna ČSR – Kůrovci – Scolytoidea. Praha.
- PFEFFER, A., 1993: Kůrovci v přírodních rezervacích. *Lesnická práce*, 72, č. 5, s. 150–151.
- SCHIMITSCHEK, E., 1953: Forstentomologische Studien im Urwald, Rotwald I. II. III. *Zeitschr. f. angew. Entomol.*, roč. 34, s. 178–215, s. 513–542, roč. 35, s. 1–54.
- SCHIEBER, B., KONTRIŠ, J., KONTRIŠOVÁ, O., KOVÁČOVÁ, M., 1997: Vertikálna štruktúra bylinnej synúzie horských smrečín Prednej Poľany. In: Midriak, R. (Ed.): Racionálne využívanie a obhospodarovanie chránenej krajiny – biosférickej rezervácie Poľana, Technická univerzita vo Zvolene, FEaE, p. 151–154.
- SLÁVIKOVÁ, D., 1997: Optimalizácia využívania krajiny so zreteľom na diferencovanú ochranu vybraných ekosystémov jednotlivých zón BR. In: Midriak, R. (Ed.): Racionálne využívanie a obhospodarovanie chránenej krajiny – biosférickej rezervácie Poľana, Technická univerzita vo Zvolene, FEaE, p. 281–283.
- STOLINA, M., 1969: Vplyv Ipidofauny na vývoj štruktúry prírodných horských lesov v západných Karpatoch. *Lesnícky časopis*, 15, č. 1, s. 45–59.
- STOLINA, M., 1982: Odolnosť potenciál prírodných smrečín a jeho premeny. *Lesnictví*, 28, č. 11, s. 961–976.
- ZAHRADNÍK, P., 1999: Přemnožení lýkohuba matného. *Lesnická práce*, 78, č. 7, s. 324.
- ZELENÝ, J., DOLEŽAL, P., 2004: Kůrovcovití brouci (Scolytidae, Coleoptera) na smrku na Šumavě. In: Aktuality šumavského výzkumu II. s. 221–223.
- ZLATNÍK, A., 1955: Podstata a studium vzájemných vztahů v biocenose a jejím prostředí a vnějších vlivů na biocenosu a prostředí působících, se zvláštním zřetelem k lesu. In: Sbor Vysoké školy zeměd. a les. fakulty v Brně. Řada C, 1, s. 5–18.
- ZLATNÍK, A., 1959: Přehľad stanovištných pomerov lesov Slovenska. Bratislava.

- ZUMR, V., 1980: Prostorové rozmístění v rozsahu kmene, rojení a letová aktivita hlavních druhů kůrovců na smrku ztepilém (*Picea excelsa* L.). Kandidátská disertační práce, Entomologický ústav ČSAV, s. 148.
- ZUMR, V., 1984: Prostorové rozmístění kůrovců (Coleoptera, Scolytidae) na smrku ztepilém (*Picea excelsa* Link.) a jejich indifferenci podle lesních vegetačních stupňů. Lesnictví, 30, č. 6, s. 509–522.
-

Adresa autora:

Doc. Ing. Milan Kodrík, CSc.

Katedra ochrany lesa a poľovníctva

Lesnícka fakulta Technickej univerzity Zvolen

Masarykova 20

960 01 Zvolen

Bark beetle community influence on the structure of montane Norway spruce natural forests in Poľana Mts.

Summary

Study of abundance and structure of cambiohagous and xylophagous insect on spruce was carried out in the Poľana Mts model area. The findings were compared with results published in 1970' s. Altogether, 21 spruce cambiohagous and xylophagous species were detected. A structural change in the bark beetle community was revealed. *Pityophthorus exculptus* Ratz., being considered as a typical species for hilly areas, was recorded in the mountain spruce forest of Poľana Mts. in the *Sorbetto-Piceetum* and *Acereto-Piceetum* forest associations. Similarly, some species usually occurring on downer branches of withering spruces now occupied also live trees (*Xylechinus pilosus* Ratz.). The frequent presence of *Pityophthorus pityographus* Ratz. was found out, often connected with lower frequency of *Pityogenes chalcographus* L. Expected frequent occurrence of *Ips amitinus* Eichh. as well as *Pityogenes chalcographus* L. was not confirmed in the mountain spruce forest of Poľana Mts. Both *Pityophthorus pityographus* Ratz. and *Xylechinus pilosus* Ratz. were recorded in higher frequency. *Hylurgops palliatus* (Gyll.) showed higher abundance and stronger aggression in comparison to previous results. The impact of changed ecological conditions was confirmed to be important influencing qualitative and quantitative ipidofauna diversity, as well as importance of some species.

Keywords: Poľana Biosphere Reserve, bark beetles, global climatic changes

ANALÝZA OBHOSPODAROVANIA A TROFEJOVEJ KVALITY JELENEJ ZVERI V ÚČELOVOM POĽOVNOM REVÍRI TECHNICKEJ UNIVERZITY VO ZVOLENE ZA OSTATNÝCH 20 ROKOV

Peter G A R A J ml. – Peter G A R A J

Garaj, P. ml., Garaj, P.: Analýza obhospodarovania a trofejovej kvality jelenej zveri v účelovom poľovnom revíri Technickej univerzity vo Zvolene za ostatných 20 rokov. Acta Facultatis Forestalis, Zvolen, **XLIX**, 2007, č. 1, s. 53–65.

Príspevok obsahuje analýzu obhospodarovania účelového poľovného revíru Technickej univerzity vo Zvolene, ktorý slúži na praktickú výučbu odborných predmetov študentov tejto vysokej školy vrátane poľovníctva. Vyhodnotila sa početnosť a sociálna štruktúra jarých kmeňových stavov jelenej zveri vo vzťahu k normovaným kmeňovým stavom. Zistená bola značná početná diskrepancia medzi posudzovanými kmeňovými stavmi, pričom jej štruktúra veková a pohlavná štruktúra bola takmer optimálna. Štruktúra odlovu jelenej zveri však neodpovedá optimálnemu stavu osobitne v kategórii jeleňov, kde pretrváva neplnenie odlovu jeleňov I. a IV. vekovej triedy. Nízke plnenie odstrelu jeleňov 10-ročných a starších súvisí s ich časovo-priestorovou aktivitou najmä vo vegetačnom období v rámci územia Kremnických vrchov. Trofejová kvalita sa vyhodnotila na základe 421 jeleních trofejí a 849 zhodov parožia pochádzajúcich z poľovného revíru univerzity, získaných v rokoch 1987 až 2006. Distribúcia zlatomedailových trofejí a zhodov parožia je nevyrovnaná v dôsledku vyššej koncentrácie zveri v revíri v zimnom období a jej migrácií vo vegetačnom období a v čase ruje na stanovištia spravidla mimo poľovného revíru. Odporúča sa uplatňovať systém veľkoplošného ekologického manažmentu jelenej zveri obdobne ako aj v iných oblastiach Slovenska na úrovni chovateľských celkov.

Kľúčové slová: jelenia zver, trofej, zhody parožia, obhospodarovanie, bodová hodnota CIC

1. ÚVOD

Jelenia zver patrí medzi našu pôvodnú zver, ktorá je prispôsobivá svojmu prostrediu. Spravidla v každej poľovnej oblasti má svoje osobitosti vyplývajúce z podmienok prostredia najmä jeho trofických dispozícií v tesnej korelácii na drevinovom zložení lesných porastov, geomorfológie, klimatických činiteľov, ale aj z technického a vôbec civilizačného rozvoja. Jelenia zver môže v určitých prípadoch pôsobiť vo svojom prostredí aj ako negatívny činiteľ. Najmä pri nerovnovážnom vzťahu medzi kvalitou prostredia, najmä čo sa týka produkcie potravy a početnými stavmi, môže jelenia zver spôsobovať v lesnom i poľnom hospodárstve vysoké škody, dosahujúce v minulosti ročne na Slovensku

aj niekoľko desiatok miliónov korún. V polovici 19. storočia nastal u nás najvýraznejší pokles stavov autochtónnej jelenej zveri, kedy bola táto zver považovaná len za prechodnú zver, zdržujúcu sa v najmenej vyrušovaných oblastiach (CIBEREJ, GARAJ 2004). Systematické zazverovanie sa začalo v rokoch 1850 až 1910, kedy bolo na naše územie viac ako do 30 lokalít dovezených spolu 1300–1400 jedincov jelenej zveri (MOLNÁR 1998). K nám dovezená jelenia zver vytvorila životaschopnú a miestami veľmi kvalitnú, niekde však len priemernú populáciu. Z uvedeného možno usudzovať, že už pred 100 rokmi začali na Slovensku stavy jelenej zveri výrazne stúpať. Keby sme odhadovali stavy jelenej zveri podľa výšky lovu, tak vychádza, že v súčasnosti žije na Slovensku takmer 14-krát viac jelenej zveri ako pred 100 rokmi (JAMNICKÝ 1995). Súčasným problémom v stave jelenej zveri v Európe je neustále zmenšovanie a rozdrobovanie jej areálu a regionálny pokles jej početnosti (RAESFELD, REULECKE 1998). V husto osídlených krajinách, ako napr. v Nemecku sa zvyškové populácie jelenej zveri od seba natoľko izolovali, že pri niektorých z nich veľmi akútne vyvstáva hrozba erózie ich genofondu. Genetická izolácia jednotlivých populácií na Slovensku síce zatiaľ nehrozí, ale sú oblasti, v ktorých je jelenej zveri už tak málo, že jej racionálne poľovné obhospodarovanie (pre ktoré treba jarné kmeňové stavy (JKS) aspoň 15–20 jedincov na 1000 ha lesa) už nie je možné. Nesprávnym a nadmerným lovom sa v mnohých oblastiach narušila, resp. rozvrátila aj sociálna (t. zn. veková a sexuálna) štruktúra populácií, v ktorých chýba najmä vyspelá samčia zver. Populácie sa neúnosne zmladili, čriedy jelenej zveri sa rozbili a ich hierarchická štruktúra sa dezorganizovala. Takéto populácie potom spôsobujú relatívne väčšie škody na lese ako omnoho početnejšie so správnou sociálnou štruktúrou (KONÓPKA a kol. 2002). Tak ako v zahraničí (REIMOSER 2003) aj na Slovensku bola venovaná pozornosť priestorovému plánovaniu (rajonizácii) chovu jelenej zveri, lebo bolo zistené, že jej racionálny poľovnícky manažment je možný predovšetkým veľkoplošným spôsobom (HELL a kol. 2000). V zmysle vykonanej rajonizácie poľovnej plochy Slovenska bolo vytvorených pre jeleniu ako hlavnú zver 34 poľovných oblastí o celkovej výmere približne 2 360 400 ha, z ktorých niektoré sú ďalej rozdelené na tzv. podoblasti.

Cieľom práce je vykonať analýzu obhospodarovania a trofejovej kvality jelenej zveri v účelovom poľovnom revíri Technickej univerzity vo Zvolene (ÚPR) za ostatných 20 rokov a navrhnúť relevantné opatrenia na optimalizáciu jej poľovníckeho manažmentu.

2. CHARAKTERISTIKA ÚZEMIA

Vysokoškolský lesnícky podnik Technickej univerzity vo Zvolene (VŠLP), ako účelové zariadenie vysokej školy, bol poverený výkonom práva poľovníctva v ÚPR. Územne sa predmetný poľovný revír nachádza v orografickom celku Kremnických vrchov, ktoré patria medzi mladovulkanické pohoria. Najnižšie položené miesto je pri obci Jalná, s nadmorskou výškou cca 280 m a najvyššie položeným miestom je vrch Laurin (1150 m n. m.). Územie VŠLP patrí do povodia Hrona. Vegetačné obdobie začína okolo

1. apríla. V záveroch dolín s nadmorskými výškami okolo 900 m začína až okolo 21. apríla. Mimovegetačné obdobie pre túto oblasť trvá 120 dní.

V lesoch VŠLP prevažujú listnaté dreviny – 72,9 %, z toho buk 36,7 %, dub 19,3 %, hrab 9,7 %. Ihličnaté dreviny tvoria 27,1 %, z toho smrek 11,3 %, borovica 7,4 % a jedľa 6,7 %. Z vekových tried je najviac zastúpená V. veková trieda 20 % a najmenej VI. veková trieda 9 %. Zo skupín lesných typov majú najväčšie zastúpenie Ft (21 %); QF (20 %); Fpnst (19 %) a FQ (16 %).

Záujmové územie slúži nielen na produkčné využitie, ale aj na praktickú výučbu poslucháčov lesníckej fakulty a plánovaná a realizovaná je i vedeckovýskumná činnosť.

ÚPR č. 1 bol bývalým Okresným úradom vo Zvolene rozhodnutím č. Poľov. – 97/06394 z dňa 21. 11. 1997 zaradený o výmere: 4282,02 ha lesných poľovných pozemkov, 1301,08 ha poľnohospodárskych pozemkov a 20,00 ha vodnej plochy do jelenej poľovnej oblasti J XI-2 Kremnické vrchy a podoblasti Skalka. Súčasťou poľovného revíru je aj bývalá poľovná lokalita D9 Kováčová – Bieň pre danieliu zver – dnes Účelový poľovný revír č. 2, zameraný na intenzívny chov diviačej zveri – zvernica Bieň s výmerou 253,68 ha. Na základe účelnosti a stanovištných podmienok poľovných pozemkov v poľovnom revíri č. 1 a v súlade s ustanoveniami vyhlášky č. 91/1997 Z. z. patrí tento ÚPR TU vo Zvolene do III. akostnej triedy, kde hlavným druhom je jelenia zver, vedľajšou zverou je zver srnčia, danielia a diviacia. Chov danielie zveri sa javí neperspektívny jednak pre malú početnosť a trvalý výskyt a predátny tlak veľkých predátorov v uvedenom revíri. V diviačej zvernici je hlavná zver diviacia.

Pre účelový poľovný revír č. 1 bol normovaný kmeňový stav (NKS) vypočítaný vo výške 74 jeleních jednotiek, čo v prepočte na hlavné a vedľajšie druhy zveri predstavuje nasledovné počty (tab. 1).

Tabuľka 1 Normované kmeňové stavy zveri v ÚPR č. 1
Table 1 Standardized stock of game in ÚPR No. 1.

Zver ¹⁾	Vekové triedy ⁶⁾				$\Sigma \text{♂}$	♀	⊕	Σ
	I.	II.	III.	IV.				
Jelenia ²⁾	3	8	7	5	23	24	11	58
Danielia ³⁾	0	1	1	0	2	2	1	5
Srnčia ⁴⁾	4	11	5	–	20	21	11	52
Diviacia ⁵⁾	dosp. ⁷⁾ ♂ 8		dosp. ♀ 8		lanš. ⁸⁾ 9	Diviaca ⁹⁾ 11		36

Poznámka/note:

♂ – samčia zver/males, ♀ – samičia zver/females, ⊕ – kategória mláďat/category of fawns; ¹⁾game, ²⁾red deer, ³⁾fallow deer, ⁴⁾roe deer, ⁵⁾wild boar, ⁶⁾age classes, ⁷⁾adult, ⁸⁾hogget, ⁹⁾piglet in the first year

Na území VŠLP TU vo Zvolene sa okrem hlavných a vedľajších druhov raticovej zveri nachádzajú aj niektoré druhy veľkých predátorov, z ktorých najpočetnejší je medveď.

Je zaznamenaný aj trvalý výskyt rysa, mačky divej a sporadicky vlka. Pomerne časté sú tu lišky a zastúpenie má kuna i jazvec. Predovšetkým veľké šelmy spôsobujú silný predačný tlak.

3. MATERIÁL A METÓDY

Za účelom zhodnotenia obhospodarovania a trofejovej kvality jelenej zveri v ÚPR č. 1 sme vykonali analýzu plnenia schválených a realizovaných plánov chovu a lovu raticovej zveri za obdobie rokov 1987–2006. Posúdená bola jednak vykazovaná sociálna štruktúra jarých kmeňových stavov (JKS) jelenej zveri v ostatných kalendárnych rokoch vo vzťahu k predpísaným NKS tejto zveri a taktiež jej súlad so Smernicou MP SR č. 244/1998-700 zo dňa 1. augusta 1998 o poľovníckom plánovaní, štatistike a dokumentácii novelizovanou doplnkom MP SR č. 354/2000. S cieľom posúdiť trofejovú kvalitu jelenej zveri v záujmovej oblasti sa analyzovalo viac ako 420 jeleních trofejí a zhody parožia z viac ako 840 jeleňov, získaných v rokoch 1988 až 2006. Vek ulovených jeleňov a získaných zhodov parožia bol zisťovaný komplexne používaním viacerých metód (vývoj chrupu a jeho abrázia, ďalej podľa Mitchella, Schumachera (KOLÁŘ 2002) a v prípade jeleních zhodov podľa vybraných parametrov parožia vrátane metódy indexu očníc podľa GARAJA (1994). Bodovanie trofejí a zhodov parožia bolo vykonávané podľa metódy CIC platnej pre jelenie trofeje. V prípade bodovania zhodov parožia sa predpokladali aj 3 body za rozpätie. Z archivovaných katalógov jeleních trofejí a zhodov parožia od roku 1998 do roku 2006 (GARAJ 1988–2006) bola zostavená databáza údajov v softvérovom produkte Microsoft Excel. Pre analyzované parametre boli vypočítané vybrané základné štatistické charakteristiky (ŠMELKO 1988). Výsledky práce sa dokumentovali písomnou a tabuľkovou formou.

4. VÝSLEDKY A DISKUSIA

4.1. Analýza poľovníckeho obhospodarovania jelenej zveri

Spriemerovanú sociálnu štruktúru jelenej zveri v ÚPR v rokoch 2001 až 2005 zachytáva tabuľka 2. Ako z nej vyplýva, úroveň JKS jelenej zveri viacnásobne prekračovala úroveň NKS tejto hodnotenej zveri. Neprejavilo sa to zvlášť na zvýšení poškodzovania lesných porastov. Je to kompatibilné aj s výsledkami experimentálnej rebonitácie tohto revíru GAŠPARÍKOM (1999), ktorý navrhuje súčasné NKS jelenej zveri (58 jeleních jednotiek) zvýšiť na 86 jeleních jednotiek resp. na 119 jeleních jednotiek ešte pred odpočtom na vedľajšiu srnčiu zver. Spriemerované prekročenie NKS jelenej zveri jej skutočnými stavmi je vo vyhodnocovacom období o 157 %. Viac-menej obdobné konštatovanie možno vysloviť aj vo vzťahu medzi JKS a NKS v kategórii jeleňov, jeleníc a jelenčat, kde sa uvedené prekročovanie pohybuje za sledované obdobie v rozpätí 136–174 %.

Tabuľka 2 Spriemerovaná štruktúra JKS a NKS jelenej zveri v rokoch 2001–2005
Table 2 Averaged structure of JKS and NKS of red deer in 2001–2005

Charakteristika ¹⁾	Jelenia zver ²⁾							
	I. VT	II. VT	III. VT	IV. VT	Σ♂	♀	⊕	Σ
NKS (ks)	3	8	7	5	23	24	11	58
JKS (ks)	10	21	18	13	62	61	26	149
JKS (%)	16	34	29	21	42	42	16	100
Optimálny JKS ³⁾ (%)	15	33	30	22	40	40	20	100
JKS (%) – optimálny JKS ⁴⁾ (%)	1	1	–1	–1	2	2	–4	0
(%) JKS z NKS ⁵⁾	333	263	257	260	274	258	236	257

Poznámka/note:

JKS – jarný kmeňový stav/spring stock of game, NKS – normovaný kmeňový stav/standardized stock of game, JKS % – jarný kmeňový stav vyjadrený v %/spring stock of game in %, ♂ – jeleň/stag, ♀ – jelenica/hind, ⊕ – jelenča/fawn, VT – veková trieda/age class; ¹⁾characteristic, ²⁾red deer, ³⁾optimal JKS, ⁴⁾JKS (%) – optimal JKS (%), ⁵⁾% JKS of NKS

Z aspektu pohlavia jelenej zveri zaznamenávame v JKS miernu prevahu jeleňov nad jelenicami, čo je z chovateľského hľadiska správne. Z hľadiska vekovej štruktúry jeleňov síce ich prekračujúce JKS takmer dosahujú požadovanú štruktúru vyplývajúcu z citovanej smernice o poľovníckom plánovaní. Zaujímavé je však to, že aj napriek dosahovanej optimálnej vekovej štruktúre jeleňov podľa vekových tried v JKS, bolo v období rokov 2001 – 2005 nedostatočné zastúpenie odlovených jeleňov IV. vekovej triedy. Je to dôsledok predovšetkým sezónnych migrácií jelenej zveri v Kremnických vrchoch (GARAJ, P. ml. a kol. 2006).

Súhrnná štruktúra odstreľu jelenej zveri v rokoch 1987–2005 je analyzovaná v tab. 3. Z nej vyplýva, že plnenie plánovaného odstreľu v hodnotenom období dosiahlo 93 % (v odstrele je započítaný aj zistený úbytok dospelých jelenej zveri a taktiež výnimočne jelenčat z dôvodov úhynu resp. vplyvom predátorov). Ako vyplýva z tab. 3, ktorá zachytáva súhrnnú sociálnu štruktúru odstreľu jelenej zveri spolu za roky 1987–2005, došlo k odlovu jeleňov na 88 %, jeleníc na 92 % a jelenčat na 98 %. Na celkovom nedostatočnom plnení odstreľu jeleňov (88 %) má najväčší podiel neplnenie odstreľu jeleňov I. vekovej triedy (plnenie len na 74 %) a jeleňov IV. vekovej triedy (plnenie na 73 %). Neplnenie odstreľu jeleňov v uvedených vekových triedach sa čiastočne kompenzovalo prekračovaním plánovaného odstreľu jeleňov II. vekovej triedy (plnenie na 104 %). Z hľadiska poľovníckeho manažmentu jelenej zveri je nedostatočné plnenie odstreľu jeleňov I. vekovej triedy zvlášť nežiaduci jav aj preto, že odhad veku a posúdenie chovnosti jeleňov tejto vekovej triedy je spravidla najjednoduchšie. Dokazuje to aj tá skutočnosť, že v tejto vekovej triede sa spravidla nevyskytuje porušovanie selektívno-chovateľských kritérií platných pre odstreľ tejto zveri aj v okrese Zvolen (GARAJ – BÚTORA 2003). Zvýšené plánovanie

odstreľu jeleňov III. vekovej triedy a žiaľ nedostatočné plnenie plánu odstrelu jeleňov vo IV. vekovej triede dokumentuje situáciu aj v rámci Slovenska, kde bol zistený všeobecne pretrvávajúci nedostatok starších jeleňov a celkove nežiaduci nízky priemerný vek jeleňov v populáciách. Jelene IV. vekovej triedy majú veľmi dôležité a nezastupiteľné postavenie v sociálnej štruktúre populácie. Aktívne sa zúčastňujú ruje, prenášajú svoje kvalitné vlastnosti na potomkov a znemožňujú zúčastniť sa rozmnožovania mladým a slabším jedincom. Nedostatok kvalitných dospelých jeleňov je príčinou poklesu trofejovej kvality a môže viesť aj k „erózii“ genofondu tejto zveri (HELL a kol. 2000). V III. vekovej triede, kde by sa malo loviť najmenej jeleňov vzhľadom na ich už vykonanú selekciu v nižších ročníkoch, sa plánuje a loví neprimerane veľa jeleňov. Nenechávajú sa dožiť veku ich zrelosti a trofejovej kulminácie vo IV. vekovej triede. Celkovú spokojnosť možno vysloviť s plnením plánu odstrelu jeleňov II. vekovej triedy (plnenie na 104 % aj so započítaným úhynom). Je potrebné zvlášť sa sústrediť pri manažmente jelenej zveri na disciplinované dodržiavanie jej optimálnej sociálnej štruktúry.

Tabuľka 3 Štruktúra odstrelu jelenej zveri spolu v rokoch 1987 až 2005
Table 3 Structure of shooting red deer altogether in 1999–2003

Charakteristika ¹⁾	Jelenia zver ²⁾							
	I. VT	II. VT	III. VT	IV. VT	Σ♂	♀	⊕	Σ
PO (ks)	141	171	81	93	486	517	434	1437
SÚ (ks)	105	172+6ú	73+5ú	61+7ú	411+18ú	457+20ú	405+19ú	1273+57ú
(%) O	74	104	96	73	88	92	98	93
SÚ (%)	24	41	18	17	32	36	32	100
Optimálny odstrel (%)	30	30	10	30	34	36	30	100

Poznámka/note:

PO – plánovaný odstrel/planned shooting, SÚ – skutočný úbytok/ actual loss, % O – odstrel vyjadrený v percentách/shooting in %, ♂ – jeleň/ stag, ♀ – jelenica/hind, ⊕ – jelenča/fawn, VT – veková trieda/age class; ¹⁾characteristic, ²⁾red deer, úhyn – die

4.2. Analýza trofejovej kvality jelenej zveri

Trofejovú kvalitu jelenej zveri v sledovanom období rokov 1987–2005 približuje tab. 4. Počas sledovaného obdobia sa ohodnotilo spolu 421 jeleních trofejí. Prvá medailová trofej sa objavila v 7. roku života, kedy priemerná bodová hodnota trofejí činí 159,37 boda CIC s minimom vo výške 116,01 b. CIC a maximom 196,36 b. CIC. Takmer 21 % získaných trofejí spravidla selektívnym odstrelom v tomto vekovom ročníku je medailových, čo sa z pohľadu len bodovej hodnoty ako jedného z kritérií chovnosti, javí ako vysoký počet. Zvlášť to vynikne, keď porovnáme zistenú situáciu vo vykonanej

trofejevej analýze zhodov jelenieho parožia (tab. 5). V súbore získaných jeleních zhodov v obdobnom vekovom ročníku je podiel medailových zhodov len polovičný (10%). To znamená, že odstrel jeleňov z pohľadu bodovej hodnoty ich parohov, ako jedného z kritérií chovnosti sa vykonával nie vždy dôsledne, čo žiaľ dokumentuje aj odlovený ešte len 7-ročný jeleň s parohami cez 190 b. CIC. Takéto konštatovanie je aktuálne vtedy, pokiaľ sa jelene s vyššími bodovými hodnotami v predmetnom ročníku odlovili z iných závažných dôvodov, čo konštrukcia v súčasnosti platných kritérií chovnosti umožňuje. Vo vyšších vekových ročníkoch odlovených jeleňov, ako bolo zistené, bola situácia z tohto pohľadu priaznivejšia. Podiel medailových trofejí z chovu zámerne vyradených jeleňov bol nižší, ako v prípade analogických vekových ročníkoch získané zhody parožia t. zn. z jeleňov, ktoré zostali po ukončení poľovníckej sezóny ďalej v chove.

Tabuľka 4 Charakteristika trofejevej kvality jeleních trofejí v jednotlivých rokoch života jeleňov
Table 4 Trophy quality characteristic of red deer trophies according to age

Rok Života ¹⁾	n	CIC min	CIC max	$\bar{x}$ CIC	Počet medailí				% A	% B
					z	s	b	Σ		
2	105	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3	94	63,71	125,57	95,98	–	–	–	–	–	–
4	56	85,50	157,40	118,06	–	–	–	–	–	–
5	23	115,23	153,60	134,83	–	–	–	–	–	–
6	13	125,24	165,89	151,49	–	–	–	–	–	–
7	24	116,01	196,36	159,37	–	1	4	5	20,83	6,85
8	25	119,05	185,54	162,13	–	–	9	9	36,00	12,33
9	15	147,47	204,07	171,86	–	1	8	9	60,00	12,33
10	17	141,57	203,55	176,06	–	3	8	11	64,71	15,07
11	9	149,98	187,43	173,65	–	–	5	5	55,56	6,85
12	26	143,74	206,63	180,09	–	6	15	21	80,77	28,76
13	12	167,84	199,52	182,94	–	5	6	11	91,67	15,07
14	1	210,34	210,34	210,34	1	–	–	1	100,00	1,37
15	1	186,36	186,36	186,36	–	–	1	1	100,00	1,37
Σ	421	63,71	210,34	161,78	1	16	56	73	17,34	100,00

Poznámka/note:

n – počet trofejí/number of trophies, z – zlatá medaila/gold medal, s – strieborná medaila/silver medal, b – bronzová medaila/bronze medal, % A – percento medailových trofejí v jednotlivých rokoch života jeleňov/percentage of medal trophies in certain age, % B – percento medailových jeleních trofejí v ročníku z celkového počtu získaných medailí/ percentage of medal trophies in certain age from the total medal number, – priemer/mean;

¹⁾year of life, ²⁾number of medals

Po 11-tom roku života jeleňov sa právom očakáva po správne vykonávanej, podľa platných predpisov na Slovensku do uvedeného roku povinnej selekcii, 100 %-tné zastúpenie vysokobodových medailových trofejí, ktorých predzvest'ou sú vysoko kvalitné zhody. Ako ďalej z oboch tabuliek vyplýva, strieborné medailové hodnoty jeleních parohov (190,00–209,99 b. CIC) boli zaznamenané v prípade trofejí predčasne – v už uvedenom siedmom roku a v prípade zhodov parožia v ôsmom a vyšších rokoch života jeleňov. Užívateľom poľovného revíru najočakávanejšie zlatomedailové jelenie parohy (210,00 + b. CIC) vo forme zhodov boli zaregistrované v 11-tom a vyšších rokoch života jeleňov v súhrnnom počte od 9 jedincov (tab. 5) so zvyšujúcou sa frekvenciou v ostatných kalendárnych rokoch vyhodnocovaného obdobia (tab. 6).

Zlatá jelenia trofej z odstrelu bola zaregistrovaná v predmetnom revíri až nečakane vo vysokom veku jeleňa – v jeho 14-tom roku života (tab. 4) v kalendárnom roku 1995 (tab. 6). vo vzťahu ku frekvencii nájdených zlatomedailových zhodov parožia je to neadekvátne nízky chovateľský úspech, na ktorý dali však logickú odpoveď najnovšie poznatky o časovo-priestorovej aktivite a migrácii jelenej zveri v Kremnických vrchoch (v čase núdze – v zimnom období sa jelenia zver koncentruje spravidla v južných častiach Kremnických vrchov vrátane ÚPR TU vo Zvolene až do začiatku jari, v letnom a jesennom období sú predovšetkým silnejšie samčie jedince odmigrované do severnejších, vlhkejších a troficky úživných oblasti lokality Skalka a okolie. Odtiaľ sa opätovne vracia – migruje táto zver až po príchode prvých mrazov a snehu spravidla koncom roka na pôvodné lokality – na južné predhoria Kremnických vrchov (KROPIL, R. a kol. 2005)). Jej optimálny manažment je klasickým spôsobom v ÚPR z rámcovo popísanej situácie preto veľmi diskutabilný a vyžaduje si iný prístup obdobne aj v iných oblastiach Slovenska a to na princípe veľkoplošného ekologického manažmentu zveri a z neho vyplývajúcich zásad.

Tabuľka 6 poskytuje dôležité informácie o trofejovej kvalite jelenej zveri získané analýzou vybraných ukazovateľov 421 jeleních trofejí a 849 zhodov parožia, pochádzajúcej z orografického celku Kremnické vrchy. Získané boli na území ÚPR TU vo Zvolene v období rokov 1987 až 2006. Pre určenie cieľového veku chovanej jelenej zveri je dôležitý údaj o vypočítanom priemernom veku jeleňov, z ktorých pochádzajú predovšetkým zlaté zhody parožia. Spriemerovaný vek zlatomedailových jeleňov na základe ich zhodov vyšiel na 12-ročné jelene (11,8 r. to znamená v 12-tom roku života), čo je kompatibilné s platným predpisom na Slovensku o lovnosti jeleňa bez ohľadu na jeho vek a chovnosť po 11-tom roku jeho života s kulmináciou bodovej hodnoty v 12. až 13. roku života. Porovnávaním priemerného veku aj „strieborných a bronzových“ jeleňov podľa ich trofejí a zhodov vidieť čiastočný vekový posun, spravidla o jeden ročník. Súvisí to pochopiteľne s tým, že jelenie trofeje pochádzajú zo súboru trofejí získaných spravidla na princípoch uplatňovaného selektívneho odstrelu (povinne do 11-teho roku jeleňov vrátane) a jelenie zhody predstavujú a reprezentujú žijúcu časť už preselektovanej populácie. Preto sa v princípe očakáva, že zhody parožia z jeleňa (ďalej žijúci jeleň) v porovnaní s rovnako starým jeleňom, z ktorého pochádza trofej (najmä ide o jelene III. vekovej triedy t. zn. 6–9-ročné),

budú tieto zhody bodovo silnejšie než trofej resp. bodovú hodnotu trofeje uloveného jeleňa v určitom veku ešte žijúci jeleň so svojimi zhodami dosiahol už o 1 až 2 roky skôr (v chove ostával predovšetkým pre svoje nadpriemerné parametre podľa aplikovaných kritérií chovnosti). Takúto skutočnosť potvrdzuje aj % medailového parožia z celého výberového súboru. Zo súboru analyzovaných jeleních trofejí dosiahli medailové parohy podiel 17,34 %, čo je priaznivejšie ako uvádzaný ukazovateľ v koncepcii rozvoja poľovníctva na Slovensku do roku 2010 podľa Hella a kol. (1993). Medailové zhody parožia z celého súboru zhodov tvoria však až 33,80 %. Používaným ukazovateľom trofejovej kvality zveri je aj priemerný počet ulovených kusov samčej zveri pripadajúci na 1 medailu a zvlášť na zlatú medailu. V ÚPR pripadá v priemere na 1 medailovú trofej 6 ulovených jeleňov, ale na zlatú až 421. Omnoho priaznivejšie výsledky vyplývajú z podielov analyzovaných zhodov (tab. 6).

Tabuľka 5 Charakteristika trofejovej kvality zhodov parožia jeleňov

Table 5 Trophy quality characteristic of red deer antlers

Rok Života ¹⁾	n	CIC min	CIC max	$\bar{x}$ CIC	Počet medailí ²⁾				% A	% B
					z	s	b	Σ		
3	83	33,48	115,78	97,28	–	–	–	–	–	–
4	122	91,17	135,72	119,18	–	–	–	–	–	–
5	97	106,08	152,05	136,37	–	–	–	–	–	–
6	101	125,97	168,77	152,51	–	–	–	–	–	–
7	110	121,35	178,49	159,37	–	–	11	11	10,00	3,83
8	122	151,54	202,37	174,833	–	2	72	74	60,66	25,79
9	93	156,85	205,33	181,92	–	5	79	84	90,32	29,28
10	53	172,06	204,32	185,49	–	17	36	53	100,00	18,47
11	38	154,08	213,04	192,17	4	15	17	36	94,74	12,54
12	22	174,43	213,40	194,49	4	12	6	22	100,00	7,66
13	7	167,20	204,60	191,50	–	5	1	6	85,71	2,09
14	1	215,93	215,93	215,93	1	–	–	1	100,00	0,34
Σ	849	33,48	215,93	182,61	9	56	222	287	33,80	100,00

Poznámka/note:

n – počet zhodov parožia/number of antlers, z – zlatá medaila/gold medal, s – strieborná medaila/silver medal, b – bronzová medaila/bronze medal, % A – percento medailových zhodov parožia v jednotlivých rokoch života jeleňov/percentage of medal antlers in certain age, % B – percento medailových zhodov parožia jeleňov v ročníku z celkového počtu získaných medailí/percentage of medal antlers in certain age from the total medal number, – priemer/ mean; ¹⁾year of life, ²⁾number of medals

Tabuľka 6. Získané medailové trofeje jelenej zveri a medailové zhody v jednotlivých kalendárnych rokoch
Table 6. Red deer medal trophies and medal antlers in separate years

Rok	Zlatá medaila		Strieborná medaila		Bronzová medaila		Σ	
	trofeje	zhody	trofeje	zhody	trofeje	zhody	trofeje	zhody
1987	–	x	1	x	3	x	4	x
1988	–	1	–	6	2	9	2	16
1989	–	x	1	x	3	x	4	x
1990	–	–	2	–	5	–	7	–
1991	–	1	1	–	5	5	6	6
1992	–	–	1	7	9	50	10	57
1993	–	1	2	1	6	13	8	15
1994	–	–	1	1	2	12	3	13
1995	1	–	1	5	1	8	3	13
1996	–	–	1	3	2	11	3	14
1997	–	–	–	–	3	3	3	3
1998	–	–	2	1	2	3	4	4
1999	–	–	–	8	2	9	2	17
2000	–	1	–	–	2	17	2	18
2001	–	1	–	2	3	9	3	12
2002	–	–	1	2	–	16	1	18
2003	–	–	2	6	4	20	6	26
2004	–	–	–	4	1	11	1	15
2005	–	2	–	6	1	17	1	25
2006	x	2	x	4	x	9	x	15
Σ	1	9	16	56	56	222	73	287
$\bar{x}$ vek	14,0	11,8	11,4	10,8	10,4	9,0	11,9	10,5
n/M	421	94	26	15	8	4	6	3

Poznámka/note:

$\bar{x}$ – priemerná bodová hodnota/ mean point value, vek – priemerný vek/mean age, n/M – potrebný počet ulovených kusov na 1 medailu/required number of hunted animals per one medal, x – zhody neboli k dispozícii na hodnotenie/ antlers were not available for evaluation, Σ – suma/sum

5. ZÁVER

Na základe vykonanej analýzy obhospodarovania jelenej zveri v ÚPR TU vo Zvolene bol zistený nesúlad s vyhláškou MP SR č. 91/1997 Z. z. pojednávajúcej o problematike rajonizácie a bonitácie poľovných revírov vo vzťahu k jeho úživnosti a so Smernicou 244/1998 súvisiacou s poľovníckym plánovaním. Bude potrebné zabezpečiť zosúladenie JKS jelenej zveri s jej NKS, vypočítanými na základe experimentálnej rebonitácie

podľa Gašparíka (1999). Vzhľadom na to, že je evidentná závislosť medzi denzitou tejto zveri a potenciálnou výškou škôd ňou spôsobených, vplyv zveri na les je potrebné trvale monitorovať napríklad pomocou párových plôch, kedy sa na jednu z nich umožňuje voľný prístup zveri a na druhú je prístup zveri zamedzený. Podľa výsledkov aj tohto monitoringu je potrebné upravovať početnosť zveri.

Ďalej sa odporúča a bude potrebné pre zlepšenie manažmentu a starostlivosti o zver:

- trvale udržiavať optimálnu sociálnu štruktúru jelenej zveri vzhľadom na to, že škody zverou vznikajú aj z dôvodu nesprávneho sociálneho zloženia jelenej zveri, najmä keď sú v prevahe jelenice a jelienčatá (čo je dôsledkom nesprávnej regulácie odstrelu), zvýšeného vyrušovania a nedostatočnej starostlivosti o úživnosť životného prostredia a o jej prikrmovanie,
- zabezpečiť koordinované veľkoplošné sčítovanie a plánovanie chovu a lovu zveri v rámci poľovnej oblasti Kremnické pohorie (J XI),
- zabezpečiť rovnomernejší odstrel jelenov v priebehu jesenných kalendárnych mesiacov a tým eliminovať možnosti potenciálneho porušovania selektívno-chovateľských kritérií, pri motivácii splniť plánovaný odstrel daného druhu zveri najmä v závere poľovnickej sezóny,
- zabezpečovať dokumentáciu všetkých nájdených zhodov parožia v ÚPR, vrátane zhodov nelegálne zbieraných a predaných bez zadokumentovania (napr. včasným výkúpom nájdených zhodov od nálezcov za konkurenčné ceny),
- vzhľadom na to, že v ÚPR je aktuálny silný predачný tlak veľkých šeliem (vlk, rys, medveď) je vhodné udržiavať v JKS miernu prevahu samičej zveri a samozrejme znížiť aj odlov na úroveň zodpovedajúci natalite po odpočítaní spravidla vysokej prirodzenej mortality nielen jelienčat, ale aj dospelej zveri,
- nájdenú uhynutú zver treba započítať do plnenia plánu lovu (s výnimkou tej, ktorú strhli šelmy, za predpokladu, že tieto straty sa už zohľadnili v zníženom koeficiente prírastku (KOP),
- početná regulácia veľkých predátorov v jeleních poľovných oblastiach (vrátane J XI) je nevyhnutná, ak má byť v nich poľovnicke hospodárenie efektívne,
- prikrmovanie jelenej zveri sa má realizovať kvalitným senom vyrobeným ešte pred odkvitnutím lúk,
- trvale využívať senážovanie, ktorým možno zabrániť veľkým stratám na kvalite sena, ak sú problémy s jeho sušením. Viac by sa malo využívať aj prikrmovanie zveri silážou a iným dužinatým krmivom,
- jadrové krmivo zásadne nepodávame vo forme celého zrna, ani jemného šrotu. Vhodné je miagané zrnko alebo drvené nahrubo. Podávanie jadra však nie je nevyhnutné. Dôležité je mať toľko válovcov na krmovisku, aby sa mohla súčasne kŕmiť celá črieda. Inak dominantný jedinec okupuje kŕmidlo a môže sa jadrom prekonzumovať a prípadne aj uhynúť.

- krmoviská zriadujeme na takých lokalitách, kde nehrozia veľké škody spôsobené zverou na lese, ale vyhovujú z hľadiska potrieb zveri i prevádzkovania,
- prikrmovanie sa musí realizovať sústavne počas celého obdobia núdze a každú zmenu kŕmnej dávky treba uskutočňovať postupne, aby zver nemala zažívacie poruchy,
- na lúčkach a políčkach sa odporúča pestovať špeciálne viacročné miešanky pre zver namiesto monokultúr,
- pravidelnou údržbou poľovníckych zariadení ich udržiavať vo funkčnom stave. Na konci prikrmovacieho obdobia vykonávať pravidelnú asanáciu a dezinfekciu prikrmovacích zariadení. Neopraviteľné zariadenia zlikvidovať bez zvyšku,
- nedovoliť prekračovanie plánu lovu jeleňov v III. vekovej triede. Zvýšiť odlov v I. vekovej triede a kvalitné jelene ponechať v chove až do času ich trofejovej kulminácie v IV. vekovej triede. Zvýšiť zodpovednosť pre dosiahnutie a udržiavanie správnej vekovej a pohlavnej štruktúry jelenej zveri,
- zabezpečovať pre poľovný personál pravidelné informácie a školenia o najnovších poznatkoch v poľovníckom manažmente zveri.

Podakovanie

Práca vznikla v rámci riešenia projektu 1/4383/07.

Literatúra

- CIBEREJ, J., GARAJ, P.: Manažment jelenej zveri v meniacich sa podmienkach životného prostredia na Slovensku. In: Zborník „Poľovnícky manažment a ochrana zveri 2004“. V TU Zvolen 2004, s. 183–193.
- GARAJ, P., BÚTORA, L.: Vyhodnotenie odstrelu jelenej zveri v poľovníckej sezóne 2002/2003 v poľovných revíroch okresu Zvolen. In: Zborník referátov „Poľovnícky manažment a ochrana zveri 2003“. Zvolen, 23. 05. 2003, V TU Zvolen 2003, s. 192–197.
- GARAJ, P.: Katalógy trofejí zveri za roky 1988–2006. V TU Zvolen, 1988–2006.
- GARAJ, P.: Variabilita niektorých parametrov parohov jeleňa obyčajného (*Cervus elaphus* L.) vo vybraných regiónoch Slovenska. In: Acta Facultatis Forestalis 36, V TU Zvolen 1994, s. 249–260.
- GARAJ, P. ml., KROPIL, R., GARAJ, P.: Časová a priestorová aktivita jelenej zveri v Kremnických vrchoch. In: Zborník referátov „Poľovnícky manažment a ochrana zveri 2006“. V TU Zvolen 2006, s. 158–168.
- GAŠPARÍK, L.: Optimalizácia poľovníckeho obhospodarovania ÚPR ŠLP TU vo Zvolene. LF TU Zvolen (dizertačná práca) 1999, 137 s. (nepublikované).
- HELL, P. a kol.: Súčasný stav a návrh koncepcie rozvoja poľovníctva na Slovensku do roku 2010. LVÚ Zvolen, 1993, 242 s.
- HELL, P., LEHOCKÝ, M., SLAMEČKA, J.: Veľkoplošné ekologické obhospodarovanie zveri – naliehavá úloha súčasného poľovníctva. In: Zborník referátov „Veľkoplošné obhospodarovanie zveri a zlepšovanie jej životného prostredia“, Levice, 18. 03. 2000, s. 7–12.
- JAMNICKÝ, J.: Lov jelenej a srnčej zveri na Slovensku pred sto rokmi. In: Folia venatoria 25, 1995, s. 141–14.
- KOLÁR, Z.: Odhad veku hlavných druhů spárkaté zvěře. Vydavatelství Jiří Flégl – VEGA 2002, 128 s.
- KONÓPKA, J., SABADOŠ, K., HELL, P., FARKAŠ, J., LEHOCKÝ, M.: Analýza súčasného stavu a návrh poľovníckeho manažmentu raticovej zveri. ZS VTP, LVÚ Zvolen, 2002, 52 s. (+ prílohy).
- KROPIL, R., GARAJ, P., GARAJ, P. ml., PATAKY, T.: Časová a priestorová aktivita jelenej zveri v modelovom území VŠLP TU vo Zvolene. In: Zborník „Poľovnícky manažment a ochrana zveri 2005“. V TU Zvolen 2005, s. 137–140.

- MOLNÁR, L.: Začiatky organizovaného poľovníckeho hospodárstva na Slovensku. In: Od Nových Zámkov po Paríž. Parpress, Bratislava, 1998, s. 15–22.
- RAESFELD, F., REULECKE, K.: Das Rotwild. Verlag Paul Parey, Hamburg, 1998, 416 s.
- REIMOSER, F.: Priestorovo ekologické plánovanie a rajonizácia jelenej zveri v Rakúsku. In: Zborník referátov z konferencie „Chov jelenej zveri na Slovensku“, Levice 2003, s. 28–35.
- SMERNICA MP SR č. 244/1998-700 zo dňa 1. augusta 1998 „O poľovníckom plánovaní, štatistike a dokumentácii“.
- ŠMELKO, Š.: Štatistické metódy v lesníctve. ES VŠLD Zvolen, 1988, 277 s.
-

Adresa autorov:

Prof. Ing. Peter Garaj, CSc.

Ing. Peter Garaj

Katedra ochrany lesa a poľovníctva

Lesnícka fakulta

Technická univerzita vo Zvolene

T. G. Masaryka 24

960 53 Zvolen

Analysis of red deer management and trophy quality in the special purpose hunting-ground of the Technical University in Zvolen during the last 20 years

Summary

The paper contains analysis of management in the purpose hunting-ground of the Technical University in Zvolen, which is used for practical lessons of special subjects at the university, including the study specialization Game Management in the study program Applied Zoology and Game Management. Abundance and social structure of the spring game stock were evaluated in relation to standardized stock of game. The considerable discrepancy was found out between the considered game stocks, but the age and the social structure was almost optimal (tab. 1, tab. 2). However, structure of red deer shooting does not correspond to optimal status, mainly in the stags category, where insufficient shooting of I. and IV. age classes remains (tab. 3). Insufficient shooting of ten-years old and the older stags is related to their time-space activity, mainly during vegetation period within the Kremnické vrchy Mts. The trophy quality was evaluated on the base of 421 trophies, as well as on the base of 849 antlers collected from the university hunting-ground during 1987–2006 (tab. 4, tab. 5). Unfortunately, the distribution of gold trophies and antlers is not even (tab. 6), which is caused by higher game density within the hunting-ground during winter period and its migration out of the university hunting-ground area during vegetation period and rut. The system of wide-area ecological management of the red deer is proposed, including also other areas of Slovakia on the level of hunting areas.

DYNAMIKA PRIRODZENÝCH A HOSPODÁRSKÝCH LESOV NÍZKYCH TATIER NA PRÍKLADE LHC LIPTOVSKÁ OSADA

Natália MALAJTEROVÁ – Juraj NIČ

Malajterová, N., Nič, J.: Dynamika prirodzených a hospodárskych lesov Nízkych Tatier na príklade LHC Liptovská Osada. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLIX**, 2007, č. 1, s. 67–76.

Práca rieši problematiku vplyvu hospodárskej činnosti na vývoj prirodzených lesných fytocenóz. Predmetom výskumu boli spoločenstvá 5. vegetačného stupňa. Zo získaných výsledkov vyplýva, že vývojové štádiá a zmenené fytocenózy sa od prirodzených (základných) fytocenóz líšia druhovou skladbou a biodiverzitou.

Kľúčové slová: dynamika vegetácie, ekologická analýza spoločenstiev, kvantitatívne a kvalitatívne znaky fytocenóz, lesné spoločenstvá 5. vegetačného stupňa

1. ÚVOD A PROBLEMATIKA

Výskum lesných geobiocenóz tvorí významný objekt lesníckej typológie a je jedným zo základných cieľov medzinárodných biologických programov. Prírodné, resp. prirodzené geobiocenózy so zachovalým drevinovým zložením a synúziou podrastu tvoria len nepatrnú časť lesnej plochy Slovenska. V súčasnosti prevládajú na väčšine územia vývojové štádiá a zmenené fytocenózy pôvodných lesných spoločenstiev. Fytocenologická a ekologická analýza týchto fytocenóz a sledovanie ich dynamiky umožňujú podrobnejšie poznať prírodné podmienky v ktorých sa nachádzajú a ktoré zároveň podmieňujú ich druhovú skladbu nielen po stránke produkcie biomasy, ale aj po stránke ich funkcie, ktoré splňajú v lesnom ekosystéme.

Dynamike zmien bylinnej zložky lesných ekosystémov bola a je venovaná v poslednom období značná pozornosť, jednak v zahraničí, ale aj u nás. Z významnejších prác nemožno nespomenúť práce FALKENGREN – GRERUP (1989), THIMONIER *et al.* (1992), z našich autorov AMBROS *et al.* (1992, 1995), KONTRIŠ, GREGOR (1990), KRÍŽOVÁ (1994), NIČ (2000) a ďalšie. Ako z publikovaných výsledkov vyplýva, z celého radu faktorov, ktoré v súčasnej dobe pôsobia na vegetáciu sú najvýznamnejšie dva navzájom zdanlivo protirečivé fenomény a to acidifikácia a eutrofizácia. Odolnosť fytocenóz závisí od ich druhového zloženia a štruktúry. Druhovo bohatšie a štruktúrálné diferencovanejšie fytocenózy podliehajú poškodeniu pomalšie, ako druhovo chudobné a štruktúrálné jednoduchšie.

Prirodzené lesné fytocenózy sú tolerantnejšie na vplyvy prostredia v porovnaní s umelo založenými porastami, resp. s monokultúrami. Toto bol aj jeden z dôvodov, prečo boli pre štúdium dynamiky lesných fytocenóz v zmenených ekologických podmienkach vybrané spoločenstvá nachádzajúce sa v oblasti Nízкотатranského národného parku.

2. CIEĽ PRÁCE

Cieľom práce je posúdiť kvalitatívne a kvantitatívne zmeny v druhovom zložení zmenených fytocenóz a vývojových štádií a ich základnou fytocenózou, ktorú reprezentuje skupina lesných typov (slt) *Abieto-Fagetum* nst – jedľová bučina nižšieho stupňa. V zmysle HANČINSKÉHO (1972) boli v rámci uvedenej slt vybrané nasledovné lesné typy:

- lesný typ 5301 nízkobylinná jedľová bučina nst,
- lesný typ 5303 papradinová jedľová bučina nst,
- lesný typ 5304 nitrofilná papradinová jedľová bučina nst,
- lesný typ 5305 podmäčaná jedľová bučina nst.

Detailnejšie možno cieľ práce formulovať nasledovne:

- posúdiť zmeny štruktúrnych znakov, vo floristickom zložení fytocenóz,
- použitím ekologickej analýzy ELLENBERG (1992) posúdiť rozdiely v ekologických spektrách týchto fytocenóz, vo vzťahu k základným ekologickým faktorom (svetlo, teplota, vlhkosť, kontinentalita, pôdna reakcia, pôdny dusík),
- zhodnotiť vplyv drevinového zloženia na biodiverzitu fytocenóz.

3. METODIKA

Pri výbere a zakladaní plôch fytocenologických zápisov sa postupovalo podľa metodických postupov, ktoré sú bežne zaužívané v typologickej praxi na Slovensku (KRIŽOVÁ 1995, KRIŽOVÁ, NIČ 2000). Pre hodnotenie ekologických faktorov prostredia bola použitá nepriama metóda indikácie vegetácie, pomocou ekologickej analýzy podľa ELLENBERGA (1974, 1992) s využitím programu PHYTEC (ČERNUŠÁK, ČERNUŠÁKOVÁ 1989). Latinské názvy taxónov sú uvádzané v zmysle DOSTÁL, ČERVENKA (1992). Pre posúdenie kvantitatívnych rozdielov základných fytocenóz a ich vývojových štádií bolo použité jednoduché matematické vyjadrenie pomocou koeficientu podobnosti podľa SORENSENA (1948) ex KRIŽOVÁ 1995:

$$I_s = \frac{2c}{a+b} \cdot 100$$

Kde: c – spoločný počet druhov obidvoch súborov,
 a – celkový počet druhov v súbore A,
 b – celkový počet druhov v súbore B.

4. ZHODNOTENIE VÝSLEDKOV A DISKUSIA

4.1. Kvalitatívne a kvantitatívne zmeny v druhovom zložení

Rad „B“ – živný – mezotrofný

Charakterizujú ho fytocenózy s dominantným zastúpením druhov, so strednými nárokmi na obsah minerálnych látok a pôdnu vlhkosť. Charakteristickým znakom fytocenóz je, že v druhovom zložení sú dominantné druhy bučínové (*Galium odoratum*, *Dentaria bulbifera*, *Sanicula europaea*, *Asarum europaeum*), spolu s ďalšími druhmi mezotrofnej povahy, pričom nitrofilné a heminitrofilné druhy (*Mercurialis perennis*, *Dentaria enneaphyllos*, *Geranium robertianum*, *Stellaria nemorum*) majú pokryvnosť len do 15–20 %.

V rámci lesného typu 5301 boli opísané tri fytocenózy: základná, zmenená a vývojové štádium. Základná fytocenóza (plocha č. 1) bola vylíšená na prudkom zvlhnom svahu zvažujúcom sa do doliny. Nachádza sa vo výške 980 m. Vertikálna štruktúra porastu je jednoduchá. Hlavnú úroveň a podúroveň tvorí smrek, jedľa a buk ku ktorým hlavne nižších etážach pristupuje javor horský. Bylinná synúzia má vysokobylinný vzhľad, ktorý jej udáva hojný výskyt vysokých bylín (*Senecio nemorensis*). Na ploche je hojný až dominantný výskyt bučínových druhov (*Galium odoratum*, *Viola reichenbachiana*), ku ktorým pristupujú podhorské druhy (*Prenanthes purpurea*, *Polygonatum verticillatum*, *Calamagrostis villosa*, *Oxalis acetosella*), ako aj papradiny (*Athyrium filix-femina*). Celková pokryvnosť je 60 % a podieľa sa na nej 20 taxónov.

Zmenenú fytocenózu (plocha č. 1a) reprezentuje 90–100-ročný porast, nachádzajúci sa na prudkom sprehýbanom svahu so stopami po ťažbe. V drevinovom zložení má výrazné zastúpenie smrek s netvárnym bukom v podúrovni. Vertikálna štruktúra porastu je jednoduchá, tvorená nadúrovňou a hlavnou úrovňou, javor horský sa nachádza ojedinele vo vrstve S_{1a} . Vzhľad fytocenózy je bylinný, s hojným zastúpením bučínových druhov (*Galium odoratum*, *Rubus hirtus*), ku ktorým pristupujú podhorské druhy (*Oxalis acetosella*, *Calamagrostis villosa*) a druhy rodu *Filices*. Výrazné dominanty chýbajú, vzhľadom na hustý zápoj je aj celková pokryvnosť v porovnaní so základnou fytocenózou nižšia (50 %) a tvorí ju len 14 taxónov.

Vývojové štádium základnej fytocenózy (plocha č.1b) reprezentuje 20 rokov starý, výchovne zanedbaný porast, tvorený prevažne výmladkovým bukom. Zápoj a zakmenenie mladiny bolo ohodnotené na 90–100 %. V drevinovom zložení je zastúpený takmer 100 %-ne buk, s ojedinelým výskytom smreka a javora horského. Pokryvnosť bylinnej synúzie vplyvom hustého zápoja je nízka (20–30 %), výrazné dominanty chýbajú, druhové zloženie je podobné ako pri predchádzajúcich plochách, tvorí ho 13 taxónov, pričom ich hodnoty abundancie a dominancie sú nízke (*Asarum europaeum*, *Galium odoratum*, *Rubus hirtus*, *Viola reichenbachiana*, *Prenanthes purpurea*, *Polygonatum*

verticillatum). Na zhodnotenie podobnosti druhového zloženia bol použitý Sorensenov index podobnosti I_s , ktorého hodnota je pri porovnávaní druhového zloženia na ploche č. 1 a ploche č. 1a 64,7 %. Pri porovnávaní plôch č. 1 a 1b predstavuje 66,7 % a pri plochách č. 1a, a 1b 51,85 %. Vo všetkých prípadoch to znamená, že porovnávané fytocenózy sa v druhovom zložení líšia od seba len nepatrne.

V rámci lesného typu 5305 – podmáčaná jedľová bučina nst boli založené dve plochy (č. 2 – základná fytocenóza, č. 2a – zmenená fytocenóza). Základnú fytocenózu reprezentuje smrekovo-bukový porast s prímiesou javora horského a jedle. Porast je výchovne zanedbaný, hrúbkovo a výškovo diferencovaný, priemernej kvality s ojedinelými kvalitnými jedincami smreka a jedle. V drevinovej štruktúre má prevažné zastúpenie buk, ktorý je zastúpený vo všetkých etážach. V nadúrovni, hlavnej úrovni a podúrovni prístupujú smrek, jedľa a javor horský. Vo vrstvách 5_{1a} a 5_{1b} sa ojedinele vyskytuje javor horský, s prímiesou jaseňa. Bylinná synúzia má vysokobylinný vzhľad, ktorý jej udáva hojné až dominantné zastúpenie papradín a vysokých bylín (*Athyrium filix-femina*, *Dryopteris filix-mas*, *Senecio nemorensis*). V hojnom až dominantnom zastúpení boli na ploche zaznamenané druhy bučínové (*Galium odoratum*, *Viola reichenbachiana*, *Sanicula europaea*), ku ktorým prístupujú s menšou pokryvnosťou druhy nitrofilné (*Mercurialis perennis*, *Impatiens noli-tangere*, *Geranium robertianum*, *Stellaria nemorum*). Pokryvnosť synúzie je 80–90 % a tvorí ju 21 taxónov.

Zmenená fytocenóza sa nachádza na mierne pretiahnutom kopčekovite zvlnenom svahu v nadmorskej výške 830 m. Ide o 15 ročnú bukovo-smrekovú mladinu s prímiesou javora horského. Plocha bola po ťažbe umelo vysadená smrekom, buk a javor horský pochádzajú z prirodzeného zmladenia. V drevinovom zložení je dominantný smrek, ku ktorému prístupuje buk, menej je primiešaný javor horský. Vo vrstvách (5_{1a} , 5_{1b} , 5_2) sa nachádza prirodzene zmladený buk a javor horský. Rozmiestnenie jednotlivých taxónov na ploche nie je súvislé, prevláda ostrovčekovité zoskupenie jednotlivých druhov, čo sa prejavilo aj pri celkovej pokryvnosti spoločenstva, ktorá je 5–10²⁰. Na ploche sa hojne vyskytujú druhy bučínové (*Galium odoratum*, *Sanicula europaea*, *Asarum europaeum*) a papradiny (*Athyrium filix-femina*, *Dryopteris filix-mas*), teda druhy charakteristické pre základnú fytocenózu. Vplyvom hustého zápoja a nedostatku svetla je druhové zloženie fytocenózy chudobné, podieľa sa na ňom 9 taxónov. Sorensenov index I_s je 60 %, z čoho vyplýva že v druhovom zložení porovnávaných fytocenóz došlo k zmenám.

Základná fytocenóza (č. 3), ktorú reprezentuje lesný typ 5304, sa nachádza na prudkom, pravidelnom, miestami kamenitom podhrebeňovom svahu vo výške 1050 m. Ide o 80 ročný porast, nachádzajúci sa pod hornou hranicou lesa s ojedinelým výskytom kvalitných výstavkov buka a smreka. V hlavnej úrovni prístupuje k uvedeným drevinám javor horský. Vertikálna štruktúra porastu je jednoduchá, bez výrazného zastúpenia drevín a kríkov v spodných etážach. Fytocenóza má bylinný až vysokobylinný vzhľad, s hojným až dominantným zastúpením bučínových druhov (*Galium odoratum*, *Viola reichenbachiana*, *Rubus hirtus*, *Asarum europaeum*), hojným zastúpením vysokých

bylín a papradín (*Senecio nemorensis*, *Dryopteris filix-mas*, *Athyrium filix-femina*) ako aj podhorských druhov (*Calamagrostis villosa*, *Prenanthes purpurea*), z ktorých sa ostrovčekovite dominantne vyskytuje na ploche *Oxalis acetosella*. Nitrofilné druhy (*Mercurialis perennis*, *Salvia glutinosa*) sa na ploche vyskytujú do 15 %. Celková pokryvnosť synúzie podrastu je 80 % a podieľ sa na nej 20 taxónov.

Vývojové štádium (č. 3a) základnej fytocenózy bolo opísané na holorubnom, 50 metrov širokom páse pod elektrovozom. Z drevinového zloženia prevláda buk, v menšom zastúpení javor horský z prirodzenej obnovy, jedľa bola umelo vysadená. Fytocenózu tvoria druhy charakteristické pre rúbaňovú vegetáciu: dominantné zastúpenie má *Calamagrostis epigeios*, hojne až veľmi hojne sú zastúpené *Fragaria vesca*, *Eupatorium cannabinum*, *Urtica dioica*. Na ploche sa nachádzajú aj zástupcovia ekologických skupín charakteristických pre základnú fytocenózu a to druhy bučinové (*Galium odoratum*, *Asarum europaeum*, *Sanicula europea*), nitrofilné (*Salvia glutinosa*, *Stachys sylvatica*, *Geranium robertianum*, *Mercurialis perennis*) a papradiny (*Dryopteris filix-mas*, *Athyrium filix-femina*). Celková pokryvnosť vegetácie je nízka (30 %), čo je zapríčinené kopami uskladneného raždia po ťažbe, ktoré zaberajú značnú časť rúbaniska. Celkový počet taxónov je 24. Hodnota Sorensenovho indexu I_s je veľmi nízky 36,4 %, čo poukazuje, že medzi porovnávanými fytocenózami sú výrazné zmeny.

Plocha č. 4, ktorá reprezentuje základnú fytocenózu lesného typu 5303 bola založená na mierne vypuklom, kamenitom svahu vo výške 920 m. Ide o hrúbkovo a výškovo diferencovaný jedľovo-bukovo-smrekový porast s odumierajúcou jedľou. V drevinovom zložení má prevažné zastúpenie buk s prímiesou jedle a smreka. Vertikálna štruktúra je zložitá, smrek, buk a jedľa sa vyskytujú vo všetkých etážach. V nižších etážach sa vyskytuje v prímеси javor horský, jaseň, jarabina a vo vrstve S_{1a} ojedinele baza. Vysokobylinný vzhľad spoločenstva je výsledkom dominantného zastúpenia papradín (*Dryopteris filix-mas*). Štruktúra bylinnej synúzie je dvojetážová, v spodnej etáži sa dominantne uplatňujú bučinové druhy (*Galeobdolon luteum*, *Galium odoratum*) vo veľmi hojnom zastúpení *Sanicula europaea*, ojedinele *Hordelymus europaeus*, *Dentaria bulbifera* a *Viola reichenbachiana*. Veľmi hojne sú zastúpené druhy podhorské (*Polygonatum verticillatum*, *Prenanthes purpurea*, *Veronica montana*) s dominanciou *Oxalis acetosella*. Charakteristické sú nitrofilné druhy (*Circaea lutetiana*, *Glechoma hirsuta*, *Impatiens noli-tangere*, *Mercurialis perennis*, *Geranium robertianum*, *Stachys sylvatica*). Na presvetlených miestach sa ojedinele vyskytuje *Senecio fuchsii*. Rastlinné spoločenstvo s pokryvnosťou 70–80 % tvorí 26 taxónov.

Rúbaňové štádium s prirodzeným zastúpením jaseňa a umelo vysadeným smrekom predstavuje vývojové štádium základnej fytocenózy (č. 4). Vek prirodzene zmladeného jaseňa je 30 rokov, umelo vysadeného smreka 10 rokov. Zakmenenie je 10–30⁵⁰ %, zápoj 40–50⁶⁰ %. V drevinovom zložení dominuje jaseň, s ojedinelým výskytom zmladeného buka a prímiesou javora horského. Smrek má výrazné zastúpenie vo vrstve S_{1a} . V bylinnej zložke majú dominantné zastúpenie druhy rúbaniskovej flóry (*Rubus idaeus*,

Urtica dioica) ako aj podhorský druh *Oxalis acetosella*. Veľmi hojné je zastúpenie papradín (*Athyrium filix-femina*, *Dryopteris filix-mas*), na zvýšený svetelný príjem reaguje dominantným zastúpením *Senecio fuchsii*, čo dodáva spoločenstvu vysokobylinný vzhľad. Bučínové druhy sú zastúpené hojne až veľmi hojne, charakteristický je výskyt nitrofilných druhov. Pokryvnosť synúzie podrastu, ktorá je tvorená 34 taxónmi bola ohodnotená na 80–90 %.

Hodnota Sorensenovho indexu I_s je 60 %, čo poukazuje na to, že v druhovom zložení porovnávaných fytocenóz sú určité rozdiely, lebo jeho hodnota je menšia ako 75 %.

4.2. Zhodnotenie výsledkov ekologickej analýzy

Lesný typ 5301

Z porovnania hodnôt priemerných ekologických čísel ($\bar{x}$) pri fytocenózach opísaných v rámci tohto lesného typu (Tab. 1) vyplýva, že signifikantné zmeny faktora nastali pri svetle a pôdnej reakcii. Za signifikantnú sa považuje taká zmena faktora, pri ktorej rozdiel medzi porovnávanými hodnotami $\bar{x}$ je 0,5 a viac. Pri faktore svetla sa hodnoty $\bar{x}$ pohybujú v rozpätí od 3,28 (vývojové štádium) do 4,62 (základná fytocenóza). Rozhodujúci je tu vplyv zápoja porastov. V základnej fytocenóze vzhľadom na nízky zápoj sa popri druhoch polotieňomilných až polosvetlomilných výrazne uplatňujú aj druhy so zvýšenými nárokmi na svetelný príjem (zástupcovia rodu *Senecio* a *Rubus*). Vplyvom vyššieho zápoja v zmenenej fytocenóze a vývojom štádiu uvedené druhy chýbajú a nahradené sú druhmi s nízkymi nárokmi na intenzitu slnečného žiarenia (*Oxalis acetosella*, *Mercurialis perennis*, *Dryopteris filix-mas* a *Athyrium filix-femina*). Hodnoty $\bar{x}$ pôdnej reakcie kolíšu v rozpätí od 5,22 (zmenená fytocenóza) do 6,27 (vývojové štádium), teda od pôd mierne kyslých až po pôdy neutrálné. Na tejto skutočnosti sa výraznou mierou podieľa rozdielne drevinové zloženie (zmenená fytocenóza – dominancia smrek, vývojové štádium – dominancia buka).

Tab. 1 Ekologická analýza spoločenstiev vo vzťahu k základným ekologickým faktorom (ELLENBERG 1992), vyjadrená hodnotami priemerného ekologického čísla.

Table 1 Ecological analysis of plant communities in relation to elementary ecological factors (ELLENBERG 1992), figured with values of Ellenberg indeces

	Ekofaktor				
	Svetlo ¹	Teplota ²	Vlhkosť ³	Reakcia ⁴	Dusík ⁵
Základ. fytoc. ⁶	4,62	5,0	5,55	5,82	6,21
Zmen. fytoc. ⁷	4,21	5,0	5,42	5,22	5,92
Vývoj. štád. ⁸	3,28	4,91	5,82	6,27	6,71

¹light, ²temperature, ³moisture, ⁴reaction, ⁵nitrogen, ⁶basic phytocoenosis, ⁷changed phytocoenosis, ⁸development stage of the phytocoenosis

Lesný typ 5305

Ako vyplýva z Tab. 2 najvýraznejšie rozdiely vyjadrené hodnotami priemerného ekologického čísla ($\bar{x}$) medzi sledovanými fytocenózami sú pri faktoroch svetlo, pôdna reakcia a dusík. Pri faktore svetlo môžeme uvažovať o signifikantnej zmene faktora, pretože rozdiel v hodnotách $\bar{x}$ je 0,82. Napriek tomu, že obidve spoločenstvá sú tvorené druhmi, ktoré indikujú podobné nároky na svetlo (*Mercurialis perennis*, *Galium odoratum*, *Oxalis acetosella*, *Athyrium filix-femina*, *Dryopteris filix-mas*), vplyvom nižšieho zápoja sa v základnej fytocenóze uplatňujú aj druhy so zvýšenými nárokmi na svetlo (*Senecio nemorensis*). Pri ekofaktore teplota sú rozdiely v hodnotách priemerného ekologického čísla minimálne, čo súvisí zrejme s tým, že obidve spoločenstvá sa nachádzajú približne v rovnakej nadmorskej výške a na rovnakej expozícii. Rozdiel v hodnotách $\bar{x}$ pri faktore pôdna reakcia je vyšší (0,24). Na kyslejší charakter prostredia v zmenenej fytocenóze má vplyv vysoké zastúpenie smreka. Kyslejší opad má podiel na ústupe druhov mezo- až eutrofnej povahy, resp. na znížení hodnôt ich pokryvnosti. Nižšie hodnoty $\bar{x}$ pri faktore dusík u zmenenej fytocenózy plne korešpondujú s väčším zakyslením pôdy (JURKO 1990).

Tab. 2 Ekologická analýza spoločenstiev vo vzťahu k základným ekologickým faktorom (ELLENBERG 1992), vyjadrená hodnotami priemerného ekologického čísla
Table 2 Ecological analysis of plant communities in relation to elementary ecological factors (ELLENBERG 1992), figured with values of Ellenberg indeces

Ekofaktor					
	Svetlo ¹	Teplota ²	Vlhkosť ³	Reakcia ⁴	Dusík ⁵
Základ. fytoc. ⁶	4,92	4,91	5,85	5,22	5,21
Zmen. fytoc. ⁷	4,11	4,88	5,92	4,98	4,92

¹light, ²temperature, ³moisture, ⁴reaction, ⁵nitrogen, ⁶basic phytocoenosis, ⁷changed phytocoenosis

Lesný typ 5304

Aj pri fytocenózach tohto lesného typu potvrdili výsledky ekologickej analýzy signifikantné zmeny pri faktoroch svetlo, pôdna reakcia a dusík (Tab. 3). Pri ekofaktore svetlo možno tieto rozdiely pripísať druhom vyskytujúcim sa vo vývojovom štádiu (*Fragaria vesca*, *Hypericum perforatum*, *Ajuga reptans*, *Calamagrostis epigeios*), ktoré indikujú svojou prítomnosťou vysoké nároky na tento faktor. V základnej fytocenóze s výnimkou *Athyrium filix-femina* tieto druhy chýbajú. Vo vzťahu k vlhkosti sú hodnoty priemerného ekologického čísla menej výrazné (5,55 – základná fytocenóza a 5,26 zmenená fytocenóza. V suchšom holorubnom vývojovom štádiu prevládajú druhy menej náročné na pôdnu vlhkosť (*Fragaria vesca*, *Hypericum perforatum*) alebo druhy, ktoré sú k tomuto faktoru indiferentné. Vyššie hodnoty $\bar{x}$ pôdnej reakcie (6,17) vo vývojovom štádiu plne korešpondujú s hojným až dominantným výskytom humideštruktívnych druhov *Hypericum perforatum*,

Eupatorium cannabinum, *Scrophularia nodosa*, ktoré v základnej fytocenóze chýbajú. Táto skutočnosť sa prejavila aj pri faktore dusík, napriek tomu, že rozdiely medzi porovnávanými hodnotami $\bar{x}$ nie sú až také výrazné.

Tab. 3 Ekologická analýza spoločenstiev vo vzťahu k základným ekologickým faktorom (ELLENBERG 1992), vyjadrená hodnotami priemerného ekologického čísla

Table 3 Ecological analysis of plant communities in relation to elementary ecological factors (ELLENBERG 1992), figured with values of Ellenberg indeces

Ekofaktor					
	Svetlo ¹	Teplota ²	Vlhkosť ³	Reakcia ⁴	Dusík ⁵
Základ. fytoc. ⁶	4,82	5,0	5,55	5,62	5,98
Vývoj. štád. ⁸	5,81	5,11	5,26	6,17	6,21

¹light, ²temperature, ³moisture, ⁴reaction, ⁵nitrogen, ⁶basic *phytocoenosis*, ⁸development stage of the *phytocoenosis*

Lesný typ 5303

Ako vyplýva z ekologickej analýzy spoločenstiev tohto lesného typu, výraznejšie rozdiely boli zistené u ekofaktorov svetlo, reakcia a dusík (Tab. 4). Vo vzťahu k svetlu indikuje priaznivejšie svetelné pomery vývojové štádium fytocenózy (3,53), na čom má veľmi výrazný podiel nižší zápoj, ktorý podmieňuje výskyt druhov náročnejších na svetelné podmienky (*Cirsium arvense*, *Fragaria vesca*, *Galeopsis tetrahit*, *Rubus hirtus*, *Rubus idaeus*, *Senecio jffuchsii*). Niektoré z týchto taxónov sa síce vyskytujú aj v základnej fytocenóze, ale ich hodnoty pokryvnosti sú nízke. Vo vzťahu k pôdnej reakcii indikujú druhové zloženie základnej fytocenózy neutrálne pôdy ($\bar{x} = 7,23$), vďaka hojnému až dominantnému zastúpeniu druhov ako *Galeobdolon luteum*, *Galium odoratum*, *Mercurialis perennis* a *Sanicula europaea*, ktoré sa síce vyskytujú aj vo vývojovom štádiu, ale ich hodnoty pokryvnosti sú nízke. Pri ekofaktore dusík sú rozdiely v hodnotách $\bar{x}$ nevýrazné, nepatrne vyššie hodnoty sú pri vývojovom štádiu, na čom sa podieľajú humideštruktívne druhy a vysoké byliny, ktoré v základnej fytocenóze chýbajú.

Tab. 4 Ekologická analýza spoločenstiev vo vzťahu k základným ekologickým faktorom (ELLENBERG 1992), vyjadrená hodnotami priemerného ekologického čísla

Table 4 Ecological analysis of plant communities in relation to elementary ecological factors (ELLENBERG 1992), figured with values of Ellenberg indeces

Ekofaktor					
	Svetlo ¹	Teplota ²	Vlhkosť ³	Reakcia ⁴	Dusík ⁵
Základ. fytoc. ⁷	2,81	5,0	5,77	7,23	6,01
Vývoj. štád. ⁸	3,53	5,0	5,81	6,93	6,11

¹light, ²temperature, ³moisture, ⁴reaction, ⁵nitrogen, ⁷basic *phytocoenosis*, ⁸development stage of the *phytocoenosis*

5. ZÁVER

Cieľom práce bolo posúdenie kvantitatívnych a kvalitatívnych znakov vo floristickom zložení základných fytocenóz a ich vývojových štádií, zhodnotenie bylinnej synúzie základných fytocenóz a ich vývojových štádií podľa zastúpenia ekologických skupín druhov pomocou ekologickej analýzy ELLENBERG (1992).

Z pohľadu vývoja lesných spoločenstiev 5. vs vyplýva, že v mnohých prípadoch sa v lesníckej praxi využíva možnosť prirodzeného zmladenia pôvodných drevín, ale na holorubných a kalamitných plochách sa vysádzajú ekonomicky náročné a stanovištne nevhodné dreviny. Typickým príkladom je územie LS Liptovská Osada, kde sa na zalesňovanie takýchto plôch používajú sadenice smreka a smrekovca. Takto vzniknuté monokultúry sú väčšinou ekologicky nestabilné a druhovo chudobné (Nič 2000).

Výsledky ekologickej analýzy len potvrdili základné poznatky, že vývojové štádiá hlavne mladších vekových stupňov indikujú v porovnaní so základnou fytocenózou lepšie svetelné pomery. Na plochách s umelo vysadeným smrekom došlo k miernemu zakysleniu, čo sa prejavilo aj v nižších hodnotách priemerného ekologického čísla pôdnej reakcie. Reakcia bylinnej zložky sa prejavila ústupom druhov citlivých na tento faktor (*Galium odoratum*, *Mercurialis perennis*), pričom sa zvýšila abundancia druhov acidotolerantných (*Rubus hirtus*, *Dryopteris filix-mas*, *Fragaria vesca*, *Athyrium filix-femina* a ďalších).

Z uvedených záverov vyplýva, že pri plánovaní obnovy porastov by sa malo brať do úvahy pôvodné drevinové zloženie porastov a prirodzené zmladenie drevín v čo najväčšej miere, aby sme dosiahli druhovo rôznorodé, stanovištne vhodné a ekologicky stabilné porasty.

Pod'akovanie autorov

Týmto by sme chceli vysloviť poďakovanie grantovej agentúre VEGA, ktorá finančne podporovala riešenie grantových úloh 1/3524/06, 1/3518/06 a 2/7161/27, v rámci ktorých bola uvedená práca realizovaná.

Literatúra

- AMBROS, Z., MÍCHAL, I.: Phytoindication of change in the natural forests of the Moravian-Silesian Beskids in the course of the years 1952–1986. *Ekológia (ČSFR)* 1992, 4: 355–367.
- AMBROS, Z., GRÉK, J., MÍCHAL, I.: Analýza zmien vegetace v biosférické rezervaci Pořána. *Lesnictví – Forestry*, 1995, 41(8): 379–388.
- ČERNUŠÁK I., ČERNUŠÁKOVÁ, D.: PHYTEC: Softwarový produkt ZN–37/87, UK Bratislava, 1989.
- DOSTÁL, J., ČERVENKA, M.: Velký klíč na určování vyšších rastlín I, II. Slovenské pedagogické nakladatel'stvo, Bratislava, 1992, 1 567 s.
- ELLENBERG, H.: Zeigerwerte der Gefäßspflanzen Mitteleuropas. *Scripta geobotanica* 9, Gottingen, 1974, 97 s.
- ELLENBERG, H.: Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropas. In: *Scripta Geobotanica* 18, D 3400 Gottingen Auflage, 1992, 258 s.
- FALKENGREN-GRERUP: Soil acidification and its impact on ground vegetation. *Ambio*, 1989, 18(3): 179–183.

- HANČINSKÝ, L.: Lesné typy Slovenska. Príroda, Bratislava, 1972, 307 s.
- JURKO, A.: Ekologické a socioekonomické hodnotenie vegetácie. Príroda, Bratislava, 1990, 95 s.
- KONTRIŠ, J., GREGOR, J.: Vplyv hospodárenia na štruktúru lesných ekosystémov. Zborník prednášok: Problémy antropogénnej záťaže lesov a možnosti riešenia účinných protiopatrení. Martin, 1990, 36–44.
- NİČ, J.: Dynamika lesných fytocenóz 7. lesného vegetačného stupňa v zmenených ekologických podmienkach. (Habilitačná práca), TU LF vo Zvolene, 2000, 89 s.
- KRIŽOVÁ, E.: Odraz zmenených ekologických podmienok v zložení a produkcii lesných fytocenóz ŠPR „Pod Latiborskou hoľou“. Acta Facultatis Forestalis, Zvolen, 1994, 36: 63–73.
- KRIŽOVÁ, E.: Fytocenológia a lesnícka typológia. Učebné texty. TU Zvolen, 1995, 203 s.
- KRIŽOVÁ, E., NİČ, J.: Fytocenológia a lesnícka typológia. (Návody na cvičenia), TU Zvolen, 2000, 116 s.
- THIMONIER, A., DUPOUEY, J. L., TIMBAL, J.: Floristic changes in the herb-layer vegetation of a deciduous forest in the Lorraine plain under the influence of atmospheric deposition. INRA-CRF, 1992, Laboratoire de Phytocécologie, (mscr)
-

Adresa autorov:

Ing. Natália Malajterová
LF Katedra fytológie
Technická univerzita vo Zvolene
Masarykova 24
Slovenská republika
e-mail: nataliam@vsld.tuzvo.sk

Doc. Ing. Juraj Nič, PhD.
Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
Masarykova 24
Slovenská republika
e-mail: nic@vsld.tuzvo.sk

Dynamics of natural and managed forest of Low Tatras in the area of LHC Liptovská Osada

SUMMARY

This work deal with dynamics of evolution of vegetation in natural phytocenosis and phytocenosis changed by the managing of man. The subject of research are plant communities of 5. forest vegetation zone. From gained results follows that the development stages and changed plant communities differ in species composition in comparison with basis communities. From these facts result also different degrees of biodiversity of these communities. The ecological analysis show the differences in values of basic ecological factors between compared communities.

Key words: dynamics of vegetation, ecological analysis of plant communities, quantitative and qualitative marks of phytocenosis, forest plant communities of 5. vegetation zone

VYBRANÉ CHARAKTERISTIKY SEMENÁČIKOV SMREKA VYPRODUKOVANÝCH RÔZNYMI TECHNOLÓGIAMI

Peter J A L O V I A R – Ivana S A R V A Š O V Á

Jaloviar, P., Sarvašová, I.: Vybrané charakteristiky semenáčikov smreka vyprodukovaných rôznymi technológiami. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLIX**, 2007, č. 1, s. 77–86.

V práci sa porovnávajú niektoré biometrické a kvalitatívne charakteristiky 1-ročných voľnokorenných semenáčikov smreka a semenáčikov s obalenou koreňovou sústavou pestovaných technológiou *Lännen Plantek*. Zistené priemerné hodnoty kvantitatívnych znakov, ktorými boli hmotnosť, dĺžka, povrch a objem koreňového systému, počet koreňových špičiek, rozvetvenosť koreňa, ako aj hmotnosť ihlic, celej nadzemnej časti a hrúbka koreňového krčka sú v prípade obaľovaných semenáčikov niekoľkonásobne vyššie ako pri voľnokorenných semenáčikoch. Pomer hmotnosti koreňovej sústavy a asimilačných orgánov je vyšší pri voľnokorenných semenáčikoch, v prípade obaľovaného materiálu rastie hmotnosť ihlic so zväčšujúcou sa hmotnosťou koreňa rýchlejšie. Počet koreňových špičiek pripadajúcich na 1 cm dĺžky je vyšší v prípade technológie *Lännen Plantek*. Tiež zastúpenie jednotlivých hrúbkových frakcií je v prípade obaľovaných semenáčikov rovnomernejšie ako pri voľnokorenných.

Kľúčové slová: smrek obyčajný, koreňový systém, semenáčik, *Lännen Plantek*

1. ÚVOD A PROBLEMATIKA

Krytokorenné spôsoby pestovania sadbového materiálu predstavuje dôležitá odvetvie európskej a svetovej škôlkárskej produkcie. Začiatky masového využívania týchto technológií spadajú do druhej polovice minulého storočia a boli rozvíjané hlavne v USA, Veľkej Británii a Nemecku (KRÜSSMANN 1997).

Najnovšie poznatky dokazujú, že rozhodujúcim faktorom vhodnosti jednotlivých obalov pre pestovanie krytokorenných semenáčikov a sadeníc, je ich vplyv na morfogézu koreňových systémov počas pestovania, ale hlavne počas rastu po výsadbe na trvalé stanovište (LOKVENC 2001). Výber vhodného typu obalu preto rozhoduje o správne vyvinutej, nedeformovanej koreňovej sústave. Obaly rozdeľujeme podľa typu na prerastavé a neprerastavé, alebo pevné, z ktorých treba semenáčky po vypestovaní vyberať, tzv. plugy (ŠMELKOVÁ 2001). Rašelinové prerastavé obaly Jiffy-7 Forestry hodnotila vo svojich prácach (TUČEKOVÁ, ABELOVSKÁ 2002, TUČEKOVÁ 2004). Zistila, že semenáčky vypestované touto technológiou lepšie rástli na tých pokusných plochách, kde bol odstránený prerastavý obal

z vysádzovanej sadenice. Koreňovými systémami v obaloch Jiffy-7 Forestry sa zaoberal MAUER 1999, chemickým a mechanickým ovplyvnením koreňových systémov krytokorených sadeníc BÁRTOVÁ, MAUER (2004). Zistili, že tzv. orezávanie koreňových systémov vzduchom z boku a zo spodu je možné úspešne nahradiť chemickými zlúčeninami na báze ťažkých kovov. JURÁSEK *et al.* (2006) uvádza, že základnými požiadavkami na pevné obaly je to, aby neumožňovali deformácie a prerastanie koreňov laterálnych a prerastanie koreňov odkrytým dnom. Preto podľa autora musia spĺňať tieto požiadavky: vertikálne ryhy na vnútornej stene obalu musia usmerňovať rast koreňov smerom dolu po celej dĺžke obalu. Chýbajúce dno, alebo plynule sa zužujúci prechod medzi otvorom a dnom musí zabrániť vzniku špirálových deformácií na dne obalov. Okrem samotného typu obalu majú na tvorbu koreňovej sústavy podstatný vplyv hnojenie a dĺžka fotoperiód (SARVAŠ, LENGYELOVÁ 2004, SARVAŠ 2004, SARVAŠ *et al.* 2005).

Fínskou technológiou *Lännen Plantek* sa už viac ako 25 rokov úspešne produkuje sadbový materiál lesnícky významných druhov drevín generatívneho i vegetatívneho pôvodu. Výhodou tejto technológie je, že sa skracuje doba pestovania pri dosiahnutí parametrov výsadby schopných sadeníc, predlžuje sa doba zalesňovania a znižuje sa šok z presadenia. Prirodzený rast koreňov je zaistený špeciálnou konštrukciou obalu, postranným štrbinovým žliabkovaním stien a pestovaním na vzduchovom vankúši – tzv. air pruning. Nevýhodou spomínanej technológie sú oproti voľnokorennému pestovaniu sadeníc vyššie vstupné náklady a vyššia náročnosť na plochu, ktorá sa však v konečnom dôsledku odrazí na lepšej kvalite a predajnosti takto dopestovaného sadbového materiálu.

Prírastkový potenciál koreňového systému smreka patrí k najnižším spomedzi našich lesných drevín, v rámci ihličnatých drevín má menšie prírastky koreňového systému len jedľa. Smrek je ďalej charakteristický výraznou autonómiou rastu jemných koreňov, čo znamená, že aj v prípade priaznivých vlhkostných podmienok sa rast koreňov v letnom období vždy zastavuje. Vplyv východiskovej hustoty na formovanie nadzemnej časti je nesporný (SCHMIDT-VOGT 1991). Ak vychádzame z predpokladu, že pri zdravých jedincoch je zachovaná proporcionalita medzi nadzemnou a podzemnou časťou stromu (SCHINOZAKI *et al.* 1964) je na mieste predpoklad, že hustota rovnako zásadne ovplyvňuje aj tvorbu a rozdelenie koreňov.

V predkladanej práci uvádzame výsledky hodnotenia koreňových systémov semenáčikov smreka obyčajného vypestovaných klasickým voľnokorenným spôsobom na rašelinových nekrytých substrátoch a technológiou *Lännen Plantek*.

2. MATERIÁL A METODIKA

Pokusné výsevy boli založené v máji 2006 na dvoch lokalitách: v arboréte Borová Hora a v škôlkárskom stredisku Jochy, Semenoles Liptovský Hrádok technológiou *Lännen Plantek*. Na výsev bolo použité semeno smreka pôvodom zo ŠLP TU Zvolen: 093/01/03 EVK 01563ZV577 15/2003. Klíčivosť semena bola 99 % a čistota 95 %.

V arboréte Borová Hora boli vysiate 3 pokusné plôšky s veľkosťou 1 m², na ktoré bola vysiatá výsevná dávka 35 g semena smreka obyčajného. Výsevným substrátom bola čistý rašelinový substrát zo Suchej Hory. Výsevy boli zasypané jemnou vrstvou rašeliny a vzišli 21. 5. 2006. Počas celej vegetačnej doby boli záhony bežne agrotechnicky ošetrované. Počas prvého októbrového týždňa 2006 boli semenáčky v počte 35 ks z každej plôšky opatrne vyzdvihované tak, aby zostali neporušené koreňové systémy.

Semenom rovnakého pôvodu bolo vysiate aj do buniek naplnených rašelinovým substrátom v ŠS Jochy, Semenoles Liptovský Hrádok. Bolo odrátaných 162 ks semien smreka obyčajného, ktoré sa vysievali do plátu s 81 bunkami a parametrami uvedenými v tabuľke 1. Výsevy sa kultivujú v krytoch pri použití hnojivých závlah, v auguste a septembri sa prekladajú na voľné priestranstvá, za účelom dobrého vyzretia výhonov a otužovania drevín. Dňa 19. októbra 2006 sme odobrali z pokusného výsevu v *Lännen Plantek* vzorku 35 semenáčikov smreka obyčajného.

Koreňové systémy semenáčikov odobratých na analýzy sme najprv dôkladne očistili od substrátu. Dôležité je vymývať koreňový systém tak, aby nedošlo k odtrhnutiu a strate jeho častí. Po zmeraní hrúbky koreňového krčka sme semenáček rozrezali na nadzemnú a koreňovú časť. Nadzemná časť sa po vysušení (60 °C, 72 hod.) rozdelila na stonku a ihlice, ktoré sa odvážili s presnosťou na 0,0001 g. Dĺžka koreňa, jeho objem, povrch, počet zakončení a rozvetvenosť po hrúbkových triedach s rozpätím 0,25 mm sa zisťoval pomocou systému WinRhizo 2004a™. Po zoskenovaní systému sme tento ďalej vysušili a stanovili hmotnosť za rovnakých podmienok ako pri nadzemnej časti.

Tabuľka 1 Technické parametre výsevných buniek
Tabelle 1 Technische Daten der Topfplatten

Názov ¹	Počet buniek ²	Rozmery plata ³ (mm)	Vnútny rozmer bunky ⁴ (mm)	Objem bunky ⁵ (cm ³)	Hustota rastlín ⁶ (ks.m ⁻²)
PL 81F	9 x 9	385 x 385 x 73	41 x 41 x 73	85	549

¹Name, ²Töpfe pro Platte, ³Abmessungen der Topfplatte, ⁴Innenmaße des Topfes, ⁵Volumen des Topfes, ⁶Bestandsdichte der Pflanzen

3. VÝSLEDKY A DISKUSIA

Ako prvý krok porovnania veľkosti koreňových systémov pri pestovaní voľno-korenných semenáčikov a metódou *Lännen Plantek* sme využili porovnanie priemerných hodnôt niektorých kvantitatívnych znakov. Keďže išlo len o dva varianty použili sme na zistenie štatistickej významnosti ich rozdielov Studentov t-test dvoch nezávislých výbe-rov v programe Statistica 6.0. Hodnoty aritmetických priemerov znakov, ich smerodajné odchýlky a výsledky testovania uvádzame v tabuľke 2.

Tabuľka 2 Priemerné hodnoty vybraných kvantitatívnych znakov koreňov 1-ročných semenáčikov smreka vypestovaných rôznymi technológiami.

Tabelle 2 Durchschnittswerte der ausgewählten quantitativen Größen von den Wurzeln der 1-jährigen Fichtensammlinge, angebaut durch unterschiedliche Technologien

Znak ¹	Längen plantek		Voľnokorenné ²		T-test
	Priemer	Sm. odchýlka	Priemer ⁸	Sm. odchýlka ⁹	
Hmotnosť [g] ³	0,298	0,077	0,051	0,016	31,2**
Dĺžka [cm] ⁴	805,5	269,8	219,2	67,7	20,5**
Objem [cm ³] ⁵	0,889	0,258	0,236	0,068	23,7**
Priemerná hrúbka [mm] ⁶	0,793	0,227	0,373	0,023	18,8**
Počet zakončení ⁷	2702	1068	720	234	17,8**

¹Größe, ²Wurzelnackte, ³Gewicht, ⁴Wurzellänge, ⁵Volumen, ⁶Durchmesser, ⁷Anzahl der Wurzelspitzen, ⁸Durchschnittswert, ⁹Standardabweichung

Všetky hodnotené kvantitatívne znaky koreňových systémov sú v prípade technológie *Längen Plantek* niekoľko násobne vyššie ako pri voľnokorenných semenáčikoch pestovaných na nekrytom substráte. Hmotnosť koreňa pri obaľovaných semenáčikoch prevyšuje voľnokorenné viac ako 5-násobne, priemerná hrúbka koreňa je približne dvojnásobná. Okrem týchto dôležitých ukazovateľov kvantitatívnej produkcie koreňovej biomasy prevyšujú semenáčky pestované technológiou *Längen Plantek* voľnokorenné semenáčky aj v počte zakončení a v rozvetvenosti koreňov. Počet zakončení (koreňových špičiek) je vhodným indikátorom sacej kapacity koreňov semenáčka, pretože za zónami delivého a predĺžovacieho rastu nasleduje úsek koreňa nesúci koreňové vlásky so sacou funkciou. Sacia kapacita koreňa semenáčka vypestovaného technológiou *Längen Plantek* je teda v porovnaní s voľnokorenným materiálom takmer štvornásobná. Taktiež vysoká rozvetvenosť koreňa je predpokladom pre formovanie bohatej koreňovej sústavy. Kým pri voľnokorennom materiáli väčšinou dominuje jeden hlavný koreň, ktorý sa ďalej vetví, pri obaľovaných semenáčikoch sa koreň vetví už v bezprostrednej blízkosti koreňového krčka.

Variabilita jednotlivých znakov je v oboch variantoch približne rovnaká, variačný koeficient má pri všetkých hodnotených znakoch hodnoty okolo 30 %.

Vysoké rozdiely, ktoré sme zistili medzi znakmi koreňových systémoch zodpovedajú rozdielom v parametroch nadzemných častí. Zistené priemerné hodnoty meraných veličín uvádzame v tabuľke 3.

Rozdielnosť oboch variantov pestovania je v prípade nadzemných častí dokonca ešte podstatne vyššia ako v prípade koreňov. Najvyšší rozdiel sa zistil v prípade hmotnosti stonky bez asimilačných orgánov, ktorý je viac ako 10-násobný. Rozdiel v konštantnej hmotnosti ihlič je tiež väčší, ako rozdiel konštantných hmotností koreňa.

Tabuľka 3 Priemerné hodnoty vybraných kvantitatívnych znakov nadzemných častí 1-ročných semenáčikov smreka vypestovaných rôznymi technológiami.

Tabelle 3 Durchschnittswerte der ausgewählten quantitativen Größen der oberirdischen Teile der 1-jährigen Fichtensämlinge, angebaut durch unterschiedliche Technologien

Znak ¹	Lännen Plantek		Voľnokorenné ²		T-test
	Priemer	Sm. odchýlka	Priemer ⁷	Sm. odchýlka ⁸	
Hmotnosť ihlič [g] ³	0,323	0,086	0,042	0,014	32,4**
Hmotnosť stonky [g] ⁴	0,205	0,057	0,018	0,006	33,3**
Hmotnosť celej nadz. časti [g] ⁵	0,528	0,136	0,061	0,019	34,4**
Hrúbka koreňového krčka [mm] ⁶	1,873	0,226	0,695	0,168	32,8**

¹Größe, ²Wurzelnackte, ³Nadelngewicht, ⁴Sproßgewicht, ⁵Gewicht des gesamten oberirdischen Teiles, ⁶Durchmesser im Wurzelhals, ⁷Durchschnittswert, ⁸Standardabweichung

Na posúdenie vzťahu konštantnej hmotnosti koreňa a ihlič sme použili metódu jednoduchej lineárnej korelácie. Jej výsledky uvádzame v tabuľke 4, priebeh regresných priamok je zobrazený na obr. 1.

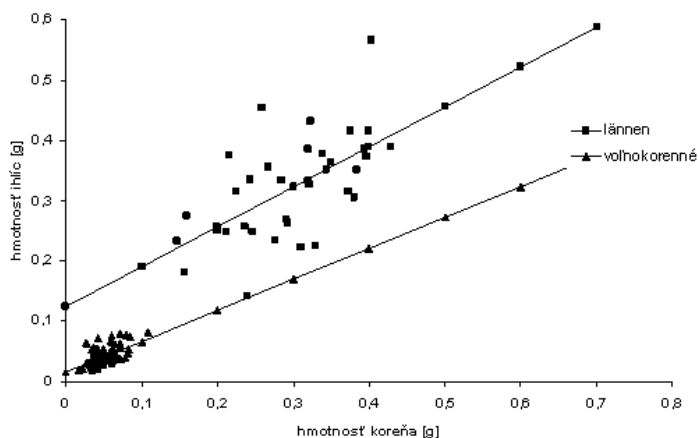
Tabuľka 4 Hodnoty parametrov lineárnej korelácie medzi konštantnou hmotnosťou koreňa a ihlič podľa spôsobu pestovania a ich porovnanie

Tabelle 4 Die Parameter der linearen Korrelation zwischen dem Wurzel- und Nadelngewicht je nach Variante

Variant ¹	a	b	r	Stredná chyba regr. priamky ²	F-test (významnosť) ³
Voľnokorenné ⁴	0,016**	0,512**	0,58	0,011	18,61 ***
Lännen Plantek	0,124**	0,663**	0,59	0,070	

¹Variante, ²Standardfehler der Regressionsgerade, ³F-Wert (Signifikanz des Unterschiedes), ⁴Wurzelnackte

Závislosť medzi konštantnou hmotnosťou koreňa a ihlič je v oboch prípadoch len voľná. Aj keď sú reziduálne rozptyly v oboch prípadoch vysoké, kvôli vysokým absolútnym rozdielom sa priebehy závislostí od seba štatisticky vysoko významne odlišujú. Pomer hmotnosti koreňa a ihlič má pri voľnokorenných semenáčikoch priemernú hodnotu 1,257 ($\pm 0,338$), kým pri technológii *Lännen Plantek* je to 0,954 ($\pm 0,25$). Obe hodnoty sa od seba štatisticky vysoko významne odlišujú ($\alpha = 99\%$). Variabilita pomerov je vyššia pri voľnokorenných semenáčikoch, zistené variačné rozpätie je 0,43–2,00, pri obalovaných semenáčikoch je to 0,57–1,68. Znamená to teda, že na určitú hmotu asimilačných orgánov v prípade voľnokorenného materiálu síce pripadá významne vyšší podiel koreňa, ale zároveň je tento podiel výrazne variabilnejší.



Obr. 1 Priebeh lineárnych závislostí a hmotnosti ihlič od hmotnosti koreňa v obidvoch variantoch pestovania

Abb. 1 Verlauf der linearen Abhängigkeiten des Nadelntrockengewichtes und des Wurzelgewichtes in den beiden Anbauvarianten

Na druhej strane absolútne hodnoty ukazovateľov charakterizujúcich saciu kapacitu koreňa, ako sú povrch a počet zakončení sú niekoľkonásobne vyššie pri obaľovaných semenáčikoch, pričom pomer jednotlivých častí semenáčika zostáva priaznivý.

Pre bližšiu charakteristiku kvality koreňových systémov sme zisťovali závislosť medzi celkovou dĺžkou koreňa a počtom jeho zakončení. Aj v tomto prípade sme použili metódu jednoduchej lineárnej korelácie. Jej výsledky sú uvedené v tabuľke 5.

Podľa údajov z tabuľky 5 je teda rozdiel v závislosti počtu koreňových špičiek od dĺžky koreňa v obidvoch spôsoboch pestovania len náhodný, pričom náhodný charakter je spôsobený predovšetkým vysokou variabilitou tohto ukazovateľa pri technológii *Lännen Plantek*. Každý z regresných koeficientov sa významne odlišuje od nuly a ich vzájomné porovnanie ukázalo, že sa od seba štatisticky významne odlišujú ($\alpha = 99\%$), t. j. priamky sú rôznobežné.

Vzťah celkovej dĺžky a počtu koreňových zakončení sme ďalej vyjadrili priemerným počtom zakončení pripadajúcim na 1 cm dĺžky koreňa. V prípade volnokorenných semenáčikov pripadá na 1 cm dĺžky 4,65 ($\pm 0,56$) špičiek, pri obaľovaných semenáčikoch je to 6,88 ($\pm 1,84$). Hodnoty sa od seba veľmi významne odlišujú ($t = -11,03$). Nárast počtu špičiek so zväčšujúcou sa dĺžkou koreňa je síce pomalší pri obaľovaných semenáčikoch, priemerný počet špičiek je však vyšší.

Ďalším ukazovateľom, ktorým sa dá charakterizovať kvalita koreňového systému je podiel hrúbkových kategórií koreňov na celkových hodnotách dĺžky a povrchu. Aby sme

mohli porovnať podiel hrúbkových frakcií aj pri rozdielne veľkých koreňových sústavách, porovnávali sme relatívne podiely dĺžky alebo povrchu v príslušnej hrúbkovej triede po 0,25 mm. Prehľad o rozdelení celkovej dĺžky po hrúbkových triedach je uvedený v tabuľke 5.

Tabuľka 5 Hodnoty parametrov lineárnej korelácie medzi dĺžkou koreňa a počtom koreňových špičiek podľa spôsobov pestovania a ich porovnanie

Tabelle 5 Die Parameter der linearen Korrelation zwischen der Wurzellänge und dem Anzahl der Wurzelspitzen je nach Anbauvariante

Variant ¹	a	b	r	Stredná chyba regr. priamky ²	F-test (významnosť) ³
Voľnokorenné ⁴	4,36	3,26**	0,942	0,114	1,08NS
Länner Planteck	279,6	3,01**	0,759	0,448	

¹Variante, ²Standardfehler der Regressionsgerade, ³F-Wert (Signifikanz des Unterschiedes), ⁴Wurzelnackte

Štatistickú významnosť rozdielov medzi vektormi priemerných hodnôt podielov sme hodnotili v rámci viacnásobnej analýzy variancie (MANOVA). Vzhľadom na zväčša ľavostranný charakter rozdelenia hodnôt podielov najmä v hrúbkových triedach nad 0,75 mm sme tieto transformovali pomocou arcus-sínusovej transformácie. Vypočítaná hodnota testovacieho kritéria (Wilks $\lambda = 0,204^{***}$) znamená, že vektory sa od seba odlišujú s vysokou pravdepodobnosťou, t.j. že medzi variantmi pestovania sú z hľadiska zastúpenia hrúbkových kategórií koreňov veľmi významné rozdiely.

Z priemerných hodnôt je zrejmé, že najväčší podiel na celkovej dĺžke má hrúbková trieda od 0,26 do 0,50 mm. Druhou najviac zastúpenou frakciou je hrúbková trieda do 0,25 mm. Medzi obidvomi variantmi pestovania sú rozdiely v relatívnom rozdelení dĺžky po hrúbkových triedach. Pri voľnokorenných semenáčikoch veľmi výrazne dominuje hrúbková trieda 0,25–0,5 mm, pri technológii *Länner Planteck* je zastúpenie hrúbkových tried rovnomernejšie.

Podobne ako dĺžku sme hodnotili aj distribúciu povrchu koreňov. Priemerné hodnoty podielu povrchu koreňov rozdelené po hrúbkových triedach s rozpätím 0,25 mm sú uvedené v tab. 6.

Štatistickú významnosť rozdielov vo vektoroch priemerných podielov hrúbkových tried na celkovom povrchu sme testovali v rámci viacnásobnej analýzy variancie. Testovacia charakteristika Wilks λ má hodnotu 0,192 ***. Môžeme teda skonštatovať, že rovnako ako v prípade dĺžok, aj rozdelenie povrchu koreňových systémov voľnokorenných a obalených semenáčikov po hrúbkových triedach sa štatisticky vysoko významne odlišuje.

Tabuľka 6 Priemerné podiely hrúbkových tried koreňov na celkovej dĺžke koreňového systému pri rozdielnych technológiách pestovania

Tabelle 6 Die durchschnittlichen Anteile der Durchmesserklassen von Wurzeln an der Wurzelgesamtlänge in den beiden Anbauvarianten

Hrúbková trieda v mm ¹	Lännen Plantek		Voľnokorenné ²	
	Ar. priemer ³	Sm. odchýlka ⁴	Ar. priemer	Sm. odchýlka
0,00–0,25	36,8	9,4	28,1	8,2
0,26–0,50	48,8	8,2	62,3	7,5
0,51–0,75	10,1	2,3	8,2	0,3
0,76–1,00	2,9	1,2	0,9	0,5
1,01–1,25	0,7	0,5	0,2	0,1
nad 1,26 mm	0,7		0,3	

¹Durchmesserklasse, ²Wurzelnackte, ³Mittelwert, ⁴Standardabweichung

Tabuľka 7 Priemerné podiely hrúbkových tried koreňov na celkovom povrchu koreňového systému pri rozdielnych technológiách pestovania.

Tabelle 7 Die durchschnittlichen Anteile der Durchmesserklassen von Wurzeln an der gesamten Wurzeloberfläche in den beiden Anbauvarianten

Hrúbková trieda v mm ¹	Lännen Plantek		Voľnokorenné ²	
	Ar. priemer ³	Sm. odchýlka ⁴	Ar. priemer	Sm. odchýlka
0,00–0,25	0,211	0,068	0,175	0,060
0,26–0,50	0,484	0,068	0,650	0,067
0,51–0,75	0,180	0,031	0,140	0,051
0,76–1,00	0,071	0,027	0,024	0,012
1,01–1,25	0,022	0,014	0,006	0,005
nad 1,26 mm	0,011	0,012	0,001	0,002

¹Durchmesserklasse, ²Wurzelnackte, ³Mittelwert, ⁴Standardabweichung

5. ZÁVER

Výsledky porovnania rastu voľnokorenných a obaľovaných semenáčikov hovoria jednoznačne v prospech výroby obaľovaného materiálu. Vo všetkých kvantitatívnych parametroch dosahujú obalené semenáčky lepšie hodnoty ako voľnokorenný materiál. V oboch prípadoch je zachovaný priaznivý pomer koreňa a asimilačného aparátu. Koreňový systém obaľovaných sadeníc *Lännen Plantek* vykazuje vyšší počet koreňových špičiek na jednotku dĺžky a tiež vyrovnanjšie zastúpenie hrúbkových tried.

Práca predstavuje prvé čiastkové výsledky experimentu zameraného na vplyv rozličných substrátov a spôsobov pestovania sadbového materiálu smreka. Cieľom je otestovanie vplyvov ďalších modifikácií substrátov v kombinácii s variantmi škôlkovania.

Literatúra

- BÁRTOVÁ, A., MAUER, O., 2004: Chemické a mechanické možnosti ovlivnění tvorby kořenového systému lesních dřevin. In: Kořenový systém – základ stromu. Root system- The Tree Foundation. Sborník referátů z konference, 25.8.2004 Křtiny, MZLU Brno, 92–103.
- JURÁSEK, A., NÁROVCOVÁ, J., NÁROVEC, V., 2006: Průvodce krytokorenným sadebním materiálem lesních dřevin, Lesnická práce, 56 s.
- KRÜSSMANN, G., 1997: Die Baumschule, Paul Parey Verlag, Berlin, 982 s.
- LOKVEC, T., 2001: Přínos opočenského pracoviště pro vědu a praxi v oborech lesního školkařství a zalesňování. In: 50 let pěstebního výskumu v Opočně. Sborník z celostátní konference konané ve dnech 12.–13. 9. 2001, VÚLHM Sest. A. Jurásek a kol. Jíloviště – Strnady, 29–46.
- MAUER, O., 1999: Technologie pěstování krytokorenného sadbového materiálu. In: Pěstování a užití krytokorenného sadebního materiálu. Sborník referátů z mezinárodní konference, Trutnov, 25–44.
- SARVAŠ M., LENGYELOVÁ, A., 2004: Vplyv rozdielnej dĺžky fotoperiody na rast krytokorenných semenáčikov smreka. In: Penáz J., Martinek J.: Hlavní úkoly pěstování lesů na počátku 21. století. Zborník referátov z medzinárodnej konferencie, 14.–16. 9. 2004, Brno p. 61–66.
- SARVAŠ M., 2004. Odolnosť na mráz – podstatný faktor úspešnosti pestovania krytokorenného sadbového materiálu. In: Jurásek A. Možnosti použití sadebního materiálu z intenzivních školkařských technologií pro obnovu lesa. Zborník referátov, 3.–4. 6. 2004, Opočno.
- SARVAŠ, M., LENGYELOVÁ, A., TAKÁČOVÁ, E., 2005: Vplyv rozdielnej dĺžky fotoperiody na rast krytokorenných semenáčikov. In: Saniga, M., Jaloviár, P., (eds): Súčasná otázky pestovania lesa – Actual problems of silviculture. s. 138–141
- ŠMELKOVÁ, L., 2001: Lesné škôlky ÚVVPLH, Zvolen ISBN 80-88677-83-1, 275 s.
- TUČEKOVÁ, A., ÁBELOVSKÁ, A., 2002: Výroba a využitie sadbového materiálu v podmienkach Slovenskej republiky. In: Produkcia a používanie reprodukčného materiálu lesných drevín v podmienkach súčasnej legislatívy, LVÚ Zvolen, 69–79.
- TUČEKOVÁ, A., 2004: Poznatky s použitím krytokorenného sadbového materiálu z intenzívnych technológií pri obnove lesa (Jiffy-7 Forestry). In: Možnosti použití sadebního materiálu z intenzivních školkařských technologií pro obnovu lesa. Sborník referátů z mezinárodního školkařského semináře, 3.–4. 6. 2004, Opočno, VÚLHM s nakladatelstvem Lesnická práce, 108–117.
- www.lannenplantsystem.com

Adresa autorov:

Ing. Peter Jaloviár, PhD.
Ing. Ivana Sarvašová, PhD.
Katedra pestovania lesa
Lesnícka fakulta
TU vo Zvolene
Masarykova 24
960 53 Zvolen

e-mail: jaloviar@vsld.tuzvo.sk
isarvas@vsld.tuzvo.sk

Ausgewählte Merkmalen der Fichtensämlinge, produziert durch unterschiedliche Anbautechnologien

Zusammenfassung

In der Arbeit werden ausgewählte biometrische und qualitative Merkmale von den 1-jährigen wurzelnackten Fichtensämlingen und 1-jährigen mit *Länner Plantek* produzierten Fichtensämlingen verglichen. In allen beobachteten quantitativen Merkmalen, d.h. in dem Wurzeltrockengewicht, Wurzellänge, -volumen und -oberfläche, sowie bei der Anzahl der Wurzelspitzen und Verzweigung des Wurzelsystems waren die *Länner Plantek* Sämlinge den wurzelnackten mehrfach überlegen. Dasselbe gilt auch für die Parameter des oberirdischen Teiles (Gewicht der Nadeln, des gesamten oberirdischen Teiles und Wurzelhalsdurchmesser). Das Verhältnis der Trockengewichte der Wurzel und des Assimilationsapparates war bei den wurzelnackten Sämlingen zwar höher, jedoch steigt bei den Ballensämlingen das Nadelngewicht mit dem zunehmenden Wurzelgewicht schneller, als dasjenige der wurzelnackten. Die Häufigkeit der Wurzelspitzen pro 1 cm Wurzellänge ist höher bei *Länner Plantek*. Die Wurzellängen in den einzelnen Durchmesserklassen sind bei den *Länner Plantek*-Sämlingen auch gleichmäßiger verteilt.

ÚČINKY VEGETATÍVNEHO HUBOVÉHO INOKULA A KOMERČNÉHO PRÍPRAVKU ECTORIZE NA VÝVIN NADZEMNEJ ČASTI OBALENÝCH ODREZKOVANCOV SMREKA OBYČAJNÉHO

Ivan R E P Á Ć

Repáč, I.: Účinky vegetatívneho hubového inokula a komerčného prípravku Ectorize na vývin nadzemnej časti obalených odrezkovancoV smreka obyčajného. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, XLIX, 2007, č. 1, s. 87–98.

Zakoreňovací substrát (perlit : rašelina, 7 : 5) zimných osových odrezkov smreka obyčajného bol inokulovaný vegetatívnym granulovým inokulom húb čírovka zelenohnedastá (izolát TUZ182), masliak kravský (TUZ105) a slzivka obyčajná (TUZ129), izolovaných a udržiavaných na Katedre pestovania lesa Technickej univerzity vo Zvolene. Päťna odrezkov zakoreňovala v substráte s granulami neobsahujúcimi hubu a tiež v čistom rašelino-perlitovom substráte (kontrola). Zakorenené odrezky boli po 12 mesiacoch od začiatku zakoreňovania (vrátane prezimovania) preškôlkované do neprerastavých obalov s dnom objemu 730 ml. Polovica odrezkovancoV z každého z piatich inokulačných variantov z obdobia zakoreňovania bola v čase škôlkovania inokulovaná komerčným prípravkom Ectorize obsahujúcim spóry endo- a ektomykorizných húb. Hodnotené bolo prežívanie a rast nadzemnej časti dvoj- a trojročných odrezkovancoV. Hoci ujatosť 3-ročných odrezkovancoV inokulovaných čírovkou+Ectorize bola 100 % a inokulovaných masliakom len 65 %, vplyv granulového inokula a Ectorize na ujatosť odrezkovancoV nebol jednoznačný. Analýza rozptylu ukázala významné rozdiely vo výške stonky medzi odrezkovancami inokulovanými čírovkou (11,5 cm) a variantom kontrola+Ectorize (15,3 cm) a v celkovej dĺžke bočných výhonkov, keď najmenšiu hodnotu dosiahli opäť odrezkovance inokulované čírovkou (12,1 cm) a najvyššiu čírovkou+Ectorize (22,7 cm). Medzi inokulovanými a neinokulovanými odrezkovancami neboli zistené žiadne významné rozdiely. Aplikácia prípravku Ectorize mala mierny stimulačný účinok na vývin nadzemnej časti odrezkovancoV.

Kľúčové slová: vegetatívne rozmnožovanie, odrezkovance, mykORIZÁCIA, *Picea abies*

1. ÚVOD

Význam vegetatívneho rozmnožovania pre záchranu genofondu a šľachtenie lesných drevín je dobre známy. Tradičnou metódou v prevádzkových podmienkach je rozmnožovanie osovými odrezkami. Takýmto spôsobom je možné rutinne vo veľkom rozsahu rozmnožovať aj najvýznamnejšiu ihličnatú drevinu na Slovensku – smrek obyčajný (CHLEPKO a kol. 1991, PAULE 1992). Po zakorenení odrezkov v skleníku alebo parenísku sa odrezkovance vhodné na výsadbu dopestujú bežnými postupmi (preškôlkovaním na záhon alebo do kontajnerov). Rozhodujúcou okolnosťou pre úspešný vývin

odrezkovancov po preškôlkovaní alebo výsadbe je dobre vyvinutá koreňová sústava, s dostatočným počtom bočných, ale hlavne jemných vyživovacích korienkov (CHLEPKO a kol. 1991, JURÁSEK 1999).

Korene lesných drevín v miernom pásme vytvárajú symbiózu s ektomykoríznymi (EKM) hubami, pričom krátke absorbčné korienky sú transformované na ektomykorízy (REPÁČ 2000). CUDLÍN a kol. (1991) uvádzajú, že jednou z príčin neúspechu zalesňovania vegetatívnym materiálom môže byť nedostatočný vývin mykoríz. Je veľmi pravdepodobné, že EKM huby produkujú rastové regulátory (zvlášť auxíny), ktoré majú schopnosť modifikovať morfológiu koreňov a stimulovať tvorbu mykoríz (SLANKIS 1973, STEIN a FORTIN 1990). Výskyt mycélia EKM húb v rastovom substráte môže obmedziť nepriaznivé pôsobenie saprofytických alebo patogénnych mikroorganizmov (NORMAND a kol. 1996). V dôsledku toho umelá mykorizácia symbiotickými hubami môže stimulovať rizogenézu zakoreňujúcich odrezkov a zlepšiť adaptáciu odrezkovancov po preškôlkovaní alebo výsadbe. Stimulačný účinok môže byť podnietený špecifickým pôsobením húb (tvorba mykoríz), alebo nešpecificky, rôznymi látkami produkovanými hubou (CHMELÍKOVÁ a CUDLÍN 1990, HERRMANN a kol. 1998). Prví, ktorí publikovali zvýšenie percenta zakorenenia osových odrezkov ihličnatej dreviny (*Picea mariana*) aplikáciou hubového inokula (*Laccaria bicolor* a *Suillus cavipes*) do zakoreňovacieho substrátu boli STEIN a kol. (1990). Pozitívny účinok hubovej inokulácie na tvorbu mykoríz odrezkov duglasky tisolistej uvádzajú PARLADÉ a kol. (1999). Aplikácia vegetatívneho (mycéliového) hubového inokula nemala účinkov na percento zakorenenia odrezkov smreka obyčajného (čo je u ľahko zakoreňujúcej dreviny očakávaný výsledok), avšak v niektorých prípadoch podporila rast výhonkov, koreňov (zvlášť fyziologicky najdôležitejších korienkov posledného rádu), i tvorbu mykoríz odrezkov (CHMELÍKOVÁ a CUDLÍN 1990, CHMELÍKOVÁ a kol. 1992, REPÁČ 2002, 2005).

Vývinom odrezkovancov v lesnej škôlke po preškôlkovaní zakorenených odrezkov sa zaoberalo pomerne málo autorov (napr. CHLEPKO a kol. 1991, JURÁSEK 1999). Čo sa týka hodnotenia rastu mykorizovaných odrezkovancov, sú nám známe len práce CHMELÍKOVEJ a CUDLÍNA (1990) a REPÁČA (2006). Cieľom tejto práce je hodnotenie vývinu nadzemnej časti obalených odrezkovancov smreka obyčajného (v1+k2) v lesnej škôlke, ktoré pred škôlkovaním do obalov zakoreňovali v substráte inokulovanom vegetatívnym granulovým inokulom vybraných ektomykoríznych húb a navyše boli v čase škôlkovania inokulované komerčným preparátom Ectorize, obsahujúcim aj spóry ektomykoríznych húb.

2. MATERIÁL A METODIKA

2.1 Odrezky, huby, inokulácia

Dormantné osové odrezky smreka obyčajného [*Picea abies* (L.) Karst.] boli odobraté začiatkom apríla 2003 z bočných vetví 4-ročných sadeníc (2+2, evidenčný kód 01434DT-031) pestovaných v lesnej škôlke Mláčik (Vysokoškolský lesnícky podnik

Technickej univerzity vo Zvolene, LS Budča, 850 m n. m.). Odrezky boli skrátené na jednotnú dĺžku 7 cm a uskladnené do nasledujúceho dňa v chladničke, keď boli vysadené do inokulovaného zakoreňovacieho substrátu. Odrezky boli zakoreňované v skleníku Arboréta Borová hora Technickej univerzity vo Zvolene. V pokuse boli použité huby čírovka zelenohnedastá (izolát TUZ182), masliak kravský (TUZ105) a slzivka obyčajná (TUZ129). Základné informácie o izolácii mycéliových kultúr týchto húb, izolovaných z plodníc a udržiavaných na Katedre pestovania lesa Technickej univerzity vo Zvolene, sú uvedené v tab. 1.

Tab. 1 Čisté kultúry ektomycoriznych húb použité pri inokulácii osových odrezkov smreka obyčajného.

Tab. 1 Pure cultures of ectomycorrhizal fungi used for inoculation of Norway spruce stem cuttings.

Huba ¹⁾	Označenie izolátu ²⁾	Miesto zberu plodnice ³⁾	Izolácia ⁴⁾		Najbližšia drevina ⁷⁾
			Dátum ⁵⁾	Médium ⁶⁾	
Čírovka zelenohnedastá <i>Tricholoma sejunctum</i> (Sow.: Fr.) Quél.	TUZ182	Kováčová, 300 m n. m.	12. 10. 95	BAF	<i>Quercus</i> sp.
Masliak kravský <i>Suillus bovinus</i> (L.:Fr.) O. Kuntze	TUZ105	Slov. Lupča, 500 m n.m.	15. 10. 90	MMN	<i>Picea abies</i>
Slzivka obyčajná <i>Hebeloma crustuliniforme</i> (Bull.:St-Am.) Quél.	TUZ129	Zvol. Slatina Eubica, 300 m n. m.	21. 10. 92	MMN	<i>Picea abies</i>

¹⁾Fungus, ²⁾Isolate designation, ³⁾Place of sporocarp collection, ⁴⁾Isolation, ⁵⁾Date, ⁶⁾Medium, ⁷⁾Nearest tree species at collection

Čisté hubové kultúry boli udržiavané preočkovaním približne každé 3 mesiace striedavo na čerstvé agarové živné médiá BAF, KHO, MMN a agar so sladínovým extraktom. Plodnice slzivky obyčajnej sa bežne vyskytujú v smrekových kultúrach (GÁPER a LIZOŇ 1995), čo svedčí o symbiotickom vzťahu týchto partnerov. Rod masliak je síce všeobecne považovaný za symbiotický temer výhradne s borovicami, ale kompatibilita masliaka kravského so smrekom obyčajným bola potvrdená v *in vitro* (PARLADÉ a kol. 1996, GÁPER a kol. 1999), aj prevádzkových podmienkach (REPÁČ 1996). Testovaný izolát čírovky zelenohnedastej bol účinný pri inokulácii semenáčikov borovice lesnej (REPÁČ 2000) a domnievame sa, že vzhľadom na asociáciu číroviok so širokým spektrom drevín je vhodné ju testovať aj so smrekom. Čisté kultúry vybraných druhov húb sú pomerne ľahko izolovateľné z plodníc a použité izoláty rástli v období pred založením pokusu intenzívne v *in vitro* podmienkach. Granulové vegetatívne inokulum bolo pripravené podľa KROPÁČKA a CUDLÍNA (1989). Princípom metódy je napestovanie mycélia v tekutom živnom médiu na trepačke, premiešanie homogenizovaného mycélia s 1–2 % vodnou suspenziou agrolu a nosičom perlitom a tvorba granulí odkvapkávaním tejto zmesi do vodného roztoku chloridu vápenatého.

Zakoreňovacím substrátom bola zmes perlitu a rašeliny (objemový pomer 7 : 5), ktorou sme naplnili pokusné nádoby s rozmermi $46 \times 15 \times 12$ cm (dĺžka $\times$ šírka $\times$ výška). Substrát bol dezinfikovaný prevlhčením 0,1 % roztokom Fundazolu 50 WP; namáčaním v takomto roztoku 10 minút tesne pred výsadbou boli tiež dezinfikované odrezky (CHMELÍKOVÁ a CUDLÍN 1990). Pod vrchnou tenkou vrstvou zakoreňovacieho substrátu (1,5–2 cm) bolo granulové inokulum rovnomerne premiešané s asi 5 cm vrstvou substrátu. Inokulum bolo aplikované v dávke 230 ml granúl do jednej nádoby, čo predstavuje dávku 3200 ml.m^{-2} . Vzhľadom na rôznu intenzitu rastu submerzných kultúr testovaných húb a snahu použiť celé množstvo napestovaného mycélia, jeho obsah v granulách sa medzi hubami líšil: čirovka 27 g, masliak 13 g a slzivka 11 g mycélia v sušine/m². Odrezky boli vysádzané v rozstupe $3 \times 3,5$ cm do hĺbky 2,5 až 3 cm, 60 odrezkov do jednej nádoby. Pokus bol založený ako jednofaktorový (hlavný účinok huba) v znáhodnených blokoch s trojnásobným opakovaním (5 variantov $\times$ 3 opakovania = 15 nádob). Okrem aplikácie troch EKM húb formou vegetatívneho granulového inokula, jeden variant (úroveň faktora) predstavovala aplikácia čistých granúl (bez huby) a tiež kontrola (len zakoreňovací substrát).

2.2 Škôlkovanie a inokulácia zakorenených odrezkov

Odrezky prezimovali v substráte a nádobách, v ktorých zakorenili. Zakorenené odrezky boli škôlkované na jar nasledujúceho roka do umelohmotných pevných neprerastavých obalov s uzavretým dnom, štvorcového prierezu, objemu 730 ml (dĺžka strany dna 8 cm, vrchu 10 cm, výška 8,5 cm). Substrátom pre škôlkovanie odrezkov bola zmes rašeliny a perlitu (objemový pomer 3 : 1), vytvorená zmiešaním substrátu príslušného variantu pri zakoreňovaní (1/5 objemu zmesi) a čerstvej rašeliny a perlitu. Pridaním zakoreňovacieho substrátu sme sledovali čiastočné zachovanie mikrobiálneho prostredia príslušných variantov, prípadne predĺženie účinku na začiatku pokusu aplikovaných húb. K pôvodným piatim inokulačným variantom uvedeným vyššie sme aplikáciou komerčného prípravku Ectorize do polovice obalov každého variantu vytvorili ďalších 5 variantov, spolu teda pokus s obalenými odrezkovancami obsahoval 10 inokulačných variantov. Obaly boli usporiadané v znáhodnených blokoch s trojnásobným opakovaním. Počty odrezkovancov vo variantoch boli v rozpätí 15 až 28, v závislosti od prežitia odrezkov a množstva Ectorize, ktoré sme mali k dispozícii. Prípravok Ectorize je sypký materiál jemnej štruktúry (podobný jemnému piesku) a je jedným z produktov francúzskej firmy Biorize. Nami použitý produkt obsahoval spóry endomykoríznych a piatich kmeňov ektomykoríznych, bohužiaľ výrobcom (aj napriek našej požiadavke) nešpecifikovaných húb. Aplikovali sme 20 ml Ectorize do každého obalu priamo ku koreňom odrezkov v čase ich škôlkovania.

Obaly s odrezkovancami sme umiestnili v Biologickej základni V. Stráž Lesníckeho výskumného ústavu Zvolen na záhon s bočnicami z betónových tvárnic a štrkovým dnom pokrytým perforovanou čiernou PE fóliou. Odrezkovance boli zatienené trstinovou rohožou, podľa potreby zavlažované a ručne pleté. Odrezkovance boli v každom vegetačnom

období v máji a júni 3× prihnojené kvapalným roztokovým hnojivom NP-vit zo súboru hnojív Fertiset.

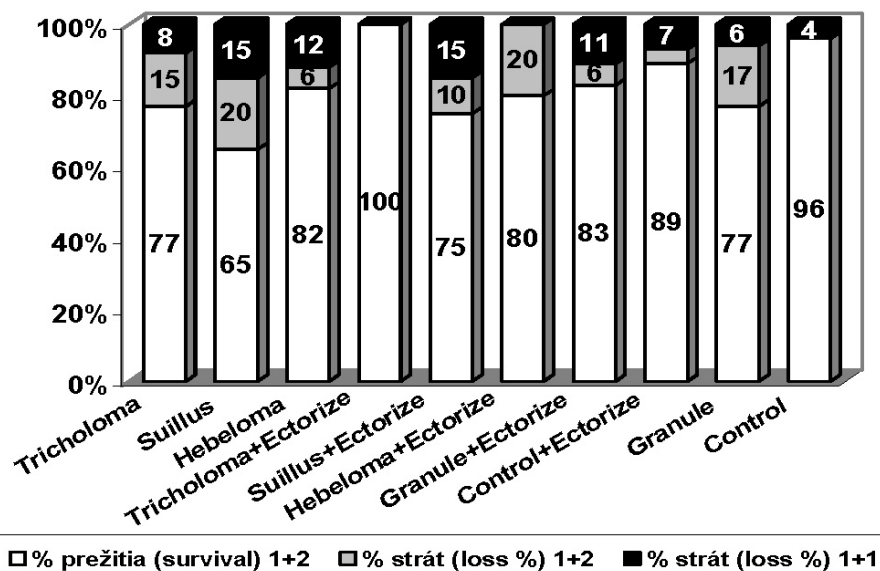
2.3 Hodnotenie odrezkovancov a spracovanie údajov

Po prvom i druhom vegetačnom období po preškôlkovaní, teda u dvojročných (1+1) i trojročných (1+2) odrezkovancov boli zistené počty uhynutých odrezkovancov a vypočítané percento strát odrezkovancov z pôvodného počtu preškôlkovaných odrezkov. Na každom odrezkovanci bola zistená výška stonky, hrúbka v koreňovom krčku, počet, celková a priemerná dĺžka nových bočných výhonkov. Rastové charakteristiky boli analyzované jednofaktorovou analýzou variancie s nerovnakým počtom pozorovaní. Pre posúdenie významnosti rozdielov priemerných hodnôt sledovaných znakov medzi jednotlivými variantmi (úrovnami faktora) sa použil Tukeyov test ($\alpha = 0,05$). Výpočty boli urobené na PC pomocou programu SAS (SAS Institute Inc.).

3. VÝSLEDKY A DISKUSIA

Obdobie bezprostredne po škôlkovaní odrezkov (mesiace máj a jún, obdobie rozhodujúce pre ujímavosť a rast), sa vyznačovalo neobvykle veľkým množstvom atmosférických zrážok. Táto okolnosť, spolu s nedostatočnou drenážou použitých obalov a záhona spôsobila permanentné premokrenie rastového substrátu. Odrezkovance síce nakoniec dokázali prežiť, ale nadmerná vlhkosť substrátu veľmi negatívne ovplyvnila rast odrezkovancov – viac bočných, než terminálnych výhonkov. Niektoré odrezkovance síce vytvorili jeden až dva, výnimočne až štyri maximálne 2 cm dlhé bočné výhonky, ale u väčšiny odrezkovancov bočné výhonky vôbec nenarástli. Pretože takéto údaje nespĺňali podmienky pre štatistické vyhodnotenie, po prvom vegetačnom období po škôlkovaní sme rast bočných výhonkov odrezkovancov neanalyzovali.

Výsledky vyjadrujúce straty, resp. prežívanie odrezkovancov v priebehu dvoch vegetačných období po preškôlkovaní (obr. 1) nebolo možné vzhľadom na rozsah pokusu spoľahlivo štatisticky testovať a nie je podľa nich možné vysloviť spoľahlivé závery o vplyve inokulácie. Aj keď je rozdiel medzi variantmi s najnižšou (65 % – masliak) a najvyššou hodnotou prežívania (100 % – čírovka+Ectorize) zdanlivo veľký, musíme vziať do úvahy, že tieto hodnoty boli vypočítané z rôzneho, relatívne malého počtu odrezkovancov. Straty takto môžeme hodnotiť ako viac-menej vyrovnané a považovať ich za očakávaný prirodzený úhyn odrezkovancov, ovplyvnený premokrením substrátu a ďalšími nekontrolovanými vplyvmi.



Obr. 1 Straty (%) v prvom (1+1) a druhom (1+2) roku po preškôlkovaní a prežívanie (%) 1+2 obalených odrezkovančov smreka obyčajného vyjadrené z počtu preškôlkovaných odrezkovančov. Odrezkovance boli inokulované aplikáciou vegetatívneho granulového inokula húb čirovka zelenohnedastá (*Tricholoma sejunctum*), masliak kravský (*Suillus bovinus*) a slzivka obyčajná (*Hebeloma crustuliniforme*) do zakoreňovacieho substrátu a komerčného prípravku Ectorize (spóry) do obalov v čase škôlkovania zakorenených odrezkov.

Fig. 1 Loss (%) in the 1st (1+1) and the 2nd (1+2) year after transplanting and survival (%) of 1+2 container-grown Norway spruce rooted cuttings calculated from number of transplanted cuttings. Cuttings were inoculated by application of vegetative-bead inoculum of fungi *Tricholoma sejunctum*, *Suillus bovinus* and *Hebeloma crustuliniforme* to rooting substrate and commercial product Ectorize (spores) to containers at the time of transplanting of rooted cuttings.

Výsledky analýzy variancie hodnotených biometrických znakov nadzemnej časti odrezkovančov sú uvedené v tab. 2. Inokulácia mala významný vplyv na výšku stonky a celkovú dĺžku bočných výhonkov odrezkovančov. Po prvom i druhom vegetačnom období po preškôlkovaní do obalov, odrezkovance smreka obyčajného zakoreňujúce v kontrolnom substráte a inokulované v čase škôlkovania prípravkom Ectorize dosiahli významne vyššiu hodnotu výšky stonky než odrezkovance zakoreňujúce v substráte inokulovanom granulovým inokulom huby čirovka zelenohnedastá (tab. 3). Trojročné odrezkovance (1+2) inokulované čirovkou mali rovnako ako u výšky stonky zo všetkých variantov najnižšiu hodnotu celkovej dĺžky bočných výhonkov (12,10 cm), čo je štatisticky významne nižšia hodnota, než u týchto odrezkovančov s prímiesou inokula Ectorize do obalov (22,70 cm). Hoci nie významne, ale predsa vyššie priemerné hodnoty čirovka+Ectorize v porovnaní

s variantom čírovka boli zistené aj u ostatných hodnotených charakteristík (s výnimkou hrúbky koreňového krčka u dvojročných odrezkovancov). Podobne aj u odrezkovancov inokulovaných masliakom a neinokulovaných odrezkovancov aplikácia Ectorize čiastočne (nie významne) stimulovala ich rast; opačnú tendenciu je možné pozorovať u slzivky (tab. 3). Medzi inokulovanými a neinokulovanými variantmi neboli zistené významné rozdiely ani v jednej sledovanej charakteristike.

Substrátové inokulum (nosič mycélia vermikulit) slzivky obvyčajnej stimulovalo prežívanie a rast nadzemnej časti obalených odrezkovancov smreka obvyčajného, naopak významne slabší rast dosahovali odrezkovance inokulované rýdzikom smrekovým (REPÁČ 2006). V tej istej práci aplikácia granulového inokula húb masliak kravský a bližšie nederminovaný druh z rodu pavučinovec nemala vplyv na prežívanie, a dokonca utlmila rast preškôlkovaných odrezkov, pravdepodobne čiastočne aj odčerpávaním asimilátov odrezkovancom hubou. Pozitívny vplyv inokulácie letných odrezkov smreka obvyčajného substrátovým inokulom (rašelina : perlit : florex, 1 : 4 : 4) huby lakovka obvyčajná na rast výhonkov po preškôlkovaní do obalov (0,5+1) zistili CHMELÍKOVÁ a CUDLÍN (1990). Výsledky poukazujú na vplyv použitého druhu a spôsobu aplikácie húb, zloženia substrátu a ďalších podmienok prostredia na vývin odrezkovancov. So značnou opatnosťou je možné konštatovať, že aplikácia komerčného inokula Ectorize, obsahujúceho spóry endomykoríznych a ektomykoríznych húb v tomto pokuse pôsobila mierne stimulačne na rast nadzemnej časti odrezkovancov smreka obvyčajného. Vzhľadom na nepriaznivý vodno-vzdušný režim substrátu nie je vylúčený priaznivý melioračný účinok tohto sypkého inokula, aj keď boli aplikované malé dávky.

Tento prípravok testovali tiež REPÁČ a GAJDOŠ (2006) pri pestovaní semenáčikov borovice lesnej. Autori naopak uvádzajú mierne utlmenie rastu semenáčikov v porovnaní so semenáčikmi inokulovanými granulovým inokulom vybraných EKM húb. Aj pre tento typ inokula platí, že výsledky sú variabilné a závislé od rôznych okolností. Aj keď je v poslednej dobe možné pozorovať zvýšený dopyt po komerčných výrobkoch na báze mykoríznych húb, aspoň dočasne ešte bude ovplyvnený cenou inokula a stále nejednoznačnými a nezaručenými výsledkami.

Odrezkovance vykazovali typické znaky plagiotropného rastu, to znamená tenšia, často viac alebo menej zakrivená stonka, nepravidelné rozkonárovanie, celkovo slabší vzrast a horšia tvárnosť (morfologická kvalita) nadzemnej časti v porovnaní s pravdepodobným vývinom generatívneho materiálu. Tento nedostatok by sa mal krátko po výsadbe stratiť a odrastanie by malo byť podobné s materiálom generatívneho pôvodu (JURÁSEK a MALÁ 2000). Úspešný vývin mnohých mladých smrekových porastov v rôznych oblastiach Slovenska založených vegetatívne rozmnoženým materiálom pre prevádzkové alebo výskumné účely uvádzajú JANKOVIČ a kol. (2002).

Koreňové sústavy odrezkovancov sme nehodnotili, vzhľadom na menší rozsah pokusu a snahu o jeho zachovanie a hodnotenie v ďalšom období. U trojročných odrezkovancov

sme však vizuálne, bez zväčšenia, ohodnotili celkový vývin a charakter koreňových sústav niekoľkých odrezkovančov. Koreňové sústavy boli kvalitne vyvinuté, s dostatočným počtom hlavných koreňov a krátkych výživovacích korienkov, ktorých veľký podiel tvorili výrazne vyvinuté mykorízy. Rozhodujúcu úlohu pri formovaní mykoríz pravdepodobne zohrali prirodzene sa vyskytujúce huby, keďže na záhonoch škôlky sme pozorovali výskyt plodníc mykoríznych húb lakovka veľká (*Laccaria proxima*) a plesňovka zemná (*Thelephora terrestris*). Tieto huby sú aj významnými symbiontami smreka obyčajného v prvých rokoch po výsadbe. Koreňové sústavy úplne vyplňali priestor obalov, dlhšie korene boli zahnuté alebo stočené, nie však deformované; po vybratí z obalov ich bolo možné ľahko uvoľniť a neodlišovali sa od sústav porovnateľných voľnokorenných sadeníc.

Tab. 2 Analýza variancie účinkov hubovej inokulácie na rastové charakteristiky nadzemnej časti dvoj- (1+1) a trojročných (1+2) obalených odrezkovančov smreka obyčajného.

Tab. 2 Analysis of variance of effects of fungal inoculation on growth characteristics of above-ground part of two- (1+1) and three-year-old (1+2) container-grown Norway spruce rooted cuttings.

Charakteristika ¹⁾	Zdroj variability ⁷⁾	Odrezkovance ¹⁰⁾ 1+1			Odrezkovance 1+2		
		Priemerný štvorec ¹¹⁾	F	α ¹²⁾	Priemerný štvorec	F	α
Výška stonky ²⁾	Inokulum ⁸⁾ Blok ⁹⁾	8,70 8,12	2,93 2,13	0,046 0,144	21,51 10,30	3,14 0,63	0,042 0,542
Hrúbka koreňového krčka ³⁾	Inokulum Blok	0,19 0,82	1,02 4,38	0,461 0,028	0,98 0,35	1,15 0,41	0,380 0,668
Počet bočných výhonkov ⁴⁾	Inokulum Blok	— ¹³⁾	—	—	8,19 0,67	0,88 0,07	0,557 0,929
Dĺžka bočných výhonkov ⁵⁾	Inokulum Blok	—	—	—	164,6 4,12	2,91 0,04	0,049 0,961
Priemerná dĺžka/výhonok ⁶⁾	Inokulum Blok	—	—	—	4,40 1,23	0,98 0,28	0,485 0,762
Zdroj ¹⁵⁾	Stupne voľnosti ¹⁴⁾						
	Odrezkovance 1+1			Odrezkovance 1+2			
Inokulum	9			9			
Blok	2			2			
Chyba ¹⁶⁾	18			18			
Reziduál ¹⁷⁾	149			132			
Celkom ¹⁸⁾	178			161			

¹⁾Variable, ²⁾Stem height, ³⁾Root collar diameter, ⁴⁾Number of lateral shoots, ⁵⁾Length of lateral shoots, ⁶⁾Average length per lateral shoot, ⁷⁾Source of variation, ⁸⁾Inoculum, ⁹⁾Block, ¹⁰⁾Rooted cuttings, ¹¹⁾Mean square, ¹²⁾P, ¹³⁾Údaje neboli hodnotené. Data were not analyzed, ¹⁴⁾Degree of freedom, ¹⁵⁾Source, ¹⁶⁾Error, ¹⁷⁾Residual, ¹⁸⁾Total

Tab. 3 Rastové ukazovatele nadzemnej časti dvoj- (1+1) a trojročných (1+2) obalených odrezkovancov smreka obyčajného inokulovaných pri zakoreňovaní vegetatívnym granulovým inokulom vybraných druhov ektomykorizných húb a v čase škôlkovania komerčným prípravkom Ectorize obsahujúcim spóry endo- a ektomykorizných húb. Charakteristiky výhonkov 1+1 odrezkovancov neboli analyzované.

Tab. 3 Growth characteristics (mean values) of above-ground part of two- (1+1) and three-year old (1+2) container-grown Norway spruce rooted cuttings inoculated at rooting phase with vegetative-bead inoculum of selected ectomycorrhizal fungi and with a commercial product Ectorize containing the spores of endo- and ectomycorrhizal fungi at the time of transplanting. Shoot characteristics of 1+1 rooted cuttings were not analyzed.

Inokulum ¹⁾	Výška stonky (cm) ⁷⁾		Hrúbka koreňového krčka (mm) ⁸⁾		Počet výhonkov (ks) ⁹⁾	Dĺžka výhonkov (cm) ¹⁰⁾	Priemerná dĺžka/1 výhonok (cm) ¹¹⁾
	1 + 1	1 + 2	1 + 1	1 + 2	1 + 2	1 + 2	1 + 2
Čírovka ²⁾	6,32b ¹²⁾	11,52b	2,06	2,90	4,54	12,10b	2,58
Masliak ³⁾	7,18ab	12,90ab	1,79	3,68	3,29	14,57ab	3,32
Slzivka ⁴⁾	7,01ab	14,07ab	1,84	3,09	5,64	19,45ab	3,34
Čírovka+Ectorize	7,61ab	14,69ab	2,04	3,30	5,83	22,70a	3,40
Masliak+Ectorize	7,32ab	14,30ab	1,77	3,74	4,67	20,12ab	4,28
Slzivka+Ectorize	6,71ab	13,71ab	1,72	3,01	4,13	14,34ab	3,26
Granule+Ectorize	6,58ab	14,28ab	1,90	3,23	5,33	20,06ab	3,86
Kontrola+Ectorize	8,79a	15,35a	1,97	3,42	4,63	18,20ab	3,66
Granule ⁵⁾	7,42ab	13,59ab	1,92	3,13	4,14	14,57ab	3,89
Kontrola ⁶⁾	6,72ab	12,57ab	1,75	3,17	4,63	15,46ab	3,08

¹⁾Inoculum, ²⁾Čírovka zelenohnedastá (*Tricholoma sejunctum*), ³⁾Masliak kravský (*Suillus bovinus*),

⁴⁾Slzivka obyčajná (*Hebeloma crustuliniforme*), ⁵⁾Granules, ⁶⁾Control, ⁷⁾Stem height, ⁸⁾Root collar diameter, ⁹⁾Number of lateral shoots, ¹⁰⁾Sum length of lateral shoots, ¹¹⁾Average length per lateral shoot,

¹²⁾ Medzi priemernými hodnotami označenými rôznym písmenom je významný rozdiel ($\alpha = 0,05$) podľa Tukeya. Means sharing the different letter are significantly different ($\alpha = 0.05$) by Tukey.

4. ZÁVER

Prežívanie trojročných obalených odrezkovancov smreka obyčajného (1+2) v rozpätí 65–100 % je možné považovať za úspešný výsledok pestovania odrezkovancov. Vplyv inokulácie zakoreňovacieho substrátu vegetatívnym granulovým inokulom vybraných ektomykorizných húb a v čase škôlkovania odrezkov komerčným prípravkom Ectorize obsahujúcim spóry ektomykorizných húb na prežívanie odrezkovancov však nebolo možné spoľahlivo objektívne posúdiť, vzhľadom na rozsah pokusu, možnosti spracovania údajov a nepriaznivé podmienky pestovania odrezkovancov. Pozorovali sme čiastočný vplyv aplikovaného druhu huby a mierny stimulačný účinok prípravku Ectorize na rast nadzemnej časti odrezkovancov. Pre získanie všeobecne platných poznatkov o účinkoch

umelej mykorizácie na vývin odrezkovancov smreka obyčajného sú potrebné ďalšie výskumné práce a podrobnejšie hodnotenie koreňových sústav, vrátane identifikácie a kvantifikácie mykoríz.

Práca bola vypracovaná s finančnou podporou agentúry MŠ SR a SAV VEGA v rámci riešenia projektu č. 1/3515/06.

Literatúra

- CUDLÍN, P., CHMELÍKOVÁ, E., MEJŠTRÍK, V.: Occurrence of ectomycorrhizal structures in rooted Norway spruce cuttings. In: Mycorrhizas in ecosystems – structure and function. Third European symposium on mycorrhizas, Sheffield, 19.–23. August 1991.
- GÁPER, J., LIZOŇ, P.: Sporocarp succession of mycorrhizal fungi in the Norway spruce plantations in formerly agricultural land. In: F. Baluška a kol. (eds.): Structure and Function of Roots, 1995, s. 349–352.
- GÁPER, J., REPÁČ, I., CUDLÍN, P.: *In vitro* mycorrhizae syntheses of *Inocybe lacera* and *Suillus bovinus* with *Picea abies*. In: G. Moreno et al. (eds.): Book of abstracts of the XIII Congress of European Mycologists, Alcalá de Henares (Madrid), 1999, p. 41.
- HERRMANN, S., MUNCH, J. C., BUSCOT, F.: A gnotobiotic culture system with oak microcuttings to study specific effects of mycobionts on plant morphology before, and in the early phase of ectomycorrhiza formation by *Paxillus involutus* and *Piloderma croceum*. New Phytol. 138, 1998, s. 203–212.
- CHLEPKO, V., TOMKOVÁ, E., KRAJŇÁKOVÁ, J.: K problematike autovegetatívneho rozmnožovania smreka obyčajného (*Picea abies* [L.] Karst.) z imisných oblastí. Vedecké práce Lesníckeho výskumného ústavu vo Zvolene 42, 1991, s. 15–27.
- CHMELÍKOVÁ, E., CUDLÍN, P.: Stimulace zakořeňování řízků smrku ztepilého (*Picea abies* [L.] Karst.) pomocí ektomycorrhizních hub. Lesnictví 36, 1990, s. 985–992.
- CHMELÍKOVÁ, E., CUDLÍN, P., RADOSTA, P.: Stimulation of short root and mycorrhiza formation of Norway spruce cuttings by mycorrhizal fungi. In: L. Kutschera a kol. (eds.): Root systems and their ecology, 1992, s. 597–600.
- JANKOVIČ, J., HALÁK, A., LONGAUER, R., STRMEŇ, S., ŠEBEŇ, V.: Zhodnotenie stavu a vývoja porastov založených z autovegetatívne namnoženého materiálu smreka. Záverečná správa rezortnej výskumnej úlohy. LVÚ Zvolen, 2002, 24 s.
- JURÁSEK, A.: Pěstování řízkovanců smrku, buku a dubu. In: L. Šmelková, I. Repáč (eds.): Progresívne spôsoby pestovania sadbového materiálu, TU Zvolen, 1999, s. 83–90.
- JURÁSEK, A., MALÁ, J.: Zkušenosti s kvalitou sadebního materiálu z autovegetativního množení při pěstování ve školce a při obnově lesa. In: A. Jurásek (ed.): Kontrola kvality reprodukčního materiálu lesních dřevin, VÚLHM VS Opočno, 2000, s. 81–89.
- KROPÁČEK, K., CUDLÍN, P.: Preparation of granulated mycorrhizal inoculum and its use in forest nurseries. In: Vančura V., Kunc F. (eds.): Interrelationships between microorganisms and plants in soil. Academia Praha, 1989, s. 177–181.
- NORMAND, L., BÄRTSCHI, H., DEBAUD, J. C., GAY, G.: Rooting and acclimatization of micropropagated cuttings of *Pinus pinaster* and *Pinus sylvestris* are enhanced by the ectomycorrhizal fungus *Hebeloma cylindrosporum*. Physiologia Plantarum 98, 1996, s. 759–766.
- PARLADÉ, J., ALVAREZ, I. F., PERA, J.: Ability of native ectomycorrhizal fungi from northern Spain to colonize Douglas-fir and other introduced conifers. Mycorrhiza 6, 1996, s. 51–55.

- PARLADÉ, J., PERA, J., ÁLVAREZ, I. F., BOUCHARD, D., GÉNÉRÉ, B., LE TACON, F.: Effect of inoculation and substrate disinfection method on rooting and ectomycorrhiza formation of Douglas fir cuttings. *Ann. For. Sci.* 56, 1999, s. 35–40.
- PAULE, L.: Genetika a šľachtenie lesných drevín. *Príroda Bratislava*, 1992, 304 s.
- REPÁČ, I.: Inoculation of *Picea abies* (L.) Karst. seedlings with vegetative inocula of ectomycorrhizal fungi *Suillus bovinus* (L.: Fr.) O. Kuntze and *Inocybe lacera* (Fr.) Kumm. *New Forests* 12, 1996, s. 41–54.
- REPÁČ, I.: Mykorízna symbióza lesných drevín a jej uplatnenie v škôlkárstve. *Vedecké štúdie, TU Zvolen*, 2000, 69 s.
- REPÁČ, I.: Účinok granulového inokula ektomykoríznych húb na zakoreňovanie, vývin koreňov, výhonkov a tvorbu mykoríz odrezkov smreka obyčajného (*Picea abies* [L.] Karst.). In: J. Karas, V. Podrázský (eds.): *Současné trendy v pěstování lesů. ČZU Praha*, 2002, s. 119–126.
- REPÁČ, I.: Vplyv aplikácie vegetatívneho inokula symbiotických húb do zakoreňovacieho substrátu na zakoreňovanie a tvorbu biomasy odrezkov smreka obyčajného (*Picea abies* [L.] Karst.). *Acta Facultatis Forestalis Zvolen* 47, 2005, s. 221–231.
- REPÁČ, I.: Shoot pattern of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) container-grown rooted cuttings inoculated with symbiotic fungi. In: A. Jurásek, J. Novák, M. Slodičák (eds.): *Stabilisation of forest functions in biotopes disturbed by anthropogenic activity. VÚLHM VS Opočno*, 2006, s. 145–156.
- REPÁČ, I., GAJDOŠ, M.: Testovanie mykoríznych húb a typov hubového inokula pri pestovaní semenáčikov borovice lesnej (*Pinus sylvestris* L.). *Acta Facultatis Forestalis Zvolen* 48, 2006, s. 197–207.
- SLANKIS, V.: Hormonal relationships in mycorrhizal development. In: G. C. Marks, T. T. Kazlowski (eds.): *Ectomycorrhizae. Academic Press, New York*, 1973, s. 231–298.
- STEIN, A., FORTIN, J. A.: Pattern of root initiation by an ectomycorrhizal fungus on hypocotyl cuttings of *Larix laricina*. *Can. J. Bot.* 68, 1990, s. 492–498.
- STEIN, A., FORTIN, A., VALLÉE, G.: Enhanced rooting of *Picea mariana* cuttings by ectomycorrhizal fungi. *Can. J. Bot.* 68, 1990, s. 468–470.
-

Adresa autora:

Ing. Ivan Repáč, PhD.

Katedra pestovania lesa

Lesnícka fakulta

Technická univerzita vo Zvolene

T. G. Masaryka 24

960 53 Zvolen

Effects of vegetative-bead fungal inoculum and commercial product Ectorize on development of above-ground part of container-grown Norway spruce rooted cuttings

Summary

A rooting substrate (perlite:peat, 7 : 5) of winter stem cuttings of Norway spruce was inoculated with vegetative-bead inoculum of fungi *Tricholoma sejunctum* (isolate TUZ182), *Suillus bovinus* (TUZ105) and *Hebeloma crustuliniforme* (TUZ129), which were isolated and maintained in Department of Silviculture of Technical University in Zvolen (Tab. 1). Rooting substrate comprising the pure beads (without mycelium) and a control peat-perlite substrate were the other experimental treatments. Before beginning of the second growing season, rooted cuttings were transplanted to the firm containers with bottom (volume 730 ml). The containers were filled with a fresh perlite-peat mixture amended with to the transplanted rooted cuttings corresponding rooting substrate. The one half of the rooted cuttings from each of the five rooting treatments was inoculated with commercial product Ectorize containing the spores of endo- and ectomycorrhizal fungi. The containers with cuttings were placed on an open nursery bed covered with perforated black polyethylene foil. The experiment was a two-way classification (inoculum and block) arranged as a randomized complete block design (10 treatments $\times$ 3 blocks = 30 experimental units). From 15 to 28 cuttings were transplanted within a treatment. At the end of the growing seasons, percent of 1+1 and 1+2 dyed (survived) cuttings from number of transplanted ones was ascertained. Stem height, root collar diameter, number and length of new lateral shoots on 1+1 and 1+2 container-grown cuttings were measured. Shoot characteristics were analyzed by one-way analysis of variance followed by Tukey's test ($p \leq 0.05$) to determine treatment differences.

Although a survival of 3-year-old rooted cuttings inoculated with *Tricholoma*+Ectorize was 100% and those inoculated with *Suillus* 65% only (Fig. 1), in consequence of low number of estimated cuttings and an extreme waterlogging of substrate by rain through any weeks immediately after the beginning of the experiment, to stress a reliable conclusion related to effect of inoculation on loss or survival of the rooted cuttings is impossible. The results of analysis of variance of evaluated stem and shoot characteristics of cuttings are shown in Tab. 2. After the first and second growing season after transplanting to containers, the cuttings that had been rooted in control substrate and inoculated with Ectorize at the time of transplanting were significantly higher, than those rooted in substrate inoculated with the bead inoculum of *Tricholoma* (Tab. 3). Rooted cuttings 1+2 inoculated with *Tricholoma* had also significantly lower length of lateral shoots as compared to these ones with admixture of Ectorize to the container substrate. The results indicate the intermediate stimulate effect of Ectorize on development of above-ground part of Norway spruce rooted cuttings. No significant differences were found between inoculated and uninoculated cuttings in any of the estimated variables. To obtain more generally applicable observations about the effects of artificial mycorrhization on a development of Norway spruce cuttings, further related experiments and evaluation of root systems in more detail, including of the identification and quantification of mycorrhizas are needed.

HODNOTENIE VPLYVU ALGINITU NA RAST SEMENÁČIKOV JEDLE BIELEJ (*ABIES ALBA* MILL.)

Ivana S A R V A Š O V Á

Sarvašová, I.: Hodnotenie vplyvu alginitu na rast semenáčikov jedle bielej (*Abies alba* Mill.). Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLIX**, 2007, č. 1, s. 99–107.

V práci sa analyzujú výsledky pestovania semenáčikov jedle bielej (*Abies alba* Mill.), ktoré rástli na nekrytých substrátoch tvorených zmesou rašeliny a alginitu. Alginit vznikol sedimentáciou rôznych minerálov a rias v postvulkanických maarových jazerách v pliocéne až pleistocéne. Je to hornina s dobrou sorpčnou kapacitou a vysokým obsahom humusu.

Pozitívny vplyv alginitu bol pozorovaný vo všetkých biometrických znakoch, štatisticky významne a najvýraznejšie však ovplyvnil výšku nadzemnej časti, hrúbku koreňového krčka hmotnosť koreňovej sústavy v čerstvom stave. Hornina alginit patrí k perspektívnym prirodzeným pôdnym kondicionérom. Jej účinky na rast sadbového materiálu sa budú overovať aj v ďalších experimentoch.

Kľúčové slová: alginit, semenáčky, *Abies alba*, optimalizácia rastových podmienok

PROBLEMATIKA

Produkcia kvalitného sadbového materiálu, zalesňovanie s vysokou mierou ujetelnosti a prežívania sadeníc, patria k intenzívnym procesom v lesnom hospodárstve. Zintenzívnenie a skvalitnenie produkcie možno dosiahnuť účelnejším, správnejším výkonom, alebo zavedením novej technológie, resp. prípravku.

Alginit patrí k ílovým horninám bohatým na organickú hmotu, pochádzajúcu prevažne z uhynutých tiel rias (SOLTI, G., 1987). Na Slovensku doteraz popísaný a známy alginit vznikol v oblasti severného Novohradu, v Podrečanskej bazaltovej formácii, cca 6–6,5 miliónov rokov p. n. l. (lokalita Pinciná). Vytváral sa v maaroch – lievikovitých depresiách vzniknutých pri sopečnej činnosti, ktorých vulkanická aktivita rýchlo ustala. Priehlbina sa zaplnila vodou, ktorú v prípade alginitu osídľovali žltozelené riasy *Botryococcus braunii* (Kützinger). Vďaka malému prístupu kyslíka a svetla, ktoré neumožňovali život ďalších organizmov, neboli riasy rozložené, ale sedimentovali na dno jazierka s ílovými minerálmi, a tak zostali uchované v nezmenenej podobe.

V stredoeurópskej oblasti sú popísané ložiská alginitu na lokalitách Pula a Gérece v Maďarsku, kde sa alginit ťaží a ďalej spracúva na komerčné účely. V našich pokusoch

bol použitý alginít z Pincinej, prvý krát popísaný VASSOM a kol. (1997), ktorého komerčné využitie nebolo doposiaľ zahájené.

Alginit je pôdny aktivátor obsahujúci množstvo biogénnych prvkov, schopný svojou sorpčnou kapacitou zadržiavať vodu a minerálne látky. Analýzou vzorky pincinského alginitu bol zistený priemerný obsah dusíka $24,7 \text{ mg.kg}^{-1}$, fosforu $113,6 \text{ mg.kg}^{-1}$, draslíka $232,4 \text{ mg.kg}^{-1}$. Alginit obsahuje dostatočné množstvo prístupného horčíka, až 1432 mg.kg^{-1} , kým obsah vápnika v pincinskom alginite je nízky, keďže v okolí pincinského maaru sa nenachádzajú žiadne karbonátové horniny.

Obsah humusu kolíše od 8 % do 38 % (v hĺbke vrtu 15 m), v priemere 15,43 %. Základnú masu alginitu ďalej tvorí íl, ktorého podiel vo vzorkách je zastúpený v priemere 70 % a je tvorený minerálmi: kaolinit, illit a smektit (1 kg horniny je schopný prijať 1 l vody). Chemická reakcia pincinského alginitu je slabo kyslá až zásaditá $\text{pH} = 6,79\text{--}7,58$, pri jeho aplikácii ako pôdneho aktivátora nehrozí teda okyslenie pôdy, ba práve naopak, dochádza k upraveniu pH do slabo kyslej až neutrálnej oblasti, najvhodnejšej pre harmonickú výživu rastlín.

Celkový obsah mikronutritívnych prvkov (Zn, Cu, Mn, Fe, Mo, B) v alginite neprekračuje hodnoty zastúpené v bežnej ornej pôde. Koncentrácie toxických prvkov (Cr, Hg, Ni, Pb, Se, Sn a V) sú veľmi nízke, ich priemerné obsahy neprekračujú limitné hodnoty toxicity stanovené Ministerstvom pôdohospodárstva SR, okrem niklu, kde je limit toxicity mierne prekročený. Nikel je v alginite pevne viazaný vo vulkanických mineráloch, pre rastliny je neprístupný. Surovinu je vhodné využiť pri rekultivácii devastovaných pôd, v oblastiach zaťažených imisiami (KULICH *et al.*, 2001 uvádza schopnosť alginitu viazať v časovom intervale 30 min z 1 l roztoku až 90 % Pb^{2+} a 60 % Cd^{2+}).

METODIKA POKUSU

Založenie pokusnej plochy

Pokusný záhon bol založený v škôlkárskom stredisku Kraje, OZ Semenoles Lip-tovský Hrádok. ŠS Kraje sa nachádza na upätí masívu Poľany, územne spadajúcom pod OZ Kriváň. Nadmorská výška strediska je 730 m. n. m., priemerná ročná teplota $6,22^\circ\text{C}$, priemerné ročné zrážky 753 mm. Jedľa biela bola vysiatá na záhon s pokusnými variantmi výsevom 400 g.m^{-2} , 2. mája 2003 (pôvod semena 035 42 DT 354).

Pokus bol založený metódou tzv. úplných znáhodnených blokov.

Pokusné varianty substrátov: K – čistý rašelinový substrát,
A2 – rašelinový substrát a alginit v dávke 2 kg.m^{-2} ,
A4 – rašelinový substrát a alginit v dávke 4 kg.m^{-2} .

Kontrolný variant a pokusné varianty boli založené v troch opakovaniach, pričom jedna pokusná ploška mala veľkosť $2,26 \text{ m}^2$ ($1 \text{ m} \times 2,26 \text{ m}$ – šírka záhona).

Záhony boli počas vegetačného obdobia bežne ošetrované proti burine, pričom na začiatku vegetačného obdobia 2003 boli záhony prihnojené dolomitickým vápencom (Ružiná) v dávke 100 g.m^{-2} . Semenáčky rástli na záhone dve vegetačné obdobia, vyzdvihnuté boli na konci septembra 2004, v počte 40 ks v jednom opakovaní z každého variantu, čiže 120 z každého variantu.

Laboratórne spracovanie a štatistické vyhodnotenie

V laboratórnych podmienkach sa hodnotila nadzemná a podzemná časť semenáčikov. Posuvným meradlom bola odmeraná: výška nadzemnej časti (od koreňového krčka po vrchol terminálneho púčika), hrúbka koreňového krčka, dĺžka koreňovej sústavy (dĺžka kolovitého, alebo najdlhšieho koreňa od koreňového krčka). Hmotnosť čerstvej hmoty koreňovej sústavy sa vážila po omytí a krátkom osušení koreňov, hmotnosť sušiny koreňovej sústavy bola určená po 48 hodinách vysušenia v sušiarňi (pri 105°C). Pôdne vzorky odobraté zo záhona boli spracované v chemickom laboratóriu Lesoprojekt Zvolen. Výsledky analýzy pH preukázali hodnoty pH (H_2O) čistej rašeliny 3,617, rašeliny s alginítom 5,871 a čistého alginitu pH (H_2O) = 6,58, ktorý sme v našich pokusoch používali.

Získané biometrické veličiny sa vyhodnocovali analýzou variancie jednofaktorového a dvojfaktorového pokusu. Testovanie výsledkov sa vykonalo pri spoľahlivosti 95 %. Normalita rozdelenia výberových hodnôt sa testovala chí kvadrát testom dobrej zhody. Homogenita rozptylov sa overovala Bartlettovým testom. Na posúdenie významnosti vplyvu alginitu voči kontrole bol použitý Dunnettov test, na porovnanie rozdielov medzi dávkami alginitu Tuckeyov test. Na štatistické spracovanie údajov bol využitý softvér STATISTICA.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Na pokusných plôškach bola vyhodnocovaná aj vzchádzavosť, začiatkom júna 2003. Viac vykliččených semenáčikov bolo na variantoch s obsahom alginitu, v priemere o 25 % (kontrola 382 ks.m^{-2} , alginít v dávke 2 kg.m^{-2} 470 ks.m^{-2} , alginít v dávke 4 kg.m^{-2} 481 ks.m^{-2}).

Výsledky jednofaktorovej analýzy variancie jednoznačne potvrdili štatisticky významný vplyv alginitu v štyroch biometrických veličinách: výška nadzemnej časti, hrúbka koreňového krčka, hmotnosť nadzemnej časti a koreňového systému v čerstvom stave (tab. 1, tab. 3). Dĺžka koreňového systému, hmotnosť nadzemnej časti a koreňového systému v sušine alginít podľa štatistickej analýzy signifikantne neovplyvnil.

Tab. 1 Výsledky jednofaktorovej analýzy variancie pre semenáčky jedle bielej (*Abies alba* Mill.)Tab. 1 The results one-way analysis of variance for White fir seedlings (*Abies alba* Mill.)

Biometrická Veličina ⁸	SS	df	MS	F	p-level	Error		
						SS	df	MS
Výška nadzemnej časti ¹	36,408	2	18,204	13,288	0,000003	489,09	357	1,37
Hrúbka koreňového krčka ²	7,008	2	3,504	9,992	0,00006	125,185	357	0,351
Dĺžka koreňového systému ³	111,3	2	55,7	2,301	0,101642	8637	357	24,2
Hmotnosť nadzemnej časti ⁴	1,8051	2	0,9025	3,199	0,041957	100,7	357	0,28
Hmotnosť koreň. sústavy ⁵	4,371	2	2,1855	16,721	0,000000	46,65	357	0,131
Hmotnosť nadzemnej časti v sušine ⁶	0,2054	2	0,1027	2,724	0,06669	13,460	357	0,037
Hmotnosť podzemnej časti v sušine ⁷	0,1026	2	0,0513	2,968	0,052674	6,1706	357	0,017

SS – suma štvorcov odchýlok, df – stupne voľnosti medzi úrovňami faktora, MS – rozptyl medzi úrovňami faktora, F – F testovacie kritérium, p – level – hladina významnosti, MS Error – rozptyl vo vnútri (reziduál), df Error – stupne voľnosti vo vnútri faktora

SS – Sum of squares, df – degree of freedom, MS – MS Effect, F – values of F-test, p-level, SS Error, df Error, MS Error

¹stem height, ²diameter of root crown ³length of root system ⁴top fresh weight ⁵root fresh weight ⁶top dry weight ⁷root dry weight ⁸biometrical value

Tab. 2 Rastové veličiny dvojročných semenáčikov jedle bielej (*Abies alba* Mill.)Tab. 2 Growth characteristics biennial White fir seedlings (*Abies alba* Mill.)

Biometrická veličina ⁸	Kontrola ⁹	Alginit	
		2 kg.m ⁻²	4 kg.m ⁻²
Výška nadzemnej časti $\bar{x}$ (cm) ¹	4,17	4,85	4,84
Hrúbka koreňového krčka $\bar{x}$ (mm) ²	2,71	2,96	3,04
Dĺžka koreňového systému $\bar{x}$ (cm) ³	21,35	22,71	22,0
Hmotnosť nadzemnej časti $\bar{x}$ (g) ⁴	1,00	1,076	1,19
Hmotnosť koreňovej sústavy $\bar{x}$ (g) ⁵	0,82	0,77	1,03
Hmotnosť nadzemnej časti v sušine $\bar{x}$ (g) ⁶	0,38	0,43	0,44
Hmotnosť podzemnej časti v sušine $\bar{x}$ (g) ⁷	0,29	0,32	0,33

¹stem height, ²diameter of root crown ³length of root system ⁴top fresh weight ⁵root fresh weight ⁶top dry weight ⁷root dry weight ⁸biometrical value ⁹control

Dunnettov test dokazuje, že rozdiel v raste zapríčinený obsahom alginitu v substráte je štatisticky veľmi vysoko významný pri výške nadzemnej časti, hrúbke koreňového krčka a hmotnosti koreňovej sústavy v čerstvom stave. Testovaním sa tiež dokázalo, že s 95 % pravdepodobnosťou ovplyvnil alginit (4 kg.m^{-2}) aj hmotnosť nadzemnej časti a hmotnosť koreňovej sústavy v sušine (tab. 3). Pre objektívne posúdenie vplyvu alginitu sme správnosť založenia pokusu overovali aj pomocou dvojfaktorovej analýzy variancie, kde prvým faktorom bolo opakovanie a druhým faktorom dávka alginitu. Na porovnanie dávok alginitu medzi sebou bol použitý Tukeyov test. Výsledky analýzy variancie dvojfaktorového pokusu potvrdili, že experiment bol založený správne, lebo opakovanie ako testovaný faktor nebol ani pre jednu zo skúmaných biometrických veličín signifikantný, čo dokazuje, že neboli zásadné rozdiely v rastových podmienkach v jednotlivých opakovaniach. Tukeyov test preukázal len signifikantné rozdiely variantov s alginitom ku kontrolným, nie však medzi sebou. Výška nadzemnej časti dvojročných semenáčikov jedle bielej kolísala od 4 do 5 cm, pričom najnižšia bola pri kontrolných variantoch, pri variantoch s obsahom alginitu presahovala výšku kontrolných semenáčikov o 16 % (tab. 2, graf 1). Podobne v pokusoch s umelým hydroabsorbentom Stockosorbom Micro, ktorý bol pridávaný do výsevových substrátov, preukázali jeho vplyv SARVAŠ, TUČEKOVÁ (2004). Nárast výšky bukových semenáčikov činil 10–20 %.

Tab. 3 Výsledky Dunnettovho testu

Tab. 3 The results of Dunnett test

Biometrická veličina ⁸	Kontrola ⁹	Alginit	
		2 kg.m^{-2}	4 kg.m^{-2}
Výška nadzemnej časti ¹	–	0,000043***	0,000047***
Hrúbka koreňového krčka ²	–	0,002497***	0,000069***
Dĺžka koreňového systému ³	–	0,060188	0,489921
Hmotnosť nadzemnej časti ⁴	–	0,545251	0,024109*
Hmotnosť koreňovej sústavy ⁵	–	0,426364	0,000058***
Hmotnosť nadzemnej časti v sušine ⁶	–	0,115450	0,058779
Hmotnosť podzemnej časti v sušine ⁷	–	0,125707	0,039516*

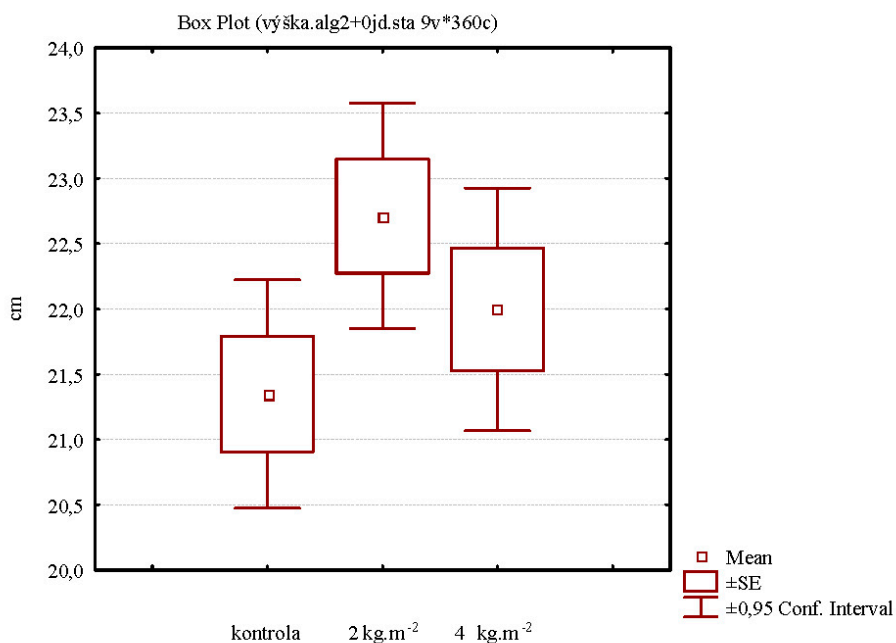
*štatisticky významný rozdiel (95 %), ** štatisticky vysoko významný rozdiel (99 %), *** štatisticky veľmi vysoko významný rozdiel (99,9%),

*statistically significant difference (95 %), ** statistically highly significant difference (99 %), *** statistically very highly significant difference (99,9%),

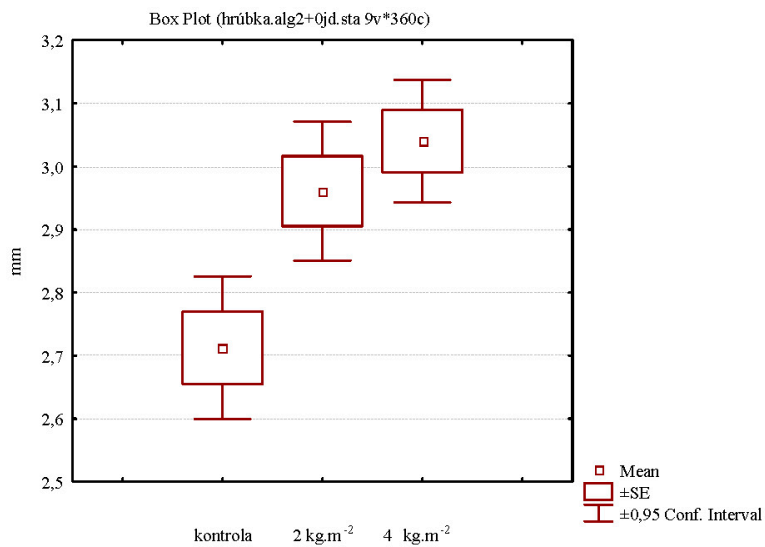
¹stem height, ²diameter of root crown ³length of root system ⁴top fresh weight ⁵root fresh weight ⁶top dry weight ⁷root dry weight ⁸biometrical value ⁹control

Hrúbka koreňového krčka (tab. 2, graf 2) bola najvyššia pri variante s obsahom alginitu 4 kg.m^{-2} (3,04 mm), na tomto variante dosahovali najvyššie hodnoty aj hmotnosti

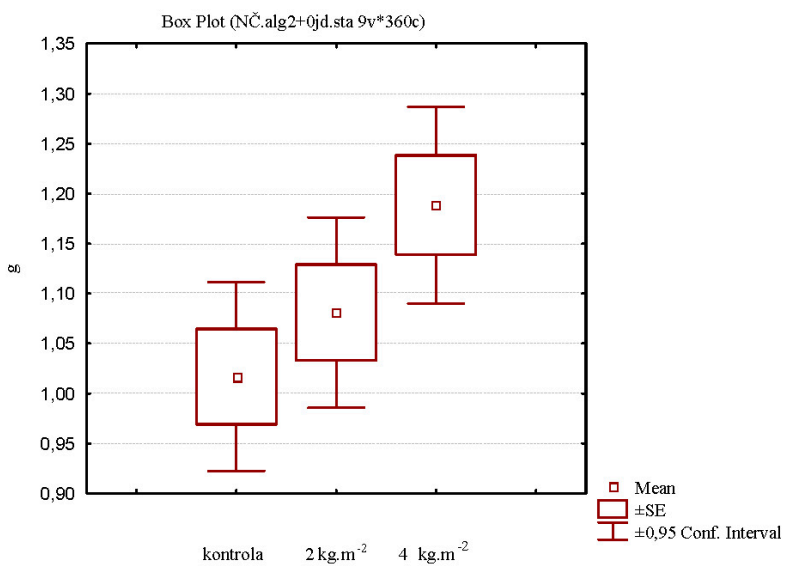
nadzemnej časti (tab. 2, graf 3) a koreňovej sústavy (graf 4) v čerstvom stave. V pokusoch s pôdnym kondicionérom TerraCottem (SARVAŠOVÁ, 2003), ktorý bol do výsevových substrátov pridávaný v dávke 4 kg.m^{-3} dosahujú dvojročné semenáčky buka lesného priemerné hodnoty výšky nadzemnej časti 126 %, hrúbky koreňového krčka 128 %, hmotnosti nadzemnej časti v čerstvom stave 220 % a v sušine 142 % kontroly. Hmotnosť koreňovej sústavy v čerstvom stave na tomto pokusnom substráte dosiahla 164 % a v sušine 132 % kontroly. V prípade pridávania alginitu do výsevových substrátov výsledky testovania tiež potvrdili vyšší nárast hmoty skúmaných biometrických charakteristík, ale len v rozmedzí vyššom o 6–26 % oproti kontrole. BELÁČEK a kol. (2002) skúmali pôdnu vlhkosť v jamkách sadeníc a fotosyntetickú výkonnosť rastlín (F_v/F_m , Area a F_m/F_0) borovice lesnej a duba letného. Zistili, že výkonnosť fotosyntetického aparátu sadeníc pri použití alginitu vzrastá, rovnako ako aj vlhkosť a plasticita pôdy z odberov vzoriek z výsadbových jamiek. TORMA (1996) použil minerál zeolit spolu s organickými a minerálnymi hnojivami. Zeolit nasýtený s prvkami minerálnej výživy ich v pôde pomaly uvoľňoval a poskytoval pestovaným rastlinám dostatok živín počas celej vegetačnej doby, čo znamenalo zvýšenie výnosu o 47 %.



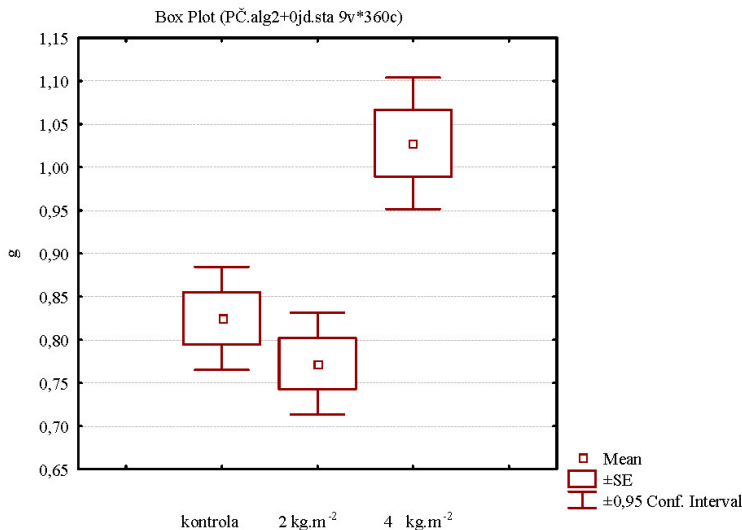
Graf 1 Výška nadzemnej časti
 Graph 1 Stem height



Graf 2 Hrúbka koreňového krčka
Graph 2 Diameter of root crown



Graf 3 Hmotnosť nadzemnej časti
Graph 3 Top fresh weight



Graf 4 Hmotnosť koreňovej sústavy
Graph 4 Root fresh weight

ZÁVER

Výsledky pestovania semenáčikov jedle bielej dokumentujú pozitívny vplyv alginitu na vzhľad a rast tejto dreviny. Pozitívny vplyv alginitu na rast semenáčikov na rašelinovom substráte je možné vysvetliť predovšetkým tým, že použitím mletého alginitu došlo hlavne k úprave kyslosti pestovateľského substrátu, a to viac ako o dva stupne v stupnici pH. Alginit svojimi vlastnosťami ponúka aj ďalšie využitie vďaka: vysokému obsahu humusu, obsahu živín, schopnosti zadržiavať v pôde živiny a vodu. Nárast biomasy v porovnaní s umelými pôdnymi kondicionermi, použitými v škôlkarských strediskách, nebol až taký markantný, je to však prirodzený pôdny sorbent, ktorého účinky sa budú overovať v budúcnosti.

Príspevok vznikol v rámci riešenia výskumného grantu VEGA 1/3515/06.

Literatúra

- BELÁČEK, B., KMEŤ, J., VASS, D.: Odraz vlastností alginitu vo fyziologickom stave sadeníc duba a borovice v oblasti CHKO Cerová vrchovina. In: Prvé pôdoznalecké dni v SR. Zborník z medzinárodnej vedeckej konferencie. Račkova dolina, 17–19. 6. 2002, s. 299–305.
- KULICH, J., VALKO, J., OBERNAUER, D.: Perspektíva využitia alginitu vo výžive rastlín – Perspective of exploitation, of alginit in plant nutrition, JCEA, 2, 2001, č. 3–4, s. 234–239.

- SARVAŠOVÁ, I.: Použitie TerraCottemu pri produkcii semenáčikov buka lesného, AFF, Zvolen, **XLV**, 2003, s. 127–134.
- SARVAŠ, M., TUČEKOVÁ, A.: Ako skvalitniť dopestovanie sadbového materiálu v lesných škôlkach a zvýšiť uجاتosť po výsadbe?, *Slovenské lesokruhy*, 2004, č. 3–4, s. 44–45.
- SOLTI, G.: Az Alginit. Magyar Állami Földtani Intéz. Budapest, 1987, 40 s.
- TORMA, S.: Možnosti využitia zeolitu ako nosiča minerálnych živín. In: Ochrana pôdy, výzva pre budúcnosť. Zborník VK VÚPU, Bratislava, 1996, s. 249–251.
- VASS, D., KONEČNÝ, V., ELEČKO, M., MILIČKA, J., SNOPOKOVÁ, P., ŠUCHA, V., KOZÁČ, J., ŠKRABANA, R.,: Alginit – nový zdroj slovenského nerudného surovínového potenciálu (ložisko Pinciná). *Mineralia slovac*a, 29, 1997, s. 1–39.
-

Adresa autora:

Ing. Ivana Sarvašová, PhD.

Katedra pestovania lesa

Lesnícka fakulta

Technická univerzita vo Zvolene

T. G. Masaryka 24

960 53 Zvolen

e-mail: isarvas@vsld.tuzvo.sk

The evaluation of alginite influence on the growth of silver fir (*Abies alba* Mill.) seedlings

Summary

The soil conditioner alginite positively influences the growth of silver fir seedlings on seedbeds without special irrigation. The alginite was applied by fielding (2 and 4 kg.m⁻²). The best result of height of aboveground part was achieved by content of alginite 2 kg.m⁻² (cm, 116% of control value). The average values other investigated growth characteristics suggest better results with application of alginite by fielding. The optimal treatment of alginite by cultivation of silver fir seedlings on seedbeds was showed the dose 4 kg.m⁻². By this content of alginite in substrate achieved diameter of root crown 112%, top fresh weight 119%, root fresh weight even 126%, top dry weight 116% and root dry weight 113% of control value (Tab. 1).

The alginite belongs to perspective preparations with high humus, nutrients content and good water-bearing capacity. The use of alginite in nursery is advisable, but is necessary to consider, how long time we shall cultivate the forest trees in used substrate and what dose of alginite is needful to use for optimal growth providing economic effectiveness.

VÝBEROVÉ ZISŤOVANIE KVALITY SADBOVÉHO MATERIÁLU V LESNÝCH ŠKÔLKACH

Lubica Š M E L K O V Á

Šmelková, L.: Výberové zisťovanie kvality sadbového materiálu v lesných škôlkach. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLIX**, 2007, č. 1, s. 109–121.

Práca nadväzuje na predchádzajúce návrhy výberovej inventarizácie množstva sadbového materiálu (ŠMELKOVÁ 1996, 2002) a rozširuje ju aj na zisťovanie kvalitatívnych parametrov ako sú požadované rozmery (výška a hrúbka), morfológia, zdravotný stav, poškodenie a i. Skúma biometrické vlastnosti, variabilitu a vzájomné vzťahy týchto veličín. Predkladá dva postupy na ich výberové zisťovanie: jednofázový je založený iba na meraní, resp. iba na okulárnom odhade, dvojfázový využíva výhody kombinácie odhadu a merania. Navrhnuté postupy obsahujú podrobné matematicko–štatistické zdôvodnenie i konkrétne námety pre plánovanie, vykonanie a zhodnotenie výsledkov inventarizácie. Všetky sú podložené výskumom na rozsiahlom experimentálnom materiáli a úspešne sú overené v poloprevádzkových podmienkach. Realizovať sa môžu samostatne, ale účelnejšie je ich spojenie s inventarizáciou množstva sadbového materiálu.

Kľúčové slová: Lesné škôlky, výberová inventarizácia, výška, hrúbka a kvalita

1. PROBLEMATIKA A CIEĽ PRÁCE

Zisťovanie množstva a kvality sadbového materiálu tvorí neoddeliteľnú súčasť výrobného programu v lesných škôlkach. Vyplýva z prirodzeného záujmu samotného producenta i z platných legislatívnych noriem (Vyhláška MP SR 571/2004). Vykonáva sa však od seba oddelene. Množstvo, čiže počet jedincov v jednotlivých kategóriách sadbového materiálu sa zisťuje počas výrobného procesu i na jeho konci. Kvalitatívne vlastnosti sa spravidla posudzujú iba jedenkrát – po vyzdvihnutí semenáčikov a sadeníc pred ich následným škôlkovaním alebo expedovaním na výsadbu. Pritom existujú viaceré objektívne dôvody, aby sa kvalita sadbového materiálu, podobne ako jej množstvo, zisťovala nielen na konci ale aj v priebehu produkčného procesu. Informácie, ktoré sa tým získajú môžu byť veľmi významným podkladom pre priebežnú kontrolu, riadenie, prognózovanie a realizáciu produkcie. Dovoľujú v predstihu objektívne predvídať úspešnosť produkcie (výsadbyschopnosť, potrebu škôlkovania), oceniť ju finančne a podľa potreby prijať zodpovedajúce technologické i ekonomické opatrenia.

V predchádzajúcich rokoch (ŠMELKOVÁ 1996, 2002) sme vypracovali návrhy dvoch nových alternatív na inventarizáciu množstva sadbového materiálu výberovým

matematicko-štatistickým spôsobom, ktoré priniesli značné zobjektívnenie a zhospodárnenie týchto prác a postupne sa zavádzajú do prevádzkovej praxe. V predkladanom príspevku rozširujeme problematiku aj na kvalitatívne znaky. Pozornosť sústredíme na tie veličiny, ktoré podľa súčasne platných kritérií (STN 48 2211) sú pre kvalitu semenáčikov a sadeníc rozhodujúce a dajú sa bezprostredne stanoviť buď meraním alebo vizuálnym posúdením. Sú to: základné rozmery – výška nadzemnej osi (V) a hrúbka v koreňovom kĺčku (H) a súbor ostatných znakov kvality (K), ako je tvar nadzemnej osi, vyzretosť vegetačného vrcholu, zdravotný stav, resp. poškodenie klimatickými faktormi, hubovými ochoreniami, živočíšnymi škodcami a i.

2. METODICKÉ VÝCHODISKÁ

Východiskom pre metodiku výberového zisťovania veličín V , H , K určujúcich kvalitu semenáčikov a sadeníc sú tie isté matematicko-štatistické princípy, ktoré boli použité pri návrhu už citovanej výberovej inventarizácie počtu jedincov (N) sadbového materiálu. Aj tu sa môže uplatniť buď jednofázový postup, keď sa celé zisťovanie uskutočňuje v jednej pracovnej fáze, alebo dvojfázový postup, keď sa rozkladá na dve fázy – v prvej sa robí jednoduchý okulárny odhad a v druhej spresňujúce meranie. Rozdiel je len v tom, že počet jedincov N je veličina vzťahujúca sa na plošnú jednotku (1 m^2 , 1 bežný meter záhona, alebo záhonový úsek o dĺžke $d = 25\text{ cm}$, resp. jeho menšiu časť), kým výška V , hrúbka H a kvalita K sa vzťahujú na jednotlivé jedince. Preto je pri koncipovaní metodiky pre inventarizáciu kvality V , H , K veľmi dôležité preskúmať základné biometrické vlastnosti týchto veličín, predovšetkým ich variabilitu a vzájomné vzťahy a zistiť, do akej miery korešpondujú s biometrickými vlastnosťami počtu jedincov N .

Podkladom pre takúto analýzu sú údaje uvedené v tabuľke 1. Získali sa v rámci viacročného výskumu výberovej inventarizácie na vybratých pokusných záhonoch v rôznych lesných škôlkach a škôlkárskych strediskách na Slovensku. Reprezentujú širokú škálu sadbového materiálu, semenáčky i sadenice, rôzne druhy drevín i vekovú vyspelosť. Využijú a zhodnotia sa v ďalších častiach príspevku.

3. INVENTARIZÁCIA VÝŠKY A HRÚBKY SADBOVÉHO MATERIÁLU

Jej cieľom je zistiť výšku V a hrúbku H jedincov príslušnej kategórie sadbového materiálu v lesnej škôlke a stanoviť koľko z nich spĺňa predpísané kritérium rozmerovej kvality. Tá je limitovaná minimálnou výškou a hrúbkou, prípadne aj vekom a líši sa podľa toho, či ide o semenáčky, sadenice alebo poloodrastky a ďalej ešte podľa druhu dreviny. Napr. semenáčky SM, ak majú byť schopné výsadby, musia mať minimálnu $V = 16\text{ cm}$ a $H = 3\text{ mm}$, pre 3 ročné sadenice SM sú minimálne rozmery V/H nasledovné: 15–25 cm/5 mm, 26–35 cm/5 mm, 36–50 cm/6 mm. Podrobnejšie údaje možno nájsť v STN 48 2211

alebo v publikácii (ŠMELKOVÁ 2002). Pritom pod výškou sa rozumie dĺžka vegetačnej osi a hrúbka sa týka kmienka v koreňovom krčku, t. j. v mieste kde vyrastá zo zeme.

Keďže množstvo jedincov je spravidla veľmi veľké (niekoľko tisíc až milión kusov), zisťovanie ich V a H výberovým spôsobom sa obmedzí iba na pomerne malý súbor objektívne vybraných jedincov a zo získaných výberových výsledkov sa odvodí závery platné pre celý sadbový materiál danej kategórie v lesnej škôlke, samozrejme aj s príslušným rámcom presnosti (výberovej chyby). Samotný výber, ak má byť reprezentatívny, hospodárny a dostatočne presný, musí sa naplánovať a vykonať podľa všeobecných matematicko-štatistických zásad, ale zároveň musí zohľadňovať aj konkrétne špecifiká zisťovaných veličín.

Predstavu o špecifických vlastnostiach výšky a hrúbky semenáčikov a sadeníc, ktoré môžu ovplyvniť výberový spôsob ich zisťovania získame z tabuľky 1a obrázkov 1–3:

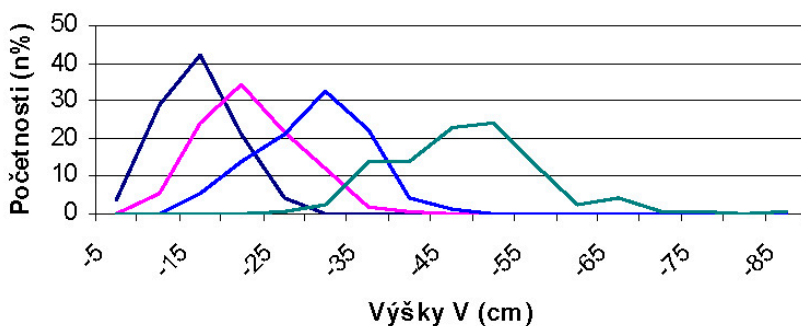
Tab. 1. Základné údaje o výške (V), hrúbke (H) a počte jedincov (N) skúmaného sadbového materiálu (priemer, smerodajná odchýlka, variačný koeficient, korelácia V , H)

Tab. 1. Grundlegende Angaben über die Höhe (V), Stärke (H) und Anzahl (N) des untersuchten Pflanzenmaterials (Mittelwert, Standardabweichung, Variationskoeffizient, Korrelationskoeffizient V , H)

Druh ¹⁾	n	$\bar{V}$	s_v	$s_v\%$	$\bar{H}$	s_H	$s_H\%$	$r_{V,H}$	$s_N\%$
BO 2+0	126	27,0	4,0	14,6	4,7	1,0	22,2	0,71	24,7
SMC 2+1	120	24,3	4,8	19,9	3,3	0,9	27,3	0,36	24,2
SMC 2+0	87	42,6	6,9	16,2	5,0	1,4	28,4	0,81	9,8
BK 1+0	120	13,3	2,7	20,3	2,6	0,5	20,0	0,22	17,2
BK 2+0	189	18,7	6,1	32,7	4,3	1,5	35,9	0,75	17,8
BK 2+0	111	24,4	9,7	39,8	4,4	1,2	28,3	0,46	24,7
DB 1+0	189	10,5	4,5	42,5	2,7	1,0	37,0	0,73	24,5
DB 2+0	111	20,1	5,8	27,8	4,4	1,2	26,6	0,72	23,2
JVH 2+0	126	20,4	5,7	27,7	4,2	1,2	28,4	0,46	23,0
JVH 2+0	126	28,4	6,2	21,9	5,2	1,3	25,4	0,55	20,0
BH 1+0	120	5,8	1,7	29,4	1,1	0,4	31,2	0,28	21,1
LP 1+0	126	4,8	1,8	38,0	1,9	0,6	30,2	0,61	32,7
LP 1+0	126	4,7	1,9	39,7	1,8	0,6	31,4	0,71	35,2
Priemer ²⁾		18,8	4,8	28,5	3,5	1,0	24,5	0,6	22,5
S. odch ³⁾		11,0	2,4	9,5	1,4	0,4	4,8	0,2	6,9
SM 1+1	156	11,8	4,1	34,4	3,4	0,8	25,3	0,66	14,1
SM 2+1	189	25,9	6,6	25,4	5,8	1,2	20,7	0,61	13,1
SM 2+1	120	15,1	4,9	32,9	2,8	0,6	21,2	0,10	21,7
JD 2+3	120	44,5	7,2	16,1	6,2	0,5	7,3	0,26	5,5
BK 2+1	117	46,8	13,7	29,4	9,5	2,4	25,1	0,51	17,1
JS 1+1	231	21,7	5,0	23,6	4,5	1,0	22,9	0,54	21,2
Priemer ²⁾		27,6	6,9	26,9	5,4	1,1	20,4	0,45	15,4
S. odch. ³⁾		14,8	3,5	6,8	2,4	0,7	6,7	0,22	6,0

¹⁾Kategorie – Sämlinge, Pflanzen, ²⁾Mittel, ³⁾Standardabweichung

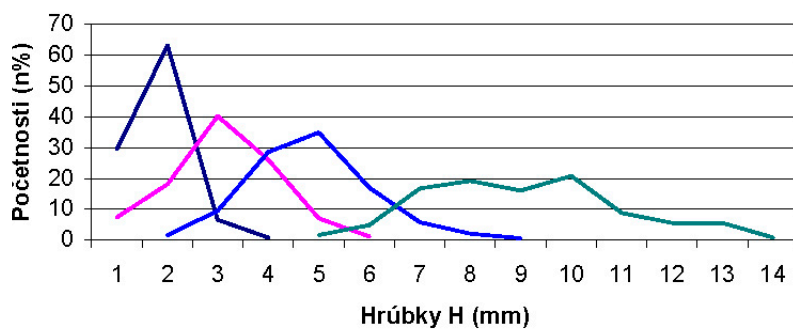
Rozdelenie výšky jedincov pri strednej výške V=10, 20, 30 a 40 cm



Obr. 1 Rozdelenie početností výšky (V) semenáčikov a sadeníc pri rôznych stredných hodnotách týchto veličín

Abb. 1 Häufigkeitsverteilung der Höhe (V) von Sämlingen und Pflanzen bei verschiedenen Mittelwerten der V

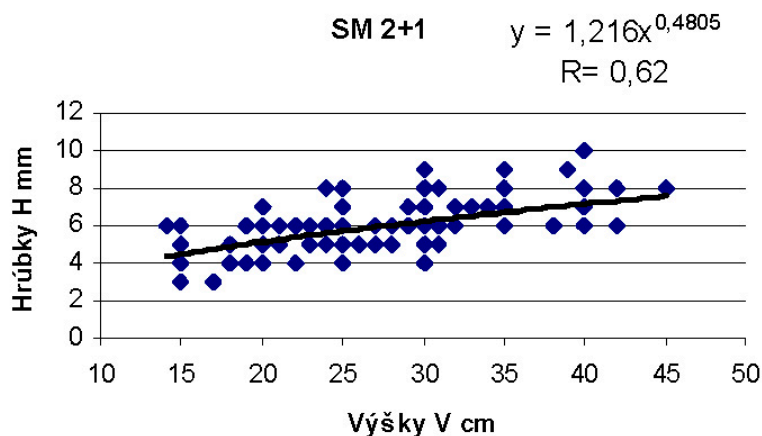
Rozdelenie hrúbky jedincov pri strednej hrúbke H = 2, 4, 6 a 9 mm



Obr. 2 Rozdelenie početností hrúbky (H) semenáčikov a sadeníc pri rôznych stredných hodnotách týchto veličín

Abb. 2 Häufigkeitsverteilung und Stärke (H) von Sämlingen und Pflanzen bei verschiedenen Mittelwerten der H

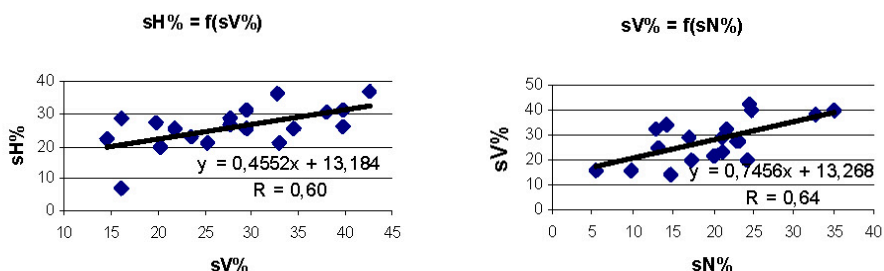
- Obidve veličiny, výška aj hrúbka, majú zákonitě rozdelenie svojich hodnôt okolo stredy, je mierne ľavostranne nesúmerné, jeho zahrotenie s rastúcou strednou hodnotou klesá a variačné rozpätie sa zväčšuje (obr. 1).
- Medzi výškou a hrúbkou jedincov existuje vzájomný vzťah, ktorý v príklade na obrázku 2 je pomerne tesný (korelačný koeficient dosahuje hodnotu $r_{V, H} = 0,62$). Z údajov v predposlednom stĺpci tabuľky 1 však vidieť, že sa často vyskytujú aj oveľa menej tesné vzťahy, a to rovnako pri semenáčikoch i sadenicích (s pravdepodobnosťou okolo 30 %).
- Variabilita výšok a hrúbok vyjadrená absolútne smerodajnou odchýlkou s_V (cm), s_H (mm) sa s rastúcou strednou hodnotou $\bar{V}$, $\bar{H}$ jednoznačne zväčšuje, ale pri relatívnom vyjadrení pomocou variačného koeficienta $s_V\%$, $s_H\%$ výrazne klesá, čo možno dobre sledovať v príslušných stĺpcoch tabuľky 1. Pri strednej výške 10–25 cm sa variačný koeficient $s_V\%$ resp. $s_H\%$ zníži na hodnoty 35–25–20 %. Medzi semenáčikmi a sadenicami sa rozdiely vo variabilite pri výškach neprejavujú ($F = 0,231$), ale pri hrúbkach je variačný koeficient $s_H\%$ u semenáčikov v priemere o 8 % väčší ako u sadenic ($t = 3,02$). Vzájomný vzťah $s_V\%$ a $s_H\%$ doplnený aj o variačný koeficient počtu jedincov na tých istých záhonoch $s_N\%$ prezentuje obrázok 3. Vidieť, že z relatívnej variability výšok možno celkom dobre odhadovať relatívnu variabilitu hrúbok a z relatívnej variability počtu jedincov možno určiť relatívnu variabilitu ich výšky.



Obr. 3 Príklad závislosti hrúbky (H) od výšky (V) sadenic SM 2+1

Abb. 3 Beispiel – Zusammenhang der Stärke (H) von der Höhe (H) für die Pflanzen FICHTE 2+1

Z týchto skutočností vyplýva, že pre potreby inventarizácie V a H by bolo možné modelovať rozdelenie početností výšok a hrúbok semenáčikov a sadeníc a podľa konkrétne zistenej strednej hodnoty a variability V a H z modelu odhadovať počet jedincov nesplňujúcich rozmerové kritériá kvality. Ďalšie zjednodušenia zisťovania tým, že by sa obmedzilo iba na výšky a hrúbky by sa odhadovali z modelovej závislosti $H = f(V)$ neprichádza do úvahy pre nejednoznačnú tesnosť tohto vzťahu. Na druhej strane môže grafický obraz vzťahu dobre poslúžiť na veľmi ľahké spočítanie jedincov, ktoré nedosahujú predpísaného hodnoty V a H (v príklade na obr. 2 je ich 9). Najdôležitejší a najviac využiteľný je poznatok o vzájomných vzťahoch a proporciách medzi variačnými koeficientmi V , H a N , ktoré sú nevyhnutným základom pre plánovanie rozsahu výberového zisťovania.



Obr. 4 Vzťah medzi variačnými koeficientmi hrúbky a výšky (vľavo) a variačnými koeficientmi výšky a počtu jedincov (vpravo)

Abb. 4 Zusammenhang zwischen den Variationskoeffizienten der Stärke und Höhe (links) und den Variationskoeffizienten der Höhe und Pflanzenzahl (rechts)

Pre vlastné naplánovanie a realizáciu výberovej inventarizácie V a H možno ako najvhodnejšie odporučiť tieto dva postupy.

3.1 Jednofázový postup – meranie výšky a hrúbky sadbového materiálu

Obsahuje tri na seba nadväzujúce kroky – prípravu (plán), vlastné zisťovanie a zhodnotenie výsledkov.

V rámci prípravných prác sa určia záhony (ich dĺžka D v m, druh a kategória sadbového materiálu), ktoré budú predmetom inventarizácie a zostaví sa výberový plán. Ten by mal byť optimálny, t. j. v maximálnej miere zodpovedať konkrétnemu stavu inventarizovaných záhonov a požiadavkám inventarizácie. Za tým účelom sa posúdi premenlivosť výšok jedincov pozdĺž záhona a stanoví sa predpokladaná hodnota variačného koeficienta $s_V\%$, a to dvojako:

- buď jednoduchým odhadom relatívneho stupňa rozrôznenia výšok R (1 – malý, 2 – stredný, 3 – veľký) a použitím tabuľky 2,
- alebo výpočtom z vyskytujúceho sa rozpätia a odhadnutej priemernej hodnoty výšok na záhone podľa vzťahu

$$s_V \% = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{4,5 * V_{\text{priemer}}} * 100 \quad (1)$$

Tabuľka 2. Modelové hodnoty variačného koeficienta výšky ($s_V\%$), hrúbky ($s_H\%$) a počtu ($s_N\%$) semenáčí kov a sadeníc pri rôznom stupni rozrôznenia V , H a N

Tabelle 2. Modellwerte von Variationskoeffizienten der Höhe ($s_V\%$), Stärke ($s_H\%$) und Anzahl ($s_N\%$) der Sämlinge bzw. Pflanzen bei verschiedenen relat. Streuung (R)

R – Stupeň rozrôznenia	$s_V\%$	$s_H\%$	$s_N\%$	
			semenáčky	sadenice
1 – malý	27	25	20	15
2 – stredný	35	30	35	22
3 – veľký	45	35	50	30

Tabuľka 2 bola zostavená na podklade údajov tab. 1 a doplnená údajmi z práce (ŠMELKOVÁ 2005). Vhodnosť vzťahu (1) bol experimentálne preverený a potvrdil, že diferenciacia voči skutočnej hodnote neprekročila s 95 % pravdepodobnosťou odchýlku $\pm 6\%$, korelačný vzťah mal tesnosť $r = 0,91$. V ďalšom kroku sa zvolí požadovaná presnosť inventarizácie (prípustná chyba $E\%$ určenia priemernej výšky, ktorá by nemala byť prekročená s 95 % pravdepodobnosťou). Pritom sa zohľadnia viaceré okolnosti – účel zisťovania, či ide o informatívnu kontrolu alebo o technologické a ekonomické rozhodnutia so závažným dosahom, hodnota sadbového materiálu a tiež presnosť, s ktorou sa má určiť počet jedincov nesplňujúcich normovanú rozmerovú kvalitu (podľa zásad uvedených v ďalšej stati 4). Nakoniec sa z tabuľky 3 na základe $s_V\%$ a $E\%$ prevezme potrebný rozsah výberu n , čiže počet jedincov, ktoré majú byť na záhonoch vybraté pre zistenie ich V a H . Osobitné plánovanie pre hrúbku H sa nerobí, pretože – ako sme dokázali – variačný koeficient hrúbok je v podstate totožný s variačným koeficientom výšok, takže aj priemerná hrúbka sadbového materiálu bude výberom určená rovnako presne ako jeho priemerná výška.

Tabuľka 3 Rozsah výberu n potrebný pre určenie priemernej výšky a hrúbky sadbového materiálu s požadovanou presnosťou $E\%$ jednofázovým postupom

Tabelle 3 Der notwendige Stichprobenumfang n für die Ermittlung der mittleren Höhe und Stärke des Pflanzenmaterials mit erwünschter Genauigkeit $E\%$ beim einfasigen Verfahren

$s_y\%$	$E = \pm 2 \%$	$E = \pm 3 \%$	$E = \pm 5 \%$	$E = \pm 10 \%$
10	100	45	20	10
20	400	180	65	20
30	900	400	145	40
40	1600	710	255	65
50	2500	1100	400	100

Vlastné výberové zisťovanie sa uskutoční tak, že sa určí výberový krok

$$k = D / n \quad (2)$$

a v týchto odstupoch, napr. $350 \text{ m}/180 = 2 \text{ m}$ sa krokovaním pozdĺž záhona stanovia miesta, kde sa buď vždy v strede záhona alebo striedavo v $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ a $\frac{3}{4}$ jeho šírky vyberie jedinec (i) a odmeria sa jeho výška V_i a hrúbka H_i . Výšky sa dajú dobre merať jednoduchým pravítkom (latkou) s cm delením, ale s výrazne farebne odlišenými 5 cm intervalmi. Na meranie hrúbok sa osvedčilo posuvné meradlo alebo jednoduchá šablóna (minipriemerka) z umelej hmoty s výrezmi pre 1, 2, 3 10 mm hodnoty H . Výsledky sa zaznamenávajú do jednoduchého zápisníka (tlačiva) minimálne s tromi stĺpcami pre zápis poradového čísla (i), V_i , H_i , prípadne s rezervnými stĺpcami aj pre ďalšie znaky kvality K_i v jednom spoločnom riadku.

Výsledkom zisťovania je súbor n údajov V_i a H_i ($i = 1, 2, 3 \dots n$), ktoré označíme spoločným symbolom Y_i . Zhodnotia sa vypočítaním nasledovných charakteristík:

– priemerná hodnota $\bar{y}$, smerodajná odchýlka s_y a variačný koeficient $s_y\%$

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \quad (3)$$

$$s_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n - 1}} \quad (4)$$

$$s_y \% = \frac{s_y}{\bar{y}} \cdot 100 \quad (5)$$

- výberová chyba

$$\Delta(abs) = 2 \cdot \frac{s_y}{\sqrt{n}} \quad \text{a} \quad \Delta\% = \frac{\Delta(abs)}{\bar{y}} \cdot 100 \quad (6)$$

- interval spoľahlivosti, v ktorom leží skutočná priemerná hodnota μ_y všetkých jedincov sadbového materiálu na inventarizovaných záhonoch s pravdepodobnosťou 95 %

$$\mu_y = \bar{y} \pm \Delta(abs) \quad (7)$$

Nakoniec sa porovná dosiahnutá výberová chyba $\Delta\%$ s požadovaným rámcom $E\%$. V prípade ich zhody sa potvrdí správnosť plánovania i uskutočnenia výberu. Ak bude väčšia ako $E\%$, požadovaná presnosť sa nedosiahla, pretože predpokladaná variabilita $s_y\%$ bola podhodnotená a realizovaný rozsah výberu n nedostatočný. V prípade, že by chyba $\Delta\%$ bola príliš neuspokojivá, môže sa urobiť dopĺňajúci výber aby n zodpovedalo vyššiemu stupňu variability podľa tabuľky 3. Ak by sa získala menšia ako je $E\%$, vykonal sa zbytočne väčší výber ako bolo potrebné, zisťovanie bolo síce presnejšie, ale menej hospodárne.

3.2 Dvojfázový postup – kombinácia odhadu a merania výšky a hrúbky sadbového materiálu

Je navrhovaný ako ďalší variant, ktorý zabezpečí rovnakú presnosť výsledku ako predchádzajúci jednofázový postup, ale je menej prácny a celkove hospodárnejší, lebo využíva jednoduchosť odhadu a spravidla veľmi tesnú koreláciu medzi odhadnutými a meranými hodnotami. Vykonáva sa tak, že v prvej fáze sa urobí odhad výšky V_o a hrúbky H_o , všeobecne Y_o na väčšom počte jedincov n_1 a v druhej fáze sa na časti z nich n_2 výšky a hrúbky aj odmerajú a získajú sa párové hodnoty merané V_M a H_M , všeobecne Y_M . Počet potrebných odhadov n_1 a meraní n_2 sa stanoví podľa tabuľky 4, pričom predpokladaná variabilita výšok $s_y\%$ i požadovaná miera presnosti výsledku $E\%$ sa určia tak isto ako pri jednofázovom postupe.

Tabuľka 4 Rozsahy výberu n_1, n_2 potrebné na určenie priemernej výšky a hrúbky sadbového materiálu s požadovanou presnosťou $E\%$ dvojfázovým postupom

Tabelle 4 Notwendige Stichprobenumfänge n_1, n_2 für die Ermittlung der mittleren Höhe und Stärke des Pflanzenmaterials mit erwünschter Genauigkeit $E\%$ beim zweiphasigen Verfahren

$s_y\%$	E = ± 2 %		E = ± 3 %		E = ± 5 %		E = ± 10 %	
	n_1	n_2	n_1	n_2	n_1	n_2	n_1	n_2
10	165	80	75	40	30	15	10	5
20	660	200	295	90	105	35	30	15
30	1770	270	785	120	285	45	70	20
40	3150	485	1400	215	505	75	125	25

Tabuľka 4 bola odvodená na základe teórie 3P resp. regresného výberu (De Vries 1986, ŠMELKO 1990) a podrobnejšie je celé riešenie zdôvodnené v práci (ŠMELKOVÁ 2002). Využil sa pritom aj vlastný poznatok z výskumu autorky, že medzi okulárnymi odhadmi a meraniami výšok aj hrúbok je skutočne silný pozitívny vzťah, ktorý sa pohyboval na úrovni korelačného koeficienta $r_{O/M} = 0,5$ až $0,7$.

Vlastné zisťovanie prebieha rovnako ako v predchádzajúcom variante, iba s tým rozdielom, že sa stanovia dva výberové kroky: jeden $k_1 = D / n_1$ napr. $350 \text{ m} / 295 = 1 \text{ m}$, ktorý udáva odstup medzi odhadmi, druhý $k_2 = n_1 / n_2$ určuje poradie, v akom sa rozmery jedincov odhadujú aj merajú, napr. $295 / 90 = 3$, čiže každý tretí odhadovaný jedinec sa aj meria.

Získané údaje sa spracujú a zhodnotia nasledovne: Z odhadovaných n_1 hodnôt $V_{O(i)}$, $H_{O(i)}$ sa vypočítajú aritmetické priemery $\bar{y}_O$, smerodajné odchýlky $s_{y(O)}$ a variačné koeficient $s_{y(O)}\%$ podľa všeobecne známych vzorcov (pomocou vreckovej kalkulačky.) Z párových n_2 hodnôt odhadu a merania sa vypočíta opravný koeficient $q_{M/O}$ a jeho charakteristiky

$$q_i = \frac{y_{M(i)}}{y_{O(i)}} \Rightarrow \bar{q} = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} q_i}{n_1}, \quad s_q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_1} (q_i - \bar{q})^2}{n_1}}, \quad s_q\% = \frac{s_q}{\bar{q}} \cdot 100 \quad (8)$$

Priemerný koeficient $\bar{q}$ sa použije na korekciu odhadnutého priemeru a $\bar{y}_O$ získa sa jeho korigovaná hodnota podľa vzťahu

$$\bar{y}_{kor} = \bar{y}_O * \bar{q} \quad (9)$$

Výberová chyba toho korigovaného priemeru bude

$$\Delta_{kor}\% = 2 * \sqrt{\frac{s_{yO}\%^2}{n_1} + \frac{s_q\%^2}{n_2}} \quad (10)$$

a zodpovedajúci 95 % interval spoľahlivosti pre μ_y je

$$\mu_y = \bar{y}_{kor} \pm \frac{\Delta_{kor}\%}{100} \bar{y}_{kor} \quad (11)$$

Význam a aj interpretácia všetkých uvedených charakteristík sú rovnaké ako v predchádzajúcom variante. Výsledky sa však získajú s menšími časovými a finančnými nákladmi. Experimentálne skúšky, ktoré sme vykonali na veľkom počte poloprevádzkových zisťovaní potvrdili s veľkou istotou všetky teoretické predpoklady i očakávané výhody. Dosiahnutá chyba $\Delta_{kor}\%$ bola menšia ako naplánovaná presnosť $E\%$ pri semenáčikoch v 93 % a pri sadeniciach v 100 % všetkých skúšaných prípadov. Tak isto veľmi priaznivé boli hodnoty variačného koeficienta $s_q\%$, ktorý je mierou súladu odhadu s meraním

a zároveň ukazovateľom hospodárnosti kombinovanej metódy voči meraniu, pohybovali sa v rozpätí 5–18 % a boli v priemere dva až tri krát menšie ako variačné koeficienty meraných veličín $s_V\%$ a $s_H\%$.

4. INVENTARIZÁCIA OSTATNÝCH ZNAKOV KVALITY

Ostatné znaky, mimo výšky a hrúbky, charakterizujúce kvalitu sadbového materiálu sú typické kvalitatívne veličiny, ktoré sa nedajú odmerať, iba opísať slovné. Jediné sa podľa nich zaraďujú do vopred zvolených tried (kategórií) a výsledok sa vyjadruje relatívnym podielom (p_K), čiže početnosťou výskytu jedincov (M_K) s daným znakom (K) vzhľadom k celkovému počtu jedincov (M), pričom pri výberovom zisťovaní sa k nemu pripája výberová chyba Δp_K . Charakteristiky sa vypočítajú nasledovne:

$$p_K = \frac{M_K}{M} \cdot 100 \quad (12)$$

$$a \quad \Delta p_K = 2 \sqrt{\frac{p_K \cdot (100 - p_K)}{n}} \quad (13)$$

Zaujímavé je, že chyba a podiel navzájom veľmi úzko súvisia. Pri rovnakom rozsahu výberu $n = 100$ nadobúdajú tieto hodnoty:

$$\begin{array}{cccccccccccc} p_K = & 10 & 20 & 30 & 40 & 50 & 60 & 70 & 80 & 90 & 100 \% \\ \Delta p_K = & \pm 6 & 8 & 9,2 & 9,8 & 10 & 9,8 & 9,2 & 8 & 6 & 0 \% \end{array}$$

Najväčšia výberová chyba je pri podiele znaku $K = 50 \%$ a na obidve strany k menším a väčším hodnotám podielu sa symetricky znižuje. Zo vzorca (13) sa ľahko dá odvodiť rozsah výberu n potrebný pre určenie podielu p_K s vopred zvolenou požadovanou presnosťou, pre ktorú by platilo $\Delta p_K \leq Ep_K$. Príslušné rozsahy sú v tabuľke 5.

Tabuľka 5 Potrebný rozsah výberu n pre určenie podielu $p_K\%$ kvalitatívneho znaku K s požadovanou presnosťou $Ep_K\%$

Tabelle 5 Der notwendige Stichprobenumfang n für die Ermittlung des relative Anteils $p_K\%$ des Merkmals K mit erforderlicher Genauigkeit $Ep_K\%$

$Ep_K\%^{(1)}$	Predpokladaný podiel $p_K\%^{(2)}$								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
2	900	1600	2100	2400	2500	2400	2100	1600	900
3	400	711	933	1067	1111	1067	933	711	400
5	144	256	336	384	400	384	336	256	144
10	36	64	84	96	100	84	96	64	36

¹⁾erforderte Genauigkeit, ²⁾vorausgesetzter Anteil $p_K\%$

Prakticky sa táto kvalitatívna inventarizácia vykoná rovnako ako inventarizácia výšok a hrúbok v stati 3.1 alebo 3.2. Rozdiel je len v tom, že znak kvality K sa nemeria, ale vždy iba okulárne posudzuje (odhaduje). Ak sa rozhodne, že sa inventarizácia znaku K i veličín V a H bude robiť naraz v jednom pracovnom procese, treba naplánovaný rozsah výberu n pre jeden i druhý prípad navzájom zosúladiť – realizovať priemer z oboch rozsahov, alebo uplatniť ten, ktorý je väčší, pretože zabezpečí požadovanú presnosť s väčšou istotou.

5. SPOLOČNÁ INVENTARIZÁCIA MNOŽSTVA AJ KVALITY SADBOVÉHO MATERIÁLU

Je po pracovnej i ekonomickej stránke vždy výhodnejšia ako samostatné inventarizácie. Pre ich rozumnú integráciu treba však vyriešiť niektoré metodické otázky. Spočívajú v rozdielne definovanej výberovej jednotke. Množstvo (počet jedincov N) sadbového materiálu sa zisťuje na ploške – záhonovom úseku o dĺžke $d = 25$ cm, kým výška V , hrúbka H a kvalita K na jednotlivých jedincoch. V prvom prípade ide o tzv. skupinový a v druhom prípade o tzv. jednotlivý výber. Zjednotiť by sa dali tak, že by sa aj veličiny V , H a K zisťovali rovnako ako N iba na vybratých záhonových úsekoch d . Nebolo by to však výhodné, pretože by sa tým znížila presnosť určenia V , H , K a skomplikoval algoritmus zhodnocovania výsledkov. Muselo by sa uvažovať s variabilitou hodnôt týchto veličín vo vnútri i medzi záhonovými úsekmi a presnosť výsledku – podľa našich výskumov – by bola dva až tri krát horšia ako pri jednotlivom výbere. Preto odporúčame nasledovný postup:

- 1) pre inventarizáciu počtu jedincov N naplánovať výber podľa metodiky (ŠMELKOVÁ 1996, 2002), určiť potrebný rozsah $n(N)$ a odstupovú vzdialenosť medzi záhonovými úsekmi $s(N)$,
- 2) pre inventarizáciu výšky, hrúbky a kvality určiť tie isté prvky výberu $n(K)$ a $s(K)$ podľa kapitoly 3 a 4 tohto príspevku, 3) určiť vzájomný pomer $c = n(K) / n(N) = s(K) / s(N)$ udávajúcí koľkokrát bude počet jednotlivo posudzovaných semenáčikov resp. sadeníc väčší ako počet záhonových úsekov,
- 4) spoločnú inventarizáciu realizovať hodnotením jednotlivých V , H , K v pravidelných odstupoch pozdĺž záhona $s(K)$ a spočítavaním jedincov N na záhonových úsekoch d v odstupoch $s(N)$. Tento postup sa pri našich overovacích pokusoch plne osvedčil, pomer c bol v priemere 3 a dosiahnutá presnosť voči plánovanej $E\%$ bola pre všetky uvažované veličiny veľmi priaznivá.

6. ZÁVERY A ODPORÚČANIA

Z predložených úvah a z vykonaných a zhodnotených experimentov vyplýva, že zisťovanie kvality sadbového materiálu je plne opodstatnené nielen na konci výrobného procesu, ale aj v jeho priebehu a dá sa objektívne uskutočniť výberovým spôsobom.

Navrhnuté varianty jedno- a dvojfázového výberového postupu boli s úspechom overené a odskúšané v praxi. Sú pripravené na realizáciu, ktorá podľa získaných skúseností v rámci spolupráce s personálom škôlkárskych stredísk sa po krátkom zaškolení ukázala ako bezproblémová. Veľmi výhodné a prakticky jednoduché je spojenie inventarizácie kvality s inventarizáciou množstva sadbového materiálu v jednom pracovnom procese. Konfrontácia návrhov s poznatkami iných autorov nie je možná, pretože doteraz sa problematika zisťovania kvality sadbového materiálu výberových spôsobom neriešila.

7. Literatúra

- DE VRIES, P. C., 1986: Sampling theory for forest inventory, Wageningen, Berlin, Springer Verlag, 422 s.
- ŠMELKO, Š., 1990: Zisťovanie stavu lesa kombináciou odhadu a merania dendrometrických veličín. Vedecké a pedagogické aktuality. ES VŠLD, 88 s.
- ŠMELKOVÁ, Ľ., 1996: Inventarizácia sadbového materiálu v lesných škôlkach výberovým spôsobom. Lesnícky časopis – Forestry Journal, 42: 329–341.
- ŠMELKOVÁ, Ľ. 2002: Inventory of plant material in forest nurseries by combining an ocular estimate and sampling measurements. Journal of Forest Science, 48 (4): 156–165.
- ŠMELKOVÁ, Ľ. 2005: Variabilita hustoty sadbového materiálu v lesných škôlkach, jej praktický význam a možnosti jednoduchého odhadu. Acta Facultatis Forestalis, XLVII: 233–247.
-

Adresa autora:

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

Stichprobenweise Inventur der Qualität des Pflanzenmaterials in Baumschulen

Zusammenfassung

Der Artikel knüpft an bisher vorgeschlagene Stichprobeninventur der Menge des Pflanzenmaterials (ŠMELKOVÁ 1996, 2002) und verbreitet sie auf die Inventur der qualitativen Merkmale, wie erforderlichen Ausmass (Höhe und Stärke), Morphologie, Gesundheitszustand, Beschädigung ua. Es werden die biometrischen Eigenschaften, Variabilität und gegenseitige Beziehungen dieser Grössen untersucht. Zwei Inventurverfahren werden vorgestellt: einphasiges, das nur auf der Messung, bzw. nur auf der Schätzung basiert und zweiphasiges, das die Vorteile der Kombination von Schätzung und Messung verwendet. Die vorgeschlagene Verfahren beinhalten die mathematisch-statistische Begründung und konkrete Anweisung für die Planung, Durchführung und Auswertung der Inventur. Alle sind durch zahlreiche Experimente unterstützt und betrieblich überprüft.

ÚČINKY POMALY ROZPUSTNÝCH HNOJÍV RADY SILVAMIX A SILVAGEN NA LESNÚ KULTÚRU PO PRVOM ROKU PÔSOBNIA

Peter Š T O F K O

Štofko, P.: Účinky pomaly rozpustných hnojív rady Silvamix a Silvagen na lesnú štruktúru po prvom roku pôsobenia. Acta Facultatis forestalis Zvolen, **XLIX**, 2007. č. 1, s. 123–132.

Práca vyhodnocuje účinky tabletových hnojív Silvamix, Silvamix Mg a Silvagen na výškový a hrúbkový rast založenej kultúry smreka a smrekovca po prvom 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 zistil štatisticky významný vplyv hnojiva na jeho výškový a hrúbkový rast v porovnaní s kontrolou (tab. 4 a 5).

Kľúčové slová: tabletové hnojivá, výškový prírastok, hrúbkový prírastok, založená kultúra, Silvamix

ÚVOD

Pomaly rozpustné hnojivá sa v našej lesníckej praxi používajú už viacero rokov. Ich výhodou je pomalé rozpúšťanie a uvoľňovanie živín. Okrem uplatnenia v lesnom škôlkárstve sú využiteľné aj pri individuálnom hnojení v lesných výsadbách. Na tento účel boli vyvinuté pomaly rozpustné hnojivá v tabletovej forme, pričom práve táto forma hnojiva umožňuje jeho rýchlu, jednoduchú a presnú aplikáciu. Ako uvádza NÁROVEC (2004) pri hnojivových tabletách ide o koncept tzv. zásobného hnojenia ktorého cieľom je dlhodobé zásobovanie („dohnojovanie“) založených výsadiel základnými živinami prostredníctvom priemyslových hnojív (hnojivových tabliet) s pozvoľnou rozpustnosťou. Cieľom pokusu bolo vyhodnotiť účinnosť pomaly rozpustných hnojív na výškový a hrúbkový rast kultúry smreka a smrekovca.

METODIKA POKUSU

Na území LUC Štrba (Nízke Tatry) bola v poraste 81C11 založená pokusná plocha. Porast patrí do HSLT 665 (Kyslé smrečiny s jedľou vyšších polôh) a HSPT 17

(Jedľové smrečiny). Porast je tvorený na 90 % lesným typom 6124 (Čučoriedková smrečina s jedľou vst), ktorý patrí do slt *Pa vst* a 10 % zaberá lesný typ 5126 (Podzolovaná smrečina s jedľou nst), ktorý patrí do slt *Pa nst*. Expozícia je SV a sklon porastu predstavuje 40 %.

Porast je tvorený jednoročnou kultúrou smreka a smrekovca, pričom tieto dreviny boli vysádzané ako trojročný sadbový materiál pestovaný škôlkovaním. Práve aplikáciu na kultúrach starých minimálne rok odporúča TUČEKOVÁ, SARAVAŠ (2002), pretože pri hnojení tohtoročných výsadiieb vzniká nebezpečenstvo veľkých finančných strát z titulu hnojenia jedincov, ktoré sa neujmú. Na obidvoch drevinách boli náhodným spôsobom aplikované hnojivá Silvamix, Silvamix MG a Silvagen v tabletovej forme v množstve 5 tabliet (50 g) ku každému stromčeku, pričom ošetrovanie jednotlivými druhmi hnojív sa striedalo od stromčeka k stromčeku vrátane jedincov bez ošetrovania (kontrola). Tablety boli kladené na povrch pôdy a následne zašľapované pod povrch. Vzdialenosť tabliet od kmeňa zodpovedala priemeru obvodu koruny na pôdu. Najbližšie sa však tablety kladli do vzdialenosti 15 cm od kmeňa a najďalej do vzdialenosti o 10 cm väčšej ako je priemet obvodu koruny na pôdu.

Na obidvoch drevinách sa merala celková dĺžka (výška) a hrúbka v koreňovom krčku a to pri aplikácii hnojiva (máj 2006) a následne po ukončení vegetačného obdobia (október 2006). Na vyhodnotenie vplyvu jednotlivých druhov hnojív na rast jedincov sa použila metóda jednofaktorovej analýzy variancie.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Biometrické parametre rastu hnojenej kultúry prezentuje tabuľka 1.

Tabuľka 1 Biometrické parametre hnojenej kultúry (aritmetický priemer)

Table 1 Biometrical parameters of fertilized plantation (arithmetic mean)

Drevina	Hnojivo	Jar 2006			Jeseň 2006			Prírastok	
		Počet meraných jedincov	Výška (cm)	Hrúbka (mm)	Počet meraných jedincov	Výška (cm)	Hrúbka (mm)	Výškový (cm)	Hrúbkový (mm)
Smrek	Silvamix	62	36,15	7,72	61	39,33	9,50	3,18	1,78
	Silv Mg	62	36,12	7,91	57	38,54	9,82	2,41	1,92
	Silvagen	62	36,61	7,76	61	38,83	9,62	2,21	1,86
	Kontrola	62	37,05	7,82	56	39,87	9,26	2,82	1,44
Smrekovec	Silvamix	61	51,97	8,98	57	63,26	12,84	11,30	3,87
	Silv Mg	66	50,71	8,71	63	65,24	13,00	14,53	4,29
	Silvagen	62	52,65	9,05	58	69,63	13,90	16,98	4,85
	Kontrola	62	50,94	8,76	59	59,59	11,92	8,66	3,15

Z údajov prezentovaných v tabuľke 1 vyplýva, že smrekovec na danom stanovišti vytvára podstatne vyššie prírastky ako smrek. Tieto sú pri výškach 3 až 7 násobne a pri hrúbkach 2 až 2,5 násobne vyššie ako pri smreku.

Účinky hnojív na rast smreka

Vplyv hnojenia na výškový rast smreka dokumentuje tabuľka 2 a graf 1.

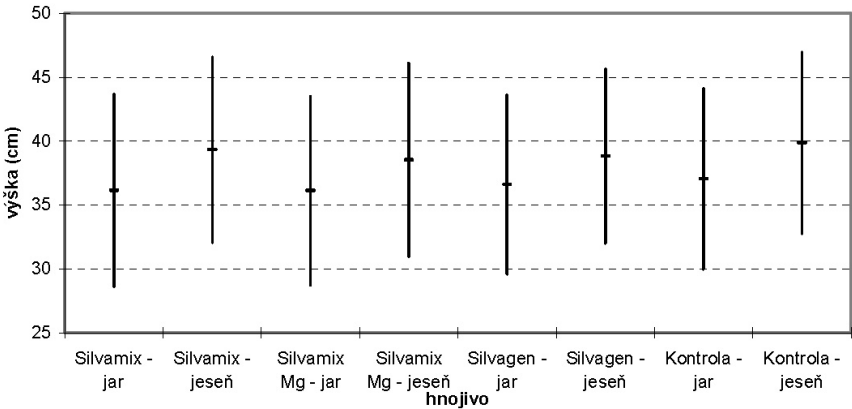
Tabuľka 2 Vyhodnotenie vplyvu hnojív na výškový rast smreka metódou analýzy variancie
Table 2 Evaluation of fertilization effect on height growth of spruce by using ANOVA

Výber	Počet	Súčet	Priemer	Rozptyl		
Silvamix	61	2399	39,327869	52,66571		
Silvamix Mg	57	2196,5	38,535088	57,338033		
Silvagen	61	2368,5	38,827869	46,46571		
Bez zásahu	56	2232,5	39,866071	50,268101		
ANOVA						
Zdroj variability	SS	Rozdiel	MS	F	Hodnota P	F krit
Medzi výbermi	58,467053	3	19,489018	0,3775687	0,7692641	2,6436808
Všetky výbery	11923,561	231	51,617145			
Celkom	11982,028	234				
Záver	Nevýznamný					

Z biometrických charakteristík rastu smreka vyplýva, že najvyšší výškový prírastok dosiahli jedince ošetrené hnojivom Silvamix. Naopak najnižší prírastok sa zistil pri jedincoch ošetrených prípravkom Silvagen. Uvedené rozdiely sú však štatisticky nevýznamné, tak ako to prezentuje tabuľka 2. Metóda analýzy variancie nepotvrdila významný účinok hnojív na výškový rast sadeníc. K podobným výsledkom došiel aj REMEŠ a kol. (2005), ktorý uvádza, že prihnojenie výsadiel smreka tabletami podporilo výškový prírastok sadeníc až v roku nasledujúcom po aplikácii hnojív, t. j. vo 2. vegetačnom období po prihnojení. Taktiež REMEŠ a kol. (2004) konštatuje, že pri smreku použitie hnojiva Silvamix sa v prvom roku neprejavilo. SZOLTYK (2004) zhodnotila účinky kombinovaných NPKMg hnojív na rast smrekovej kultúry počas troch rokov výskumu, pričom konštatuje, že celkový výškový prírastok pri hnojených jedincoch bol o 143 % vyšší oproti kontrole.

Najvyšší hrúbkový prírastok bol zistený pri jedincoch ošetrených Silvamixom Mg a najnižší pri jedincoch nehnojených. Uvedené rozdiely sú však opäť štatisticky nevýznamné, tak ako to prezentuje tabuľka 3. Metóda analýzy variancie nepotvrdila významný účinok hnojív na hrúbkový rast jedincov smreka. Taktiež SARVAŠ, TUČEKOVÁ, PAVLENDÁ (2003) pri testovaní tabliet Silvamix Mg na smreku v imisných oblastiach zistili, že v prvom roku po hnojení sa rastové parametre jednotlivých variantov výsadiel významne nelíšili. Obdobne

KUBELKA (2001) testoval v imisných oblastiach Krušných hôr vyvíjané hnojivo porovnateľné so súčasnými typmi hnojív rady Silvamix. Tento autor konštatuje, že v priebehu vegetačného obdobia roka, kedy boli hnojivové tablety k sadeniciam smreka pichľavého aplikované, nebol u ošetrovaných sadeníc zaznamenaný žiadny zvýšený výškový prírastok, pričom efekt hnojenia sa prejavil až v ďalších rokoch.



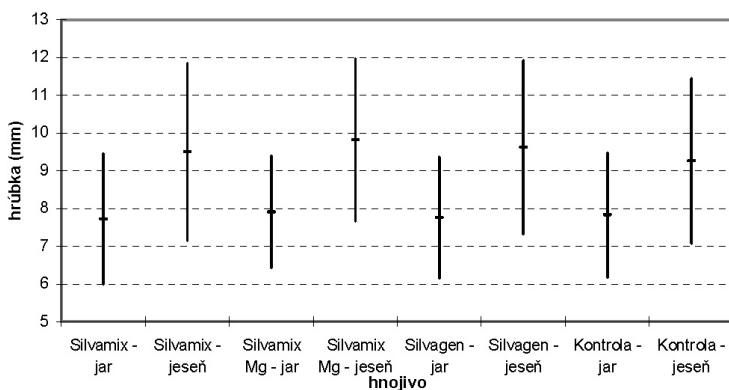
Graf 1 Biometrické parametre výšok smreka (aritmetický priemer $\pm$ smer. odchýlka)
Graph 1 Biometrical parameters of spruce heights (arithmetic mean $\pm$ standard deviation)

Tabuľka 3 Vyhodnotenie vplyvu hnojív na hrúbkový rast smreka metódou analýzy variancie
Table 3 Evaluation of fertilization effect on diameter growth of spruce by using ANOVA

Výber	Počet	Súčet	Priemer	Rozptyl		
Silvamix	61	579,4	9,4983607	5,5084973		
Silvamix Mg	57	559,9	9,822807	4,6096491		
Silvagen	61	586,6	9,6163934	5,2947268		
Kontrola	56	518,6	9,2607143	4,7966104		
ANOVA						
Zdroj variability	SS	Rozdiel	MS	F	Hodnota P	F krit
Medzi výbermi	9,3598691	3	3,1199564	0,6159138	0,6053287	2,6436808
Všetky výbery	1170,1474	231	5,065573			
Celkom	1179,5072	234				
Záver	Nevýznamný					

Výsledky týchto údajov sú v rozpore s výsledkami TUČEKOVEJ a SARVAŠA (2002), ktorí konštatujú pozitívny vplyv hnojenia na rast sadeníc smreka už po prvom roku pôsobenia

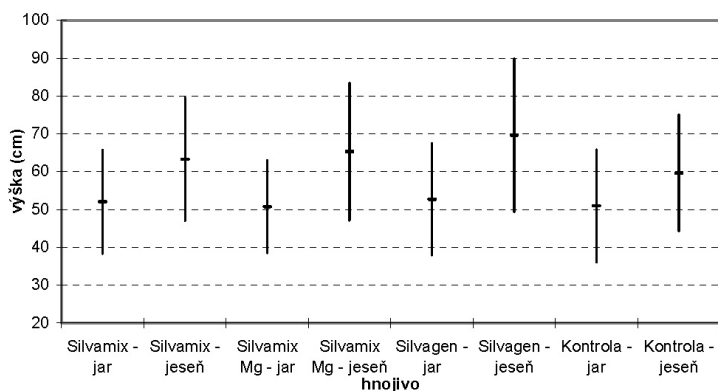
hnojiva Silvamix Mg. KUBÍČEK (2003) uvádza, že hnojenie tabletami Silvamix a Silvamix Mg preukázateľne ovplyvnilo relatívny výškový prírastok i prírastok koreňového krčku sadeníc smreka v druhom roku pokusu.



Graf 2 Biometrické parametre hrúbok smreka (aritmetický priemer $\pm$ smer. odchýlka)
Graph 2 Biometrical parameters of spruce diameters (arithmetic mean $\pm$ standard deviation)

Účinky hnojív na rast smrekovca

Priemerné hodnoty výšok a hrúbok smrekovca prezentuje tabuľka 1. Smrekovec vykázal v danom poraste zodpovedajúci výškový a hrúbkový prírastok čo poukazuje na vhodné stanovištné podmienky pre túto drevinu.



Graf 3 Biometrické parametre výšok smrekovca (aritmetický priemer $\pm$ smer. odchýlka)
Graph 3 Biometrical parameters of larch heights (arithmetic mean $\pm$ standard deviation)

Vplyv hnojenia na výškový rast smrekovca znázorňuje tabuľka 4.

Tabuľka 4 Vyhodnotenie vplyvu hnojív na výškový rast smrekovca metódou analýzy variancie
Table 4 Evaluation of fertilization effect on height growth of larch by using ANOVA

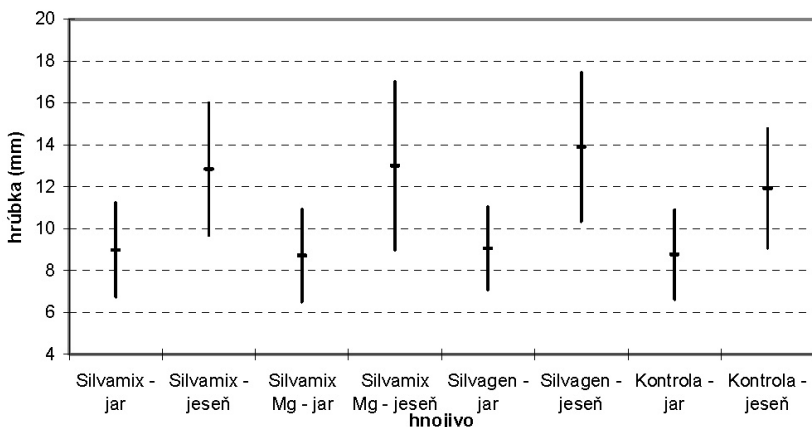
Výber	Počet	Súčet	Priemer	Rozptyl		
Silvamix	57	3606	63,26315789	263,36701		
Silvamix Mg	63	4110	65,23809524	327,78917		
Silvagen	58	4038,5	69,62931034	407,33825		
Kontrola	59	3516	59,59322034	235,81444		
ANOVA						
Zdroj variability	SS	Rozdiel	MS	F	Hodnota P	F krit
Medzi výbermi	3066,921168	3	1022,307056	3,3098163	0,0208681	2,6433469
Všetky výbery	71966,99866	233	308,8712389			
Celkom	75033,91983	236				
Záver	Významný					
Párové porovnávanie dvojíc úrovní						
Scheffého metóda						
Porovnávané dvojice	Rozdiel	Významnosť	Pravdepodobnosť			
Silvamix – Silvamix Mg	–1,97493734	Nevýznamný	0,944669369			
Silvamix – Silvagen	–6,36615245	Nevýznamný	0,28976965			
Silvamix – Kontrola	3,669937556	Nevýznamný	0,737827159			
Silvamix Mg – Silvagen	–4,39121511	Nevýznamný	0,597317326			
Silvamix Mg – Kontrola	5,644874899	Nevýznamný	0,3721884			
Silvagen – Kontrola	10,03609001	Významný	0,02478172			

Najvyšší výškový prírastok bol zaznamenaný pri jedincoch hnojených Silvagenom a to až 16,98 cm. Naopak pri jedincoch nehnojených tento dosahoval iba 8,66 cm, pričom výsledky analýza variancie (tab. 4) poukazujú na štatisticky významný rozdiel v hodnotách výškového prírastku medzi jedincami smrekovca ošetrovaných Silvagenom a kontrolou. REMEŠ (2004) zistil pri jedli obrovskej ošetrenej práškovým Silvamixom a tabletovým Silvamixom Forte obdobný štatisticky významný výškový prírastok sadeníc už v prvom roku pôsobenia hnojív, pričom podľa tohto autora vysokú účinnosť tabletovej formy je zatiaľ možné prisúdiť najmä koncentrácii živín, predovšetkým dusíka. Dané tvrdenie zodpovedá aj našim výsledkom nakoľko podiel dusíka v hnojive Silvagen predstavuje až 24 % (56 % z celkového obsahu živín).

Najvyšší hrúbkový prírastok bol zistený pri jedincoch ošetrovaných hnojivom Silvagen. Kontrolné jedince vykázali najmenší hrúbkový prírastok. Vplyv hnojenia na hrúbkový rast smrekovca dokumentuje tabuľka 5, pričom tak ako pri výškach aj pri hrúbkach smrekovca sa preukázal štatisticky významný vplyv hnojiva Silvagen na hrúbkový rast smrekovca v porovnaní s kontrolou. SARVAŠ, TUČEKOVÁ, PAVLEND (2003) zistili pozitívny vplyv aplikácie hnojiva Silvamix Mg už po prvej vegetačnej perióde na výškový prírastok buka. WALKER (2005) porovnával 3 rôzne hnojivá s vysokým obsahom dusíka aplikované po troch rokoch od výsadby na kultúru borovice Jeffreyovej. Autor konštatuje po piatich rokoch pôsobenia hnojív zvýšenie výšky o 143 % a hrúbky jedincov o 104 % v porovnaní s kontrolou.

Tabuľka 5 Vyhodnotenie vplyvu hnojív na hrúbkový rast smrekovca metódou analýzy variancie
Table 5 Evaluation of fertilizer effect on diameter growth of larch by using ANOVA

Výber	Počet	Súčet	Priemer	Rozptyl		
Silvamix	57	732,1	12,84385965	10,055721		
Silvamix Mg	63	819,2	13,0031746	16,275796		
Silvagen	58	806	13,89655172	12,655777		
Kontrola	59	703,1	11,91694915	8,2428112		
ANOVA						
Zdroj variability	SS	Rozdiel	MS	F	Hodnota P	F krit
Medzi výbermi	115,4273743	3	38,47579144	3,2344472	0,0230456	2,643347
Všetky výbery	2771,682077	233	11,89563123			
Celkom	2887,109451	236				
Záver	Významný					
Párové porovnávanie dvojíc úrovní						
Scheffého metóda						
Porovnávané dvojice	Rozdiel	Významnosť	Pravdepodobnosť			
Silvamix – Silvamix Mg	–0,15931495	Nevýznamný	0,995777761			
Silvamix – Silvagen	–1,05269208	Nevýznamný	0,445609642			
Silvamix – Kontrola	0,926910497	Nevýznamný	0,554138429			
Silvamix Mg – Silvagen	–0,89337712	Nevýznamný	0,56791907			
Silvamix Mg – Kontrola	1,086225451	Nevýznamný	0,390250203			
Silvagen – Kontrola	1,979602572	Významný	0,023744448			



Graf 4 Biometrické parametre hrúbok smrekovca (aritmetický priemer $\pm$ smerod. odchýlka)
 Graph 4 Biometrical parameters of larch diameters (arithmetic mean $\pm$ standard deviation)

ZÁVER

Hlavným poznatkom práce je zistenie, že účinnosť hnojiva Silvagen na výškový a hrúbkový rast smrekovca sa prejavila už po prvom roku pôsobenia v porovnaní s kontrolou. Vplyv ostatných hnojív na výškový a hrúbkový prírastok smreka a smrekovca sa štatisticky významne neprejavil. V budúcnosti sa zrejme potvrdia výsledky viacerých autorov, že vplyv hnojiva na rast sadeníc sa prejaví až po druhom roku pôsobenia. SARVAŠ, TUČEKOVÁ, PAVLENDÁ (2003) vykonali v podmienkach Slovenska podrobný výskum aplikácie hnojiva Silvamix Mg. Pri drevine smrek zaznamenali až po druhom roku rozdiely v prospech hnojených variantov, pričom štatistické potvrdenie významnosti očakávajú v ďalších rokoch. Taktiež REMEŠ a kol. (2005) konštatuje, že prihnojenie výsadiel tabletami Silvamix a Silvamix Mg podporili výškový prírastok sadeníc až v roku nasledujúcom po aplikácii hnojív, to znamená v 2. vegetačnom období. Autor ďalej uvádza, že pozitívny účinok prihnojovania tabletami na výškový nárast kultúr potom pretrváva v niektorých prípadoch aj v 3. a 4. roku po aplikácii tabliet.

Naproti tomu KUNEŠ, BALCAR, ČÍZEK (2004) vyhodnotili deväťročné obdobie po aplikácii tabliet Silvamix Forte pri smreku v imisných oblastiach. Autori konštatujú, že stimulačný efekt hnojiva na výškový prírastok viacmenej nebol napriek štatistickej preukázateľnosti až tak výrazný. Podľa ich výsledkov sa hnojenie v imisných oblastiach pozitívne prejavilo aj na hrúbke bázy kmienka smreka, pričom náskok prihnojených výsadiel je možné štatisticky podchytiť, ale nie je nijak výrazný.

Biometrické údaje z našej pokusnej plochy bude určite potrebné vyhodnotiť aj v nasledujúcich rokoch, aby bolo možné objektívne zhodnotiť vplyv jednotlivých druhov hnojív na rast založenej kultúry.

PodĎakovanie

Príspevok vznikol vďaka finančnej podpore VEGA v rámci projektu „Disturbačné procesy pôsobiace na ekologickú stabilitu lesných ekosystémov a krajiny“ (grant č. 1/4397/07).

Literatúra

- KUBELKA, L.: Silvamix – moderní hnojivo pro lesní hospodářství. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2001, 39 s.
- KUBÍČEK, J.: Dílčí výsledky pokusu s tabletovanými hnojivy. In: Využití chemické meliorace v lesním hospodářství. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, 2003, s. 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), s. 366–373.
- NÁROVEC, V.: Hnojivé tablety v soustavách hnojení lesních kultur. Lesnická práce, 2004, č. 3, s. 16–17.
- REMEŠ, J., VIEWEGH, J., PODRÁZSKÝ, V., VACEK, S.: Výsledky aplikace hnojív řady Silvamix v lesních porostech. Lesnická práce, 2004, č. 2, s. 25–27.
- REMEŠ, J., ZAHRADNÍK, D., PODRÁZSKÝ, V., KUBÍČEK, J., NÁROVEC, V.: Účinky pomalu rozpustných tabletovaných hnojív. Lesnická práce, 2005, č. 6, s. 28–30.
- REMEŠ, J., ZAHRADNÍK, D., PODRÁZSKÝ, V., KUBÍČEK, J., NÁROVEC, V.: Účinky rozpustných tabletovaných hnojív v škólkach a pri zalesňovaní. Slovenské lesokruhy, 2005, č. 6, s. 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, s. 46–52.
- SZOLTYK, G.: Nawozy wieloskładnikowe o przedłużonym działaniu do rewitalizacji sosnowych i świerkowych upraw leśnych. Leśne prace badawcze, 2004, č. 2, s. 21–34.
- TUČEKOVÁ, A., SARVAŠ, M.: Pomaly rozpustné hnojivá a ich využitie v leśníctve. Les, 2002, č. 4, s. 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), s. 28–35.

Adresa autora:

Ing. Peter Štofko

Katedra ochrany lesa a poľovníctva

Lesnícka fakulta Technickej univerzity Zvolen

Masarykova 20

960 01 Zvolen

Effects of slow release fertilizers of Silvamix and Silvagen line on forest young plantation after the first year

Summary

This work evaluates the effects of tablet fertilizers Silvamix, Silvamix Mg and Silvagen on height and thickness growth of established young plantation of spruce and larch after the first year. The fertilizers were applied in amount of five tablets (50 g) per tree by using random sampling. Individual fertilizers were regularly exchanged from one tree to the following, including the control tree. The tablets were laid on the ground and consequently cooped into the soil. The ANOVA did not reveal a significant effect of fertilizers on height and thickness growth of spruce (Table 2 and 3). Silvagen fertilizer was found out to produce a significant effect on height and thickness growth of the larch tree in comparison to control trees (Table 4 and 5).

VYBRANÉ ZNAKY ŠTRUKTÚRY A REGENERAČNÉ PROCESY BUKOVÉHO PRALESA V NPR KYJOV

Milan S A N I G A

Saniga, M.: Vybrané znaky štruktúry a regeneračné procesy bukového pralesa v NPR Kyjov. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLIX**, 2007, č. 1, s. 133–143.

V práci sa analyzujú znaky štruktúry pralesa t. j. plošný zápoj a produkčné využitie rastového priestoru pralesa korunami stromov za obdobie 10 rokov a ich vplyv na dynamiku regeneračných procesov buka. Hodnoty plošného zápoja v roku 1993 boli medzi vývojovými štádiami pralesa nevýznamné. Za obdobie 10 rokov sa tieto hodnoty významne zmenili, pričom najväčšia 210,8 % bola zistená v štádiu dorastania. Pri produkčnom využití rastového priestoru pralesa korunami stromov za obdobie 10 rokov možno konštatovať nárast hodnôt vo všetkých vývojových štádiách pralesa. Najväčší nárast bol zaznamenaný v štádiu rozpadu 48,9 %, čo predstavuje najvyššiu hodnotu tohto ukazovateľa zistenú v bukových pralesoch Slovenska.

Z pohľadu regeneračných procesov bola zistená najväčšia kontinuita prechodu jedincov do vyšších výškových kategórií do 130 cm v štádiu rozpadu a štádiu optima. Na druhej strane ich prechod do hrúbkového rozpätia $d_{1,3}$ 1–7 cm bol poznačený vysokou redukciou. Štádium dorastania potvrdilo veľmi tesnú závislosť medzi počtom jedincov následnej generácie a ekologickými podmienkami pri striedaní generácií v pralese.

Kľúčové slová: buk, vývojové štádia pralesa, štruktúra pralesa, prirodzená obnova

1. ÚVOD A PROBLEMATIKA

Bukové pralesy ako klimaxové lesné ekosystémy predstavujú vrcholové štádia lesa vzniknutého cez fylogenezický vývoj. Poznanie ich štruktúry, rastových prejavov a striedania generácií cez procesy prirodzenej obnovy umožňuje vymedziť zásady pre pestovné usmerňovanie prirodzených lesov Slovenska. Bukové prirodzené lesy hlavne v skupine lesných typov *Fagetum pauper* a *Fagetum typicum*, ktoré na Slovensku tvoria rozlohu 410–420 000 ha bude potrebné do budúcnosti pestovné usmerňovať prírode blízkymi zásadami. Práve poznanie prejavov prírodných bukových lesov napomáha spresňovať princípy a zásady ich pestovania.

Štúdiom pralesov s dominantným zastúpením buka sa v európskom meradle zaoberalo viacero autorov (DRÖSSLER – LÜPKE 2005, KORPEL 1989, 1995, LEIBUNDGUT 1978, 1993, MAYER 1971, 1975, 1978, RÉH 1998, 1999, SANIGA 1999, 2002, SANIGA – SKLENÁR 2003, SMEJKAL et al. 1995, SANIGA – SCHÜTZ 2002).

Z pohľadu textúry pralesa je cenný poznatok autorov (KORPEL 1995, RÉH 1999), že jednotlivé štádia vývojového cyklu bukových pralesov východného Slovenska majú

charakter maloplošnosti a ich rozsah sa pohybuje od 8–16 árov. RÉH (1999) zistil, že intenzita regeneračných procesov je významná aj v pokročilej fáze štádia dorastania, čo je významný rozdiel pokiaľ sa týka fázy obnovy a jej dĺžky v porovnaní s ostatnými pralesmi Slovenska. Podobný poznatok sa potvrdil aj pri výskume bukového pralesa Rožok SANIGA (2003). Tento fenomén má za následok, že pomerne dosť jedincov buka aj v týchto nepriaznivých ekologických pomeroch prežíva, čím štádium optima je síce hrúbkovo viac alebo menej homogénne, ale na druhej strane buky majú svoj fyzický vek rozdielny o 50–70 rokov. Tým sa stáva, že hrubé buky pre svoju výraznú rôznovekosť prežívajú cez značný časový úsek štádia dorastania, čím bukový prales vzbudzuje dojem ako by bol stále v štádiu rozpadu. Maloplošný charakter NPR Havešová a Kyjov potvrdzuje práca DRÖSSLER – LÜPKE (2005).

Podľa KORPELA (1989, 1995) takýto priebeh sa prejavuje niekoľkonásobným vrcholným výškovým prírastkom a vlnovitou prirodzenou obnovou. Na ploche väčšej ako 1 ha sú zastúpené stromy skoro všetkých vekových stupňov, čo potvrdzuje, že prirodzená obnova až na menšie časové prerušenie je trvalá.

Zovšeobecnením poznatkov o východoslovenských bukových pralesoch (KORPEL 1995) možno povedať, že majú v priebehu celého životného (vývojového) cyklu dvoj- resp. trojvrstvovú výstavbu. Jednovrstvová štruktúra je veľmi zriedkavá a vyskytuje sa len na malých plochách. Výskum bukových pralesov sa v poslednom období orientuje na regeneračné procesy (JALOVIAR 2006), ale aj na otázky striedania generácií (SANIGA 2003).

Cieľom príspevku je analýza a posúdenie vybraných produkčných charakteristík (plošný zápoj, produkčné využitie rastového priestoru) v pralese Kyjov a ich vplyv na kontinuitu regeneračných procesov a hrúbkových presunov jedincov. Na základe počtu jedincov a dynamiky ich presunov v hrúbkových stupňoch 1–7 cm posúdiť ako v jednotlivých vývojových štádiách pralesa prebieha striedanie jeho generácií za obdobie rokov 1993 a 2003.

2. CHARAKTERISTIKA OBJEKTU A METODIKA VÝSKUMU

Táto pralesová rezervácia s výmerou 53,4 ha sa nachádza v severozápadnej časti Vihorlatu pod vrcholom Kyjova v nadmorskej výške 700–820 m, na miernom svahu severnej a severozápadnej expozície. Priemerná ročná teplota je 6 °C, priemerný ročný úhrn zrážok 750–800 mm, dĺžka vegetačnej doby 190–200 dní s priemernou teplotou 13,5 °C. Geologické podložie tvorí andezit. Pôdny typ je hnedá lesná pôda, pôda piesočnato-hlinitá, dobre zásobená základnými živinami, hlboká, v podhrebeňovej časti stredne hlboká, mierne kyslá. Zo skupín lesných typov silne prevažuje Fagetum pauper (KORPEL 1989).

V roku 1963 boli v pralese pracovníkmi katedry pestovania lesa založené 3 trvalé výskumné plochy (TVP) o výmere 0,5 ha. TVP 1 sa nachádza v pokročilej fáze štádia rozpadu. TVP 2 sa nachádza v štádiu optima. TVP 3 je klasifikovaná v počiatkovej fáze štádia dorastania.

Na TVP boli stabilizované trazekty 10x70 m. Merania sa uskutočnili osobitne na trazektoch a osobitne na ostatnej výskumnej ploche.

Biometrické znaky merané na trazektoch:

- vektory rozmiestnenia stromov hrubších ako 7 cm x, y s presnosťou na 0,1 m,
- výška stromov s presnosťou na 0,5 m,
- výška nasadenia koruny s presnosťou na 0,5 m,
- projekcia korún stromov x_1-x_4 s presnosťou na 0,1 m,
- situácia padnutých stromov, ich meranie a určenie objemu podľa Huberovho vzorca v prípade stojacich odumretých stromov sa zmerala ich hrúbka $d_{1,3}$ a objem sa počítal podľa rastových tabuliek pre drevinu buk (HALAJ 1963),
- hrúbka stromov $d_{1,3}$ s presnosťou na 1 mm.

Pri výpočte produkčného využitia rastového disponibilného priestoru trazektu sa vychádza z objemu kvádra, ktorý bol daný priemernou výškou úrovňových stromov a plochou trazektu 700 m a objemom korún stromov na trazekte. Objem korún pri buku sa počítal podľa vzorca:

$$V = \frac{\pi}{8} \cdot b^2 \cdot l$$

kde: b – je šírka koruny,

l – dĺžka koruny.

Podelením objemu korún stromov na trazekte ku objemu kvádra trazektu sa získala hodnota využitia disponibilného rastového priestoru.

Z vertikálneho priemetu korún stromov na trazekte, ktoré pokrývajú plochu trazektu sa vypočítal stupeň clonenia.

Evidencia prirodzenej obnovy na trazekte sa podľa drevín uskutočnila nasledovne:

- jedince do výšky 20 cm,
- jedince vo výške od 21 do 50 cm,
- jedince vo výške od 51 do 80 cm,
- jedince vo výške od 81 do 130 cm,
- jedince nad 131 cm výšky do hrúbky 7 cm v $d_{1,3}$.

3. VÝSLEDKY

Plošný zápoj a produkčné využitie rastového disponibilného priestoru pralesa sú ukazovatele, ktoré nepriamo charakterizujú ekologické podmienky pre jeho prirodzenú obnovu. Informačná hodnota týchto ukazovateľov za obdobie 10 rokov je v tabuľke 1. Hodnoty plošného zápoja zistené v roku 1993 majú malé variačné rozpätie. Najväčšia hodnota (176,1 %) bola zistená na ploche, ktorá je charakterizovaná ako štádium dorašťovania. Plochy, ktoré charakterizuje štádium rozpadu a optima mali v sledovanom roku približne rovnaký stupeň clonenia. Vo vektore času sa tieto hodnoty zistené v roku 2003

významne menili. Plocha v štádiu rozpadu zaznamenala významný nárast stupňa clonenia na hodnotu 200,2 %. Na TVP, ktorá predstavuje štádium optima, došlo ku miernemu poklesu tohto ukazovateľa, vypadnutím jedného stromu v hornej vrstve pralesa. Nárast stupňa clonenia bol zistený aj na tranzeke v štádiu dorastania (210,8 %).

Pokiaľ hodnotíme produkčné využitie rastového priestoru pralesa korunami stromov, môžeme konštatovať nárast tohto produkčného ukazovateľa (tab. 1). Na tranzeke, ktorý charakterizuje štádium rozpadu hodnota 48,9 % v roku 2003, predstavuje vrchol využitia rastového priestoru, ktorý bol zistený v bukových pralesoch Slovenska. Nárast bol zaznamenaný aj v štádiu dorastania a menšou hodnotou v štádiu optima.

Vo väzbe na uvedené ukazovatele sa prejavuje aj dynamika regeneračných procesov. V štádiu rozpadu (tab. 2) za posledných 10 rokov došlo ku celkovému nárastu jedincov prirodzenej obnovy z hodnoty 3060 ks.ha⁻¹ na 7735 ks.ha⁻¹. Dominantnou drevinou ostáva buk, ktorého relatívny podiel za 10 rokov sa významne nezmenil, no zaznamenal významný nárast v absolútnom vyjadrení 7236 ks.ha⁻¹ v roku 2003. Pozitívne treba hodnotiť aj jeho zastúpenie v jednotlivých výškových kategóriách. Najvýznamnejší je jeho nárast a počet v kategórii nad 130 cm 2860 ks.ha⁻¹, čo vytvára dobré predpoklady týchto jedincov, v ich rastovom a funkčnom presadení sa v následnej generácii pralesa.

Tabuľka 1 Plošný zápoj a využitie disponibilného rastového priestoru porastu korunami stromov na tranzeke podľa výskumných plôch a doby merania

Tabelle 1 Der Kronenschluss und die Ausnutzung des disponiblen Raumes nach DVF und Jahresmessungen

Výskumná plocha ⁽¹⁾	Plošný zápoj ⁽²⁾ (plocha clonná)		Využitie disponibilného priestoru (6)		
			Celkový priestor tranzeke ⁽³⁾	Objem korún ⁽⁴⁾	Využitie priestoru ⁽⁵⁾
	m ²	%	m ³	m ³	%
rok 1993					
TVP 1	1067,2	152,5	22120	7694,9	34,8
TVP 2	1057,2	151,0	20160	6241,9	31,0
TVP 3	1232,6	176,1	20930	7794,7	37,2
rok 2003					
TVP 1	1401,4	200,2	25620	12526,3	48,9
TVP 2	1006,5	143,8	23730	8440,8	35,6
TVP 3	1475,6	210,8	22050	10102,5	45,8

⁽¹⁾DVF, ⁽²⁾Kronenschluss, ⁽³⁾Gesamtraum des Transekte, ⁽⁴⁾Kronenvolumen, ⁽⁵⁾Ausnutzung des Raumes, ⁽⁶⁾Ausnutzung des disponiblen Raumes

Tabuľka 2 Výšková štruktúra jedincov podrastu (prirodzenej obnovy) podľa drevín na TVP 1 v rokoch 1993 a 2003 (prepočet na 1 ha)

Tabelle 2 Höhenstruktur der Naturverjüngung nach Baumarten auf DVF 1 in Jahren 1993 und 2003 (überrechnet auf 1 ha)

Výšková kategória ⁽¹⁾	Drevina ⁽²⁾							
	Buk ⁽³⁾		Javor ⁽⁴⁾		Jaseň + Brest ⁽⁵⁾		Spolu ⁽⁶⁾	
	N	%	N	%	N	%	N	%
rok 1993								
do 20 cm	758	26,8	14	6,1	0	0,0	772	25,2
21–50 cm	356	12,6	129	56,3	0	0,0	485	15,9
51–80 cm	429	15,1	86	37,6	0	0,0	515	16,8
81–130 cm	501	17,7	0	0,0	0	0,0	501	16,4
nad 130 cm	787	27,8	0	0,0	0	0,0	787	25,7
Spolu ⁽⁶⁾	2831	100,0	229	100,0	0	0,0	3060	100,0
% zastúpenia drevín	92,5		7,5		0,0		100,0	
rok 2003								
do 20 cm	787	10,9	100	20,6	0	0,0	887	11,4
21–50 cm	1544	21,3	257	53,0	0	0,0	1801	23,3
51–80 cm	930	12,9	114	23,5	14	100,0	1058	13,7
81–130 cm	1115	15,4	14	2,9	0	0,0	1129	14,6
nad 130 cm	2860	39,5	0	0,0	0	0,0	2860	37,0
Spolu ⁽⁶⁾	7236	100,0	485	100,0	14	100,0	7735	100,0
% zastúpenia drevín	93,5		6,3		0,2		100,0	

⁽¹⁾Höhenklasse, ⁽²⁾Baumart, ⁽³⁾Buche, ⁽⁴⁾Bergahorn, ⁽⁵⁾Esche + Ulme, ⁽⁶⁾Insgesamt

Štádium optima sa vyznačuje tiež významným nárastom počtu jedincov obnovy (tab. 3). V roku 1993 bolo zistených 4461 ks.ha⁻¹ jedincov všetkých drevín a výškových kategórií, pričom pri dominantnej drevine buk bolo zistených 4347 ks.ha⁻¹. Javor horský, jaseň a brest horský tvorili len 2,6 % (114 ks.ha⁻¹). Rozborom počtu jedincov prirodzenej obnovy sa ukázalo, že ich prechod do vyšších výškových kategórií je poznamenaný silnou autoredukciou. Výsledky z roku 2003 potvrdili veľmi významný nárast jedincov prirodzenej obnovy 51 337 ks.ha⁻¹, pričom buk z tohto počtu tvoril 99,7 %. Okrem kontinuity regeneračných procesov údaje potvrdzujú, že napriek vysokej autoredukcii sa do kategórie s výškou nad 130 cm dostal vysoký počet jedincov buka 1001 ks.ha⁻¹. Možno konštatovať, že v záverečnej fáze štádia optima sú vhodné ekologické podmienky pre klíčenie, prežívanie a odrastanie buka.

Tabuľka 3 Výšková štruktúra jedincov podrastu (prirodzenej obnovy) podľa drevín na TVP 2 v rokoch 1993 a 2003 (prepočet na 1 ha)

Tabelle 3 Höhenstruktur der Naturverjüngung nach Baumarten auf DVF 2 in Jahren 1993 und 2003 (überrechnet auf 1 ha)

Výšková kategória ⁽¹⁾	Drevina ⁽²⁾						Spolu ⁽⁶⁾	
	Buk ⁽³⁾		Javor ⁽⁴⁾		Jaseň + Brest ⁽⁵⁾			
	N	%	N	%	N	%	N	%
rok 1993								
do 20 cm	3846	88,5	86	86,0	14	100,0	3946	88,4
21–50 cm	458	10,5	14	14,0	0	0,0	472	10,6
51–80 cm	29	0,7	0	0,0	0	0,0	29	0,7
81–130 cm	14	0,3	0	0,0	0	0,0	14	0,3
nad 130 cm	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Spolu (6)	4347	100,0	100	100,0	14	100,0	4461	100,0
% zastúpenia drevín	97,4		2,3		0,3		100,0	
rok 2003								
do 20 cm	10982	21,4	71	55,0	0	0,0	11053	21,5
21–50 cm	18805	36,7	29	22,5	0	0,0	18834	36,7
51–80 cm	12012	23,5	29	22,5	0	0,0	12041	23,5
81–130 cm	8408	16,4	0	0,0	0	0,0	8408	16,4
nad 130 cm	1001	2,0	0	0,0	0	0,0	1001	1,9
Spolu (6)	51208	100,0	129	100,0	0	0,0	51337	100,0
% zastúpenia drevín	99,7		0,3		0,0		100,0	

⁽¹⁾Höhenklasse, ⁽²⁾Baumart, ⁽³⁾Buche, ⁽⁴⁾Bergahorn, ⁽⁵⁾Esche + Ulme, ⁽⁶⁾Insgesamt

Rozbor výsledkov prirodzenej obnovy na TVP 3 (štádium dorastania) poukazuje na opačnú tendenciu (tab. 4). V roku 1993 bolo na ploche zistených 8466 ks.ha⁻¹ jedincov obnovy, pričom 5005 ks.ha⁻¹ boli jedince buka s výškou nad 130 cm. Dominantnou drevinou s relatívnym zastúpením 90,9% bol buk. V roku 2003 sa situácia významne zmenila. Celkový počet jedincov prirodzenej obnovy bol zistený len 2531 ks.ha⁻¹, pričom buk s počtom 1845 ks.ha⁻¹ reprezentoval len 72,9 %. Z ostatných drevín sa zachoval len javor do výškovej kategórie 80 cm. Príčinou tejto významnej redukcie je dolná vrstva pralesa, ktorá je extrémne zahustená, pričom nevytvára vhodné podmienky pre prežívanie a odrastanie jedincov aj takej tiennej dreviny ako je buk.

Pre kontinuitu pokračovania v nasledujúcej generácii pralesa bol predmetom analýzy súbor jedincov v hrúbkovom rozpätí 1–7 cm, t. z. tých, ktoré nedosahujú hmotu hrubiny. Tieto sú podmienkou striedania generácií v pralesi. Rozbor tejto závislosti

v štádiu dorastania potvrdzuje dve skutočnosti (obr. 1). Prvou je vysoký počet jedincov, ktorý svojou hustotou negatívne vplýva na dynamiku regeneračných procesov (tab. 4).

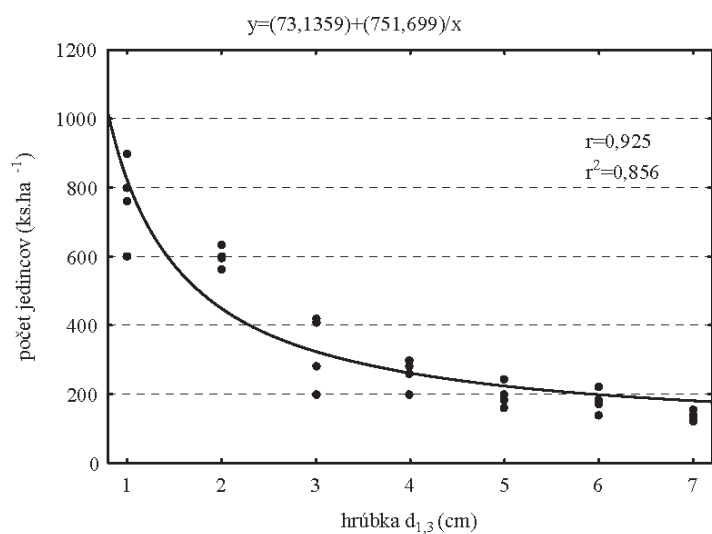
Tabuľka 4 Výšková štruktúra jedincov podrastu (prirodzenej obnovy) podľa drevín na TVP 3 v rokoch 1993 a 2003 (prepočet na 1 ha)

Tabelle 4 Höhenstruktur der Naturverjüngung nach Baumarten auf DVF 3 in Jahren 1993 und 2003 (überrechnet auf 1 ha)

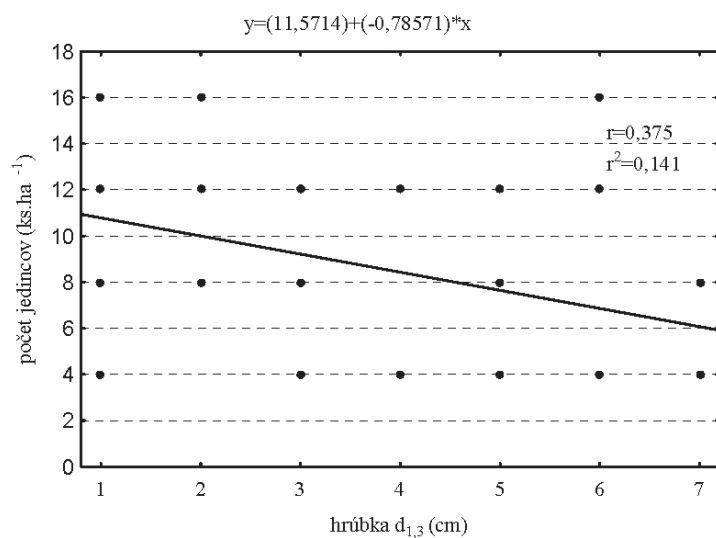
Výšková kategória ⁽¹⁾	Drevina ⁽²⁾						Spolu ⁽⁶⁾	
	Buk ⁽³⁾		Javor ⁽⁴⁾		Jaseň + Brest ⁽⁵⁾			
	N	%	N	%	N	%	N	%
rok 1993								
do 20 cm	257	3,3	129	18,8	14	16,3	400	4,8
21–50 cm	729	9,5	286	41,6	29	33,7	1044	12,3
51–80 cm	944	12,3	172	25,0	43	50,0	1159	13,7
81–130 cm	758	9,8	57	8,3	0	0,0	815	9,6
nad 130 cm	5005	65,1	43	6,3	0	0,0	5048	59,6
Spolu ⁽⁶⁾	7693	100,0	687	100,0	86	100,0	8466	100,0
% zastúpenia drevín	90,9		8,1		1,0		100,0	
rok 2003								
do 20 cm	572	31,0	343	50,0	0	0,0	915	36,1
21–50 cm	500	27,1	257	37,5	0	0,0	757	30,0
51–80 cm	143	7,8	86	12,5	0	0,0	229	9,0
81–130 cm	129	7,0	0	0,0	0	0,0	129	5,1
nad 130 cm	501	27,1	0	0,0	0	0,0	501	19,8
Spolu ⁽⁶⁾	1845	100,0	686	100,0	0	0,0	2531	100,0
% zastúpenia drevín	72,9		27,1		0,0		100,0	

⁽¹⁾Höhenklasse, ⁽²⁾Baumart, ⁽³⁾Buche, ⁽⁴⁾Bergahorn, ⁽⁵⁾Esche + Ulme, ⁽⁶⁾Insgesamt

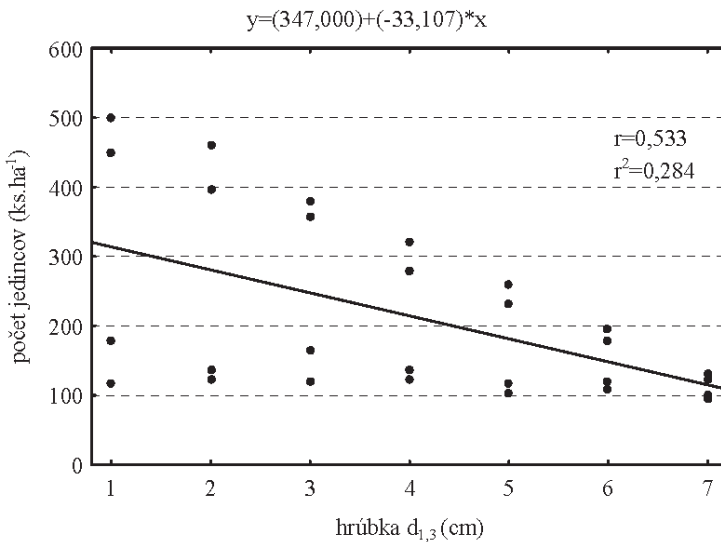
Analýzou závislosti medzi počtom jedincov a ich hrúbkou sa v tomto štádiu potvrdila veľmi tesná závislosť s indexom korelácie $r = 0,925$ a koeficientom determinácie $r^2 = 0,86$. Tento potvrdil, že s hrúbkou stromov stúpa ich vzájomná konkurencia s následnou redukciou. Iná situácia je v štádiu optima (obr. 2). Počet jedincov, ktoré sa dostali cez hrúbkovú hranicu $d_{1,3} > 1$ cm do hrúbky 7 cm je veľmi malý bez znakov ich koncentrácie okolo príslušných hrúbok. Takéto bodové pole má nízky index korelácie $r = 0,375$, ktorý je nevýznamný. Z uvedeného vyplýva, že napriek pomerne dobrým regeneračným procesom sa málo jedincov dostáva do hrúbkovej kategórie $d_{1,3}$ 1–7 cm.



Obr. 1 Priebeh závislosti počtu stromov následnej generácie pralesa na ich hrúbke (d_{1,3}) v štádiu dorastania
 Abb. 1 Der Verlauf der Anzahl der nachfolgenden Generation des Urwaldes in der Abhängigkeit von BHD (Stadium des Heranwachsens)



Obr. 2 Priebeh závislosti počtu stromov následnej generácie pralesa na ich hrúbke (d_{1,3}) v štádiu optima
 Abb. 2 Der Verlauf der Anzahl der nachfolgenden Generation des Urwaldes in der Abhängigkeit von BHD (Optimalstadium)



Obr. 3 Priebeh závislosti počtu stromov následnej generácie pralesa na ich hrúbke ($d_{1,3}$) v štádiu rozpadu
 Abb. 3 Der Verlauf der Anzahl der nachfolgenden Generation des Urwaldes in der Abhängigkeit von BHD (Stadium des Zerfalls)

Hrúbková štruktúra jedincov v pokročilej fáze štádia rozpadu je charakterizovaná na obr. 3. V bodovom poli sú náznaky znižovania počtu jedincov v závislosti so stúpajúcou hrúbkou $d_{1,3}$. Index korelácie $r = 0,533$ potvrdzuje stredne tesnú závislosť, pričom táto priamka, ktorá má klesajúcu tendenciu ukazuje, že počet jedincov, ktoré prekračujú hranicu hrubiny nie je vysoký $100\text{--}130 \text{ ks.ha}^{-1}$. Napriek uvedenej skutočnosti, pravidelný prísun jedincov počas tohto štádia dáva predpoklad bezporuchového striedania generácií v bukovom pralesi.

4. DISKUSIA A ZÁVER

Plošný zápoj a produkčné využitie disponibilného rastového priestoru pralesa sú ukazovatele, ktoré charakterizujú nepriamo ekologické podmienky pre jeho regeneračné procesy. Hodnoty, ktoré boli v pralesi Kyjov zistené sú v porovnaní s bukovými pralesmi Rožok, Havešová (SANIGA, 2002, 2003) a Oblík (SANIGA – SKLENÁR 2003) najvyššie. Ak porovnáme tieto hodnoty s hodnotami vo výberkovom lese tvorenom smrekom aj jedľou vychádzajú ako najväčšie. Napriek uvedenej skutočnosti, regeneračné procesy buka prebiehajú v štádiu rozpadu a čiastočne dorastania plynulo. Svedčí to o vysokej svetlostnej tolerancii buka pri procesoch klíčenia, prežívania a odrastania. Poruchy pri prirodzenej obnove buka v štádiu dorastania sú spôsobená vysokou hustotou jedincov v hrúbkovom rozpätí $d_{1,3}$ od 1–7 cm.

Analýza jedincov tejto hrúbkovej kategórie potvrdila klesajúcu pomerne tesnú závislosť. Rozbor jedincov v tomto hrúbkovom rozpätí v jednotlivých štádiách vývojového cyklu pralesa potvrdil, že pre kontinuitu striedania generácií je rozhodujúci dostatočný počet jedincov prirodzenej obnovy v závere štádia rozpadu na prechode do počiatkovej fázy štádia dorastania. V tomto časovom úseku sú ešte vhodné svetlostné a konkurenčné podmienky pre plynulé regeneračné procesy a plynulý presun jedincov v hrúbkovom rozpätí $d_{1,3}$ 1–7 cm.

Práca vznikla z podporou grantu VEGA 1/35/16/06.

Literatúra

- DRÖSSLER, L., LÜPKE V. B., 2005: Canopy gaps in two virgin forest reserves in Slovakia. *Journal of Forest Science*, 51, s. 446–457.
- HALAJ, J., 1963: Tabuľky na určovanie hmoty a prírastku stromov. SVPL Bratislava, 328 s.
- JALOVÍAR, P., 2005: Biomasa a nekromasa jemných koreňov v bukovom prírodnom lese Havešová. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, XLVII, s. 157–161.
- KORPEL, Š., 1989: Pralesy Slovenska, Veda, Bratislava, 310 s.
- KORPEL, Š., 1995: Die Urwälder der Westkarpaten. *Parey*, 325 s.
- LEIBUNDGUT, H., 1978: Über Zweck und Probleme der Urwaldforschung. *Allg. Forsttsch*, s. 121–133.
- LEIBUNDGUT, H., 1993: *Europäischer Urwälder*, Haupt, Stuttgart, 1993, 260 s.
- MAYER, H., 1971: Das Buchen – Naturwaldereservat Dobra/Kamplaiten im österreichischen Waldviertel, Schweitz. *Ztsch. f. Forstwesen*, 98 (6), s. 125–132.
- MAYER, H., 1975: Der Einfluss des Schalenwildes auf die Verjüngung und Erhaltung von Naturwaldresevaten. *Forstw. Cbl.*, 121 (5), s. 91–104.
- MAYER, H., 1978: Über die Bedeutung der Urwaldforschung für den Gebirgswaldbau. *Allg. Forstzeitschr.* 121 (5), s. 98–101.
- RÉH, J., 1998: Niektoré biometrické a odvodené znaky súboru stromov prírodného bukového lesa. *Lesnícky časopis*, 4, s. 405–422.
- RÉH, J., 1999: Štruktúra prírodného bukového lesa v geografickom celku Popriečny. *Folia oecologica*, 26, s. 33–49.
- SANIGA, M., 1999: Štruktúra, produkčné a regeneračné procesy Badínskeho pralesa. *Journal of forest science*, 45, (3), s. 121–130.
- SANIGA, M., SCHÜTZ, J. PH., 2002: Relation of dead wood course within the development cycle of selected virgin forests in Slovakia. *Journal of Forest Science*, 48, (12), s. 513–528.
- SANIGA, M., 2002: Štruktúra, produkčné a regeneračné procesy bukového pralesa Rožok. *Ochrana prírody* 22, s. 207–218.
- SANIGA, M., SKLENÁR, P., 2003: Štruktúra, produkčné a regeneračné procesy bukového pralesa NPR Oblik. *Acta Facutatis Forestalis Zvolen*, XXLIV, s. 187–198.
- SMEJKAL, M. et al., 1995: *Banater Urwälder*. Miron Verlag, 198 s.
-

Adresa autora:

Prof. Ing. Milan Saniga, DrSc.

Katedra pestovania lesa

Lesnícka fakulta

T. G. Masaryka 24

960 53 Zvolen

e-mail: saniga@vsld.tuzvo.sk

Ausgewählte Strukturmerkmale und Regenerationsprozesse im Urwald Kyjov

Zusammenfassung

Der Gegenstand der Analyse sind die Schlussgradzeigen und das Produktionsausnutzen des disponiblen Wuchsraumes je nach Entwicklungsstadien des Buchenurwaldes Kyjov. In der Abhängigkeit von den Schlussgradzeigen und dem Produktionsausnutzen des disponiblen Wuchsraumes wird die Dynamik der Naturverjüngung durch den 10-jährigen Zeitraum analysiert. Die höchsten Werte des Schlussgrades wurden im Stadium des Heranwachsens 210,8 % gemessen (Tab. 1). Was das Produktionsausnutzen des disponiblen Wuchsraumes betrifft, die höchsten Werte wurden im Stadium des Zerfalls 48,9 gemessen (Tab. 1).

Die Regenerationsprozesse verlaufen gut auf den Versuchsflächen, die das Optimalstadium und das Stadium des Zerfalls charakterisieren. Der höchste Wert mit einer gleichmässigen Verteilung der Individuen aller Alters- und Höhenklassen wurde in Optimalstadium 51 337 St.ha⁻¹ festgestellt (Tab. 3). Auf der Fläche, die das Stadium des Heranwachsens darstellt wird das Prozess von Individuen einzelner Baumarten verlangsamt. Die Autoreduktion wird durch ungeeignete ökologische Bedingungen in diesen Entwicklungsstadien verursacht.

ANALÝZA SEMENNEJ ÚRODY SMREKA VO VYSOKOHORSKOM LESE VYŠŠIEHO MONTÁNNÉHO STUPŇA NÍZKYCH TATIER

Stanislav K U C B E L

Kuchel, S.: Analýza semennej úrody smreka vo vysokohorskom lese vyššieho montánneho stupňa Nízkych Tatier. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLIX**, 2007, č. 1, s. 145–154.

Práca podáva základné informácie o plodnosti smreka získané vo vysokohorskom poraste počas trojročného obdobia. Produkcia semena smreka bola sledovaná v oblasti Nízkych Tatier v dvoch smrekových porastoch vyššieho montánneho stupňa s rôznou expozíciou, pre tri rôzne umiestnenia – porastovú medzeru, okraj porastu a zapojený porast. Cieľom bolo zistenie absolútneho množstva semien pripadajúcich na plošnú jednotku, kvantifikácia rozdielu medzi plnou a priemernou semennou úrodou a analýza priestorovej a časovej variability množstva semien. V roku so semennou úrodou sme zaznamenali 5,5–6x vyššie množstvo semena ako v rokoch nasledujúcich po nej ako aj nižšiu variabilitu v priestorovej distribúcii semien po ploche porastu. V porovnaní so zapojeným porastom sa potvrdil výrazný pokles počtu semien na porastovom okraji resp. v porastovej medzere.

Kľúčové slová: semenná úroda, smrek, vysokohorský les

1 ÚVOD A PROBLEMATIKA

Počas životného cyklu vysokohorského smrekového lesa predstavuje najrizikovejší úsek jeho obnova. Prirodzená obnova v týchto polohách naráža na viaceré ťažkosti, ktoré majú podľa druhu lesného spoločenstva (slt resp. lt) rôznu závažnosť. Pre vysokohorský les ale neboli v žiadnom prípade zistené tak priaznivé predpoklady pre prirodzenú obnovu, aké platia pre lesné spoločenstvá nižších polôh (TREPP 1981, JALOVIAK 1999, 2000, 2004, VENCURIK 2003, 2006).

Jedným zo základných predpokladov pre udržanie dynamiky regeneračných procesov je dostatočný počet životaschopných semien, ktorý je závislý od plodnosti stromov v poraste. Produkcia semena je vo vysokohorských lesoch všeobecne považovaná za nízku, s vysokým podielom neživotaschopných semien a nízkou klíčivosťou. So stúpajúcou nadmorskou výškou dochádza k výraznému poklesu plodnosti stromov. MAYER & OTT (1991) uvádzajú pre smrek v nižších polohách pri dobrej fruktifikácii 1500–2000 šišíek t. j. 30–60 kg semena na jeden strom a 800–1600 plných semien na m². V porovnaní s týmito údajmi sa v subalpínskom smrekovom lese tieto charakteristiky podľa PIUSSIHO (1967) pohybujú

na úrovni 100–150 šišíek t. j. 4–5 kg semena na jeden strom a 100–200 semien na m². V smrekovom poraste pod hornou hranicou lesa v švajčiarskych centrálnych Alpách zistil KUOCH (1965) počas semenného roka v nadmorskej výške 1990 m 8–10-násobnú redukciu počtu semien na m² v porovnaní s nadmorskou výškou 1600 m. Ako ďalší z problémov sa uvádza všeobecne nízka periodicitá semenných rokov. ZANZI SULLI (1981) udáva, že semenné úrody s vysokým počtom životaschopného semena (nad 100 ks.m⁻²) sa vyskytujú len každých 10–12 rokov. V rokoch s nízkou úrodou zistila aj obzvlášť viditeľný negatívny vplyv živočíchov na disponibilné množstvo životaschopného semena. Výsledky 30-ročného výskumu (MENCUCCINI et al. 1995) semennej úrody vo vysokohorskom smrekovom lese talianskych Álp poukázali na jej veľmi vysokú priestorovú aj časovú variabilitu. Potvrdil sa všeobecný trend redukcie priemerného počtu semien ako aj nižšia frekvencia semenných rokov vo vyšších nadmorských výškach. Priemerný počet všetkých semien počas semenného roka sa vo výške 1500 m pohyboval na úrovni 800 ks.m⁻² a s nadmorskou výškou klesal približne o 100 ks.m⁻² na každých 100 výškových metrov.

Pre podmienky Slovenska zistil v smrekovom horskom lese (900–980 m n. m.) Oravských Beskýd JANKOVIČ (1993) v semennom roku početnosť smrekových semien na úrovni 400–600 ks.m⁻². Vplyv umiestnenia semenomerov (pod korunami resp. v medzikorunových priestoroch) na počet zachytených semien sa pritom nepotvrdil ako štatisticky významný. Kvalitatívnymi znakmi semena smreka pochádzajúceho z horských oblastí Slovenska z nadmorských výšok 900–1580 m sa zaoberala ŠMELKOVÁ (2004). Výsledky preukázali, že hmotnosť semena bola najvýraznejšie ovplyvňovaná vekom stromu, dĺžkou koruny a nadmorskou výškou. Zistené hodnoty klíčivosti boli pomerne vysoké a mali nízku variabilitu (89 % ± 6 %).

2 MATERIÁL A METODIKA

Sledovanie semenných úrod smreka prebiehalo počas troch rokov (2003/04, 2004/05 a 2005/06) v dvoch vysokohorských smrekových porastoch v severozápadnej časti Nízkyh Tatier, na západných svahoch masívu Prašivej (1651 m n. m.) na LHC Lipetovská Osada. Základnými cieľmi práce boli zistenie absolútneho množstva semien pripadajúcich na plošnú jednotku, kvantifikácia rozdielu medzi plnou a priemernou semennou úrodou a analýza priestorovej a časovej variability množstva semien.

Dielec 545c sa nachádza v nadmorskej výške 1160–1480 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 *Sorbeto-Piceetum* (60 %), okrem nej sú zastúpené aj slt *Fagetum abietino-piceosum* (30 %) a slt *Mughetum acidophilum* (10 %). Vek porastu je 180 rokov a zakmenenie 0,7. V drevinovom zložení sa okrem smreka obyčajného (100 %) nachádza ojedinele jarabina vtáčia a kosodrevina.

Dielec 542a leží v nadmorskej výške 1140–1360 m a susedí s dielcom 545c. Je zaradený medzi ochranné lesy subkategórie b., výmera je 17,9 ha, priemerný sklon 75 %

a expozícia južná až juhozápadná. Typologicky je porast tvorený dvomi skupinami lesných typov – *Sorbeto-Piceetum* (60 %) a *Fagetum abietino-piceosum* (40 %). Vek porastu je 180 rokov a zakmenenie 0,9. V drevinovom zložení sú okrem smreka (100 %) ojedinele zastúpené jedľa biela a buk lesný.

V každom poraste bolo rozmiestnených po 10 semenomeroch, v nadmorskej výške 1300 m n. m. Semenomery sa nachádzali v dvoch rovnobežných líniách nad sebou. Vzdialenosť línií bola približne 10 m, semenomery boli v odstupe 15 m, pričom jeden sa nachádzal v porastovej medzere, jeden na porastovom okraji a tri v súvislom poraste. Záchytná plocha jedného semenomeru bola 0,25 m². Semenomery boli rozmiestnené do porastu koncom októbra a kontrolované na jar po roztopení snehu.

V prvom roku pozorovania došlo v poraste 542a na južnej expozícii k vyvráteniu viacerých stromov vetrom, pričom boli zničené semenomery umiestnené v porastovej medzere. V dôsledku výrazného zväčšenia porastovej medzery a tým možného ovplyvnenia výsledkov museli byť z ďalšieho sledovania a vyhodnotenia vylúčené semenomery umiestnené uprostred tejto porastovej medzery. Vplyv umiestnenia semenomeru na počet semien mohol byť následne vyhodnotený v plnom rozsahu (3 úrovne) len v poraste 545c na západnej expozícii.

Údaje získané počas trojročného pozorovania boli vyhodnotené prostredníctvom multifaktoriálnej analýzy variancie a následného poradového testu, pričom sa analyzoval vplyv troch faktorov (rok, expozícia, umiestnenie semenomeru) na množstvo semena na 1 m².

Na začiatku roka 2004 boli v poraste 542a zozbierané šišky zo 16 vzorníkov. Priemerná vzorka získaného semena bola podrobená skúške klíčivosti a boli zistené jej základné kvalitatívne a kvantitatívne charakteristiky (absolútna hmotnosť 1000 čistých semien, energia klíčenia a klíčivosť).

3 VÝSLEDKY

Každoročná úroveň semennej úrody spolu s periodicitou plných semenných úrod predstavujú základné charakteristiky, ktoré rozhodujú o disponibilnom množstve semena pre prirodzenú obnovu. Dostatočný počet životaschopných semien je nevyhnutným predpokladom pre trvalé udržanie dynamiky regeneračných procesov aj vo vysokohorských polohách. Cieľom sledovania semennej úrody smreka počas trojročného obdobia bolo získať informácie o absolútnych množstvách semien pripadajúcich na plošnú jednotku, kvantifikovať rozdiel medzi plnou a priemernou semennou úrodou a analyzovať priestorovú (expozícia, umiestnenie) a časovú (rok) variabilitu množstva semien.

Výskyt semenného roku smreka po pomerne dlhom čase poskytol možnosť kvantifikovať výšku produkcie semena vo vysokohorskom poraste a porovnať produkciu semena v roku s plnou semennou úrodou a rokov nasledujúcich. Rok 2003/04 sme považovali za rok s plnou semennou úrodou na základe údajov o semennej úrode smreka v nižších polohách. Objektívne určenie na základe kritéria pre semenný rok navrhnutého v práci Koski

& TALLQVIST (1978 in MENCUCCINI et al. 1995), t. j. ako roka, v ktorom produkcia semena presahuje 50 % maxima zaznamenaného pre danú polohu počas 20-ročného obdobia, nebolo z dôvodu absencie dlhodobého sledovania produkcie semena vo vysokohorských polohách možné.

Tab. 1 Porovnanie produkcie semena ($\bar{x} \pm s_x$) v smrekovom vysokohorskom lese pre semenné úrody 2003/04–2005/06 v ks.m⁻²

Tab. 1 Der Vergleich der Samenproduktion ($\bar{x} \pm s_x$) im Gebirgsfichtenwald für die Samenernten 2003/04–2005/06 in St. m

expozícia ¹	umiestnenie ²	semenná úroda ³		
		2003/04	2004/05	2005/06
západná expozícia ⁴	okraj porastu ⁷	254 ± 3	22 ± 8	14 ± 8
	vnútro porastu ⁸	482 ± 142	43 ± 21	48 ± 13
	spolu	425 ± 160	38 ± 21	40 ± 19
južná expozícia ⁵	okraj porastu	382 ± 42	54 ± 20	94 ± 42
	vnútro porastu	467 ± 157	103 ± 73	113 ± 76
	spolu	446 ± 139	91 ± 66	108 ± 67
spolu ⁶		436 ± 145	64 ± 54	74 ± 60

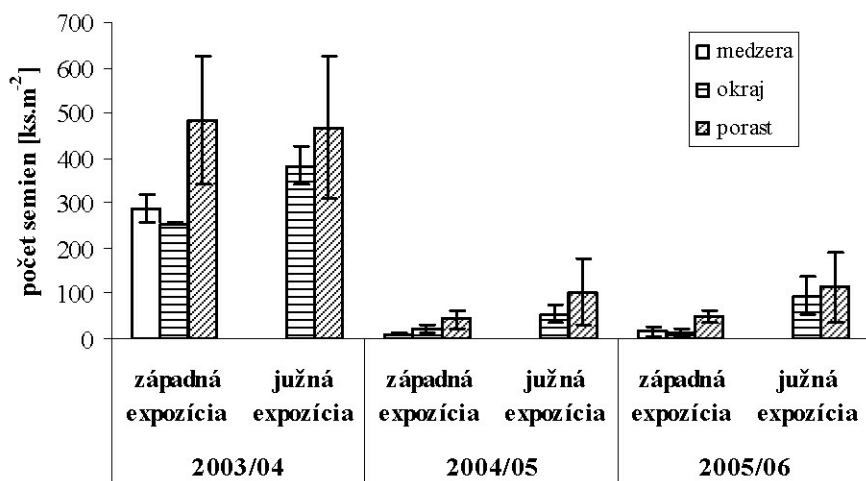
¹Hanglage, ²Lage der Samenfalle, ³Samenernte, ⁴Westhang, ⁵Südhang, ⁶insgesamt, ⁷Bestandesrand, ⁸Bestandesinnere

Zistené absolútne počty semien vykazovali veľmi vysokú variabilitu. Variačné rozpätie sa pohybovalo od 8 do 704 ks.m⁻². Maximálny počet semien (704 ks.m⁻²) bol zistený v zapojenom poraste na západnej expozícii v roku 2003/04, minimálny počet (8 ks.m⁻²) na porastovom okraji na západnej expozícii v roku 2005/06.

Údaje o priemernom počte semien na 1 m² podľa rokov, expozícií a umiestnenia v poraste uvádza tabuľka 1, resp. obrázok 1. Zistený počet semien na 1 m² sa medzi skúmanými rokmi výrazne odlišoval. V roku 2003/04 sa pohyboval v rozmedzí 252–704 ks.m⁻², priemerná hodnota bola 436 ks.m⁻². Na západnej expozícii bola zaznamenaná v priemere nižšia produkcia semena ako na južnej a zistený počet semien stúpala smerom od porastového okraja dovnútra porastu. Na južnej expozícii bola táto zmena menej výrazná ako na západnej (o 18 %, resp. 47 %). V roku 2004/05 bolo zistené variačné rozpätie počtu semien na úrovni 16–208 ks.m⁻², priemerná hodnota dosahovala 64 ks.m⁻². Priemerný počet semien predstavoval necelých 15 % počtu zaznamenaného počas semenného roka. V roku 2005/06 sa počet semien pohyboval v rozmedzí 8–256 ks.m⁻² s priemernou hodnotou 74 ks.m⁻² a tvoril približne 17 % z počtu semien počas semenného roka 2003/04.

Zistenia týkajúce sa rozdielu medzi expozíciami a umiestnením sa v rokoch 2004/05 a 2005/06 zhodovali s rokom 2003/04, t. j. produkcia semena bola nižšia na západnej expozícii a počet semien sa zvyšoval od porastového okraja smerom do porastu. V roku 2004/05 bolo na porastovom okraji zaznamenaných o 48-49 % semien menej ako v poraste (pri zanedbateľnom rozdiel medzi expozíciami). Pre rok 2005/06 predstavoval tento pokles 17 % na južnej a až 71 % na západnej expozícii.

Priestorová variabilita vyjadrená relatívne cez variačný koeficient bola všeobecne najnižšia počas roku so semennou úrodou ($s_x\% = 33\%$). V rokoch so slabou semennou úrodou (2004/05 a 2005/06) bola produkcia semena v poraste rozložená oveľa nerovnomernejšie ($s_x\% = 84\%$, resp. 81%).



Obr. 1 Priemerné počty semien $\bar{x} (\pm s_x)$ podľa umiestnenia a expozície pre jednotlivé semenné úrody

Abb. 1 Durchschnittliche Samenzahlen $\bar{x} (\pm s_x)$ nach der Lage der Samenfalle und Hanglage für einzelne Samenernten

Na rozbor vplyvu jednotlivých faktorov (rok, expozícia, umiestnenie) na počet semien bola použitá trojfaktorová analýza variancie, výsledky ktorej sú zhrnuté v tabuľke 2. Prostredníctvom použitého modelu (t. j. vplyvom uvažovaných faktorov) bolo možné vysvetliť takmer 82 % variability danej závislej premennej ($R^2 = 0,8149$). Ako štatisticky významné sa potvrdili faktory rok a umiestnenie. Najdôležitejším faktorom vplyvujúcim na počet semien bol rok, ktorý vysvetľoval viac ako 77 % ich variability. Faktor expozícia sa nepotvrdil ako štatisticky významný, preto je možné považovať pozorované rozdiely medzi západnou a južnou expozíciou len za náhodné.

Na identifikáciu štatisticky významných rozdielov medzi jednotlivými úrovňami faktora rok sa využil poradový test podľa Duncana (tab. 3). Testovanie preukázalo štatisticky

veľmi vysoko významný rozdiel ($p < 0,0001$) medzi produkciou semena v roku 2003/04 (semenná úroda) a obidvoma nasledujúcimi rokmi. Rozdiely zistené v rokoch 2004/05 a 2005/06 sa nepotvrdili ako štatisticky významné. Pretože faktor umiestnenie sa dal pre úplný model analýzy variancie vyhodnotiť len v dvoch úrovniach, nebol potrebný poradový test a rozdiel medzi množstvom semena na porastovom okraji a vo vnútri porastu bol potvrdený ako štatisticky vysoko významný.

Tab. 2 Výsledky trojfaktorovej analýzy variancie pre produkciu semena ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)

Tab. 2 Die Ergebnisse der dreifaktoriellen Varianzanalyse für die Samenproduktion (in $\text{St} \cdot \text{m}^{-2}$)

zdroj premenlivosti ¹	SS	df	MS	F	p
rok ²	1 434 509	2	717 254	91,12	< 0,0001 ***
expozícia ³	27 075	1	27 075	3,44	0,0705
umiestnenie ⁴	47 379	1	47 379	6,02	0,0183 *
rezíduum ⁵	338 469	43	7 781	–	–
R ²	0,8168				

¹Varianzquelle, ²Jahr, ³Hanglage, ⁴Lage der Samenfalle, ⁵Fehlervarianz

Tab. 3 Výsledky Duncanovho testu (hladiny významnosti α) pre faktor „rok“

Tab. 3 Die Ergebnisse des Duncan-Tests (Signifikanzniveau α) für den Faktor „Jahr“

úroveň faktora ¹	(1) rok 2003/04	(2) rok 2004/05	(3) rok 2005/06
(1) rok 2003/04 ²		0,000064 ***	0,000122 ***
(2) rok 2004/05	0,000064 ***		0,757561
(3) rok 2005/06	0,000122 ***	0,757561	

¹Faktorstufe, ²Jahr

Detailný rozbor vplyvu umiestnenia semenomeru v poraste bolo možné vykonať len pre dielec 545c (západná expozícia). Z tohto porastu boli k dispozícii kompletne údaje pre všetky tri uvažované úrovne faktora „umiestnenie“, t. j. počet semien v porastovej medze (úroveň 1), na porastovom okraji (úroveň 2) a vo vnútri porastu (úroveň 3). Porovnanie zisteného množstva semena pre rôzne umiestnenie semenomerov na západnej expozícii podáva tabuľka 4.

V tabuľke 5 sú uvedené výsledky dvojfaktorovej analýzy variancie pre údaje o počte semien v poraste 545c na západnej expozícii. Táto analýza mala za úlohu predovšetkým identifikovať rozdiely medzi tromi úrovňami faktora umiestnenie. Tento faktor sa potvrdil ako štatisticky významný ($p = 0,0191^*$). Štatisticky významné rozdiely boli na základe Duncanovho testu (tab. 6) preukázané medzi produkciou semena v porastovom vnútri

a porastovou medzerou resp. porastovým okrajom. Množstvá semien na okraji porastu a v medzere sa významne neodlišovali.

Tab. 4 Porovnanie produkcie semena ($\bar{x} \pm s_x$) podľa umiestnenia semenomerov na západnej expozícii pre semenné úrody 2003/04 – 2005/06 v ks.m⁻²

Tab. 4 Der Vergleich der Samenproduktion ($\bar{x} \pm s_x$) nach der Lage der Samenfallen auf dem Westhang für die Samenernten 2003/04 – 2005/06 in St.m⁻²

umiestnenie ¹	semenná úroda ²		
	2003/04	2004/05	2005/06
porastová medzera ³	286 ± 31	10 ± 3	16 ± 11
okraj porastu ⁴	254 ± 3	22 ± 8	14 ± 8
vnútro porastu ⁴	482 ± 142	43 ± 21	48 ± 13
spolu ⁶	397 ± 153	32 ± 22	34 ± 20

¹Lage der Samenfälle, ²Samenernte, ³Bestandeslücke, ⁴Bestandesrand, ⁵Bestandesinnere, ⁶insgesamt

Tab. 5 Výsledky dvojfaktorovej analýzy variancie pre produkciu semena (ks.m⁻²) na západnej expozícii

Tab. 5 Die Ergebnisse der zweifaktoriellen Varianzanalyse für die Samenproduktion (in St.m⁻²) auf dem Westhang

zdroj premenlivosti ¹	SS	df	MS	F	p
rok ²	882 376	2	441 188	69,42	< 0,0001 ***
umiestnenie ³	59 204	2	29 602	4,66	0,0191 *
rezíduum ⁴	158 880	25	6 355	–	–
R ²	0,8556				

¹Varianzquelle, ²Jahr, ³Lage der Samenfälle, ⁴Fehlervarianz

Okrem uvedených analýz boli pre priemernú vzorku smrekového semena získaného zo semennej úrody 2003/04 kvantifikované základné kvalitatívne a kvantitatívne charakteristiky. Absolútna hmotnosť 1000 ks čistých semien sa pohybovala na úrovni 6,36 ± 0,59 g. Skúškou klíčivosti bola zistená energia klíčenia 74,7 ± 12,4 % a klíčivosť 77,6 ± 12,4 %.

Tab. 6 Výsledky Duncanovho testu (hladiny významnosti α) pre faktor „umiestnenie“ na západnej expozícii
 Tab. 6 Die Ergebnisse des Duncan-Tests (Signifikanzniveau α) für den Faktor „Lage der Samenfälle“ auf dem Westhang

úroveň faktora ¹	(1) porastová medzera	(2) okraj porastu	(3) vnútro porastu
(1) porastová medzera ²		0,858203	0,042369 *
(2) okraj porastu ³	0,858203		0,036287 *
(3) vnútro porastu ⁴	0,042369 *	0,036287 *	

¹Faktorstufe, ²Bestandeslücke, ³Bestandesrand, ⁴Bestandesinnere

4 DISKUSIA A ZÁVER

Predpokladom pre vybudovanie a udržanie diferencovanej štruktúry vo vysokohorskom lese je plynulý a nerušený priebeh regeneračných procesov. Pre nástup prirodzeného zmladenia predstavuje nevyhnutnú podmienku prítomnosť dostatočného počtu životaschopných semien. Pretože pre produkciu semena vo vysokohorských polohách je charakteristická výrazná priestorová a časová variabilita (ZANZI SULLI 1981, MENCUCCINI *et al.* 1995), poskytol semenný rok smreka v sezóne 2003/04 pomerne zriedkavú príležitosť pre kvantifikáciu produkcie semena počas semennej úrody, ktorá sa pravdepodobne blíži k maximu dosiahnuteľnému v týchto polohách. Opakované zisťovanie produkcie semena v nasledujúcich dvoch rokoch umožnilo porovnanie rozdielov a posúdenie významnosti semennej úrody pre obnovu. Produkcia semena na skúmanej lokalite počas semenného roka bola porovnateľná s publikovanými údajmi z vysokohorských polôh (KUOCH 1965, PIUSSI 1967, ZANZI SULLI 1981, MENCUCCINI *et al.* 1995, LITSCHAUER 2003), ktoré sa pre plnú semennú úrodu smreka pohybujú v intervale 120–800 ks.m⁻². Množstvo semena zaznamenané v roku so semennou úrodou bolo 5,5–6x vyššie ako v rokoch nasledujúcich po nej. Na základe týchto výsledkov sa dá predpokladať, že relevantné množstvo semena pre nástup prirodzenej obnovy sú schopné zabezpečiť len roky s plnou semennou úrodou.

Pri sledovaní sa zistilo, že v roku s plnou semennou úrodou sú semená po ploche porastu rozdelené rovnomernejšie ako v rokoch so slabou úrodou. Pre priestorové rozdelenie semien rozbor poukázal aj na významný rozdiel medzi množstvom semena v zapojenom poraste a v porastových medzerách resp. na porastovom okraji. V porovnaní s porastom výrazne klesá počet semien v porastovej medzere už vo vzdialenosti 15 m od porastového okraja a to o 40 % počas plnej semennej úrody, resp. o 67–77 % v roku so slabou úrodou. Rozdiel v počte semien zaznamenaných v porastovej medzere a na porastovom okraji je minimálny a štatisticky nevýznamný. Zistené údaje potvrdzujú aj výsledky JANKOVIČA (1993), ktorý uvádza výraznú závislosť počtu semien od vzdialenosti vzhľadom k porastovej stene. Podľa jeho údajov z horského lesa Oravských Beskýd prevyšuje množstvo semena v poraste päť- až šesťnásobne množstvo semena na vonkajšom okraji vo vzdialenosti 20 m od porastovej steny.

Z uvedených zistení vyplýva, že pre zásahy za účelom nástupu prirodzenej obnovy vo vysokohorskom smrekovom lese je rozhodujúce vykonávať ich zásadne po semennej úrode, kedy možno očakávať produkciu dostatočného množstva semien a obnovné prvky zakladať v tvare úzkych porastových medzier, ktorých šírka by nemala presahovať 15–20 m.

Rozbor vybraných kvalitatívnych a kvantitatívnych charakteristík semien potvrdil nižšiu hmotnosť a klíčivosť v porovnaní s údajmi, ktoré zistila pre lesy horských polôh Slovenska ŠMELKOVÁ (2004). Napriek tomu je klíčivosť nad 77 % prekvapivo vysoká a preto kvalitatívne charakteristiky semien zrejme nie sú hlavnou príčinou problémov pri generatívnej obnove vo vysokohorských polohách.

Vychádzajúc z minimálneho počtu jedincov zmladenia vo výškovej kategórii do 20 cm (10 ks.m^{-2}) vypočítaného podľa modelu obnovy pre vysokohorský smrekový les (KUCBEL 2006) sa priemerný počet semien zistených počas semenného roka v zapojenom poraste (475 ks.m^{-2}) javí ako dostatočný pre zabezpečenie dynamiky regeneračných procesov. Aj pri predpokladanej vysokej mortalite semenáčikov tvorí takýto počet semien v prípade vhodných klimatických podmienok zrejme dostatočnú rezervu a je schopný zabezpečiť ujetie aspoň minimálneho počtu semenáčikov smreka. Z tohto pohľadu sa napriek zriedkavým semenným rokmi a relatívne nízkej produkcii semien v porovnaní s nižšími polohami potvrdzuje ako rozhodujúci faktor pre nástup regeneračných procesov extrémne rastové prostredie a priebeh klimatických charakteristík vo vegetačnom období po semennej úrode.

Príspevok bol vypracovaný s finančnou podporou grantu VEGA 1/35/16/06.

Literatúra

- JANKOVIČ, J., 1993: Vývoj prirodzenej obnovy smreka po bohatom semennom roku v imisne postihnutej oblasti, *Lesnictví-Forestry*, **39** (1): 14–21
- JALOVÍAR, P., 1999: Štruktúra prirodzenej obnovy smreka v poraste poškodenom imisiami. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen* **41**: 137–150
- JALOVÍAR, P., 2000: Prirodzená obnova smrekových porastov pod rôznym imisným zaťažením, Dizertačná práca, TU Zvolen, 96 p.
- JALOVÍAR, P., 2004: Výškový rast následného porastu smreka v podmienkach clonno-okrajového rubu. *Beskydy* **17**: 125–130
- KOSKI, V., TALLQVIST, R., 1978: Results of long-time measurements of the quantity of flowering and seed crop of forest trees, *Folia For.* **364**: 1–47 (in Finnish with English summary)
- KUCBEL, S., 2006: Štruktúra porastov a optimalizácia pestovných opatrení vo vysokohorských lesoch v oblasti Nízkyh Tatier. Dizertačná práca, TU Zvolen, 124 p.
- KUOCH, R., 1965: Der Samenfall 1962/63 an der oberen Fichtenwaldgrenze im Sertigtal, *Mitt. Eidgenöss. Anst. forstl. Vers. wes.* **41** (3): 61–85
- LITSCHAUER, R., 2003: Untersuchungen zum Reproduktionspotential im Bergwald, In: Müller, F. (ed.): Maria-brunner Waldbautage 2002 – Ist die natürliche Verjüngung des Bergwaldes gesichert?, *Schriftenreihe des Bundesamtes und Forschungszentrums für Wald Wien* **130**: 79–85
- MAYER, H., OTT, E., 1991: *Gebirgswaldbau – Schutzwaldpflege*, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 587 p.
- MENCUCCHINI, M., PIUSSI, P., ZANZI SULLI, A., 1995: Thirty years of seed production in a subalpine Norway spruce forest: Patterns of temporal and spatial distribution, *For. Ecol. Manage.* **76**: 109–125

- PIUSSI, P., 1967: Characteristics of Norway spruce seed collected at different elevations, *Proc. XIV. IUFRO-Congress*, IV Section 23, Munich, p. 510–515
- ŠMELKOVÁ, L., 2004: Kvalita semena smreka (*Picea abies* [L.] Karst.) z horských oblastí Slovenska, In: Peňáz, J., Martinek, J. (ed.): *Hlavní úkoly pěstování lesů na počátku 21. století*. Sborník z konference, Křtiny 14.–16. 9. 2004, ÚZPL LDF MZLU v Brně, p. 17–23
- TREPP, W., 1981: Das Besondere des Plenterns im Gebirgswald, *Schweiz. Z. Forstwes.* **132** (10): 823–846
- VENCURIK, J., 2003: Regeneračné procesy výberkového lesa v oblasti Oravských Beskyd. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen* **45**: 199–212
- VENCURIK, J., SKLENÁR, P., 2006: Štruktúra prirodzenej obnovy pri rôznej úrovni stupňa clonenia vo výberkovom lese Oravských Beskyd, *Beskydy* **19**: 131–136
- ZANZI SULLI, A., 1981: Studi sulla produzione di seme nella pecceta subalpina di Paneveggio, *Ann. Accad. Ital. Sci. For.* **30**: 63–85
-

Adresa autora:

Ing. Stanislav Kucbel, PhD.

Katedra pestovania lesa

Lesnícka fakulta

Technická univerzita vo Zvolene

Masarykova 24

960 53 Zvolen

e-mail: kucbel@vsld.tuzvo.sk

Analyse des Fichtensamenanfalls in einem Gebirgswald der hochmontanen Stufe in der Niederen Tatra

Zusammenfassung

Der Beitrag gibt grundlegende Informationen von dem Samenanfall der Fichte in einem Gebirgsfichtenwald innerhalb von drei Jahren an. Die Samenernte wurde auf dem Gebiet von Niederen Tatra verfolgt, in zwei Fichtenbeständen der hochmontanen Stufe mit unterschiedlicher Hanglage und für drei verschiedene Platzierungen – Bestandeslücke, Bestandesrand und Bestandesinnere. In jedem der zwei Bestände sind je 10 Samenfallen mit einer Fläche von 0,25 m² platziert worden. Die Anzahl der gefangenen Fichtensamen wurde jedes Jahr gezählt und anschließend mit der Varianzanalyse ausgewertet. Außerdem wurden für eine Stichprobe die grundlegenden quantitativen und qualitativen Merkmale der untersuchten Fichtensamen ermittelt.

Das Ziel der Untersuchung war die absolute Anzahl der Fichtensamen pro Flächeneinheit festzustellen, der Unterschied zwischen der Vollmast und folgenden Jahren zu quantifizieren als auch die räumliche und zeitliche Variabilität der Samenanzahl zu analysieren. Im Jahr mit der Vollmast (2003/04) wurde 5,5–6 mal höherer Samenanfall im Vergleich zu den folgenden Jahren registriert. Im Bestandesinneren bedeutete dies eine absolute Anzahl von 475 St.m⁻². Die räumliche Variabilität des Samenanfalls war höher in den Jahren mit einem schwachen Mast, was an eine ungleichmäßigere räumliche Verteilung der Samen während diesen Jahren schließen lässt. Im Vollmastjahr sind die Samen dagegen eher gleichmäßig im Bestand verteilt. Im Vergleich zu dem Bestandesinneren wurde eine deutliche Abnahme der Samenanzahl in dem Bestandesrand bzw. in der Bestandeslücke bestätigt. Bei der Varianzanalyse haben sich die Faktoren Jahr und die Lage der Samenfalle als signifikant für den Samenanfall erwiesen.

VÝSLEDKY VÝSKUMU PRIRODZENEJ OBNOVY LESA NA POŽIARISKU V NPR KYSEĽ

Gita J A N Č O V Á

Jančová, G.: Výsledky výskumu prirodzenej obnovy lesa na požiarisku v NPR Kyseľ. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLIX**, 2007, č. 1, s. 155–172.

V práci sú zosumarizované výsledky výskumu prirodzenej obnovy lesa na ploche, ktorá bola v roku 1976 poškodená požiarom. Lokalizovaná je v národnej prírodnej rezervácii Kyseľ v národnom parku Slovenský raj. V priebehu času sa sledovala postupnosť budovania nového lesného spoločenstva – druh drevín, ktoré ho tvoria, ich prírastky, zdravotný stav, rozloženie na ploche, faktory, ktoré vývoj ovplyvňujú. Prezentovaný je súčasný stav požiariska, prognózy ďalšieho vývoja a rámcový návrh opatrení.

Kľúčové slová: stresové faktory, disturbancia, požiar, prirodzená obnova lesa

1. ÚVOD

Prírodné lesné ekosystémy (v niektorých prípadoch tiež prirodzené lesy blízke prírodným), významné z hľadiska ochrany biologickej diverzity, ale aj pre vedu a výskum, sa v záujme ich ochrany vyhlasujú za chránené. Prírodné rezervácie, zriadené na lesnom pôdnom fonde, sa z hľadiska ekologickej stability lesa považujú za veľmi významné. Aj napriek tomu, že homeostáza týchto území je vysoká, nevyhnú sa antropogénnym vplyvom rôznej povahy, čím sa stávajú menej odolnými voči stresovým faktorom.

Najvýznamnejšími abiotickými stresormi (škodlivými činiteľmi) v lesných ekosystémoch sú vietor, sneh, námraza, ktoré zapríčiňujú rozvracanie porastov a vznik holín. Ale aj sucho, mráz, vysoká teplota, nadbytok vlhky, nedostatok živín. Zo stresorov biotickej povahy sú to rôzne fytofágne živočíchy, heterotrofné fytopatogénne organizmy, autotrofné rastliny obmedzujúce, alebo znemožňujúce rast. Antropogénne stresory (emisie, požiar, degradácia pôdy, poškodenie dendrokrytu) môžu vyvolať (podmieniť) vznik dlhodobých alebo krátkodobých porúch v raste a vývoji lesného ekosystému resp. vytvoriť podmienky pre reťazové poruchy vyvolané ďalšími stresormi.

Limitujúcim faktorom prostredia nie je len stres, ale aj disturbancia, t. j. také narušenie, ktoré je spojené s priamou deštrukciou vytvorenej biomasy. Takýmto faktorom v lesnom ekosystéme je aj požiar.

Odborná ochránárska a lesnícka verejnosť nie je zjednotená v názore na riešenie problému kalamitných plôch v chránených územiach. Proti sebe stoja: prijatie (realizácia) účinných obranných opatrení, so snahou eliminovať možný zdroj šírenia stresora na ďalšie porasty, versus ponechanie poškodených porastov na samovývoj.

V predloženej práci je pozornosť zameraná na hodnotenie vplyvu jednorázového stresového faktora na lesný ekosystém v národnej prírodnej rezervácii Kysel v národnom parku Slovenský raj, ktorým bol v roku 1976 požiar. Požiar patrí do skupiny primárnych stresorov antropogénneho pôvodu a plošného charakteru. Práca sumarizuje výsledky viacročných výskumov realizovaných v území ovplyvnenom disturbanciou v dôsledku požiaru. Vplyvom požiaru došlo náhle, za krátke časové obdobie, k rozpadu, deštrukcii lesného ekosystému a priamemu zničeniu významnej časti biomasy. Zmenené boli tiež základné ekologické podmienky na ploche, najmä pre rastlinstvo.

Vzhľadom na to, že išlo o poškodenie chráneného územia, tvoreného prírodnými biotopmi a perspektíva obnovenia spoločenstva autoregulačnými procesmi v priebehu času (aj keď predstavuje rádovo dlhú dobu) bola vysoko pravdepodobná (hoci s určitými rizikami), sa územie ponechalo na samovývoj.

Prvé prieskumy poškodenia živej i neživej zložky lesného ekosystému, hneď po požiaru, vykonali pracovníci Správy chránenej krajiny oblasti Slovenský raj. Posúdená bola aj stabilita vápencovo-dolomitických svahov zvažujúcich sa do rokliny Kysel. Štúdia stavu požiariska, na základe podrobnejšieho prieskumu, bola spracovaná v roku 1980 pracovníkmi Lesníckej fakulty VŠLD vo Zvolene a Správy CHKO Slovenský raj. V roku 1986, desať rokov po požiaru, bol komplexnejší výskum požiariska vykonaný znovu. V nasledujúcich rokoch, v rámci riešenia vedeckého projektu VEGA na FEE TU a následne úloh fakultného výskumu na FEE a LF TU, tiež formou spracovávaní diplomových prác, sa sledovala reštitúcia požiariska a budovanie následného lesného porastu.

2. MATERIÁL A METÓDY

Pre vysokú prírodovednú hodnotu, zachovalosť biotických a abiotických zložiek prírody, v záujme ich ochrany a udržania nenarušenosti prírodných procesov v ekosystémoch, tiež za účelom využitia územia pre vedecký výskum, monitoring, výchovu, bola v roku 1976 MK SSR v národnom parku (vtedy CHKO) Slovenský raj zriadená štátna prírodná rezervácia (teraz národná prírodná rezervácia) Kysel. Rezervácia zaberá rokliny Veľký a Malý Kysel, Sokoliu dolinu a časť Bieleho potoka. Jej výmera je v súčasnosti 949,97 ha (z toho 5,22 ha vodné plochy).

Lesné spoločenstvá boli pri spracovávaní projektu na vyhlásenie klasifikované ako zachovalé a patria do skupiny lesných typov bukových jedlín (*Fageto-Abietum*) – tieto zaberajú najmä bázy svahov a hrebene. Na strmých, bratnatých svahoch, hrebienkoch, čelách hrebeňov sa nachádzajú spoločenstvá vápencových bučín (*Fagetum dealpinum*) a dealpínskych borín (*Pinetum dealpinum*). Všetky tri SLT patria medzi európsky významné biotopy

v súlade s Prílohou I. Smernice Rady 92/43/EHS o ochrane biotopov voľne žijúcich živočíchov a voľne rastúcich rastlín. Biotop „Reliktné vápnomilné borovicové a smrekovcové lesy“ (SLT *Pinetum dealpinum*) je aj v rámci Slovenska veľmi vzácny, má endemický a reliktný charakter. V roku 1976 časť rezervácie v oblasti Veľkého Kysela, na ploche 29,22 ha (t. j. 3 % z rozlohy) vážne poškodil požiar.

Požiar zasiahol celú pravú časť rokliny Kysel až po hrebeň Pirča (porast 220) a porast 221, ktorý sa zvažuje do doliny Bieleho potoka. Výškové rozpätie územia je od 550 m n. m. (tok Bieleho potoka) po 900 m n. m. (Pirč). Bol klasifikovaný ako podzemný a povrchový.

Porasty postihnuté požiarom sa nachádzajú na extrémnych stanovištiach, so sklonom 35–75°, miestami so skalnými stenami, s rendzinovými pôdami (rendziny sutinové, rendziny sutinové vylúhované). Hlavnými drevinami v pôvodných porastoch boli smrek, borovica a jedľa, ojedinele sa vyskytoval smrekovec, buk a javor horský. Dreviny smrek, buk a javor horský tvorili tiež pomiestne mladiny. Vek pôvodného porastu bol 110–150 rokov, zakmenenie 6. Vplyvom požiaru zhorel na exponovaných častiach územia povrchový humus s následným vyplavením živinovej zložky pôdy a s odkrytím sutinových úlomkov vápenca. Takmer úplne bola zničená prízemná vegetácia a kry, vážne poškodené stromy. Intenzita poškodenia bola rôzna. Požiarisko bolo podľa intenzity poškodenia rozdelené na tri zóny. Poškodenie záviselo jednak od druhu dreviny, ale aj od jej lokalizácie. Ako dreviny najmenej odolné voči požiaru sa prejavili smrek a jedľa – požiarom boli úplne zničené, ako odolnejšie resp. odolné borovica a smrekovec. Katastrofálny následok pre lesné spoločenstvo mal požiar hlavne tam, kde smrek tvoril kostru porastu.

Základná charakteristika zón (plôch I. až III.) pred požiarom je uvedená podľa vtedy platného LHP (LHC Hrabušice r. 1968–1976).

Plocha I. (výmera 6,41 ha) bola vylíšená v západnej časti porastu č. 220. Expozícia plochy je severná, sklon 100 % + kolmé steny. Priemerný vek porastu sa udával 130 rokov, zakmenenie 6. Hlavnými porastotvornými drevinami boli:

smrek obyčajný (sm) – *Picea abies* (L) Karst. (zastúpenie 60 %, výška stredného kmeňa 20 m, priemer v $d_{1,3}$ 30 cm, bonitný stupeň 6, hrúbkové rozpätie 14–46 cm),
borovica lesná (bo) – *Pinus sylvestris* L. (zastúpenie 30 %, výška stredného kmeňa 17 m, priemer v $d_{1,3}$ 32 cm, bonitný stupeň 9, hrúbkové rozpätie 14–46 cm),
jedľa biela (jd) – *Abies alba* Mill. (zastúpenie 10 %, výška stredného kmeňa 20 m, priemer v $d_{1,3}$ 32 cm, bonitný stupeň 7, hrúbkové rozpätie 14–46 cm).

Ojedinele sa v poraste vyskytovali smrekovec opadavý (smc) – *Larix decidua* Mill., buk lesný (bk) – *Fagus sylvatica* L., javor horský (jvh) – *Acer pseudoplatanus* L., baza čierna – *Sambucus nigra* L., topoľ osikový (os) – *Populus tremula* L., lipa malolistá (lpm) – *Tilia cordata* Mill., lipa veľkolistá (lpv) – *Tilia platyphyllos* Scop., jarabina vtáčia (jrb) – *Sorbus aucuparia* L., tis obyčajný – *Taxus baccata* L.

Porast bol klasifikovaný ako stredná kmeňovina 110–150 ročná, skupinovite zmiešaná, na skalách prirodzene preriedená, v úžľabinách hmotnatejšia. Borovica sa vyskytovala prevažne na skalných hrebienkoch a bralách. Na ploche sa vyskytovali skupinky 5–30 ročnej mladiny tvorenej smrekom, bukom a jedľou.

Vplyvom požiaru bola hornina na hrebienkoch a skalných výstupoch uvoľnená a obnažená, tvorila suť. Humus a organický podklad bol zničený na 90 %. Slabo poškodené ostrovčeky sa vyskytovali len pomiestne, hlavne v úžľabinách (cca 5–10 % plochy). Konštatovalo sa, že bylinná vrstva na ploche je zničená na 95 %.

Plocha II. (výmera 13,98 ha) sa nachádza vo východnej časti porastu č. 220. Jej expozícia je severovýchodná, sklon 100 %, pomiestne kolmé skalné steny, priemerný vek porastu 130 rokov, zakmenenie 6. Drevinové zloženie a zastúpenie v percentách, údaje o strednom kmeni, bonitné stupne a hrúbkové rozpätie je identické ako na ploche I.

Vplyvom požiaru hornina na hrebienkoch, skalných výstupoch, stienkach bola poškodená na 60–70 %, tvorila sa suť. Humus a organický podklad bol požiarom zničený na cca 80 %, zachoval sa len v spodnej časti dolínok a úžľabín, ktoré neboli zasiahnuté požiarom. Bylinnú vrstvu požiar zničil na 80 %.

Plocha III. (výmera 8,83 ha) – je to severná časť porastu 221. Plocha má severnú expozíciu, sklon 75 %, vek porastu 130 rokov, zakmenenie 6. Hlavnými porastotvornými drevinami boli znovu smrek obyčajný, borovica lesná a jedľa biela, ojedinele sa vyskytovali smrekovec opadavý, javor horský, buk lesný, lipa malolistá, javor mliečny – *Acer platanoides* L., jarabina vtáčia. Percentuálne najväčšie zastúpenie mala borovica lesná (70 %) s výškou stredného kmeňa 21 m, priemerná hrúbka v $d_{1,3}$ 34 cm, bonitný stupeň 7, hrúbkové rozpätie 14–48 cm. Nasledoval smrek obyčajný – zastúpenie 20 %, výška stredného kmeňa 23 m, priemerná hrúbka v $d_{1,3}$ 30 cm, bonitný stupeň 5, hrúbkové rozpätie 14–48 cm. Jedľa biela sa na tvorbe porastu podieľala 10 %, výška stredného kmeňa bola 22 m, priemerná hrúbka kmeňa v $d_{1,3}$ 32 cm, bonitný stupeň 6, hrúbkové rozpätie 14–48 cm. Išlo o strednú kmeňovinu 110–150 ročnú, skupinovite i jednotlivo zmiešanú. Pomiestne sa vyskytovali skupinky 5–25 ročnej bukovej, smrekovej a jedľovej mladiny.

V severnej časti plochy, pozdĺž hrebeňa, bola hornina silne poškodená, uvoľňujúca sa a tvoriaca suť. Na ostatnej ploche bola poškodená stredne – poškodené bolo asi 50–60 % plochy. Humus a organický podklad bol zničený na cca 60–70 %, viac v severnej časti, smerom k hrebeňu, menej v južnej časti, smerom do doliny Bieleho potoka. Tak isto bolo kvalifikované aj zničenie bylinnej vrstvy.

Použité metódy hodnotenie, tým že boli rozdielne, sú stručne uvedené pri výsledkoch výskumu v jednotlivých obdobiach.

3. VÝSLEDKY VÝSKUMU REALIZOVANÉHO NA POŽIARISKU V ROKOCH 1980–2003

3.1 Stav poškodenia dendrokrytu podľa prieskumu v roku 1980

V rámci „Štúdie fixácie a reštitúcie požiarom poškodených porastov v ŠPR Kysel“ (STOLINA, M. *et al.*, 1980) sa vykonala aj inventarizácia poškodenia stromov požiarom.

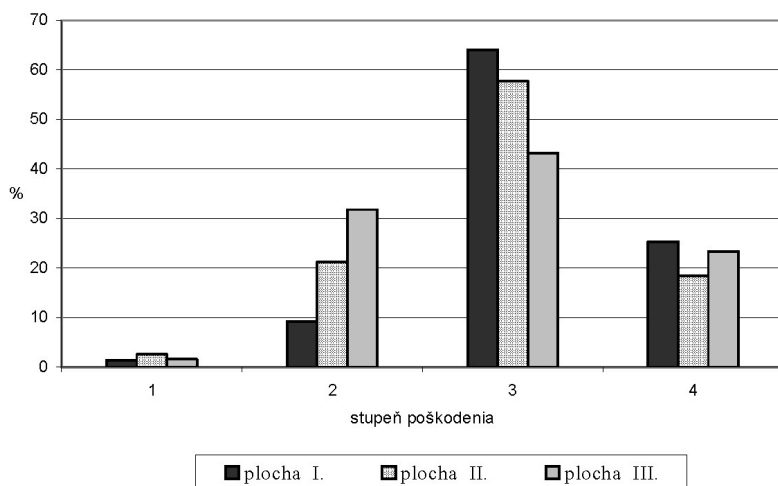
Pri prieskume bola zvolená nasledovná metodika:

- stav poškodenia sa zisťoval na výskumných plochách; veľkosť, počet a rozloženie plôch sa určili na základe zásad matematicko-štatistických metód, ktoré sa uplatňujú pri taxácii porastov,
- kritériá pre hodnotenie poškodenia stromov boli zvolené nasledovne:
 stupeň poškodenia 1: stromy živé, ohňom nepoškodené,
 stupeň poškodenia 2: stromy živé, viditeľne poškodené ohňom,
 stupeň poškodenia 3: stromy zhorené, stojace,
 stupeň poškodenia 4: stromy zhorené, padnuté,
- na plochách sa evidovali jedince od priemeru v $d_{1,3}$ 8 cm a viac podľa hrúbkových stupňov a druhu dreviny.

Prieskum bol vykonaný na 39 výskumných plochách rozložených po celej ploche požiariska. Rešpektovalo sa jeho rozdelenie na tri časti podľa intenzity poškodenia požiarom.

Získané výsledky:

Rozsah poškodenia stromov požiarom bol na všetkých troch plochách (I., II., III.) približne rovnaký (98,6 %; 97,4 %; 98,4 %). Výrazný rozdiel sa evidoval v intenzite poškodenia (obr. 1).



Obr. 1 Stupeň poškodenia jednotlivých plôch (stav v roku 1980)

Fig. 1 Degree of damage on particular plots (1980 data)

Kým na ploche I. odumrelo až 89,4 % jedincov, na ploche II. to bolo 76,2 % a ploche III. 66,6 %. Keď sa porovnal stupeň poškodenia na jednotlivých plochách bolo zistené, že najviac požiarom nezasiahnutých stromov bolo na ploche II. Ovplyvnila to konfigurácia

terénu s vlhkými úžľabinami. Nižšia intenzita požiaru, ale hlavne vysoké zastúpenie borovice, ktorá sa voči požiaru prejavuje ako odolná drevina podmienili, že najvyššie percento ohorených, ale žijúcich stromov bolo na ploche III. Najviac zhorených a tiež padnutých stromov sa zaevidovalo na ploche I., kde bol dominantný málo odolný, na extrémnom stanovišti rastúci smrek.

Pri revízii stavu požiariska v roku 1986 (STOLINA, M. *et al.*, 1986) predmetom záujmu bolo hlavne sledovanie náletu drevín a ich životaschopnosti. Konštatovalo sa, že k postupnému prirodzenému zmladeniu dochádza všade tam, kde sú pre rast semenáčikov vytvorené aspoň minimálne životné podmienky. Intenzita zmladenia bola ale veľmi rozdielna a úhyn semenáčikov vysoký.

3.2 Výsledky výskumu požiariska v rokoch 1987–1989

Pre detailnejšie sledovanie vývoja dendrokrytu, jeho drevinového zloženia, zisťovanie príčin odumierania resp. druhu škodlivého činiteľa, ktorý zabraňuje ich odrastaniu, bolo na požiarisku založených a v uvedených rokoch sledovaných 13 výskumných plôch o rozmeroch 2 krát 2 metre. Plochy boli založené tak, aby obsiahli všetky špecifiká terénu a mikroprostredia rezervácie. Počas troch rokov bolo zaevidovaných a vyhodnotených 500 jedincov. Hodnotili sa zmeny v kvantitatívnom zastúpení drevín, vekové zloženie náletu, poškodenie a úhyn náletu. Zaevidovaných bolo 10 druhov drevín, pričom dominantným bol smrekovec a jeho zastúpenie sa v priebehu sledovania zvyšovalo. Naopak, počet semenáčikov smreka (tvoril cca 1/5 z počtu semenáčikov smrekovca) v sledovanom období poklesol. Na plochách neustále dochádzalo k náletu nových jedincov, časť z nich následne odumierala (cca jedna tretina). Priaznivým ukazovateľom ale bol nárast počtu viacročných semenáčikov. Sukcesiu na plochách požiariska v sledovanom období dokumentuje tab. 1.

Tab. 1 Zhodnotenie reštitúcie na ploche požiariska

Tab. 1 Forest restoration on particular plots

plocha poškodenia	výskumné plochy (č.)	ø počet jedincov na výskum. plochu (ks)	ø vek drevín (roky)
I.	1, 2, 3, 4	47	5,3
II.	5, 9, 11, 12, 13	32	4,4
III.	6, 7, 8, 10	38	3,2

Zo škodlivých činiteľov sa najvýraznejšie prejavovali škody zverou (jeleňou a kamzíčou) najmä odhryz, hlavne u listnáčov a jedle. Semenáčky odumierali aj vplyvom útlaku alebo zničenia padnutými stromami resp. vetvami. Ujímanie nových semenáčikov sťažovalo zatrávnenie plôch.

3.3 Výsledky výskumu požiariska v rokoch 1990–1993

Postupne s odrastaním jedincov sa stali plochy, na ktorých sa realizoval výskum v rokoch 1987–1989 nevyhovujúce a málo reprezentatívne. Preto v rámci riešenia vedeckého projektu „Ochrana reprezentatívnych lesných ekosystémov a ich genofundu v podmienkach antropickej intervencie“ v roku 1990, na ploche III. (relatívne najmenej poškodenej požiarom) pre sledovanie nielen sukcesie, ale už aj tvorby lesného spoločenstva a formovanie jeho štruktúr, bola vytýčená plocha o rozlohe 0,5 hektára, v rámci ktorej bol pre podrobný prieskum založený transekt 10 krát 70 metrov (7 na seba nadväzujúcich plôch o rozmeroch 10 krát 10 metrov). Na týchto plochách bolo v prvom roku zmapované plošné rozmiestnenie jedincov, druhové zloženie nastupujúcich drevín, ich výška, zdravotný stav, spôsob poškodzovania jednotlivých semenáčikov či stromkov. Tieto údaje sa v rokoch 1991, 1992 a 1993 aktualizovali. Zároveň sa zhodnotilo zmladenie na celej ploche požiariska.

Metodický postup spočíval v týchto krokoch:

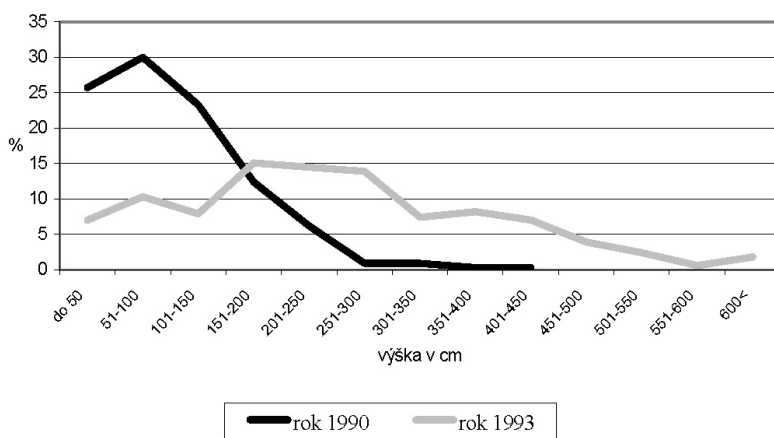
- a) Hodnotenie kvantitatívneho zastúpenia drevín: na vytýčenom, v teréne stabilizovanom transekte boli zaevidované a hliníkovými štítkami s poradovými číslami označené všetky na ploche sa nachádzajúce jedince. Súradnice umiestnenia dreviny na ploche sa merali pomocou pásma a výtyčiek a v mierke 1 : 10 sa vynášali na milimetrový papier. Biometrické charakteristiky sme zaznamenali do terénneho zápisníka. Pri opakovaných meraniach v nasledujúcich rokoch sa novovzrástajúcim semenáčikom priradili následné čísla. Taktiež boli zaevidované všetky na transekte sa nachádzajúce kmene odumretých stromov (stojace i padnuté).
- b) Hodnotenie zdravotného stavu drevín na transekte: Zdravotný stav jedincov a príčiny poškodenia sa hodnotili okulárne. V rokoch 1992 a 1993 bola meraná tiež ich relatívna vitalita prístrojom Mervit firmy ELSACO. Pre hodnotenie korelačného vzťahu medzi biometrickými charakteristikami a priemernou relatívnou vitalitou sa použil program MYPACK.
- c) Hodnotenie zmladenia na celej ploche požiariska: Pre mapovanie zmladenia na celej ploche požiariska sa zvolila stupnica: sporadický výskyt jedincov; hlúčikovitité zmladenie; súvislý pokryv. Mapovanie sa realizovalo terénnou pochôdzkou a značením zistených skutočností do mapy. Upresnilo a konfrontovalo sa s farebnými fotografiami rozmerov 13 krát 17 cm urobenými teleobjektívom 35 x 200 mm z protiahlého svahu (pre lepšiu plasticitu obrazu).

V roku 1992 sa zo 6 stanovišť odobrali vzorky pôdy na rozbor pH, obsahu humusu a prístupných živín (P, K). Laboratórne rozboru sa vykonali bežne používanými metodami v laboratóriu na Katedre prírodného prostredia LF TU.

V roku 1990 bolo na transekte zaevidovaných 330 jedincov troch druhov drevín (smrekovec opadavý, smrek obyčajný, borovica lesná). Pritom absolútnu väčšinu (90 %) tvorili

jedince smrekovca. Počet jedincov sa výrazne nemenil ani v nasledujúcich rokoch. V priebehu roka sa na ploche objavovali aj jednorokové semenáčky javora horského, do druhého roku však nikdy neprežili. Na zložení súboru v roku 1993 sa smrekovec podieľal 90,4 %, borovica lesná 4,8 %, smrek 3,3 % a jedľa 0,3 %. Kým zmena početnosti na transekte bola minimálna, ich výšková diferenciácia v sledovanom období prebiehala dynamicky. V roku 1990 91,4 % jedincov malo výšku do 200 cm, v roku 1993 to bolo už len 40,3 % (obr. 2).

Dreviny smrek, borovica a jedľa nedosiahli výšku viac ako 150 cm, u smrekovca 16 jedincov prekročilo výšku 5 metrov a 5 jedincov v $d_{1,3}$ malo obvod viac ako 20 cm. V roku 1993 bol priemerný ročný prírastok smrekovca 80 cm, u ostatných drevín neprevýšil 20 cm.



Obr. 2 Zastúpenie jedincov vo výškových stupňoch
Fig. 2 Specimen count for particular height classes

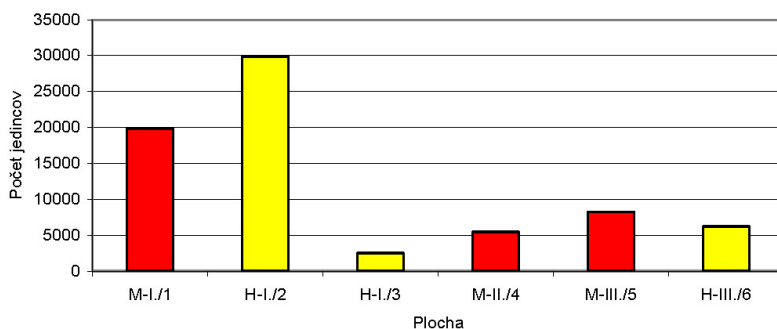
V záujme získania čo najviac poznatkov o sledovanom súbore drevín, v rokoch 1992 a 1993 sa merala aj relatívna vitalita jedincov, ktorá poukazuje na dynamickú schopnosť rastu. Pre vyhodnotenie sme použili metodiku HEŠKU (1988), podľa ktorej ak stúpné odpor jedincov od priemernej relatívnej vitality súboru o viac ako 25 % jedince sú choré, pri náraste o 70 % hynú. Po zhodnotení súboru podľa tejto šablóny v roku 1993 priemernú relatívnu vitalitu súboru o viac ako 25 % prekročilo 16,4 % jedincov a 70 % hranicu 7,3 %. Korelačný vzťah medzi výškovým a hrúbkovým prírastkom a nameranou hodnotou relatívnej vitality sa nepreukázal ako štatisticky významný.

Pri sledovaní zdravotného stavu sme zistili, že najčastejšou príčinou poškodenia jedincov je odhryz. Na tento trpel najmä smrek a borovica. Niektoré smrekovce boli poškodené vytĺkaním parožia. Dochádzalo tiež k úhynu hlavne smrekového, borovicového a javorového náletu či nárastu. Napadnutie hmyzmi a hubovými škodcami zistené nebolo.

Na základe výsledkov mapovania zmladenia drevín na celej ploche požiariska sme konštatovali, že prirodzené zmladenie, ktoré má súvislý pokryv zaberá cca 11 % plochy, hlúčikovité (mozaikovité) zmladenie cca 16 % plochy, na ostatnej ploche je to len sporadický výskyt jedincov drevín. Rušivým faktorom pre obnovu lesného spoločenstva, hlavne v najextrémnejších častiach požiariska, je výskyt kamzícej zveri. Jej početnosť na území NPR stúpla, čriedy či jedince sa zdržujú hlavne na bočných svahoch rokliny Kysel a v Sokolej doline. Na oddych vyhľadávajú najmä bočné, skalnaté hrebienky. Hromadením trusu a rozrušovaním pôdy, na mnohých miestach už len substrátu, zabraňujú vzniku zmladenia. Obnažená pôda je vystavená zmyvu jemnejšieho pôdneho materiálu. Pri migrácii za potravou kamzíky vytvárajú početné prte a podmieňujú vznik zosuvov.

3.4 Výsledky výskumu požiariska v roku 2000

Výskum v roku 2000 voľne nadviazal na sledovanie vývoja požiariska, ktoré bolo realizované v rokoch 1987–1989. Tento krát sa výskumné plochy lokalizovali tak, aby každá z nich reprezentovala rôzne stupne vývoja sukcesie. Boli rozmiestnené na všetkých troch plochách. Celkom bolo založených 6 výskumných plôch – 4 plochy o rozmeroch 10 x 20 metrov, jedna 10 x 8 metrov a jedna 15 x 10 metrov. Rozdielna veľkosť musela byť volená preto, lebo v strmom, členitom a neschodnom teréne nie vždy bolo možné vytýčiť plochu rovnakých rozmerov. Pri zakladaní plôch sa prihliadalo na to, aby reprezentovali pôvodné teritória skupín lesných typov (FA, Fde, Pide). Situovali sa na vlhšie stanovištia (úžľabiny, muldy) a suchšie stanovištia (ploché chrbty hrebienkov). Pri výskume sa hodnotilo kvantitatívne zastúpenie drevín, ich výšková diferenciácia, zmladenie drevín. Vzájomne sa porovnali výsledky zistené na plochách umiestnených v úžľabinách a na hrebienkoch. Výsledky, aby boli porovnateľné, sa prepočítavali na jednotkovú plochu jeden hektár. Zmladenie drevín na plochách dokumentuje obr. 3.



Obr. 3 Zmladenie drevín prepočítané na 1 ha

Fig. 3 Young regrowth per 1 ha

Pri porovnávaní rozdielov medzi plochami s rozdielnymi stanovištnými podmienkami sme dospeli k týmto záverom:

- počet jedincov na ploche nemá jednoznačný súvis s jej lokalizáciou,
- výrazný rozdiel medzi priemernými výškami drevín rastúcimi na hrebienkoch a v muldách sa nepreukázal, najväčšie percentuálne zastúpenie je v oboch prípadoch vo výškových stupňoch do 200 cm (napr. priemerná výška smreka bola v muldách 60 cm na hrebienkoch 65 cm, smrekovca v mulde 213 cm, na hrebienku 220 cm, borovice v mulde 48 cm, na hrebienku 80 cm),
- percentuálne zastúpenie drevín na jednotlivých plochách tak isto neovplyvňuje lokalizácia plochy (napr. priemerné percentuálne zastúpenie smreka v mulde a na hrebienku je rovnaké, pri borovici mierne prevyšuje jeho zastúpenie v mulde, pri smrekovci je významne vyššie na hrebienku),
- preukazateľná odlišnosť medzi stanovišťom hrebienok – mulda bola v počte vyskytujúcich sa druhov drevín (tiež krov a vyšších rastlín); v muldách bolo zaevidovaných priemerne 8 druhov drevín s výrazným podielom listnatých, na hrebienkoch je spoločenstvo chudobnejšie a tvoria ho hlavne dreviny ihličnaté.

Preukázalo sa, že v muldách sú vytvorené priaznivejšie mikroklimatické a pôdne podmienky pre rast. Tak isto sa tu neprejavuje rušivý faktor – kamzíčia zver. Vytváranie drevinno-krovito-bylinných spoločenstiev má pozitívny vplyv na stabilizovanie suťového materiálu akumulovaného po požari práve v úžľabinách.

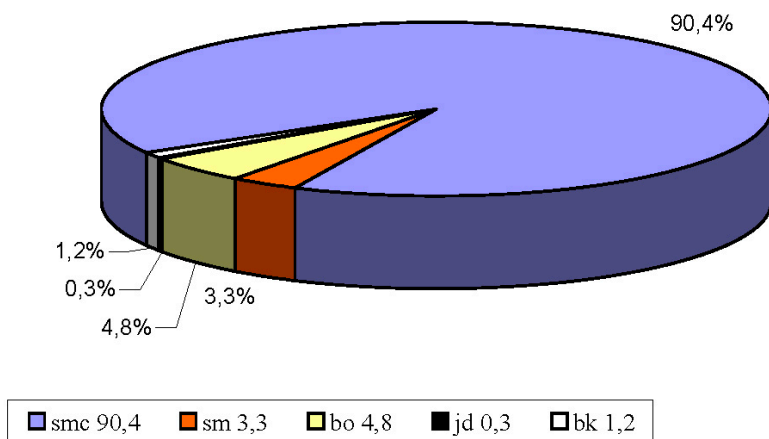
3.5 Výsledky výskumu požiariska v roku 2003

Hlavným cieľom výskumu v roku 2003 bolo:

- na vytýčenej stacionárnej ploche vykonať identické merania ako v rokoch 1990–1993,
- porovnať stav v roku 1993 a 2003,
- zhodnotiť vývoj sukcesie na celej ploche požiariska,
- stanoviť faktory ovplyvňujúce obnovu lesného spoločenstva.

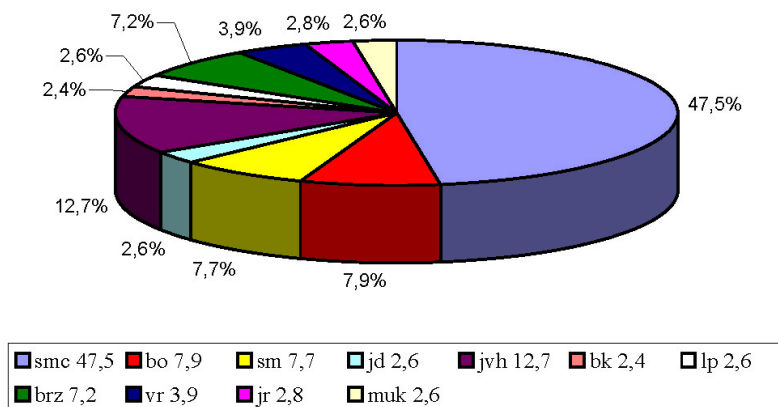
Výsledky mapovania na transekte poukazujú na priaznivý trend v reštitúcii požiarom poškodenej plochy.

Počet jedincov oproti roku 1993 narástol o 38 % (z 330 na 457). Dôležitejšie je však zistenie, že sa viac ako zdvojnásobil počet druhov drevín, ktoré tvoria sukcesiu. V roku 1993 to boli dreviny: smrekovec opadavý (*Larix decidua* Mill.), borovica lesná (*Pinus sylvestris* L.), smrek obyčajný (*Picea abies* (L.) Karst.), jedľa biela (*Abies alba* Mill.) a buk lesný (*Fagus sylvatica* L.). V roku 2003 bolo okrem týchto zaevidovaných ďalších 6 druhov: javor horský (*Acer pseudoplatanus* L.), breza bradavičnatá (*Betula verucosa* Ehrh.), lipa malolistá (*Tilia cordata* Mill.), vŕba rakyta (*Salix caprea* L.), jarabina vtáčia (*Sorbus aucuparia* L.), jarabina mukyňová (*Sorbus aria* (L.) Crantz).



Obr. 4 Percentuálne zastúpenie drevín na transekte v roku 1993

Fig. 4 Percent of tree species on the transect (1993)



Obr. 5 Percentuálne zastúpenie drevín na transekte v roku 2003

Fig. 5 Percent of tree species on the transect (2003)

Na požiarisku sa už objavujú všetky druhy drevín, ktoré boli súčasťou porastu pred požiarom. Ďalším priaznivým ukazovateľom je zmena zastúpenia jednotlivých drevín. V roku 1993 bol na ploche dominantný smrekovec opadavý (90 % zo všetkých jedincov). V roku 2003 z celého súboru tvoril len 47,5 %. Takmer 13 % pripadá na javor horský, 7,9 resp. 7,7 % na borovicu lesnú a smrek obyčajný (o 3,1 % a 4,4 % viac ako v roku 1993). Zastúpenie brezy bradavičnej tiež prekročilo 7 %.

V roku 1993 až 99 % tvorili dreviny ihličnaté. V roku 2003 bolo zastúpenie zmenené. Percentuálne ihličnaté dreviny mali 66 percentný podiel, listnaté 34 percentný z celého súboru. Percentuálne zastúpenie graficky prezentujú obr. 4 a obr. 5.

Zníženie zastúpenia smrekovca sa očakávalo. Slabšie jedince v konkurenčnom boji so životaschopnými neuspeli, zostávali clonené rýchlejšie rastúcimi, postupne chradli a odumierali. Naopak, smrekovec v priebehu času vytváral priaznivejšie pôdne aj mikroklimatické podmienky pre rast náročnejších druhov. Zo 7 druhov drevín listnatých, ktoré sa na ploche zaevidovali, 5 druhov je porastotvorných a len 2 druhy pionierske, tvoriace iniciálne štádiá sukcesie na holých plochách (breza, rakyta).

Z krov sa na ploche transektu obmedzene vyskytujú: lykovec jedovatý (*Daphne mezereum* L.), kalina obyčajná (*Viburnum opulus* L.), tavelník prostredný (*Spirea media* Schmidt.), baza červená (*Sambucus racemosa* L.), zemolez obyčajný (*Lonicera xylosteum* L.)

V roku 1993 najviac jedincov (takmer polovica) sa nachádzalo vo výškovom rozpätí 150–300 cm, výšku 500 cm presiahlo len 5 % jedincov a 7 % jedincov nedosiahlo výšku 50 cm. V roku 2003 bolo výškové rozloženie odlišné. Jedince postupne odrastajú a posúvajú sa do vyšších stupňov, náletom pribúdajú nové. Nástupom nových druhov drevín sa percentuálne najviac zastúpeným stal stupeň do 50 cm (27 % jedincov), výšku 150–300 cm dosiahlo 16 % jedincov a nad 500 cm až 32 % jedincov, tzn. 9 krát viac ako v roku 2003.

V roku 1990, pri zakladaní stacionárnej plochy, bolo na transekte zaevidovaných 48 kusov vyvrátených stromov. V roku 2003 bolo zaevidovaných 5 novovyvrátených stromov. Z celkového množstva len 7 kusov (13,2 %) boli kmene, kde bolo možné určiť druh dreviny (kompaktné drevo, opadávajúca kôra). Ostatných 46 kmeňov (86,8 %) je už buď úplne rozpadnutých, alebo vo veľmi vysokom stupni rozpadu. Rozkladajúce sa drevo tiež obohacuje pôdu o organické látky a prispieva k zlepšeniu stavu pôdy a zvýšeniu jej úrodnosti.

Pri hodnotení zdravotného stavu jedincov na transekte v roku 2003 sa jedince zatrieďovali do kategórií: jedince zdravé, bez príznakov poškodenia; jedince mierne poškodené, bez ohrozenia životnosti; jedince silne poškodené, odumierajúce. Po zhodnotení celého súboru sme mohli konštatovať, že 70,4 % jedincov bolo zaradených do prvej kategórie, 16,2 % do druhej a 13,4 % do tretej. Najvyššie percento poškodenia bolo zaznamenané pri drevinách borovica lesná, lipa malolistá, vŕba rakyta, ale aj u javora a brezy. Pri sledovaní zdravotného stavu drevín boli diagnostikované 4 druhy stresorov. Najviac jedincov (37 %) odumiera následkom extrémneho zatienenia v hustých smrekovcových mladinách. Odhryzom terminálnych a bočných výhonkov jeleňou a kamzíčou zverou bolo poškodených 35,4 % drevín. Z druhov drevín je odhryzom najviac poškodzovaná borovica, všetky listnaté dreviny, ale aj smrekovec. Vplyv otlkania a obhryzu je evidovaný na 8 % smrekovcov. V roku 2003 bolo na smrekovci zaznamenané aj rakovinové ochorenie kmeňa. Postihlo 9,2 % jedincov.

Na základe mapovania výskytu jedincov drevín na celej ploche požiariska v roku 2003 možno konštatovať, že na cca 30 % evidujeme zapojený, súvislý pokryv vegetáciou mladých drevín, hlúčikovitý výskyt je na cca 40 % plochy a sporadický výskyt jedincov na 30 % – sú to hlavne extrémne polohy.

4. DISKUSIA

4.1 Obnova požiarom poškodenej plochy – východiská

Požiar, ktorý zasiahol v roku 1976 územie NPR Kysel', vážne poškodil lesné porasty. Názory na riešenie následkov boli rôzne a prezentovali ich hlavne tri záujmové skupiny.

Lesníkom, ktorí boli správcami a užívateľmi lesného pôdneho fondu, zákon ukladal holinu po kalamite zalesniť do 2 rokov a do 5 rokov zabezpečiť na nej následný porast.

Správa rekreačných zariadení Slovenský raj, ktorá zabezpečovala sprístupnenie územia, údržbu turistických chodníkov a zariadení, rozvoj cestovného ruchu v regióne, mala záujem o čo najrýchlejšie obnovenie turistického chodníka a sprístupnenie rokliny pre turistov aj za cenu technických opatrení.

Pracovníci Správy chránenej krajiny oblasti Slovenský raj, vzhľadom na to, že zasiahnuté územie bolo štátnou prírodnou rezerváciou do ktorej sa nezasahovalo, jej prioritnou úlohou bola ochrana biodiverzity, prirodzených lesných spoločenstiev, vedecký výskum, prezentovali a obhajovali názor, aby sa územie ponechalo na samovývoj a sledovala sa reštitúcia požiariska.

Pozitívne stránky navrhovaných zásahov na požiarisku:

- eliminácia resp. obmedzenie erózie, zosuvov suťového materiálu,
- umelým zalesnením urýchlenie obnovy lesného spoločenstva a stabilizácia pôdneho substrátu koreňovou sústavou,
- eliminácia efektu „holej plochy“ a jej negatívneho vplyvu na pôdu a ekologické podmienky stanovišťa.

Negatívne stránky navrhovaných opatrení:

- vznik nového lesného spoločenstva antropickou intervenciou človeka a nie prirodzeným vývojom, čím by zanikol dôvod, aby územie zostalo začlenené do prírodnej rezervácie,
- problémy s realizáciou opatrení bez ďalších zásahov do územia – ťažko prístupný terén, extrémny sklon, nedostatok pôdy,
- nevyhnutnosť následných výchovných zásahov v založenej kultúre.

Pri komisionálnom hodnotení boli akceptované argumenty a návrhy štátnej ochrany prírody a do územia sa nezasahovalo.

4.2 Zhrnutie výsledkov

Východiskový stav bol zosumarizovaný v elaboráte „Štúdia fixácie a reštitúcie požiariska ŠPR Kyseľ v CHKO Slovenský raj“ (1980).

Výsledky výskumov, ktoré sa na požiarisku v priebehu rokov 1980 až 2003 realizovali, boli prezentované v predchádzajúcich častiach.

Hoci nálet semenáčikov na požiarisku bol zistený pomerne skoro (2–3 roky po požiari) nemôžeme v tomto období ešte hovoriť o nastupujúcej sukcesii drevín, pretože jedince málokedy prežili rok, uhynuli a znovu sa objavili nové. Pri sumarizácii výskumu v roku 1989 – 13 rokov po požiari, sme konštatovali, že priemerný vek jedincov nachádzajúcich sa na skúmaných plochách bol 3 – 5 rokov.

V náletoch aj nárastoch vždy bol dominantný smrekovec a nikdy nie typické priekopnícke dreviny breza, osika, rakyta. V priebehu rokov však jeho percentuálne zastúpenie v súboroch klesalo v prospech iných drevín, hlavne smreka, jedle, borovice a v posledných rokoch aj drevín listnatých (javor horský a mliečny, buk, jarabina vtáčia a mukyňová, lipa). Tieto dreviny sú, čo sa týka veku aj dendrometrických veličín, mladšie a slabšie. Ich odrastanie brzdí hlavne poškodzovanie zverou.

Strácal sa aj rozdiel v postupe sukcesie medzi plochami I. až III. Na ploche III. reštitúcia lesa prebieha najdynamickejšie. Na plochách I. a II. rozdielnosť nesúvisí so stupňom poškodenia plochy požiarom, ale s mikroprostredím. Tam, kde sú ekologické a pôdne podmienky priaznivejšie, je životaschopnosť drevín vyššia a sukcesia vyspelejšia. Naopak skalné bralá, steny, lavice, hrebienky, sute, zostávajú stále holé, alebo len s iniciálnymi štádiami bylinného krytu. Aj v roku 2003 sme konštatovali, že napriek celkovému, výrazne pozitívnemu posunu v priebehu sukcesie, táto prebieha nerovnomerne. Vo všeobecnosti, na celej ploche požiariska je pozorovateľný vzrast vertikálnej a horizontálnej diferenciácie vegetácie, tiež jej štruktúry. Zvyšuje sa pokryvnosť plochy a diverzita druhov.

Z postupujúceho vývoja sukcesie usudzujeme, že postupne sa obohacuje deštruovaná pôda o organické látky a živiny. Narastá jej minerálna sila a úrodnosť. Územie sa postupne stabilizuje. Spontánne zosuny nahromadenej masy sú menej časté.

Na základe mapovania výskytu jedincov drevín na celej ploche požiariska v roku 2003 sa konštatovalo, že stúpa pokryvnosť plochy. Obavy, že po rozpade padnutého dreva, ktoré zachytilo zosúvajúci sa substrát a zeminu dôjde k zosuvom sa nepotvrdili. V priebehu času väčšina z nich bola stabilizovaná vegetáciou a aj naďalej pretrvávajú upevňovacia schopnosť kmeňov.

Vzhľadom na rozdielne klimatické pomery a ekologické podmienky je ťažko prirodzený vývoj sukcesie na požiarisku v rôznych územiach vzájomne porovnávať a robiť všeobecne platné uzávery.

Potvrdzuje to aj vývoj požiarom poškodenej plochy v prírodnej rezervácii Rochovica (okres Žilina a Kysucké Nové Mesto). Aj tu, na výmere cca 5 ha, v roku 1973 požiar

poškodil prirodzený lesný porast. V najviac poškodenej časti postupne stromy odumierali a vytvorila sa holina s plochou 2,29 ha. Nadmorská výška PR sa pohybuje v rozmedzí od 400 do 639 m n. m., sklon svahov je 60–100 %, podložie tvoria odolné vápencové súvrstvia (bradlo). Rozdielne oproti NPR Kysel' je typologické zatriedenie lesných porastov – sú to SLT *Fagetum pauper* nst., *Fagetum typicum*, *Querceto-Fagetum tiliosum*, *Fagetum tiliosum*, *Tilieto-Aceretum* nst., *Corneto-Fagetum*. Na rozdiel od NPR Kysel' tu nebola povolená výnimka zo zákona o lesoch nezalesňovať holinu. Preto sa muselo pristúpiť k rekonštrukčným zásahom, ktoré sa realizovali v 5 etapách v rokoch 1983–1989. Aj napriek etapovitej výsadbe bukov (BURKOVSKÝ, CVACHOVÁ 2006) na bývalom zhorenisku prevláda hustý zárast krovin (svib krvavý, svib drieňový, lieska obyčajná, vtáčí zob, ruža šípová, zemolez obyčajný, hloh obyčajný), z drevín sú to buk lesný, lipa malolistá, jarabina mukyňová, javor poľný, čerešňa vtáčia. Cieľové druhy (buky) sa vyskytujú najmä v okrajových častiach, v stredovej časti zhoreniska sa nachádzajú len veľmi málo a sú silno potláčané krovinami. Na základe monitoringu požiariska v roku 2001 sa konštatovalo, že aj napriek zdĺhavým a finančne nákladným rekonštrukčným zásahom, s cieľom urýchliť sukcesný vývoj požiariska, postihnutá časť PR Rochovica regeneruje len pozvoľne a ťažko. V tomto prípade prirodzenej sukcesii pôvodných drevín bráni expanzné rozšírenie krovin na požiarom presvetlených miestach. Skúsenosti s vývojom sukcesie na tomto požiarisku potvrdzujú neefektívnosť vynakladania finančných prostriedkov na zalesňovanie malých kalamitných plôch v chránených územiach, ak nebola nezvratne narušená schopnosť lesa samovoľne sa obnoviť.

4.3 Prognóza ďalšieho vývoja požiariska a návrh opatrení

Plocha poškodená požiarom v NPR Kysel' sa sleduje od jej vzniku. Najkomplexnejšie sú výsledky mapovania vývoja vegetácie. Za 30 rokov sa zhromaždilo množstvo exaktných údajov, na základe ktorých je možné prognózovať ďalší vývoj.

Smrekovec, ktorý plne využil vhodné podmienky pre rast a vytváral monokultúrny nálet, postupne z tejto pozície ustupuje. Zaznamenali sme tak absolútny, ako aj relatívny pokles jeho početnosti a zastúpenia. Tento trend bude pokračovať aj do budúcnosti. Smrekovec, spolu s ostatnými bylinami a rozkladajúcimi sa kmeňmi, postupne obohacoval pôdu o organickú zložku a minerály, čím vytvoril podmienky pre odrastanie aj ostatných druhov drevín. Tieto, za priaznivej situácie, môžu dobehnúť v raste smrekovec. Takýto trend má, v niektorých častiach, najmä smrek, ale aj jedince buka. Rýchlejšiemu rastu borovice bráni hlavne jej poškodzovanie zverou. V úžľabinách, ktoré sú vyplnené suťou, našli vhodné podmienky pre rast hlavne jedince javorov, lipy, jarabiny. Na priaznivejších polohách, kde v súčasnosti evidujeme súvislé pokrytie plochy drevinami, nie sú opodstatnené obavy o ďalší vývoj dendrokrytu. Ekologické podmienky, kompetitívne vzťahy medzi drevinami, ak nedôjde k rušivým faktorom zvonku či z vnútra, budú určujúcimi pri

formovaní nového porastu z hľadiska jeho štruktúry (horizontálnej i vertikálnej) ako aj drevinového zloženia. Rizikovými zostávajú najexponovanejšie časti, aj keď už i tu došlo k určitému pozitívnemu posunu. Borovica, smrekovec a mukyňa by mali byť tými drevinami, ktoré sa postupne uchytia v škárach, dutinách, skalných rebrách. Pozitívnu úlohu, najmä v týchto lokalitách, plnia tiež kry. Eliminácia postupu sukcesie na hrebienkoch a migračných trasách kamzíčej zveri, ak sa neurobia účinné opatrenia, bude pretrvávať aj naďalej. Stojace suché, zhorené stromy aj naďalej zostávajú nebezpečnými pre človeka nachádzajúceho sa v rokline Kysel'. Tak isto pohybujúca sa zver, resp. prírodné vplyvy na pôdny substrát. Preto aktivity smerujúce k obnoveniu turistického chodníka v rokline, nielen z hľadiska ochrany prírody, ale hlavne ochrany návštevníka sú, podľa nášho názoru, zatiaľ neakceptovateľné. Pri extrémnych zrážkach, na území s vyšším sklonom, by mohla byť sukcesia narušená eróznym zmyvom alebo zosunom nahromadeného suťového materiálu. Za normálnych podmienok nebezpečenstvo rozsiahlejšej erózie nehrozí.

V záujme toho, aby nebola prerušená kontinuita sledovania vývoja sukcesie na požiarisku v NPR Kysel' považujeme za potrebné:

- pokračovať v sledovaní vývoja dendrokrytu, zaznamenávať postupnosť vývoja, tiež faktory, ktoré vývoj sukcesie významnejšie ovplyvňujú,
- s cieľom získať informácie o aktuálnom stave pôdy, obsahu živín, rozklade humusu, zmenách pH, urobiť adekvátne rozbor,
- sledovať stav a ďalší vývoj antropicky podmienených erózných – akumulčných foriem reliéfu na plochách I. a II.,
- sledovať zdravotný stav drevín, diagnostikovať škodlivé činitele a posúdiť ich možný dopad na priebeh sukcesie,
- monitorovať vplyv kamzíčej zveri na živú i neživú zložku požiariska,
- vhodné by bolo vykonať ekologickú analýzu fytocenóz vo vzťahu k najdôležitejším životným faktorom (svetlo, teplota, vlhkosť, reakcia a obsah dusíka v pôde).

5. ZÁVER

Výsledky výskumu prezentované v práci sa získali v NPR Kysel' v národnom parku Slovenský raj. NP Slovenský raj bol po TANAP-e na Slovensku ako druhý v poradí vyhlásený za veľkoplošné chránené územie. Je to územie veľmi cenné a u nás jedinečné z aspektu prírodoochranského, zároveň atraktívne z pohľadu cestovného ruchu.

NPR Kysel', z typologického hľadiska, tvoria skupiny lesných typov *Fageto-Abietum*, *Fagetum dealpinum* a *Pinetum dealpinum*. Jej časť – 29,22 hektára, v roku 1976 poškodil požiar.

Určujúcim kritériom pri rozhodovaní o spôsobe postupu pri zabezpečovaní požiarom poškodenej plochy bola zachovalosť lesných biotopov a tým aj reálna šanca regenerácie spoločenstva samovoľným vývojom. Nie zanedbateľná bola aj výmera požiariska. Z celkovej plochy NPR tvorila 3 %.

Fyzickou inventarizáciou prirodzenej postupnosti, ktorou sa tvorí nové spoločenstvo, sme v rokoch 1980–2003 získali celý rad cenných výsledkov. Od zaznamenávania počiatkových štádií tvorby bylinných spoločenstiev, cez uplatňovanie priekopníckych drevín, až po postupné zapájanie sa cieľových drevín (smrek, jedľa, borovica, javory, buk) do formujúcej sa štruktúry následného lesa. Tvoriaci sa porast má pôvod semenný, z drevín, ktoré sú pre dané stanovište autochtónne. Spoločenstvo sa postupne premieňa z rovnorodého (tvoreného smrekovcom) na zmiešané. V súčasnosti ho tvorí 11 druhov drevín. Diferencované je tiež jeho vekové, hrúbkové a výškové členenie. V najstarších, najvyspelejších skupinách zmladenia sa už formuje aj zápoj. Pozitívnym smerom sa vyvíja spôsob rozmiestnenia drevín na ploche. V priebehu rokov narastá plošný charakter zmladenia, pred formou hlúčikovitou a jednotlivých jedincov. Neznamená to však, že boj o reštitúciu lesa je vyhraný. Vplyvom stresových faktorov, tak prirodzených (najmä exogénnych), ale hlavne antropických, môže dôjsť k nevratným zmenám ekosystému. Keďže rezervácie slúžia v prvom rade na vedecký výskum, je potrebné lokalitu aj naďalej monitorovať.

Exaktné výsledky získané výskumom, okrem prínosu v rovine faktografickej, majú aj praktické uplatnenie. Stávajú sa pre Správu národného parku východiskovým podkladom pri vypracúvaní programov starostlivosti pre chránené územie.

6. Literatúra

- BEKEŠ, Z., 2004: Zhodnotenie sukcesie na požiarisku NPR Kyseľ (NP Slovenský raj) s hlavným dôrazom na hodnotenie stavu TMP. LF TU, Zvolen, dipl. práca, 68 s.
- BURKOVSKÝ, J., CVACHOVÁ, A., 2006: Prírodná rezervácia Rochovica 33 rokov po požiari. Chránené územia Slovenska, 69/2006, s. 2–5.
- HEŠKO, J., 1988: Ochrana ihličnatých porastov proti faktorom ohrozujúcim ich stabilitu, VÚLH Zvolen, záver. správa výskumu, 43 s.
- JANČOVÁ, G., 1993: Ochrana reprezentatívnych lesných ekosystémov a ich genofondu v podmienkach antropickej intervencie na príklade ŠPR Kyseľ. FE TU, Zvolen, záver. správa výskumu, 47 s.
- JANČOVÁ, G., 1994 A: Prírodná obnova lesného spoločenstva požiarom poškodenej časti ŠPR Kyseľ v národnom parku Slovenský raj. In.: Ochrana biodiverzity na Slovensku, Zborník referátov zo seminára v Záhor. Bystrici v roku 1993. PriF UK Bratislava, s. 73–77.
- JANČOVÁ, G., 1994B: Štátna prírodná rezervácia Kyseľ – výsledky výskumu požiariska zamerané na sledovanie sukcesie lesa. In.: zborník referátov z odb. seminára k 30. výročiu ochrany Slovenského raja. MŽP SR, S NP Slovenský raj, Sp. Nová Ves, s. 112–117.
- JANČOVÁ, G., 1995: Priebeh sukcesie lesa a budovanie lesného spoločenstva na požiarisku v NPR Kyseľ v NP Slovenský raj. Acta Fakultatis Ecologiae II, Zvolen, s. 79–93.
- JANČOVÁ, G., 2000: Monitoring sukcesie lesa na požiarisku v NPR Kyseľ v NP Slovenský raj. In.: Ochrana lesa a lesnícka fytopatológia 2000, zborník referátov z medzinárodnej konferencie. TU Zvolen, s. 189–193.
- JANČOVÁ, G., 2004: Osobitne chránené časti prírody na lesnom fonde, ich ochrana a manažment. TU Zvolen, habilitačná práca, 130 s., nepublikované.
- JANČOVÁ, G., 2006: Prírodná obnova lesa na plochách poškodených požiarom na príklade národnej prírodnej rezervácie Kyseľ. VŠ 7/2006/A, TU Zvolen, 67 s.
- KORKOŠ, R., 1992: Reštitúcia porastu v požiarom poškodenej časti ŠPR Kyseľ. Lesnícka fakulta, TU Zvolen, dipl. práca, 34 s.
- KOZÁK, P., 1991: Reštitúcia dendrokrytu v požiarom poškodenej časti ŠPR Kyseľ. Lesnícka fakulta, VŠLD Zvolen, dipl. práca, 81 s. + prílohy.

- PACANOVSKÝ, L., 1997: Sukcesia lesa na požiarisku NPR Kyseľ NP Slovenský raj. Lesnícka fakulta, TU Zvolen, dipl. práca, 48 s.
- POKLEMBÁ, L., 2001: Zhodnotenie renaturácie požiariska v NPR Kyseľ NP Slovenský raj. FEE, TU Zvolen, dipl. práca, 63 s.
- STOLINA, M. et al, 1980: Štúdia fixácie a reštitúcie požiarom poškodených porastov v ŠPR Kyseľ. KKOL, LF VŠLD Zvolen, 98 s.
- STOLINA, M. et al, 1986: Revízná správa o fixácii a reštitúcii požiarom poškodených porastov v ŠPR Kyseľ. KKOL, LF VŠLD Zvolen, 74 s.
-

Adresa autora:

Doc. Ing. Gita Jančová, CSc,
Katedra ochrany lesa a poľovníctva
Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
T. G. Masaryka 20, 960 53 Zvolen
e-mail: jancova@vsld.tuzvo.sk

Outcomes of the research into natural regeneration of the NPR Kyseľ forest

Summary

The site of the National Nature Reserve Kyseľ features three distinct forest site types – *Fageto-Abietum*, *Fagetum dealpinum* a *Pinetum dealpinum*. Part of the reserve with the area of 29.22 ha (3 % of the reserve) was gravely damaged by forest fire in 1976. The paper focuses on the natural restoration of fire damaged forest and is based on the data from 1980–2003 research.

Post-blaze seral stages were pretty much throughout the whole restoration period dominated by *Larix decidua* Mill.; at the same time, typical pioneering species were largely absent. Nevertheless, with time its presence gradually declined in favour of other tree species, namely *Picea abies* (L.) Karst, *Abies alba* Mill., and *Pinus sylvestris* L.. In most recent years, a number of broadleaf species (*Acer pseudoplatanus* L., *Fagus sylvatica* L., *Sorbus aucuparia* L., *Tilia*) have also added to the existing mixture of tree species present. Fire-stricken forest community thus gradually transforms from homogeneous to mixed forest being now formed by no less than 11 different species. The forest also displays vertical, age and diameter structure differentiation. Oldest, most advanced groups of young forest already exhibit sings of canopy closure. The trend on the site is that the general cover of young saplings is to prevail above group and solitary presence. Despite apparent progress of forest restoration on the site the forest ecosystem is still prone to irreversible changes induced by natural, yet more importantly, anthropogenic stress factors.

VÝŠKOVÝ RAST SMREKA A JEDLE V DOLNEJ VRSTVE VÝBERKOVÉHO LESA

Jaroslav VENCURIK

Vencurik, J.: Výškový rast smreka a jedle v dolnej vrstve výberkového lesa. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLIX**, 2007, č. 1, s. 173–184.

Príspevok analyzuje vplyv druhu dreviny (smrek, jedľa) a vybraných parametrov koruny (dĺžka, šírka) na priemerný päťročný výškový prírastok stromov v dolnej vrstve výberkového lesa (dieliec 50, LHC Mníšek nad Hnilcom). Na základe výsledkov tejto práce je možné konštatovať, že jedľa dosahuje v porovnaní so smrekom približne o 10 až 15 % väčšie hodnoty výškových prírastkov. Rozdiely medzi oboma drevinami sú štatisticky významné ($\alpha = 0,05$). Rýchlejšie odrastanie jedle sa prejavuje pozitívne aj na jej výškových presunoch do prostredia strednej vrstvy, ktorá je v tomto type výberkového lesa značne poddimenzovaná. Výškový prírastok smreka a jedle ovplyvňuje štatisticky veľmi vysoko významne ($\alpha = 0,001$) tiež dĺžka ich korún. Vplyv šírky koruny nie je štatisticky významný.

Kľúčové slová: výberkový les, výškový prírastok, smrek, jedľa

1. ÚVOD A PROBLEMATIKA

História výberkového spôsobu hospodárenia na Slovensku siaha už do päťdesiatych rokov 20. storočia. Snaha popredných lesníkov (Kriška, Košút, Bezačinský atď.) o zachovanie zvyškov zmiešaných, rôznovekých porastov znamenala po druhej svetovej vojne radikálny odklon od dlhodobu zaužívaného, statického chápania holorubného hospodárstva. Pre výskum a realizáciu výberkového hospodárenia boli v tom čase vyhlásené viaceré objekty (Borinka, Sigord, Komárnik, Smolnícka Huta). Zvýšená pozornosť sa venovala predovšetkým Komárniku (Košút 1970, 1972) a Smolníckej Hute (Holubčík 1960, 1962).

Výberkové lesy na LS Margecany (Smolnícka Huta) patria v súčasnosti medzi najproduktívnejšie na Slovensku. Ide zväčša o smrekovo-jedľovo-bukové porasty s prímiesou borovice v živnom rade B alebo v prechodnom rade A/B, v ktorých sa navrhnutá modelová zásoba pohybuje v rozpätí 400 až 500 m³.ha⁻¹. Doterajší výskum bol zameraný najmä na produkciu a stav týchto porastov a na odvodenie modelov pre ich ďalšie obhospodarovanie (SZANYI 1997, SANIGA & SZANYI 1998). V náväznosti na to sa ukazuje dôležitou aj otázka výškových presunov stromov pri optimálnom pestovnom režime výberkového lesa, vo väzbe na výberkový rub, jeho silu a umiestnenie v produkčnom priestore porastu.

Výškový prírastok stromov dolnej vrstvy vo výberkovom lese je ovplyvnený celou škálou faktorov. Významnými podľa DUCA (2002) sú predovšetkým stanovište, hrúbka a výška stromu, clonenie, drevina a tiež štruktúra výberkového lesa. Heterogenita ekofyziologických podmienok vo výberkovom lese zapríčiňuje veľkú variabilitu výškových prírastkov stromov dolnej vrstvy (SCHÜTZ 1989, REININGER 2000). Podľa SCHÜTZA (1969) je priebeh výškového rastu stromov do značnej miery závislý od štruktúry výberkového lesa, ktorá ovplyvňuje svetelné pomery vo vnútri porastu. So zväčšujúcim sa vekom stromu stúpa význam vplyvu clonenia na jeho výškový rast (VYSKOT 1971, KRAMER 1988, JALOVIAK 2000, 2004, KUCBEL 2006 a, b).

Pre drevinu a celý okolitý ekosystém je dôležitý jej asimilačný aparát. Je známe, že množstvo a kvalita asimilačného aparátu má vplyv na rast stromov a ich produkčné schopnosti (KRAMER 1988). Hlavným zdrojom energie pre rastliny je slnečné žiarenie, ktoré riadi distribúciu tepla, vody a organických látok. Dreviny, z hľadiska štruktúry asimilačného aparátu, reagujú individuálne na zmeny svetelného režimu. Vplyvom rôznej intenzity slnečného žiarenia majú diferencovanú korunu v jednotlivých úrovniach. Listy (ihlice) týchto úrovní sa od seba odlišujú svojimi morfológickými, anatomickými, fyziologickými, biochemickými prípadne inými štruktúrnymi znakmi (MAREK 1992). Podľa BURGERA (1942) je možné korunu stromov rozdeliť na zatienenú časť (od miesta nasadenia koruny až po najväčšiu šírku koruny) a osvetlenú časť (od najväčšej šírky koruny až k vrcholu stromu). Tiež asimilačné orgány (listy, ihlice) sa na základe už spomínaných rozdielov v jednotlivých znakoch delia na slnné, polotienne a tienne (SCHMIDT – VOGT 1986). V porovnaní so slnnymi ihlicami, využívajú tienne ihlice difúzne svetlo efektívnejšie (KRAMER 1988).

Významným faktorom, ktorý ovplyvňuje výškový prírastok stromov vo výberkovom lese je podľa SPIECKERA (1986) a DUCA (2002) dĺžka koruny. Dĺžka a tvar koruny, zvlášť pri ihličnatých stromoch s menšou hrúbkou $d_{1,3}$, sú vo výberkovom lese závažnými znakmi ich vývojovej a rastovej schopnosti. Vo výberkových porastoch, kde sa dlhšiu dobu nerealizoval výberkový rub a kde je nadmerný počet stromov strednej alebo hornej vrstvy, sa rýchlo zmenšujú dĺžky korún, čím sa znižuje aj stabilita a vitalita stromov. Obzvlášť stromy s hrúbkou $d_{1,3}$ 8 až 16 cm majú nadmernú výšku (štíhlostný koeficient nad 100) a značne skrátenu (redukovanú) korunu. Redukcia dĺžky koruny pod 1/3 výšky stromu je častým úkazom a znakom zanedbania pestovnej starostlivosti (KORPEE & SANIGA 1993).

Cieľom tejto práce je analýza vplyvu druhu dreviny (smrek, jedľa) a vybraných parametrov koruny (dĺžka, šírka) na výškový prírastok stromov v dolnej vrstve výberkového lesa.

2. MATERIÁL A METODIKA

Výskumným objektom je dielec 50 (LHC Mníšek nad Hnilcom). Dielec sa nachádza v nadmorskej výške 650 m. n. m. Expozícia severovýchodná, sklon 15 %. Fytoecologicky je zaradený do skupiny lesných typov *Fagetum quercino-abietinum*. Objemové

zastúpenie drevín na trvalej výskumnej ploche (TVP): borovica 72 %, smrek 13 %, jedľa 9 % a buk 6 %. Optimálna zásoba je navrhnutá na $462 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, pri cieľovej hrúbke $d_{1,3}$ 74 cm a kvociente geometrického radu $q = 1,28$. Skutočná zásoba zistená na TVP v roku 2000 predstavuje hodnotu $462 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (VENCURIK 2002).

V dieľci 50 sme vytypovali a stabilizovali 16 čiastkových výskumných plôch (10 x 10 m), s účasťou stromov dolnej vrstvy (hrúbka $d_{1,3}$ 1–10 cm). Na každej čiastkovej výskumnej ploche sa vypočítal stupeň clonenia ako podiel sumy vertikálnych priemetov korún stromov strednej (stromy hrúbkových stupňov $d_{1,3}$ 14 až 26 cm) a hornej (stromy hrúbkových stupňov $d_{1,3}$ 30+ cm) vrstvy, bez ich prekrytu, ku ploche 1 ára. Stupeň clonenia podrobne definuje ASSMANN (1968). Na výpočet stupňa clonenia sa použili softwary WIN SVS (Stand visualization system, Version 3.36) a CartaLinx. Ako vstupné veličiny pre program WIN SVS sa na stromoch strednej a hornej vrstvy merali tieto biometrické znaky:

- $d_{1,3}$ – hrúbka stromu $d_{1,3}$, s presnosťou na 0,1 cm,
- h – výška stromu, s presnosťou na 0,5 m,
- h_z – výška nasadenia koruny, s presnosťou na 0,5 m,
- x_1-x_4 – korunové projekcie stromu, v dvoch na seba kolmých smeroch, s presnosťou na 0,1 m,
- x, y – postavenie stromu v súradnicovom systéme x, y , s presnosťou na 0,1 m.

Čiastkové výskumné plochy sa rozdelili na základe vypočítaných hodnôt stupňa clonenia do troch tried: do 50 %, 51 až 80 % a nad 80 %. V práci sú vyhodnotené len údaje z čiastkových výskumných plôch so stupňom clonenia do 50 %.

Na jednotlivých čiastkových výskumných plochách sa následne merali tieto biometrické znaky stromov dolnej vrstvy (smrek, jedľa):

- $d_{1,3}$ – hrúbka stromu $d_{1,3}$, s presnosťou na 0,1 cm,
- h – výška stromu, s presnosťou na 1 cm,
- h_z – výška nasadenia koruny, s presnosťou na 1 cm,
- b – šírka koruny, v dvoch na seba kolmých smeroch, s presnosťou na 1 cm,
- i_h – ročné výškové prírastky za obdobie posledných piatich rokov (roky 1998 až 2003), s presnosťou na 1 cm. Výškové prírastky sa merali výškomernou teleskopickou latou.

Z nameraných údajov ročných výškových prírastkov smrekov (*Picea abies* (L.) Karst. a jedlí (*Abies alba* Mill.) v dolnej vrstve sa pre každý strom vypočítal jeho priemerný päťročný výškový prírastok.

Na zistenie rozdielov vo výškovom raste smreka a jedle, v dolnej vrstve výberkového lesa, sme použili metódu testu zhody regresných priamok. Vlastný test spočíva v porovnaní reziduálneho súčtu štvorcov RSCk získaného po preložení všetkých M skupín dát jednou spoločnou priamkou s odhadmi parametrov a , b a reziduálneho súčtu štvorcov z jednotlivých skupín dát oddelene.

Testovacia charakteristika má tvar:

$$F_A = \frac{\frac{RSC_K - RSC_C}{2M - 2}}{\frac{RSC_C}{n - 2M}}$$

kde: $RSC_C = \sum_{j=1}^M RSC_J$

Pokiaľ platí, že $FA < F_{1-\alpha}(2M-2, n-2M)$, je možné na hladine významnosti α považovať overované priamky za totožné so spoločným odhadom úseku a a smernice b.

Pre posúdenie vplyvu vybraných parametrov koruny (šírka a dĺžka) na veľkosť priemerného päťročného výškového prírastku smreka a jedle sme použili mnohonásobnú lineárnu a semiparciálnu koreláciu. Podrobne sú tieto metódy opísané v prácach ŠMELKO & WOLF (1977) a BORTZ (1999).

Štatistické údaje boli spracované v programovom balíku STATISTICA 6.0.

3. VÝSLEDKY

Dielec 50 je charakteristický vysokým objemovým zastúpením borovice (72 %), ktorá tvorí prevažnú časť hornej vrstvy výberkového lesa. Značná priepustnosť difúzneho svetla korunami tejto dreviny, pri čiastočne poddimenzovanej strednej vrstve, má za následok nadpriemernú rastovú dynamiku stromov dolnej vrstvy. S prihliadnutím na ekologické nároky borovice je jej zastúpenie v druhovej skladbe porastu obmedzené životnosťou materských stromov. Nositeľmi výberkovej štruktúry sa tak postupne stávajú dreviny smrek a jedľa (buk), ktoré v tomto type výberkového lesa vytvárajú bohatú dolnú vrstvu.

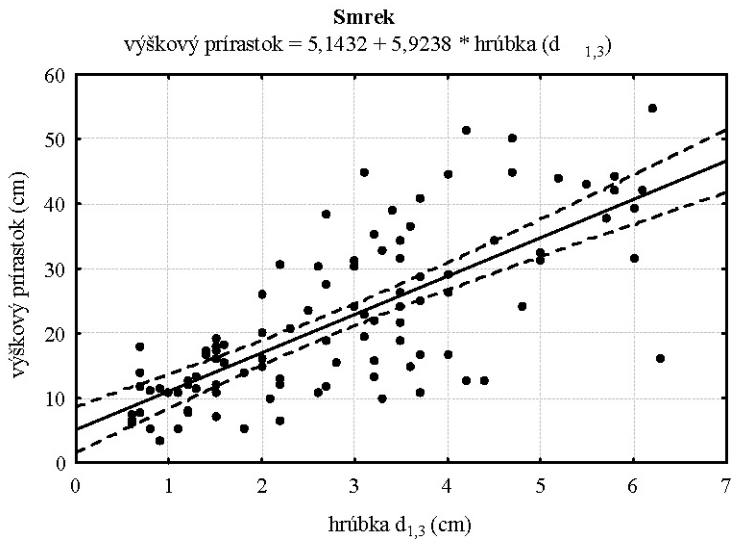
Pri stupni clonenia do 50 % sme v dolnej vrstve výberkového lesa analyzovali výškový prírastok 101 smrekov a 96 jedlí. Z dôvodu minimalizovania vplyvu sezónnej oscilácie počasia na hodnoty bežných ročných prírastkov bol na ďalšie štatistické vyhodnocovanie použitý priemerný periodický prírastok, s dĺžkou periódy päť rokov.

Tab. 1 Parametre lineárnej korelácie medzi priemerným päťročným výškovým prírastkom a hrúbkou $d_{1,3}$

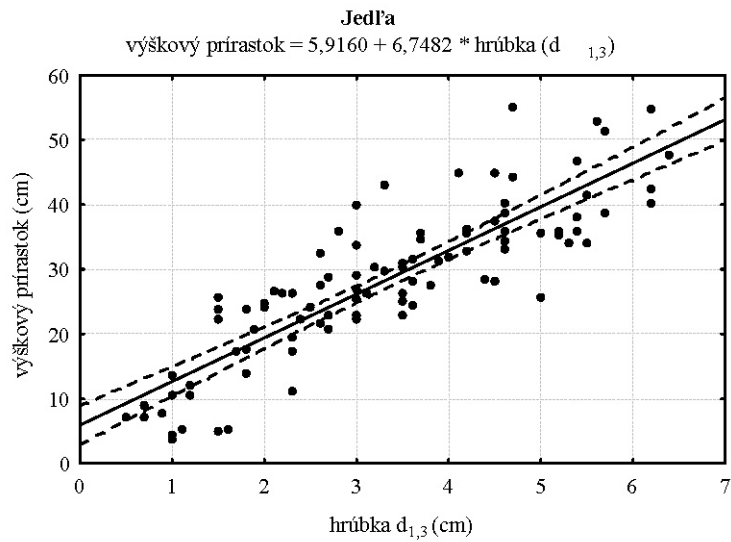
Tab. 1 Parameter der Linearkorrelation zwischen dem durchschnittlichen fünfjährigen Höhenzuwachs und BHD

drevina ⁽¹⁾	a	b	r	r ²	stredná chyba regresnej priamky ⁽⁴⁾
smrek ⁽²⁾	5,14 **	5,92 ***	0,733 ***	0,537	8,531
jedľa ⁽³⁾	5,92 ***	6,75 ***	0,858 ***	0,736	6,189

⁽¹⁾Baumart, ⁽²⁾Fichte, ⁽³⁾Tanne, ⁽⁴⁾Standardfehler der Regressionsgerade



Obr. 1 Závislosť priemerného päťročného výškového prírastku smreka od hrúbky $d_{1,3}$
Abb. 1 Die Abhängigkeit des durchschnittlichen fünfjährigen Höhenzuwachses der Fichte vom BHD



Obr. 2 Závislosť priemerného päťročného výškového prírastku jedle od hrúbky $d_{1,3}$
Abb. 2 Die Abhängigkeit des durchschnittlichen fünfjährigen Höhenzuwachses der Tanne vom BHD

Rozbor závislosti priemerného päťročného výškového prírastku od hrúbky $d_{1,3}$ potvrdil tak pri smreku ako aj pri jedli veľmi tesný, kladný lineárny vzťah (tab. 1, obr. 1 a 2). So zväčšujúcou sa hrúbkou stromov dolnej vrstvy stúpa aj ich výškový prírastok. Väčšia hodnota korelačného koeficienta jedle ($r = 0,858$) poukazuje na menší vplyv iných, nami neuvažovaných faktorov na jej výškový prírastok, v porovnaní so smrekom ($r = 0,733$). Testovanie zhody regresných priamok smreka a jedle zobrazuje tabuľka 2. Nakoľko je kvantil F-rozdelenia $F_{0,95}(2, 193) = 3,04$ menší ako vypočítaná testovacia charakteristika ($F_A = 5,43$), možno považovať priamky za štatisticky významne rozdielne. Jedľa má približne o 10 až 15 % väčšie hodnoty výškových prírastkov ako smrek. Aj napriek vysokej hladine difúzneho svetla v prostredí dolnej vrstvy nedosahuje polotienny smrek úroveň výškového prírastku tiennej jedle. Rýchlejšie odrastanie jedle sa prejavuje pozitívne aj na jej výškových presunoch do prostredia strednej vrstvy, ktorá je v tomto type výberkového lesa značne poddimenzovaná.

Tab. 2 Test zhody regresných priamok pre závislosť priemerného päťročného výškového prírastku od hrúbky $d_{1,3}$

Tab. 2 Der Anpassungsgütestest der Regressionsgeraden für die Abhängigkeit des durchschnittlichen fünfjährigen Höhenzuwachses vom BHD

drevina ⁽¹⁾	n	reziduálny súčet štvorcov ⁽⁴⁾	df 1	df 2	F_A	$F_{0,95}(2,193)$
smrek ⁽²⁾	101	7204,198				
jedľa ⁽³⁾	96	3600,631	2	193	5,43	3,04
smrek+jedľa	197	11412,267				

⁽¹⁾Baumart, ⁽²⁾Fichte, ⁽³⁾Tanne, ⁽⁴⁾SQ Restfehler

Vplyv vybraných parametrov koruny (šírka a dĺžka) na veľkosť priemerného päťročného výškového prírastku smreka a jedle bol vyhodnotený metódou mnohonásobnej lineárnej korelácie. Výsledky korelačnej analýzy sú uvedené v tabuľke 3. Vysoké hodnoty koeficientov determinácie (0,754 pri smreku a 0,849 pri jedli) potvrdzujú tesnú závislosť medzi veličinami. Veľkosť priemerného päťročného výškového prírastku pri oboch drevinách ovplyvňuje štatisticky veľmi vysoko významne dĺžka koruny (beta-koeficienty: smrek 0,998, jedľa 0,972). So zväčšujúcou sa dĺžkou koruny stromov dolnej vrstvy stúpa aj ich výškový prírastok. Vplyv šírky koruny je štatisticky nevýznamný. Toto zistenie potvrdzuje aj podrobnejšia analýza semiparciálnych korelácií. Korelácia medzi šírkami korún a reziduálnymi hodnotami výškového prírastku, pri súčasnom vylúčení vplyvu dĺžky koruny, je pri oboch skúmaných drevinách malá a štatisticky nevýznamná (tab. 4, obr. 3, 4). Naopak, vplyv dĺžky koruny je aj napriek malej závislosti ($r = 0,382$ pri smreku a $r = 0,410$ pri jedli) štatisticky veľmi vysoko signifikantný ($\alpha = 0,0001$) (tab. 5, obr. 5, 6). Veľkosť rastovej plochy stromu v dolnej vrstve výberkového lesa, v daných podmienkach, nevplyvňuje zásadným spôsobom jeho výškový prírastok.

Tab. 3 Mnohonásobná lineárna korelácia pre priemerný päťročný výškový prírastok
 Tab. 3 Multiple Linearkorrelation für den durchschnittlichen fünfjährigen Höhenzuwachs

drevina ⁽¹⁾	parameter koruny ⁽⁴⁾	a	b	beta-koef.	r	r ²	stredná chyba ⁽⁷⁾
smrek ⁽²⁾	šírka ⁽⁵⁾	3,306	-0,044	-0,158	0,868***	0,754	6,248
	dĺžka ⁽⁶⁾		0,118 ***	0,998 ***			
jedľa ⁽³⁾	šírka ⁽⁵⁾	4,085*	-0,014	-0,060	0,922***	0,849	4,697
	dĺžka ⁽⁶⁾		0,098 ***	0,972 ***			

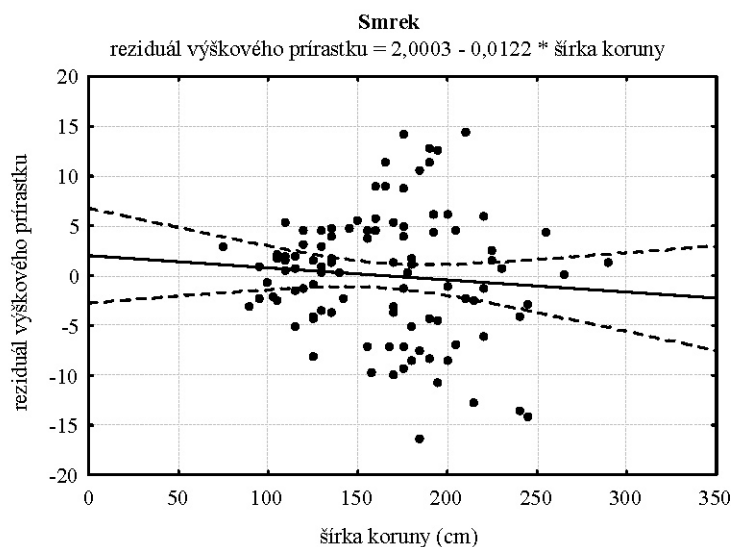
(¹)Baumart, (²)Fichte, (³)Tanne, (⁴)Kronenparameter, (⁵)Breite, (⁶)Länge, (⁷)Standardfehler

Tab. 4 Parametre lineárnej korelácie medzi reziduálom priemerného päťročného výškového prírastku a šírkou koruny

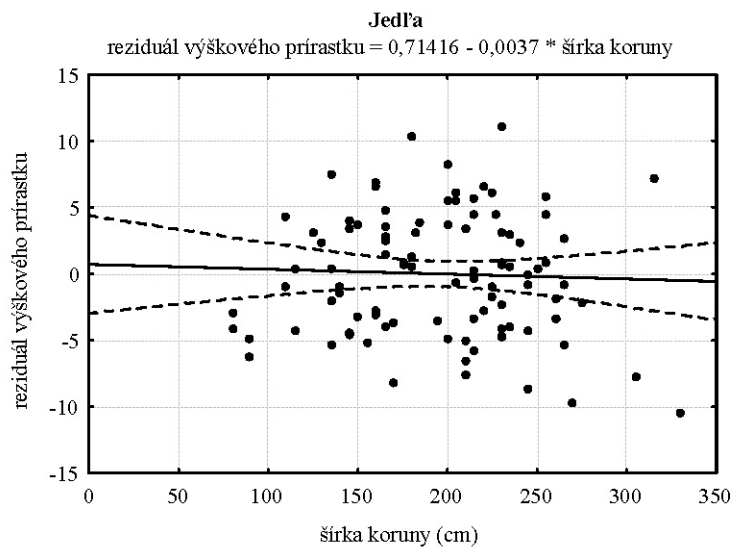
Tab. 4 Parameter der Linearkorrelation zwischen dem Residuum von durchschnittlichen fünfjährigen Höhenzuwachs und der Kronenbreite

drevina ⁽¹⁾	a	b	r	r ²	stredná chyba regresnej priamky ⁽⁴⁾
smrek ⁽²⁾	2,00	-0,01	0,087	0,007	6,279
jedľa ⁽³⁾	0,71	-0,01	0,041	0,002	4,683

(¹)Baumart, (²)Fichte, (³)Tanne, (⁴)Standardfehler der Regressionsgerade



Obr. 3 Závislosť reziduálu priemerného päťročného výškového prírastku smreka od šírky koruny
 Abb. 3 Die Abhängigkeit des durchschnittlichen fünfjährigen Höhenzuwachs-Residuums der Fichte von der Kronenbreite



Obr. 4 Závislosť reziđuálu priemerného päťročného výškoveho prírastku jedle od šírky koruny

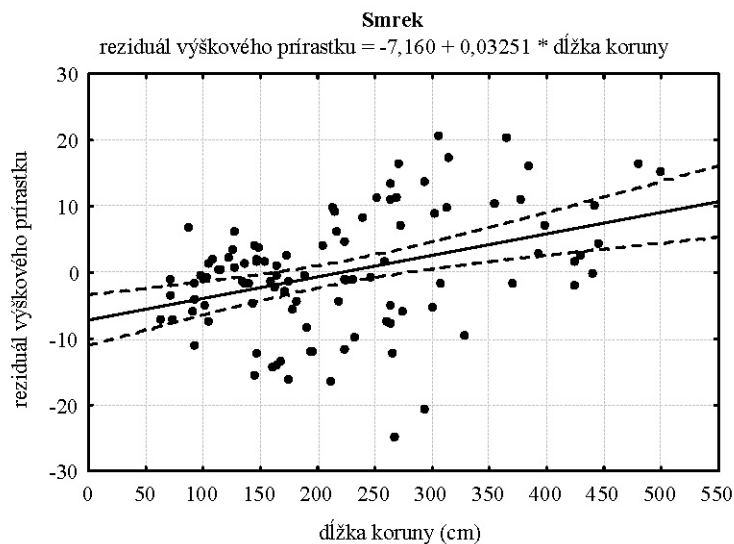
Abb. 4 Die Abhängigkeit des durchschnittlichen fünfjährigen Höhenzuwachs-Residuums der Tanne von der Kronenbreite

Tab. 5 Parametre lineárnej korelácie medzi reziđuálom priemerného päťročného výškoveho prírastku a dĺžkou koruny

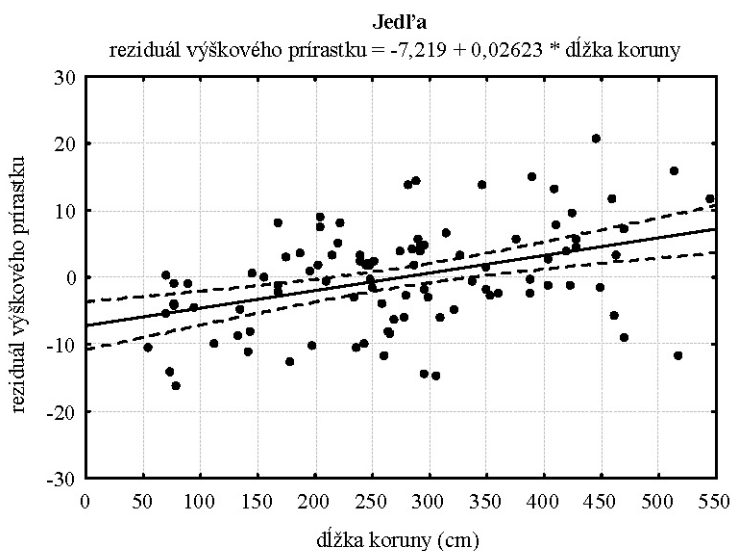
Tab. 5 Parameter der Linearkorrelation zwischen dem Residuum von durchschnittlichen fünfjährigen Höhenzuwachs und der Kronenlänge

drevin ⁽¹⁾	a	b	r	r ²	stredná chyba regresnej priamky ⁽⁴⁾
smrek ⁽²⁾	-7,16 ***	0,03 ***	0,382 ***	0,146	8,364
jedľa ⁽³⁾	-7,22 ***	0,03 ***	0,410 ***	0,168	6,979

⁽¹⁾Baumart, ⁽²⁾Fichte, ⁽³⁾Tanne, ⁽⁴⁾Standardfehler der Regressionsgerade



Obr. 5 Závislosť reziduálu priemerného päťročného výškového prírastku smreka od dĺžky koruny
 Abb. 5 Die Abhängigkeit des durchschnittlichen fünfjährigen Höhenzuwachs-Residuums der Fichte von der Kronenlänge



Obr. 6 Závislosť reziduálu priemerného päťročného výškového prírastku jedle od dĺžky koruny
 Abb. 6 Die Abhängigkeit des durchschnittlichen fünfjährigen Höhenzuwachs-Residuums der Tanne von der Kronenlänge

4. DISKUSIA A ZÁVER

Analýzou priemerných päťročných výškových prírastkov smreka a jedle v dolnej vrstve výberkového lesa sa potvrdili štatisticky významné rozdiely ($\alpha = 0,05$) v ich výškovom raste. Jedľa dosahuje približne o 10 až 15 % väčšie hodnoty výškových prírastkov ako smrek. K rovnakým výsledkom dospel autor aj v iných typoch výberkových lesov na Slovensku (VENCURIK 2005, 2006 a, b). MAGIN (1958) konštatuje, že jedľa má v porovnaní so smrekom (pri rovnakých dimenziách) kratšiu zatienenú časť koruny. Plocha plášťa osvetlenej časti koruny je pri jedli významne väčšia, čo je rozhodujúce pre proces fotosyntézy, a teda aj pre výškový rast. Rýchlejšie odrastanie jedle sa prejavuje pozitívne aj na jej výškových presunoch do prostredia strednej vrstvy, ktorá je v tomto type výberkového lesa značne poddimenzovaná (VENCURIK 2002). Podľa DUCA (2002) nie sú diferencie vo vývoji (raste) jedle a smreka natoľko závažné, aby nedovoľovali jednotlivé zmiešanie oboch drevín. Pri jedli je však potrebné zohľadniť jej väčšiu rastovú plochu. Tomu musia primerane zodpovedať aj rozostupy stromov v hlúčiku.

Veľkosť priemerných päťročných výškových prírastkov smreka a jedle ovplyvňuje štatisticky veľmi vysoko významne ($\alpha = 0,001$) aj dĺžka koruny. So zväčšujúcou sa dĺžkou koruny stromov dolnej vrstvy stúpa aj ich výškový prírastok. Vplyv šírky koruny je štatisticky nevýznamný. Veľkosť rastovej plochy stromu v dolnej vrstve výberkového lesa nevplyvňuje podľa výsledkov tejto práce zásadným spôsobom jeho výškový prírastok. Podľa DUCA (2002) a VENCURIKA (2003) závisí výškový prírastok smreka a jedle vo výberkovom lese od hrúbky jedinca a clonenia, ale nie od bočnej konkurencie stromov.

Príspevok bol vypracovaný s finančnou podporou grantu VEGA 1/3516/06.

Literatúra

- ASSMANN, E., 1968: Náuka o výnose lesa. Příroda, Bratislava, 488 s.
- BORTZ, J., 1999: Statistik für Sozialwissenschaftler. Springer – Verlag, Berlin, 836 s.
- BURGER, H., 1942: Holz, Blattmenge und Zuwachs. Ein Plenterwald mittlerer Standortsgüte. Der bernische Staatswald Toppwald im Emmental. *Mitt. Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen*, 22: 376–445
- DUC, P., 2002: Zustand, Entwicklung und Pflege des Nachwuchses in Plenterwäldern des Val-de-Travers (Neunburg Jura). Diss. ETH Zürich, 224 s.
- HOLUBČÍK, M., 1960: O vývoji, prírastku a štruktúre výberkových lesov Lesného závodu Smolnícká Huta, In: Matematicko-štatistické metódy v hospodárskej úprave a pestovaní lesa, Vydavateľstvo SAV Bratislava: 77–186
- HOLUBČÍK, M., 1962: Príspevok k otázke priestorovej výstavby výberkového lesa, jej zmeny a produkcia na príklade plôch založených v lesnom závode v Smolníckej Hute. Vedecké práce VULH v Banskej Štiavnici, (7), 198 s.
- JALOVÍAR, P., 2000: Prírodná obnova smrekových porastov pod rôznym imisným zaťažením. Dizertačná práca TU vo Zvolene, 96 s.

- JALOVIAR, P., 2004: Výškový rast následného porastu smreka v podmienkach clonno-okrajového rubu. *Beskydy*, 17: 125–130
- KORPEL, Š., SANIGA, M., 1993: Výberný hospodársky spôsob. Matica lesnícka Písek, 127 s.
- KOŠÚT, M., 1970: Vývoj výnosovej úpravy lesa vo výskumnom objekte „Komárnik“, *In: Vedecké práce VÚLH vo Zvolene, Príroda*, Bratislava, 13: 149–172
- KOŠÚT, M., 1972: Zmeny v štruktúre stromovia na trvalých výskumných plochách vo výskumnom objekte „Komárnik“ za obdobie 1958–68, *In: Vedecké práce VÚLH vo Zvolene, Príroda*, Bratislava, 12: 251–276
- KRAMER, H., 1988: *Waldwachstumslehre*. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 374 s.
- KUCBEL, S., 2006a: Štruktúra porastov a optimalizácia pestovných opatrení vo vysokohorských lesoch v oblasti Nízkyh Tatier. Dizertačná práca TU vo Zvolene, 124 s.
- KUCBEL, S., 2006b: Vplyv priameho snečného žiarenia na výškový rast jedincov prirodzenej obnovy smreka vo vysokohorskom lese. *In: Jurásek, A., Novák, J., Slodičák, M., (eds): Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností*, VÚLHM VS Opočno, p. 377–386
- MAGIN, R., 1958: Kronengrösse und Zuwachs in mehrschichtigen Mischbeständen. *Forst-u. Holzwirtschaft*, 13 (15): 309–312
- MAREK, M. V., 1992: Ekofyziologie produkční aktivity lesních dřevin. Habilitační práce ÚSEB ČSAV Brno, 139 s.
- REININGER, H., 2000: *Das Plenterprinzip oder die Überführung des Alterklassenwaldes*. Leopold Stocker Verlag, Graz, 238 s.
- SZANYI, O., 1997: Porastová štruktúra a fytotechnika vo vybraných porastových typoch výberkových lesov Slovenska. Dizertačná práca TU vo Zvolene, 54 s.
- Saniga, M., Szanyi, O., 1998: Modely výberkových lesov vo vybraných lesných typoch a geografických celkoch Slovenska. *Vedecké štúdie 4/1998A*, TS TU Zvolen, 50 s.
- SCHMIDT – VOGT, H., 1986: *Die Fichte*. Bd. II/1. Paul Parey Verlag, Hamburg und Berlin, 563 s.
- SCHÜTZ, J. – PH., 1969: Etude des phénomènes de la croissance en hauteur et en diamètre du sapin (*Abies alba* Mill.) et de l'épicéa (*Picea abies* Karst.) dans deux peuplements jardinés et une forêt vierge. *Beih. Z. Schweiz. Forstver.*, 44: 115 s.
- SCHÜTZ, J. – PH., 1989: *Der Plenterbetrieb*. ETH Zürich, 54 s.
- SPIECKER, H., 1986: Das Wachstum der Tannen und Fichten auf Plenterwaldversuchsflächen des Schwarzwaldes in der Zeit von 1950 bis 1984. *Allg. Forst-u. Jagdzeitung.*, 157 (8): 152–164
- ŠMELKO, Š., WOLF, J., 1977: Štatistické metódy v lesníctve. *Príroda*, Bratislava, 330 s.
- VENCURIK, J., 2002: Štruktúra a regeneračné procesy výberkových lesov na LHC Mníšek nad Hnilcom. *AFF Zvolen*, XLIV: 83–97
- VENCURIK, J., 2003: Dynamika výškových presunov smreka (*Picea abies* (L.) Karst.) spodnej vrstvy výberkového lesa v oblasti Oravských Beskyd. *Beskydy* (16): 115–122
- VENCURIK, J., 2005: Porovnanie dynamiky výškových presunov smreka a jedle v dolnej vrstve výberkového lesa. *Súčasná otázky pestovania lesa*. TU vo Zvolene, 225–229
- VENCURIK, J., 2006a: Dynamika výškového rastu stromov v dolnej vrstve výberkového lesa v orografickom celku Volovské vrchy, *Acta Facultatis Forestalis Zvolen* 48: 171–182
- VENCURIK, J., 2006b: Porovnanie dynamiky výškových presunov smreka a jedle v dolnej vrstve výberkového lesa s ochrannou funkciou v orografickom celku Nízke Tatry, *In: Jurásek, A., Novák, J., Slodičák, M., (eds): Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností*, VÚLHM VS Opočno, p. 335–341
- VYSKOT, M. a kol., 1971: *Základy růstu a produkce lesů*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 440 s.

Adresa autora:

Ing. Jaroslav Vencurik, PhD.

Katedra pestovania lesa

Lesnícka fakulta

TU vo Zvolene

Masarykova 24

960 53 Zvolen

e-mail: jarovencurik@pobox.sk

Das Höhenwachstum von Fichte und Tanne in der Unterschicht des Plenterwaldes

Zusammenfassung

Der Beitrag analysiert den Einfluss der Baumart (Fichte, Tanne) und ausgewählter Kronenparameter (Breite, Länge) auf den durchschnittlichen fünfjährigen Höhenzuwachs der Bäume in der Unterschicht des Plenterwaldes (Bestand 50, Forstamt Mníšek nad Hnilcom). Aufgrund der Ergebnisse dieser Arbeit kann man konstatieren, dass Tanne im Vergleich mit der Fichte um 10 % bis 15 % größere Höhenzuwächse erreicht. Die Unterschiede zwischen beiden Baumarten sind statistisch signifikant ($\alpha = 0,05$). Das raschere Heranwachsen der Tanne prägt sich positiv auf ihren Höhenverschiebungen in die Mittelschicht aus, die in diesem Typ des Plenterwaldes erheblich unterdimensioniert ist. Der Höhenzuwachs der Fichte und Tanne wird statistisch hochsignifikant ($\alpha = 0,001$) auch von der Kronenlänge beeinflusst. Der Einfluss von Kronenbreite hat sich als unbedeutend erwiesen.

PREDIKCIA RASTU HRÚBKY BUKOVÝCH STROMOV POMOCOU KORFOVEJ RASTOVEJ FUNKCIE NA PODKLADE INFORMAČNE NEÚPLNÝCH ČASOVÝCH RADOV

Róbert S E D M Á K

Sedmák, R.: Predikcia rastu hrúbky bukových stromov pomocou Korfovej rastovej funkcie na podklade informačne neúplných časových radov. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, **XLIX**, 2007, č. 1, s. 185–199.

Práca obsahuje rozbor predikčnej schopnosti najvýznamnejšej domácej Korfovej rastovej funkcie (KORF 1939) pri modelovaní rastu hrúbky bukových stromov pochádzajúcich z rubne zrelého porastu. V podstate ide o prieskum realistikosti krátkodobých a strednodobých prognóz s dĺžkou do 30 rokov urobených na podklade rozlične dlhých časových radov kalibračných údajov pochádzajúcich z rozličných vývojových fáz životného cyklu stromu. Celý empirický materiál opakovaných meraní pochádza z kmeňových analýz. Vykonaná analýza dovolila komplexne posúdiť vplyv dĺžky kalibračného obdobia, jeho situovania v rámci životného cyklu stromu a ich interakcie na vychýlenie, presnosť a správnosť Korfovej funkcie pri krátkodobých (5 a 10 ročných) a strednodobých (20 a 30 ročných) prognózach. Výsledky poskytujú základnú predstavu o veľkosti možných chýb a vychýlení predikcií Korfovej funkcie parametrizovanej na informačne neúplných empirických údajoch.

Kľúčové slová: rastová funkcia, hrúbka stromu, predikcia, kmeňové analýzy

1. ÚVOD A PROBLEMATIKA

K základným nástrojom strategického plánovania a operatívneho riadenia lesnej výroby patria už dlhodobo rastové modely. Rastové modely ako prognostický nástroj podporujú uplatňovanie racionálnych a efektívnych stratégií obhospodarovania lesných porastov diferencovane podľa prírodných a ekonomických podmienok hospodárenia. Modely vytvárané pre potreby praktického hospodárenia v lese sú zvyčajne konštruované ako tzv. empirické modely priamo na podklade predchádzajúcich empirických meraní rastu vybraných typov porastov na vymedzenom území.

Hlavnou úlohou empirických modelov rastu lesa je poskytovať relatívne presné a spoľahlivé predikcie aspoň v kratšom alebo strednodobom časovom horizonte, ale veľmi často sa používajú aj pre potreby dlhodobého plánovania a prognózovania. Preto nemôžu byť konštruované ako výhradne empirické modely bez toho, aby sa zaoberali biologickou

interpretáciou parametrov a vzťahov použitých v modeli (VAN LAAR, AKCA 1997). Matematické rovnice používané na dlhodobé predpovede rastu musia zohľadňovať všeobecne známe biologické predpoklady a zákonitosti; mali byť odvodené na základe zmysluplných biologických teórií a poznatkov a ich parametre by mali byť biologicky interpretovateľné. V takom prípade sú schopné zabezpečiť realistikosť extrapolácií v čase (HOBBS 2002).

Z týchto dôvodov sa na modelovanie rastu kľúčových veličín záujmových stromov a porastov v čase používajú rastové a prírastkové funkcie. Rastové a prírastkové funkcie predstavujú jednoduché nelineárne funkcie zostavené na biologicky odôvodnených predpokladoch a všeobecných teóriách o raste živých organizmov, ktoré sú schopné poskytnúť realistické (= nevychýlené) prognózy rastu aj v dlhších časových horizontoch (VANCLAY 1994). Základným predpokladom však je získanie nevychýlených a výdatných odhadov parametrov, ktoré si vyžaduje dostatočne dlhé časové rady historických opakovaných meraní rastu stromov a porastov.

Kvalita empirických modelov je do značnej miery determinovaná množstvom a kvalitou dlhodobých podkladových údajov. Z pohľadu tvorby komplexnejších rastových modelov sa za ideálne považujú údaje, ktoré sú dostatočne reprezentatívne pre lesné porasty vybranej záujmovej oblasti, mali by pokrývať celú škálu kvalít stanovišťa a aplikovaných pestovných opatrení a podľa HYNENEN (1995) ideálne je: „*ak údaje pochádzajú z dostatočného počtu opakovaných meraní rovnakých výberových jednotiek pokrývajúcich čo najdlhší úsek celkovej rastovej periódy*“.

A práve v požiadavke dostatočne dlhých časových radov sa skrýva zároveň aj hlavná slabina klasických empirických modelov rastu lesa – predpokladajú nemennosť prírodných a ekonomických faktorov kauzálnie ovplyvňujúcich rast lesa. V prípade, že dôjde k významným (náhlým, či postupným) zmenám v produkčných podmienkach, resp. v spôsobe hospodárenia na definovanom záujmovom území v porovnaní s minulosťou, empirické modely nedokážu poskytovať nevychýlené predikcie rastu lesa. Situácia sa osobitne komplikuje pri dlhodobých predikciách, kedy je pravdepodobnosť vychýlenia modelu posilnená postupným kumulovaním čiastkových zmien environmentálnych, ekologických, či hospodárskych faktorov.

Snaha o riešenie načrtnutého problému prirodzene vedie tvorcov empirických modelov rastu lesa k vypúšťaniu starších meraní a k snahe využívať na parametrizáciu rastových funkcií ako hlavných prvkov rastových modelov len novšie „spoľahlivejšie“ merania, ktoré reflektujú aktuálny prírodný a hospodársky stav lesa. To vedie k umelému skracovaniu časových radov a k vypúšťaniu dôležitých informácií o raste výberových jednotiek v mladších vývojových fázach (napr. dôjde k strate informácie o raste v juvenilnom štádiu, o dobe kulminácie bežného prírastku ap.). Táto potom spôsobuje veľké matematicko-štatistické problémy pri odhade niektorých parametrov rastových funkcií.

Problém informačne neúplných časových radov je však bežný. V praxi iba zriedkavo máme, z najrozličnejších dôvodov, k dispozícii dostatočne kvalitné časové rady empirických

meraní informačne úplne pokrývajúcich všetky vývojové štádiá životného cyklu lesa a napriek tomu za najrozličnejšími účelmi často potrebujeme urobiť aspoň strednodobé projekcie rastu stromov a porastov.

Z týchto dôvodov bude v predkladanej práci vytvorenej vďaka podpore grantových projektov VEGA 01/3530/06 a VEGA01/3531/06 urobený rozbor predikčnej schopnosti Korfovej rastovej funkcie pri modelovaní rastu hrúbky bukových stromov. Pôjde o prieskum realistikosti krátkodobých a strednodobých prognóz do 30 rokov na podklade rozlične dlhých časových radov z rozličných vývojových štádií vytvorených z empirických údajov získaných z kmeňových analýz. Hlavným cieľom bude získanie informácií o veľkosti možných chýb a vychýlenia predikcií spôsobených parametrizáciou rastovej funkcie na podklade rozlične dlhých časových radov situovaných do rozličných životných fáz vybraných bukových vzorníkov.

2. EMPIRICKÝ MATERIÁL

Empirický materiál použitý v práci tvorí 40 kmeňových analýz bukových stromov pochádzajúcich z rubne zrelého porastu. Kmeňové analýzy boli prevzaté zo staršieho výskumu prof. ŠMELKA, ktorý ich použil v práci ŠMELKO (1982) na podrobný rozbor závislostí medzi objemom stromu a jeho objemovým prírastkom, objemom kôry, povrchom stromu ap.

Bukové vzorníky boli získané zrúbaním súvislej plochy v jednom 100–150 ročnom bukovom poraste na Vysokoškolskom lesnom podniku TU vo Zvolene. Porast sa vyznačoval veľmi slabými, zväčša podúrovňovými zásahmi a hoci bol podľa veku značne nehomogénny, jeho hrúbková a výšková štruktúra a vnútorná výstavba mala všetky znaky typického rovnovekého porastu. Takéto bukové porasty obyčajne vznikali clonnou prirodzenou obnovou a na Slovensku vyskytujú pomerne často. Porast, z ktorého boli odobraté vzorníky a ich sociálna skladba, je podrobnejšie charakterizovaný v tab. 1.

Tab. 1 Taxačná charakteristika porastu a počet a štruktúra analyzovaných stromov (ŠMELKO 1982)

Table 1 Taxation characteristics of the experimental stand, number and social structure of the analysed trees (ŠMELKO 1982)

Subjekt ¹	Porast ²	Drevina ³	Vek ⁴	Zakmenenie ⁵	$\bar{d}$ (cm)	$\bar{h}$ (m)	Bonitný stupeň ⁶		
							Schwap.	Halaj	
							rel.	rel.	abs.
Zvolen VšLP	343	bk ₁₂₀	100–150 120	0,8	38	34	+1	2	32
Počet analyzovaných vzorníkov ⁷									
Nadúroveň ⁸ (1)			Úroveň ⁹ (2)		Podúroveň ¹⁰ (3)			Spolu ¹¹	
9			23		8			40	

¹subject, ²stand, ³species, ⁴age, ⁵stocking, ⁶site class, ⁷number of analysed trees, ⁸dominant, ⁹codominant, ¹⁰subdominant, ¹¹together

Vzorníky boli pred zrúbaním roztriedené podľa výškového postavenia vo vzťahu k najbližším susedným stromom do troch stromových tried: nadúroveň (1) zodpovedá 1. triede Kraftovej stupnice, úroveň (2) zodpovedá 2. triede Kraftovej stupnice a podúroveň (3) zodpovedá 3. a 4. triede Kraftovej stupnice. Kmeňové analýzy boli spracované tak, že rast stromov bol zrekonštruovaný po 5 rokoch. Predmetom záujmu je hrúbka v $d_{1,3}$ meraná s presnosťou na 1 mm. Tab. 2 obsahuje podrobnejšie informácie o empirických sériách nameraných údajov, najmä obsahuje informácie potrebné na vylišenie jednotlivých vývojových štádií jednotlivých stromov.

Tab. 2 Charakteristiky časových radov jednotlivých kmeňových analýz

Table 2 Time series characteristics of the individual stem analyses

Číslo stromu ¹	Kulmin. CBP ²	Kulmin. CPP ³	Vek 1. uvoľnenia ⁴	Vek 2. uvoľnenia ⁵	Dĺžka série ⁶	Konečná hrúbka ⁷ v cm
	v rokoch					
Minimum ⁸	25	30	25	75	80	16,1
$\bar{x} \pm s_x$	69 ± 13	97 ± 19	57 ± 15	117 ± 16	129 ± 16	36,6 ± 9,3
Maximum ⁹	95	140	100	150	160	53,7

¹number of tree, ²culmination of CAI, ³culmination of MAI, ⁴age of 1st release, ⁵age of 2nd release, ⁶length of serie, ⁷final diameter, ⁸minimum, ⁹maximum

Doby kulminácie bežných a priemerných hrúbkových prírastkov boli odhadnuté na základe vizuálneho posúdenia priebehu kriviek CBP a CPP, ktoré boli orientačne vyrovnané polynómom 2. stupňa. V rámci grafického rozboru rastových a prírastkových kriviek sa zistilo, že v histórii porastu, ktorý bol podľa popisu ovplyvňovaný miernymi podúrovňovými prebierkami, sa vyskytli 2 udalosti, pri ktorých došlo k skokovitému poklesu hustoty porastu. Prvá udalosť sa odohrala tesne pred ukončením vývojového štádia mladosti, vo fyzickom veku 50–70 rokov a spôsobila zvýraznenie kulminácie CBP a jej mierny posun do vyššieho veku (zvýraznenie esovitého priebehu rastových kriviek). Druhou udalosťou bolo zrejme započatie obnovy porastu vo fyzickom veku 120–130 rokov, ktoré sa prejavilo na zvrátení klesajúceho trendu CBP.

Pokles hustoty porastu pri 1. udalosti posilnil trend ešte stúpajúcich CBP a preto sa v rámci parametrizácie explicitne zohľadní, avšak pokles hustoty porastu pri 2. udalosti v oveľa neskoršom veku mal protitrendový charakter a parametrizácia ho nie je schopná zachytiť. Preto, aby nedošlo k skresleniu analýzy predikcií vo vyšších vekoch, bolo potrebné časové rady skrátiť a do úvahy sa zobrali len údaje pred započatím obnovy porastu. Okrem toho došlo aj k vypusteniu údajov zo začiatku časového radu, veky pod 20 rokov, ktoré mali pri väčšine stromov veľmi variabilný priebeh, čo je pravdepodobne spôsobené chybami pri stanovení správneho veku potrebného na dorastenie do výšky 1,3 m.

Z „očistených“ skrátených sérií potom boli vytvorené sady informačne neúplných údajov rozličnej dĺžky pokrývajúcich vždy iba určitú časť životného cyklu stromu, ktoré boli použité na parametrizáciu Korfovej rastovej funkcie. Celkovo bolo na každom strome vytvorených 10 kalibračných sád – 4 sady s dĺžkou 20 rokov zahŕňajúcich 5 po sebe idúcich meraní z vekov 20–40, 40–60, 60–80 a 80–100 rokov, 3 kalibračné sady o dĺžke 40 rokov zahŕňajúcich 9 opakovaných meraní pre veky 20–60, 40–80 a 60–100 rokov, 2 sady s dĺžkou 60 rokov s 13 meraniami pre veky 20–80 a 40–100 rokov a 1 sadu s dĺžkou 80 rokov so 17 meraniami pokrývajúcich veky 20–100 rokov. Celkovo tak došlo k vytvoreniu 400 kalibračných sád (10 sád x 40 stromov), na ktorých bolo urobených 400 parametrizácií Korfovej funkcie.

Celý empirický materiál pochádza iba z 1 modelového porastu, o ktorého vývoji a pestovnej histórii nemáme podrobnejšie informácie. Preto je potrebné predkladanú prácu považovať ako prípadovú štúdiu rozboru predikcií rastu jednotlivých stromov, ktorá poslúži na získanie prvotných informácií a skúseností využiteľných pri konštrukcii jednotlivo–stromových rastových simulátorov na širšom empirickom materiáli zozbieranom v reprezentatívnejšom výberovom dizajne.

3. METODIKA

Celý rozbor bol urobený za pomoci nasledujúceho parametrizačného tvaru Korfovej rastovej funkcie (KORF 1939):

$$y = Ae^{-bt^c}$$

Parameter A predstavuje asymptótu rastovej krivky, parametre b a c sú tzv. tvarové parametre určujúce najmä polohu inflexného bodu rastovej krivky v čase.

Korfova rastová funkcia je najvýznamnejšou domácou rastovou funkciou. Je jadrom našich rastových tabuliek (HALAJ, PETRÁŠ 1998) a zároveň je použitá ako riadiaca funkcia vo vynikajúcom slovenskom rastovom simulátore SYBILA (FABRIKA, ĎURSKÝ 2005). V zahraničnej literatúre sa niekedy označuje aj ako LUNDQUISTOVA funkcia a podľa ZEIDHO (1989) je táto funkcia špeciálne vhodná pre modelovanie hrúbkového rastu stromov, keď je až niekoľkonásobne presnejšia ako iné tradičné funkcie.

Parametrizácia bola urobená metódou nelineárnych najmenších štvorcov NLS v spojení s LEVENBERG – MARQUARDTOVOU numerickou optimalizáciou v prostredí STATISTICA 7.1 (STATSOFT, INC. 2005), ktorá sa považuje za jeden z najstabilnejších numerických iteratívnych algoritmov vôbec. Iniciálne odhady parametrov A , b , c boli ponechané na prednastavených hodnotách +0,1 s 2 úpravami:

- asymptóta A bola odhadnutá pomocou poslednej nameranej hrúbky v skúmanej kalibračnej sade,
- kladné znamienko iniciálnej hodnoty $b = 0,1$ bolo zmenené na znamienko $-$.

V prípadoch, kedy došlo k zlyhaniu iteratívneho odhadu, boli ešte preskúmané všetky 4 možné kombinácie znamienok parametrov b a c nastavených konštantne na hodnotu 0,1.

Použitie klasickej metódy NLS na odhad neznámych parametrov Korfovej funkcie sa opiera o predpoklad normálneho náhodného rozdelenia, nezávislosti a homogenity rozptylu reziduálnych odchýlok. Normalita rozdelenia odchýlok pri veličinách lineárnej dimenzie (hrúbka, výška) obyčajne nebýva problémom (BOCK, DU TOIT 2003), vážnejším problémom však býva problém závislosti a nehomogenity rozptylu reziduálnych odchýlok, ktorý si vyžaduje použitie komplikovanejších metód vážených resp. zovšeobecnených foriem metódy NLS.

V rámci predkladanej práce sa však od ich použitia upustilo, pretože v rámci lesníckych aplikácií sa vo viacerých prácach konštatuje (napr. VANCLAY 1994), že problém autokorelácie a nehomogenity rozptylu reziduálnych odchýlok nevychýľuje odhady parametrov regresného modelu a preto nepredstavuje problém pre predikciu. Okrem toho sa dá predpokladať, že oveľa väčším problémom odhadu bude silné vnútorné zakrivenie samotnej funkcie posilnené zakrivením priestoru možných hodnôt optimalizačného kritéria (sumy štvorcov odchýlok) spôsobené informačnou neúplnosťou nameraných údajov.

Ako už bolo spomenuté, celkovo sa vykonalo 400 parametrizácií Korfovej funkcie, ktorá sa použila na predikciu rastu hrúbky stromu na 6 predikčných obdobi dopredu po 5-tich rokoch. Rozbory vychýlenosti a presnosti predikcii tak bolo možné posúdiť hlavne pre 4 predikčné doby zaujímavé HÚL – 5, 10, 20 a 30 rokov, ktoré odpovedajú krátko- a strednodobým prognózam využívaným najmä v rámci plánovania hospodárenia v lese a v jeho ťažbovej úprave. V rámci každej parametrizácie (40 stromov x 10 kombinácií začiatku a dĺžky kalibračného obdobia) sa potom pre 4 predikčné doby vypočítali jednotlivé relatívne chyby ako rozdiel skutočne predikovanej a nameranej hrúbky stromu d_p s d daný do pomeru k skutočnej hrúbke d v i-tom predikovanom veku na konkrétnom strome:

$$e_i \% = \frac{d - d_p}{d} \cdot 100$$

z ktorých bolo možné pre jednotlivé kombinácie začiatkov a dĺžok kalibračných období, ale aj osobitne len pre rozličné veku začiatkov 20–40–60–80 rokov (bez ohľadu na dĺžku kalibračnej sady) a len pre rozličné dĺžky kalibračných období 20–40–60 a 80 rokov (bez ohľadu na veku začiatkov), vypočítať nasledujúce charakteristiky (osobitne podľa skúmaných dĺžok predikčných období):

- relatívne vychýlenie $\bar{e} \% = \frac{\sum e_i \%}{n}$, kde n je počet jednotlivých chýb,
- relatívnu presnosť predikcie $s_e \% = \sqrt{\frac{\sum (e_i \% - \bar{e})^2}{n}}$,

- relatívnu strednú kvadratickú chybu predikcie $m_e\% = \sqrt{\frac{\sum e_i^2\%}{n}} = \sqrt{e\%^2 + m_e\%^2}$.

Takto vypočítané charakteristiky dovoľujú potom komplexne posúdiť vplyv dĺžky kalibračného obdobia, jeho situovania v rámci životného cyklu stromu a ich interakcie na vychýlenie, presnosť a správnosť Korfovej funkcie pri krátkodobých (5 a 10 ročných) a strednodobých (20 a 30 ročných) prognózach.

4. VÝSLEDKY

Súborné výsledky celej analýzy obsahuje tab. 3. V nej sú uvedené detailné informácie o vychýlení, presnosti a celkovej strednej kvadratickej chybe predikcie podľa jednotlivých kalibračných sád a dĺžok predikčného obdobia.

V tab. 3 si môžeme všimnúť, že relatívne vychýlenia posudzované bez ohľadu na dĺžku a situovanie kalibračných sád v rámci životného cyklu stromov sú vo všetkých predikčných obdobiach veľmi malé, i keď existuje slabá tendencia podhodnocovania krátkodobých predikcií a nadhodnocovania dlhodobějších predikcií. Tento zdanlivo veľmi priaznivý súhrnný výsledok je však spôsobený vzájomným vykompenzovaním výraznejšieho záporného vychýlenia predikcií urobených na podklade kalibračných údajov z obdobia do 60 rokov (sady 20–40, 40–60 a 20–60) a výraznejšieho kladného vychýlenia predikcií vychádzajúcich z väčšiny ostatných kalibračných sád.

Sady 20–40, 40–60 a 20–60 sú sady z vývojového štádia mladosti, väčšinou neobsahujú v sebe informácie o kulminácii CBP a najmä nie sú ovplyvnené 1. výrazným uvoľnením hustoty porastu, ktoré nastalo približne v 60-tom roku fyzického veku stromov (tab. 2). Všetky sady vyznačujúce sa výrazným kladným vychýlením (najmä sady 60–80, 40–80, 40–100 a 20–100) sú charakteristické tým, že obsahujú merania výrazne ovplyvnené 1. uvoľnením a v ich rámci sa nachádza aj doba kulminácie CBP (tab.2). Tendencia nadhodnocovania sa prekvapujúco zhoršuje s narastajúcou dĺžkou kalibračného obdobia – čím je dlhšie kalibračné obdobie obsahujúce merania z doby kulminácie CBP a ovplyvnené 1. uvoľnením, tým je kladné vychýlenie predikcií väčšie.

Celú doterajšiu interpretáciu, že tendenciu nadhodnocovať spôsobuje vplyv 1. uvoľnenia, výrazne podporuje aj fakt, že vychýlenia predikcií zo sady 80–100 t. j. z rokov po 1. uvoľnení, sú slabo záporné a to napriek tomu, že sa nachádzajú na konci životného cyklu. Táto sada a fakt, že nadhodnocovanie sa objavuje aj v kalibračných údajoch pokrývajúcich väčšinu, resp. prakticky celý životný cyklus stromov nasvedčuje faktu, že prechod od podhodnocovania k nadhodnocovaniu nie je spôsobený situovaním kalibračných sád v rámci životného cyklu, ale práve výskytom 1. uvoľnenia v približne 60-tom roku života.

Vplyv situovania kalibračnej sady v rámci životného cyklu stromu na vychýlenie, presnosť a stredné kvadratické chyby predikcie daná do súvislosti s udalosťou výrazného uvoľnenia hustoty modelového porastu sa dá ešte lepšie posúdiť z údajov tab. 4 a je zobrazený aj na obr. 1.

Tab. 3 Vychýlenie, presnosť a správnosť predikcií hrúbkového rastu bukových stromov
Table 3 Bias, precision and accuracy of predictions of tree diameter growth

Charakteristiky ¹	Kalibračné obdobie ²		Dĺžka predikcie v rokoch ⁵			
	začiatok ³	koniec ⁴	5	10	20	30
Vychýlenie ⁶ $\bar{e}$ %	20	40	-3,9	-8,1	-14,4	-23,3
	40	60	-3,6	-8,2	-13,7	-14,1
	60	80	0,8	3,1	9,3	18,0
	80	100	-0,2	-0,4	-0,9	-2,2
	20	60	-3,9	-7,6	-11,0	-9,2
	40	80	-0,6	2,1	9,5	20,6
	60	100	1,8	2,8	5,6	9,7
	20	80	-1,6	1,1	7,2	16,9
	40	100	4,9	8,0	15,4	23,9
	20	100	5,8	9,4	17,2	25,9
Dohromady			-0,27	-0,21	1,02	3,99
Presnosť ⁷ s_e %	20	40	10,3	15,1	21,0	25,6
	40	60	6,4	11,8	21,1	30,1
	60	80	3,3	5,9	11,8	20,1
	80	100	1,5	2,4	4,5	7,8
	20	60	8,4	15,5	27,0	39,0
	40	80	6,8	9,8	16,2	23,4
	60	100	2,7	4,7	10,0	17,4
	20	80	8,8	11,8	17,4	24,7
	40	100	3,4	5,3	9,4	16,0
	20	100	3,8	5,2	7,9	13,7
Dohromady			7,2	11,8	20,6	30,5
Správnosť ⁸ m_e %	20	40	11,0	17,1	25,5	34,6
	40	60	7,4	14,4	25,1	33,2
	60	80	3,4	6,7	15,1	26,9
	80	100	1,5	2,4	4,6	8,1
	20	60	9,2	17,2	29,2	40,1
	40	80	6,8	10,0	18,8	31,2
	60	100	3,3	5,5	11,4	19,9
	20	80	9,0	11,9	18,9	29,9
	40	100	6,0	9,6	18,0	28,8
	20	100	6,9	10,8	19,0	29,3
Dohromady ⁹			7,2	11,8	20,6	30,7

¹characteristics, ²calibration period, ³start, ⁴end, ⁵length of prediction in years, ⁶bias, ⁷precision, ⁸accuracy, ⁹together

Tab. 4 Vychýlenie, presnosť a správnosť predikcií vo vzťahu k umiestneniu kalibračného obdobia v rámci celkového životného cyklu stromov

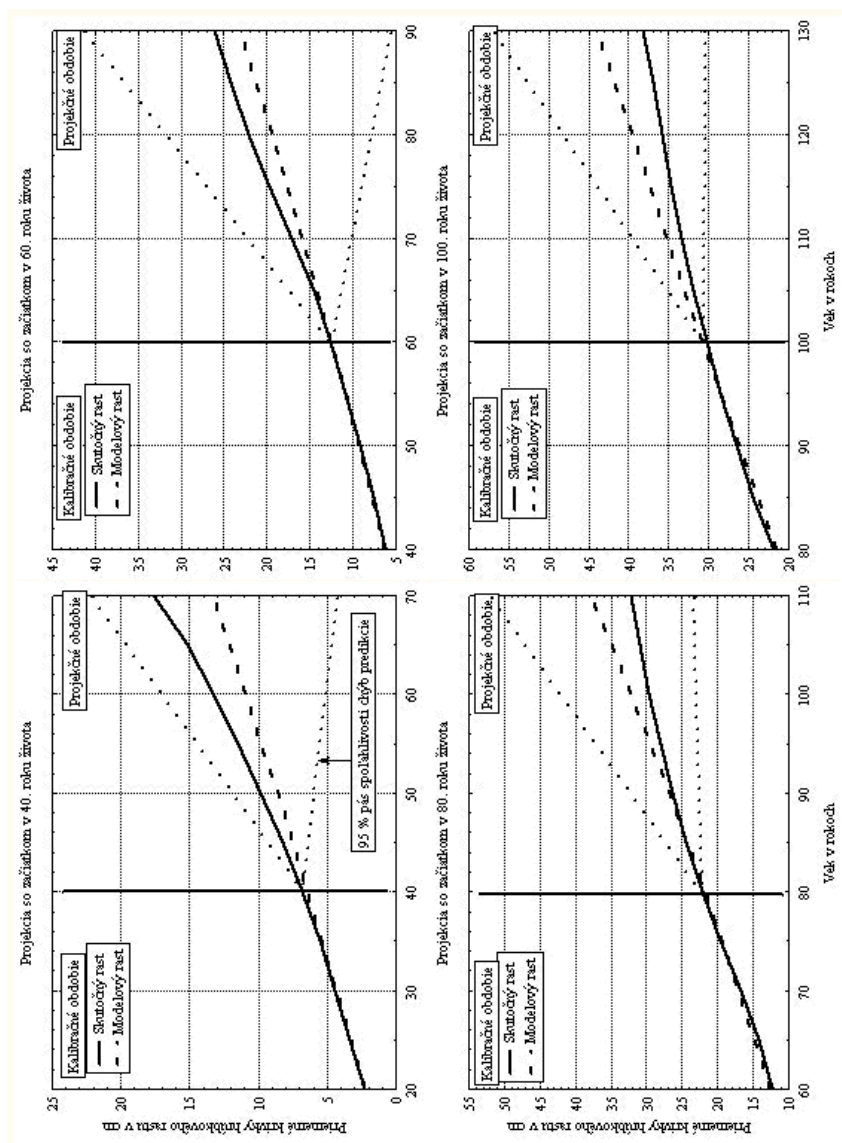
Table 4 Bias, precision and accuracy of prediction in relation to calibration set location within the whole tree life cycle

Charakteristiky ¹	Koniec kal. obdobia ² (roky)	Dĺžka predikcie v rokoch ³			
		5	10	20	30
Vychýlenie ⁴ $\bar{e}$ %	40	-3,9	-8,1	-14,4	-23,3
	60	-3,7	-7,9	-12,3	-11,6
	80	-0,5	2,1	8,7	18,5
	100	3,1	5,0	9,3	14,3
Presnosť ⁵ s_e %	40	10,4	15,3	21,3	25,9
	60	7,5	13,9	24,4	35,1
	80	6,8	9,6	15,5	23,0
	100	3,9	6,1	11,1	18,3
Správnosť ⁶ m_e %	40	11,1	17,3	25,7	34,8
	60	8,4	15,9	27,4	37,0
	80	6,8	9,8	17,7	29,5
	100	4,9	7,8	14,5	23,3

¹characteristics, ²end of calibration period, ³length of prediction in years, ⁴bias, ⁵precision, ⁶accuracy

Tu vidíme, že predikčné obdobia začínajúce vo fyzickom veku 40 a 60 rokov (kalibračné údaje z veku pod 60 rokov neobsahujúce merania ovplyvnené uvoľnením hustoty) sú výrazne zaťažené záporným vychýlením pre všetky dĺžky predikcie a predikčné obdobia začínajúce vo veku 80 a 100 rokov (kalibračné údaje, s jednou výnimkou 80–100 rokov, musia obsahovať merania ovplyvnené uvoľnením hustoty porastu) vykazujú zreteľné kladné vychýlenie, opäť platí pre všetky dĺžky predikcie. Veľkosť podhodnocovania v obdobiach situovaných na začiatku životného cyklu je o niečo väčšia ako veľkosť nadhodnocovania v predikčných obdobiach v starších vekoch, posudzované v relatívnych jednotkách.

V absolútnom vyjadrení (obr. 1) si môžeme všimnúť, že vychýlenia pri začiatku predikcie v 40. a 60. roku života sa pri krátkodobých predikciách do 10 rokov pohybujú približne v rozpätí – 1–2 cm, pri strednodobých 20–30 ročných predikciách stúpajú na úroveň – 4–5 cm. Presnosť krátkodobých predikcií pri 95 % spoľahlivosti sa pohybuje v rámci ±3–6 cm, pri strednodobých predikciách je to ±10–15 cm. Absolútne vychýlenia predikcií začínajúcich vo vekoch 80 a 100 rokov sa pri krátkodobých predikciách pohybujú v rámcoch +1–2 cm, pri strednodobých predikciách vzrastajú na úroveň +4–6 cm. Presnosť krátkodobých predikcií hrúbkového rastu jednotlivých stromov sa pri 95 % spoľahlivosti pohybuje na hranici ±4–5 cm a presnosť strednodobých predikcií je pri tej istej spoľahlivosti približne ±12–14 cm.



Obr. 1 Absolútne vychýlenie a presnosť predikcii hrúbkového rastu bukových stromov v závislosti od životnej fázy
Fig. 1 Absolute bias and precision of diameter growth predictions of beech trees in different phases of living cycle

Okrem toho si v tab. 4 môžeme všimnúť, že presnosť predikcií s rastúcim vekom situovania stúpa, i keď rastúca dĺžka predikcie rozdiely potláča. To znamená, že presnosť predikcií situovaných do starších vekov je väčšia oproti predikciám v mladších vekoch, avšak rozdiely sa s rastúcou dĺžkou predikcie stierajú. Podobné konštatovania ako pre presnosť platia aj pre správnosť t. j. stredné kvadratické chyby. Tu je trend poklesu v predikčných obdobiach v staršom veku ešte výraznejší, keďže kladné vychýlenia v starších predikčných obdobiach boli o niečo menšie ako záporné vychýlenia v mladších vekoch (v relatívnom vyjadrení). Pri krátkodobých predikciách sa dá konštatovať, že stredné kvadratické chyby predikčných období začínajúcich vo veku 80 a 100 rokov predstavujú iba 1/2 až 2/3 veľkosti stredných chýb predikčných období začínajúcich vo veku 40 a 60 rokov.

Ak sa vrátíme k tab. 3, ďalšími významnými informáciami sú informácie o relatívnej presnosti a relatívnej správnosti predikcií v závislosti od dĺžky predikčnej doby. V tab. 3 vidíme, že presnosť a správnosť predikcií posudzovaná úhrnne (za všetky kalibrácie spolu) sa v dôsledku existencie malých vychýlení líšia iba minimálne, podstatná časť stredných kvadratických chýb predikcie (správnosť) je tvorená náhodnou zložkou – presnosťou. S narastajúcou dĺžkou predikcie relatívna presnosť a správnosť predikcie klesá t. j. predikčné chyby sa zväčšujú. Stredné kvadratické chyby krátkodobých predikcií na 5 a 10 rokov sa pohybujú na úrovni 7,2 a 11,8 %, zatiaľ čo stredné kvadratické chyby strednodobých predikcií na 20 a 30 rokov dosahujú veľkosť 20,6 % a 30,7 %, čo je 2–3-krát viac. Obdobné konštatovanie je platné aj pre presnosť predikcie.

Asi najzaujímavejšie výsledky prináša tab. 5, ktorá sa zaoberá vplyvom dĺžky kalibračného obdobia (bez ohľadu na jeho situovanie v rámci životného cyklu stromu) na vychýlenie a charakteristiky presnosti a správnosti predikcií.

Stredné kvadratické chyby predikcií vychádzajúcich z kalibračných období pokrývajúcich diametrálne odlišné časové úseky celkového životného cyklu sú v podstate porovnateľné. Rozdiely v stredných chybách sa aj pri 30 ročnej predikcii pohybujú do 4 %. Pritom predikcie vychádzajúce z krátkych kalibračných období sú relatívne málo vychýlené, ale zároveň sú cca 1,5 x menej presné a naopak, predikcie získané na podklade dlhých kalibračných období sú presnejšie, čo je však vykompenzované existenciou relatívne veľkého vychýlenia.

Tab. 5 Vychýlenie, presnosť a správnosť predikcií vo vzťahu k dĺžke kalibračného obdobia
Table 5 Bias, precision and accuracy of prediction in relation to length of calibration period

Charakteristiky ¹	Dĺžka kalibračného obdobia ²	Dĺžka predikcie v rokoch ³			
		5	10	20	30
Vychýlenie ⁴ $\bar{e}$ %	20	-1,8	-3,6	-5,7	-7,0
	40	-1,1	-1,2	0,4	5,8
	60	1,5	4,3	10,7	19,6
	80	5,8	9,4	17,2	25,9
Presnosť ⁵ s_e %	20	6,8	11,5	19,8	28,8
	40	7,0	12,3	22,3	32,9
	60	7,6	10,1	15,2	22,2
	80	3,8	5,3	8,1	14,1
Správnosť ⁶ m_e %	20	7,1	12,1	20,6	29,7
	40	7,1	12,4	22,3	33,4
	60	7,8	10,9	18,6	29,6
	80	7,0	10,8	19,0	29,5

¹characteristics, ²length of calibration period, ³length of prediction in years, ⁴bias, ⁵precision, ⁶accuracy

5. DISKUSIA A ZÁVER

Vykonaná prípadová štúdia poskytla informáciu o vychýleniach, presnosti a veľkosti stredných kvadratických chýb predikcie hrúbkového rastu stromov pri krátko- a strednodobých predikciách za pomoci Korfovej rastovej funkcie. Analýza bola urobená tak, aby bolo možné posúdiť vplyv dĺžky kalibračného obdobia a jeho situovania v rámci životného cyklu stromov na charakteristiky vychýlenia, presnosti a správnosti predikcií.

Pri podrobnom rozbere sa zistilo, že veľkosť stredných relatívnych kvadratických chýb predikcie s dĺžkou predikčného obdobia stúpa (pri 5–10–20–30-ročných predikciách ide o 7,2–11,8–20,6–30,7%), pričom predikcie z kalibračných sád pozostávajúcich výhradne z meraní z doby pred kulmináciou CBP, ktorá sa v podstate kryje s dobou pred 1. výrazným uvoľnením hustoty porastu, obsahujú záporné vychýlenie (podhodnotenie) a predikcie z kalibračných sád zahŕňajúcich dobu kulminácie CBP a obsahujúcich merania ovplyvnené 1. výrazným uvoľnením hustoty porastu sú zaťažené kladným vychýlením (nadhodnotenie). Vychýlenie sa objavuje bez ohľadu na dĺžku predikčnej doby.

Z uvedeného sa dá dobre posúdiť, aký vplyv má skokovitá zmena hustoty porastu na parametrizáciu rastovej funkcie a vykonané predikcie. Ak použijeme na kalibráciu rastovej funkcie merania výhradne z obdobia pred udalosťou, krátko a strednodobé predikcie budú prirodzene podhodnotené, lebo hrúbkové prírastky stromov po udalosti sa zväčšia, čo parametrizácia nezachytí.

Na druhej strane, ak použijeme kalibračné údaje, ktoré sú ovplyvnené udalosťou, dôjde k nadhodnoteniu predikcií a čo je prekvapujúce – čím je dlhšie kalibračné obdobie, tým je nadhodnotenie výraznejšie. Zväčšená dĺžka kalibračného obdobia, ktoré obsahuje merania ovplyvnené udalosťou, problém nekoriguje, naopak ho posilňuje. Preto je lepšie merania ovplyvnené udalosťou vynechať alebo skrátiť celkovú dĺžku kalibračného radu meraní a zobrať do úvahy len merania po udalosti (ideálne tie, ktoré už boli iba slabo ovplyvnené diskretnou udalosťou, akými sú v našom prípade napr. merania z vekov 80–100).

Vplyv situovania predikcií v rámci životného cyklu len na samotnú presnosť predikcií je taký, že predikcie robené v mladosti sú približne 2x menej presné ako predikcie robené v starších vekoch a neskorších vývojových fázach. Toto konštatovanie je platné najmä pri krátkodobých predikciách, ale so vzrastajúcou dĺžkou predikcie sa vplyv situovania sa stiera (pri 30-ročných predikciách je presnosť predikcií v starších vekoch už iba 1,5 násobne väčšia v porovnaní s mladosťou).

Asi najzaujímavejším zistením je fakt, že dĺžka kalibračného obdobia prakticky nevyplýva na veľkosť stredných kvadratických chýb predikcie, pričom menšie vychýlenia predikcií robených z krátkych kalibračných období sú vykompenzované ich nižšou presnosťou. A naopak, predikcie vychádzajúce z dlhších kalibračných období sú vo všeobecnosti presnejšie, avšak sú obvyčajne zaťažené väčšími vychýleniami.

Menšia vychýlenosť predikcií z krátkych kalibračných období sa dá pomerne ľahko vysvetliť tým, že empirické merania tesne predchádzajúce predikčné obdobie výborne zachytávajú aktuálny stav produkčných podmienok konkrétneho stromu a porastu a s menšou pravdepodobnosťou obsahujú merania ovplyvnené zriedkavými, náhlymi zmenami produkčných pomerov.

Dlhodobé kalibračné merania prinášajú síce presnejší a spoľahlivejší odhad parametrov Korfovej funkcie prejavujúci sa na vyššej presnosti predikcií, no na druhej strane zahrnú do parametrizácie funkcie aj minulé stav produkčných podmienok (ktorý sa môže a nemusí líšiť od aktuálneho) a hlavne so zvýšenou pravdepodobnosťou obsahujú aj merania ovplyvnené náhlymi zmenami produkčných podmienok, najmä diskretnými zmenami hustoty porastu pri prebierkach. To všetko sa potom prejaví na vychýlení predikcií, ktoré je pri skokovitom zlepšení produkčných podmienok vo všeobecnosti kladné.

Záverom sa dá konštatovať, že veľkosť relatívnych chýb predikcie sa bude pravdepodobne v závislosti od druhu dreviny, bonity, hustoty porastu a sociálneho postavenia stromu meniť, avšak na základe vykonanej analýzy je odôvodnené vo všeobecnosti očakávať, že:

- presnosť a správnosť krátkodobých predikcií (5–10-ročných) bude približne 2–3-krát väčšia ako strednodobých predikcií,
- predikcie situované do neskorších fáz životného cyklu stromov (dospelosť, staroba) budú 1,5–2 x presnejšie ako predikcie v skorších vývojových etapách (mladosť),

- dĺžka kalibračného obdobia nebude vplývať na správnosť predikcií, pretože na reálnych dátach sa dá očakávať, že predikcie vychádzajúce z krátkych kalibračných období budú menej vychýlené, ale súčasne aj menej presné ako predikcie využívajúce dlhšie kalibračné obdobia.

Posledný poznatok je mimoriadne zaujímavý, pretože poukazuje na fakt, že pri rozlične dlhých kalibračných obdobiach reálnych údajov (v ktorých sa takmer vždy vyskytujú udalosti spôsobujúce náhle zmeny produkčných podmienok) dosiahneme vždy veľmi podobnú strednú relatívnu chybu krátko a strednodobých predikcií. Rozdiel je však v tom, že pri krátkych kalibračných obdobiach obsahujú stredné relatívne chyby predikcie iba malé vychýlenia t. j. rastová funkcia ako model rastu skúmaného stromu stromov poskytuje vysoko realistické predpovede. Toto je obzvlášť dôležité pre strednodobé predikcie a zrejme to bude platiť aj pre dlhodobé predikcie nad 30 rokov, čo sa však pri danom charaktere podkladového empirického materiálu nedalo overiť. Okrem toho, krátke kalibračné doby sú v praxi oveľa dostupnejšie, pretože sa nepotýkajú s potrebou dlhodobosti opakovaných meraní a čo je asi najdôležitejšie – sú menej nákladné.

Väčšina porovnávaní v predkladanej práci musela byť z logických dôvodov urobená v relatívnych jednotkách. Všetky charakteristiky vychýlenia, presnosti a správnosti sú v percentách a preto je ich absolútna veľkosť podstatne ovplyvnená základom, ku ktorému sa vzťahujú. Pri malých hrúbkach v mladých vekoch sú aj malé absolútne diferencie relatívne veľké a naopak, v starších vekoch pri hrubších stromoch sa aj väčšie absolútne odchýlky javia ako relatívne malé. Toto je potrebné pri praktickom použití výsledkov práce zohľadniť.

Všetky vykonané rozborové boli urobené pre jednotlivé stromy. Tieto rozborové sú veľmi dôležité pre potreby konštrukcie stromových rastových modelov na neúplných časových radoch. Z praktického pohľadu pre potreby hospodárenia v lese sú rovnako dôležité aj rozborové presnosti a správnosti predikcie priemernej rastovej tendencie definovaného súboru stromov v absolútnych jednotkách, ktoré však nebolo možné do predkladaného príspevku (s ohľadom na jeho rozsah) zahrnúť. Uvedená analýza, ktorá predstavuje logické rozšírenie vykonaných rozborov, preto ostáva úlohou pre budúcnosť.

Literatúra

- BOCK, R. D., DU TOIT, S. H. C, 2003: Parameter Estimation in the Context of Nonlinear Longitudinal Growth Models. In: HAUSPIE, R. C., CAMERON N., MOLINARI, L. (eds.) *Methods in Human Growth Research. Series: Cambridge Studies in Biological and Evolutionary Anthropology* (39), Cambridge University Press, s. 198–220.
- FABRIKA, M., ĎURSKÝ, J., 2005: Stromové rastové simulátory. EFRA – Vedecká agentúra pre ekológiu a lesníctvo, Zvolen, 112 s.
- HALAJ, J., PETRÁŠ, R., 1998: Rastové tabuľky hlavných drevín, SAP Bratislava, 325 s.
- HOBBS, T., 2002: *Systems Ecology: An Introduction to Methods of Ecological Modelling* (Lectures notes). http://www.cnr.colostate.edu/class_info/nr575/

- HYNNYEN, J., 1995: Modelling the growth of managed and even-aged stands – Růstový model vychovávaného stejnověkého porostu. *Lesnictví – Forestry*, 41(4), s.4.
- STATSOFT, INC., 2005: STATISTICA 7.1. Tulsa, Oklahoma.
- KORF, V., 1939: Příspěvek k matematické definici vzrůstového zákona hmot lesních porostů. *Rukopis*. 39 s.
- ŠMELKO, Š., 1982: Biometrické zákonitosti rastu a prírastku lesných stromov a porastov. VEDA vydavateľstvo SAV Bratislava, 183 s.
- VANCLAY, J. K., 1994: Modelling forest growth and yield. (Application to mixed tropical forests). CAB International, Wallingford, UK, 312 s.
- VAN LAAR, A., AKCA, A., 1997: Forest mensuration. Curvilinear Verlag, Göttingen, 417 s.
- ZEIDE, B., 1989: Accuracy of equations describing diameter growth. *Canadian Journal of Forest Research* 19, s. 1283–1286.
-

Adresa autora:

Ing. Róbert Sedmák
Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie
Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
96053 Zvolen

Prediction of beech diameter growth by Korf's function on the base of information incomplete time series

Summary

Analysis of the prediction ability of Korf's growth function for diameter growth modelling of mature beech trees was performed. In essence, an investigation of unbiasedness of short and medium-term prognoses with length till 30 years was done on the base of calibration data sets with different length situated in different phases of the tree living cycle. Empirical data originated from stem analyses. A complex evaluation of influence of calibration period length, living phases and their interactions on bias, precision and accuracy of Korf's function was done. The analysis offers basic informations about magnitude of possible errors and biases of the short and medium-term predictions of Korf's growth function parametrised on information incomplete calibration data sets varying quality.

Translated by the author

HODNOTENIE VEKOVÝCH ŠTRUKTÚR VLASTNÍCKYCH CELKOV ALTERNATÍVNymi METÓDAMI

Ján B A H Ý Ľ

Bahýľ, J.: Hodnotenie vekových štruktúr vlastníckych celkov alternatívnymi metódami. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLIX**, 2007, č. 1, s. 201–213.

Práca hodnotí problematiku vekovej štruktúry vlastníckych celkov, na základe porovnania ich skutočného stavu s normálnou štruktúrou. Zhodnotenie sa vykonalo pomocou troch metód a to variačným koeficientom, udávajúcim variabilitu medzi skutočnou a normálnou štruktúrou, indexom zhody vekovej štruktúry a modifikovaným indexom zhody vekovej štruktúry, ktoré udávajú stupeň priblíženia sa skutočnej vekovej štruktúry, k normálnej vekovej štruktúre. Zhodnotenie bolo vykonané v šiestich vlastníckych celkoch vybraných zo severného a stredného Slovenska. Na základe skutočného stavu boli vypočítané plochové ukazovatele, pomocou metódy matematických modelov a z nich následne odvodené vekové štruktúry na tri desaťročia dopredu.

V ďalšej časti práce sa porovnali výsledky pri použití variačného koeficientu, indexu zhody vekovej štruktúry a modifikovaného indexu zhody vekovej štruktúry. Hodnota indexu zhody sa vo vybraných vlastníckych celkoch pohybovala od 0,7455–0,9083 a hodnota modifikovaného indexu zhody od 0,7131–0,8693, čo predstavuje rozdiel o 3,24 % pri najnižšej hodnote a 3,9 % pri najvyššej hodnote. Z výpočtov obidvoch indexov je zrejmé, že modifikovaný index zhody berie do úvahy aj väčšie odchýlky od normálneho zastúpenia na rozdiel od indexu zhody, ktorý pozostáva iba z diferencií medzi skutočným a normálnym zastúpením, bez ohľadu na skutočnú výmeru vekového stupňa. V priemere je preto hodnota indexu zhody približne o dve stotiny vyššia. Pri porovnaní tvaru hodnôt variačného koeficientu s indexom zhody a modifikovaným indexom zhody vyplýva, že hodnoty indexov len čiastočne závisia od variability plôch skutočných vekových stupňov, okolo normálneho zastúpenia vekových stupňov.

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

1. PROBLEMATIKA A CIEĽ PRÁCE

V súčasnom období sa územne súvislé lesné celky s veľkými výmerami rozdeľujú na menšie jednotky a to vlastnicke celky (bývalé LUC). Takéto rozdeľovanie ucelených 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 kráť 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 (ŽIHĽAVNÍK 2005).

Veková štruktúra vlastníckych celkov výrazne ovplyvňuje riešenie ťažbovej úpravy lesa v súčasnom období. Už 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; ŽIHĽAVNÍK 2004, 2005).

Ťažbová úprava lesa doposiaľ využívala iba jediný plochový ukazovateľ – objem ťažby, vypočítaný z výmery normálneho rúbaniska a priemernej hektárovej zásoby rubných lesných porastov. Takto odvodený objem ťažby odpovedá priamo normálnej výmere vekových stupňov, čiže pre väčšinu novovytvorených vlastníckych celkov, ktoré sú charakteristické nevyrovnanou, často až extrémnou vekovou štruktúrou, má iba teoretickú hodnotu. V súčasnosti platná vyhláška č. 453/2006 Z. z. o hospodárskej úprave lesov a ochrane lesa ho však úplne vylúčila.

Veľkou výhodou použitia plochových ťažbových ukazovateľov je možnosť rýchleho, presného a nie zložitého odvodenia výšky ťažby aj na niekoľko desaťročí dopredu. Zmeny vo výmerách nastávajú len vplyvom obnovnej ťažby vo vekových stupňoch obnovovaných a v najmladšom vekovom stupni vplyvom presunu obnovených plôch.

Spôľahivosť plochových ťažbových ukazovateľov a údajov bola často kritizovaná a čiastočne aj opodstatnená, pretože v podrastovom lese v súvislosti s výskytom prekrývajúcich sa etáží na tej istej ploche dochádzalo k nepresnosti pri výpočtoch (PRIESOL – POLÁK 1991).

Celková výmera sledovanej jednotky sa však pri dodržaní stanovených podmienok hospodárenia počas celého obdobia výpočtu, vo väčšine prípadov vôbec nemení a nemajú na ňu vplyv výchovné ani obnovné zásahy, na rozdiel od zásob, ktoré sa týmito zásadami v každom desaťročí neustále menia vo všetkých vekových stupňoch.

Čím je dĺžka obdobia pri výpočte väčšia, tým je prakticky hodnota výpočtu nereálnejšia 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.). Preto je nutné na jednotlivé zmeny, ktoré vznikli týmito činiteľmi, pružne reagovať v konkrétnom desaťročí. Taktiež je potrebné urobiť nový výpočet, s upravenými hodnotami výmer vekových stupňov, vzhľadom na ich zmenený stav, čím sa zabezpečí dosiahnutie reálnejších výsledkov potrebných pre najbližšie desaťročia (ŽIHĽAVNÍK 1999).

Na výpočet plochového ukazovateľa ŽIHĽAVNÍK (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.

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 zhodnotenie vekovej štruktúry vlastníckych celkov, zistenie jej výhľadov na niekoľko desaťročí do budúcnosti, pomocou metódy matematických modelov ťažbovej regulácie a vyhodnotenie jej priblíženia sa k normálnej výmere, ktorá má za úlohu zabezpečiť stálosť a vyrovnanosť produkcie vo vlastníckom celku.

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 lesné hospodárske plány vypracované Lesoprojektom Zvolen, s platnosťou za obdobie 1995–2004 a 1996–2005. V rámci vybraného súboru bola do tejto práce vybraná skupina 6 vlastníckych celkov (bývalé lesné užívateľské celky) z kategórie hospodárskych lesov vo vlastníctve a užívaní štátnych lesov, z oblasti stredného a severného Slovenska. Jednotlivé vlastnícke celky sú označené poradovým číslom, aby sa zabránilo zneužitiu údajov treťou osobou.

Vlastnícky celok č. 1

Výmera lesných porastov kategórie hospodárskych lesov tvaru vysokého je 1 645,46 ha. Rubná doba je 100 rokov a obnovná doba predstavuje 30 rokov. Celková zásoba predstavuje 323 318 m³. Zásoba rubných porastov je 40 707 m³, výmera rubných porastov je 87,06 ha a ťažbová plocha je 36,00 ha. Stanovená výška obnovnej ťažby je 16 952 m³.

Vlastnícky celok č. 2

Výmera lesných porastov kategórie hospodárskych lesov je 3 432,54 ha. Rubná doba je 100 rokov a obnovná doba 30 rokov. Celková zásoba predstavuje 1 068 923 m³. Zásoba rubných porastov je 426 361 m³, a ich výmera je 620,7 ha a ťažbová plocha predstavuje 322,35 ha.

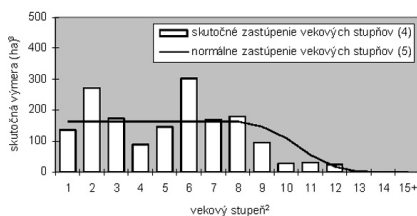
Vlastnícky celok číslo č. 3

Výmera lesných porastov kategórie hospodárskych lesov predstavuje 4641,79 ha. Rubná doba je 100 rokov a obnovná doba 30 rokov. Celková zásoba vlastníckeho celku predstavuje 1 554 019 m³. Zásoba rubných porastov je 494 023 m³, výmera rubných porastov je 642,28 ha a ťažbová plocha je 376,50 ha.

Vlastnícky celok číslo č. 4

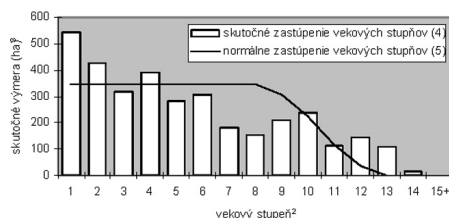
Výmera lesných porastov je 604,24 ha. Rubná doba je 100 rokov a obnovná doba 30 rokov. Celková zásoba predstavuje 111 348 m³. Zásoba rubných porastov je 12 586 m³, výmera rubných porastov je 35,76 ha a ťažbová plocha 20,73 ha.

Vlastnícky celok č. 1¹



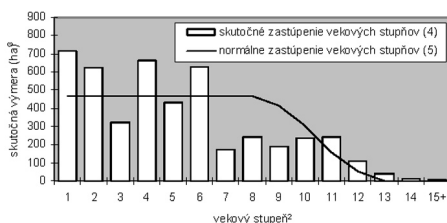
Obr. 1

Vlastnícky celok č. 2¹



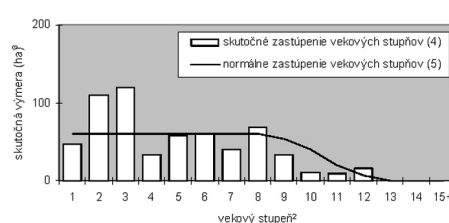
Obr. 2

Vlastnícky celok č. 3¹



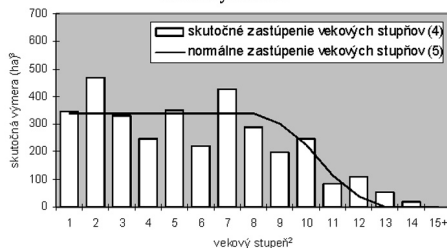
Obr. 3

Vlastnícky celok č. 4¹



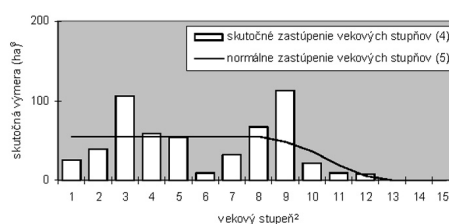
Obr. 4

Vlastnícky celok č. 5¹



Obr. 5

Vlastnícky celok č. 6¹



Obr. 6

Obr. 1–6 Grafy rozdielu skutočného zastúpenia vekových stupňov od normálneho zastúpenia vekových stupňov

Fig. 1–6 Plots of difference of the real age-class distribution and the normal age-class distribution 1 user unit No., 2 age class, 3 real area, 4 real area of the age classes, 5 normal area of the age classes

Vlastnícky celok číslo č. 5

Výmera lesných porastov vlastníckeho celku je 3384,35 ha. Rubná doba je 100 rokov a obnovná doba 30 rokov. Celková zásoba predstavuje 608 004 m³. Zásoba rubných porastov je 193 629 m³, výmera rubných porastov je 512,69 ha a ťažbová plocha je 208,37 ha.

Vlastnícky celok č. 6

Výmera lesných porastov hospodárskeho tvaru vysokého je 544,07 ha. Rubná doba je 100 rokov a obnovná doba 30 rokov. Celková zásoba predstavuje 104 325 m³. Zásoba rubných porastov je 13 813 m³, výmera rubných porastov je 39,19 ha a ťažbová plocha predstavuje 20,58 ha.

Na zhodnotenie skutočného stavu vlastníckych celkov boli použité prehľadové tabuľky o plochách drevín, zásob a ťažieb drevín v členení po vekových stupňoch. Skutočná veková štruktúra jednotlivých vlastníckych celkov sa porovnala s normálnou vekovou štruktúrou. S použitím metódy matematických modelov pre reguláciu vekovej štruktúry (ŽÍHLAVNÍK, A. 2000, 2004), s použitím počtu vekových stupňov $k = 3$, boli pre jednotlivé vlastnícke celky vypočítané plochové ťažbové ukazovatele a pomocou nich vypočítané zloženie vekovej štruktúry vlastníckych celkov na tri desaťročia dopredu.

Pre zhodnotenie stupňa zhody vekovej štruktúry vlastníckych celkov, t. j. priblíženie sa skutočnej vekovej štruktúry k normálnemu zastúpeniu vekových stupňov, sa použili tri metódy:

- Zhodnotenie vekovej štruktúry pomocou variačného koeficienta z rozdielov diferencií medzi skutočným a normálnym zastúpením vekových stupňov (BALOGH 2006).

$$sx\% = \frac{sx}{\bar{x}} \cdot 100 \quad (1)$$

$sx\%$ – variačný koeficient rozdielov diferencií skutočných a normálnych plôch vekových stupňov (%),

sx – smerodajná odchýlka diferencií skutočných a normálnych plôch vekových stupňov (%),

$\bar{x}$ – aritmetický priemer diferencií skutočných a normálnych plôch vekových stupňov (%).

- Druhou metódou stanovenia vekovej štruktúry je index zhody vekovej štruktúry (MARUŠÁK 2001), ktorý vychádza z podielu sumy absolútnych hodnôt rozdielov medzi skutočnou a normálnou výmerou jednotlivých vekových stupňov a maximálne možným súčtom diferencií.

$$I_{zh} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |\Delta_i|}{\Delta_{\max}} \quad (2)$$

$$\Delta_{\max} = P - P_{n,j} + \sum_{k=1}^n P_{n,k} \quad (3)$$

P – skutočná výmera hodnoteného súboru (ha),

$P_{n,j}$ – normálna výmera j-teho vekového stupňa (ha),

$P_{n,k}$ – normálna výmera k-teho vekového stupňa (ha),

j – vekový stupeň s najnižšou normálnou výmerou,

k – vekový stupeň s normálnou výmerou väčšou ako j-tý vekový stupeň.

- Tretou metódou je modifikovaný index zhody vekovej štruktúry, ktorý predstavuje podiel sumy vážených aritmetických priemerov, kde váhou je diferencia medzi skutočnou a normálnou výmerou vekového stupňa, a rozdiel výmery vekového stupňa s najväčšou skutočnou a najnižšou normálnou výmerou.

$$I_{mzh} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |\Delta_i \cdot P_{s,i}|}{P_{s,k} - P_{n,j}} \quad (4)$$

Δ_i – diferencia medzi skutočnou a normálnou výmerou i-teho vekového stupňa (ha),

$P_{s,i}$ – normálna výmera vekového stupňa (ha),

P – skutočná výmera hodnoteného súboru (ha),

$P_{n,j}$ – normálna výmera j-teho vekového stupňa (ha),

$P_{s,k}$ – skutočná výmera k-teho vekového stupňa (ha),

i – vekový stupeň,

j – vekový stupeň s najnižšou normálnou výmerou,

k – vekový stupeň s najväčšou skutočnou výmerou.

Obidva indexy môžu nadobúdať hodnoty z intervalu $<0,1>$. V prípade že hodnota I_{zh} , $I_{mzh} = 0$, veková štruktúra je absolútne nevyhovujúca. V prípade ak hodnota indexov je na hornej hranici intervalu to znamená že I_{zh} , $I_{mzh} = 1$, skutočné zastúpenie vekových stupňov je úplne totožné s normálnym zastúpením. Zvyšovaním hodnoty indexu a jeho približovaním sa k normálnemu zastúpeniu vekovej štruktúry sa skutočná veková štruktúra upravuje smerom k normálu a prípadným znižovaním indexu a zvyšovaním rozdielu skutočného a normálneho zastúpenia vekových stupňov svedčí o zhoršovaní vekovej štruktúry. Na získanie percentuálneho vyjadrenia priblíženia sa skutočného zastúpenia k normálnemu zastúpeniu vekových stupňov vynásobíme hodnotu indexu číslom 100.

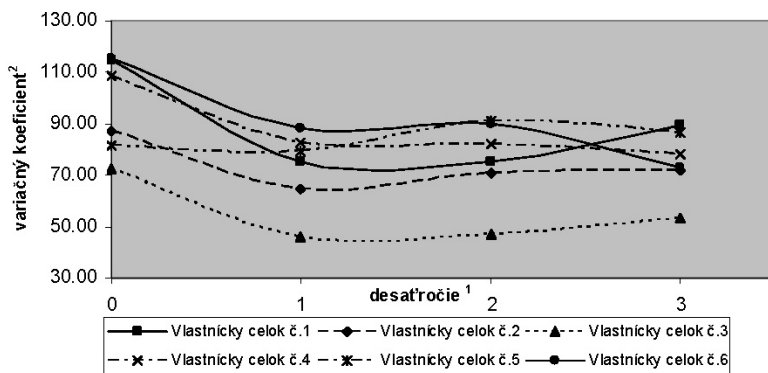
$$\%_{zh} = I_{zh} \cdot 100 \quad (5)$$

Percentuálne vyjadrenie priblíženia sa skutočnej vekovej štruktúry k normálnej umožňuje porovnať stav vekovej štruktúry daného celku z viacerých období, ako aj stav vekových štruktúr rozličných celkov, resp. hodnotiacich súborov celkov navzájom.

3. DOSIAHNUTÉ VÝSLEDKY A DISKUSIA

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

Na základe vypočítaných hodnôt variačných koeficientov (obr. 7) je možné vidieť stav variačných koeficientov v jednotlivých vlastníckych celkoch na tri desaťročia dopredu. V prvom desaťročí sa variabilita rozdielov skutočného a normálneho zastúpenia vekových stupňov všetkých skúmaných vlastníckych celkov zníži pričom najväčší pokles sa zaznamenal o 39,96 % v prvom vlastníckom celku a najmenší len 1,94% v piatom vlastníckom celku. Keď sa pozrieme na variabilitu vlastníckych celkov v druhom desaťročí vidíme, že oproti prvému sa viac menej neodlišuje okrem vlastníckeho celku č. 6, kde nadobúda stúpajúcich hodnôt až o takmer 12 %. Rozdiely vo variabilite medzi druhým a tretím desaťročím sú už odlišnejšie. Vo vlastníckych celkoch č. 4. a 5. variabilita klesá len minimálne vo vlastníckom celku č. 6 je to podstatnejšie až o 16,48 %. Naopak stúpajúca tendencia variability je vo vlastníckych celkoch č. 2. a 3. kde tento rozdiel nie je veľmi citeľný u vlastníckeho celku č. 1 dochádza k nárastu až o 14,33 %.



Obr. 7 Graf priebehu variačných koeficientov vlastníckych celkov po desaťročiach

Fig. 7 Plot of process coefficient of variance of user units of the decade 1 decade, 2 coefficient of variance

S klesajúcou hodnotou variačného koeficientu sa znižuje rozdielovosť vekovej štruktúry vlastníckeho celku a tým dochádza k približovaniu skutočnej výmery vekových stupňov k normálnej výmere vekových stupňov, ktorá zabezpečí vyrovnanosť produkcie v danom vlastníckom celku. Pri použití metódy matematických modelov a následného

vyrovnávania vekových štruktúr na tri desaťročia dopredu je vidieť, že oproti súčasnému stavu má variačný koeficient vo všetkých vlastníckych celkoch klesajúcu tendenciu okrem vlastníckeho celku č. 5 kde sa dosahujú vyrovnané hodnoty a v druhom desaťročí mierne stúpa. Je to práve v dôsledku jeho najvyrovnanejšej vekovej štruktúry so zastúpením vyšších výmer v prvom a druhom vekovom stupni v súčasnosti a účasti 14 vekových stupňov, čím sa zvýši výmera nižších vekových stupňov v nasledujúcich desaťročiach. V prípade vlastníckeho celku č. 1 sú najviac zastúpené vekové stupne vo vyšších ročníkoch, čo má tak ako v predchádzajúcom prípade po dvoch desaťročiach, za následok nárast výmery vekových stupňov v nižších ročníkoch. Vo vlastníckom celku č. 6 dochádza k najväčšiemu poklesu variability za tri desaťročia až o 42,39 %.

Na obrázkoch 8–13 sú znázornené priebehy vypočítaného indexu zhody vekovej štruktúry a modifikovaného indexu zhody vekovej štruktúry po desaťročiach a vlastníckych celkoch. Vo vlastníckom celku č. 1 je priebeh obidvoch indexov takmer totožný, až na posledné desaťročie, kde modifikovaný index zaznamenal výrazný pokles hodnoty, čím došlo k oddialeniu skutočnej vekovej štruktúry od normálnej. Na rozdiel od toho, index zhody zaznamenal nárast, čím došlo k ešte výraznejšiemu priblíženiu sa normálnemu zastúpeniu vekových stupňov. Odôvodniť je to možné tým, že modifikovaný index berie do úvahy aj váhy v podobe skutočných plôch vekových stupňov k diferenciám, na rozdiel od indexu zhody, ktorý pozostáva iba z diferencií medzi skutočným a normálnym zastúpením vekových stupňov a práve preto sa väčšie odchýlky nezaznamenajú až v takom rozsahu.

Index zhody nevychádza z váženého priemeru a ani z maximálneho variačného rozpätia medzi vekovými stupňami, na základe čoho možno konštatovať, že v prípade všetkých analyzovaných vlastníckych celkov hodnotu indexu nadhodnocuje a tým dochádza ku skresľovaniu priblíženia sa skutočnej výmery vekových stupňov k normálnej výmere.

Rozdiely medzi indexmi sú zanedbateľné a v prípade vlastníckych celkov č. 2–5 nadobúdajú rovnaký priebeh. Ich hodnoty sú však odlišné, približne o dve stotiny, čo je zanedbateľné najviac vo vlastníckych celkoch č. 2–5. Vo vlastníckom celku č. 6 dochádza po prvom desaťročí k strmšiemu nárastu u modifikovaného indexu zhody, čo predstavuje až 6 stotín. Najvyššia hodnota indexu zhody 0,9083 ako aj modifikovaného indexu zhody 0,8693 sa nachádza vo vlastníckom celku č. 5 pri vyrovnanej vekovej štruktúre v druhom desaťročí. Toto rozloženie vekových stupňov sa teda najviac približuje k normálnej štruktúre. Najnižšia hodnota indexu zhody 0,7455 a modifikovaného indexu zhody 0,7131 sa zhodne u obidvoch nachádza vo vlastníckom celku č. 6 v prvom desaťročí, kde je aj najväčší rozdiel medzi skutočnou a normálnou výmerou vekových stupňov.

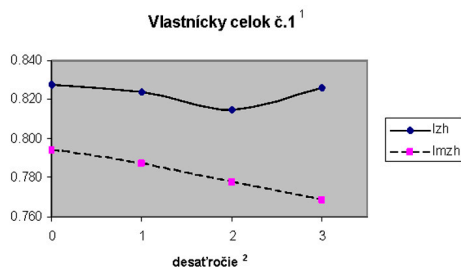
Pri výpočte indexu je potrebné zohľadňovať diferenciu vo väzbe na skutočné výmery jednotlivých vekových stupňov a variačné rozpätie medzi maximálnou skutočnou a minimálnou normálnou hodnotou výmery vekového stupňa.

Tabuľka 1 Priebeh ploch vekových štruktúr vlastníckych celkov po vekových stupňoch a desaťročiach
Table 1 View areas of the age structures user units of the age classes and decades

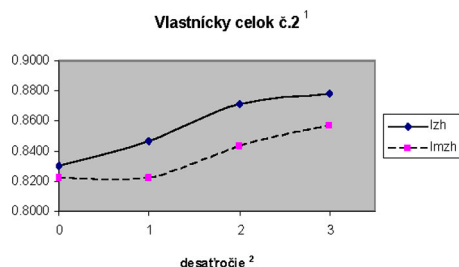
vlastnícky celok č. /	desaťročie ²	veková štruktúra ³															P ⁴	UP _{mod} ⁵	s _χ ⁶	I ₇ ⁷	I ₈ ⁸
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15+					
1	0	136,1	271	172,8	87,47	146,1	301,1	169,1	180,4	94,32	28,1	30,76	24,05	4,15			1645,46		114,98	0,8275	0,7942
	1	110,06	136,1	271	172,8	87,47	146,1	301,1	169,1	177,70	74,03	0,00	0,00				1645,46	144,53	75,02	0,8241	0,7873
	2	115,6	110,06	136,1	271	172,8	87,47	146,1	301,1	164,18	140,98	0,00	0,00				1645,46	210,48	75,02	0,8151	0,7779
	3	127,61	115,6	110,06	136,1	271	172,8	87,47	146,1	295,03	118,61	65,02	0,00				1645,46	261,29	89,35	0,8263	0,7685
2	0	544,52	425,91	317,75	391,15	283,59	305,49	179,86	153,70	209,87	238,65	112,79	144,55	108,47	15,74	0,50	3432,54		86,81	0,8304	0,8221
	1	279,97	544,52	425,91	317,75	391,15	283,59	305,49	179,86	153,45	208,00	235,54	107,31				3432,54	279,97	64,60	0,8465	0,8217
	2	373,09	279,97	544,52	425,91	317,75	391,15	283,59	305,49	173,68	107,09	130,74	99,56				3432,54	265,78	70,61	0,8712	0,8435
	3	301,61	373,09	279,97	544,52	425,91	317,75	391,15	283,59	299,13	125,99	0,00	89,83				3432,54	273,42	71,77	0,8780	0,8568
3	0	718,10	621,10	321,27	664,91	435,12	628,65	174,99	243,08	192,29	234,61	242,57	108,76	40,59	10,04	5,71	4641,79		72,10	0,7878	0,7525
	1	296,01	718,10	621,10	321,27	664,91	435,12	628,65	174,99	240,04	169,46	196,55	175,59				4641,79	296,01	45,59	0,7955	0,7517
	2	400,13	296,01	718,10	621,10	321,27	664,91	435,12	628,65	167,36	182,83	74,11	132,20				4641,79	328,00	47,03	0,8133	0,7641
	3	375,40	400,13	296,01	718,10	621,10	321,27	664,91	435,12	618,12	88,38	103,25	0,00				4641,79	452,85	53,42	0,8221	0,7637
4	0	46,47	109,67	119,27	33,47	58,26	60,08	39,64	68,08	33,54	10,33	9,47	15,96				604,24		108,44	0,7892	0,7547
	1	42,10	46,47	109,67	119,27	33,47	58,26	60,08	39,64	67,29	27,59	0,40	0,00				604,24	50,09	82,81	0,7946	0,7503
	2	31,33	42,10	46,47	109,67	119,27	33,47	58,26	60,08	38,17	56,25	9,17	0,00				604,24	63,31	81,86	0,7895	0,7431
	3	47,41	31,33	42,10	46,47	109,67	119,27	33,47	58,26	58,41	21,43	35,35	1,07				604,24	71,91	78,21	0,7854	0,7415
5	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		81,13	0,8795	0,8560
	1	351,20	347,03	467,28	329,62	246,75	348,34	219,87	425,49	284,70	167,48	196,59	0,00				3384,35	359,41	79,19	0,9021	0,8701
	2	289,42	351,20	347,03	467,28	329,62	246,75	348,34	219,87	416,66	218,51	147,23	2,44				3384,35	379,48	90,75	0,9083	0,8693
	3	140,59	289,42	351,20	347,03	467,28	329,62	246,75	348,34	216,28	389,73	189,90	68,21				3384,35	405,54	86,30	0,8711	0,8368
6	0	25,26	38,46	106,39	58,60	54,07	9,13	32,85	66,81	113,31	21,93	9,43	7,83				544,07		115,52	0,7490	0,7139
	1	54,43	25,26	38,46	106,39	58,60	54,07	9,13	32,85	65,02	99,86	0,00	0,00				544,07	84,90	87,99	0,7455	0,7131
	2	92,26	54,43	25,26	38,46	106,39	58,60	54,07	9,13	30,71	48,93	25,83	0,00				544,07	92,23	89,61	0,7875	0,7741
	3	24,62	92,26	54,43	25,26	38,46	106,39	58,60	54,07	7,96	21,92	34,27	25,83				544,07	50,42	73,13	0,7583	0,7619

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

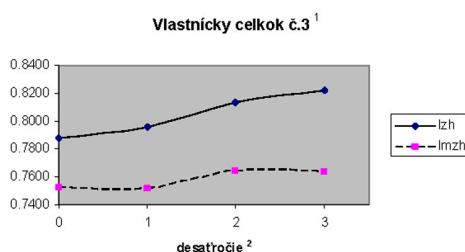
⁸modified index of coincidence



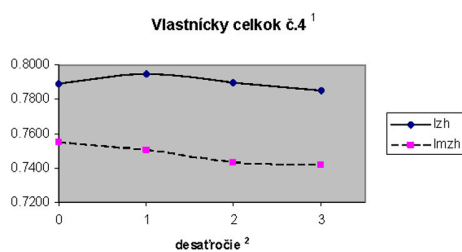
Obr. 8



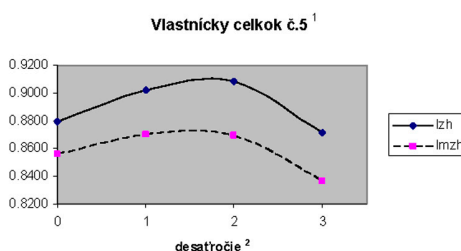
Obr. 9



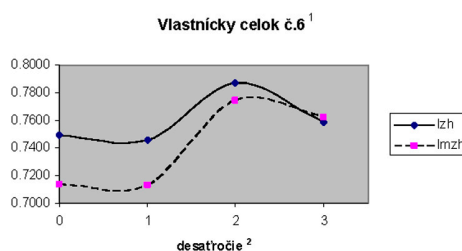
Obr. 10



Obr. 11



Obr. 12



Obr. 13

Obr. 8–13 Grafy zmeny hodnoty indexu zhody a modifikovaného indexu zhody po desaťročiach
 Fig. 8–13 Plots of value change index of coincidence and modifikated index of coincidence of the decades
¹user unit No., ²decade

Variačný koeficient vo vlastníckom celku č. 1 má podobný priebeh ako hodnoty indexu zhody v jednotlivých desaťročiach. V prvom desaťročí hodnoty variačného koeficienta klesajú strmšie ako hodnota indexu zhody. Po prvom desaťročí sa tvar krivky variačného koeficientu viac približujú priebehu hodnôt modifikovaného indexu zhody, od druhého desaťročia viac hodnotám indexu zhody. Vo vlastníckom celku č. 2 v porovnaní s hodnotami

indexu zhody a modifikovaným indexom zhody sa tvar krivky približne rovná hodnotám variačného koeficientu len po druhom desaťročí a v treťom desaťročí. Podobne ako predchádzajúci je na tom i vlastnícky celok č. 3, kde je tvar krivky hodnôt variačného koeficientu približne rovnaký s krivkou hodnôt indexu zhody a modifikovaného indexu až od druhého desaťročia. Vo vlastníckom celku č. 4 do prvého desaťročia je krivka hodnôt variačného koeficientu približne rovnaká s krivkami hodnôt oboch indexov, po prvom desaťročí má krivka hodnôt stúpajúcu tendenciu, pričom opačne je to pri indexoch zhody, kde majú hodnoty klesajúci priebeh. Vo vlastníckom celku č. 5 majú krivky hodnôt rozdielny priebeh. Hodnoty variačného koeficientu zaznamenali pokles po prvé desaťročie a v ďalších desaťročiach majú vyrovnaný priebeh. U oboch indexov majú hodnoty stúpajúci charakter po druhé desaťročie a následne klesajú. Vo vlastníckom celku č. 6 sa tvar krivky hodnôt variačného koeficientu v jednotlivých desaťročiach nezhoduje s priebehom hodnôt jednotlivých indexov.

4. ZÁVER

Cieľom práce bolo zhodnotenie vekovej štruktúry vlastníckych celkov a stanoviť hodnoty vekovej štruktúry v jednotlivých vlastníckych celkoch na tri desaťročia dopredu, pomocou výpočtu plochových ukazovateľov, s použitím rôznych variantov matematických modelov s vyrovnávacím charakterom. So zväčšovaním dĺžky obdobia pri výpočte sa vplyvom rôznych nepredvídaných činiteľov, či už biotických alebo abiotických prognóza vývoja vekových štruktúr stáva menej reálnou.

Z výpočtu modifikovaného indexu zhody a porovnania s indexom zhody vekovej štruktúry sa zistilo, že index zhody i keď zanedbateľne nadhodnocuje vyrovnanosť vekovej štruktúry v priemere o dve stotiny, čo má za následok práve to, že nevychádza z váženého aritmetického priemeru diferencií výmer a ani s maximálneho variačného rozpätia medzi vekovými stupňami, na rozdiel od modifikovaného indexu zhody vekovej štruktúry. Hodnota indexu zhody sa vo vybraných vlastníckych celkoch pohybovala od 0,7455–0,9083 a hodnota modifikovaného indexu zhody od 0,7131–0,8693, čo predstavuje rozdiel o 3,24 % pri najnižšej hodnote a 3,9 % pri najvyššej hodnote. Tieto dva indexy nadobúdajú podobný priebeh v prevažnej väčšine vlastníckych celkov a obidva indexy sa zhodli v určení najbližšieho približenia sa normálnej vekovej štruktúry ku skutočnej, ako aj najväčšej odchýlky týchto dvoch vekových štruktúr.

Pri porovnaní tvaru hodnôt variačného koeficientu s indexom zhody a modifikovaným indexom zhody mali hodnoty vo vlastníckych celkoch č. 1–4 zrovnateľný priebeh. Vo vlastníckych celkoch č. 5 a 6 boli úplne odlišné. Z toho vyplýva, že hodnoty indexov len čiastočne závisia od variability plôch skutočných vekových stupňov okolo normálneho zastúpenia vekových stupňov.

Literatúra

- BALOGH, P., 2006: Vplyv náhodných ťažieb na ťažbovú úpravu lesa v lesných užívateľských celkoch. Dizertačná práca, Zvolen, 109 s.
- GREGUŠ, C., 1976: Hospodárska úprava maloplošného rúbaňového lesa. Bratislava, 304 s.
- MARUŠÁK, R., 2001: Prognózovanie zásob vo vzťahu k výberu ťažbového ukazovateľa. In: Zborník referátov. Medzinárodné sympóziu „Súčasnosc' a nové smery rozvoja hospodárskej úpravy lesov“, TU Zvolen, s. 71–78.
- POZNAŇSKI, R., 2001: Metoda optymalnego porządku cięć w przerębowozrębowym sposobie zagospodarowania z rębnią częściową. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu. CCCXXXI, Leśnictwo, 39: 203–208.
- POZNAŇSKI, R., 2004a: Nowe metody regulacji w urządzaniu lasu. Katedra Urządzania Lasu Akademii Rolniczej, Kraków, 195 s.
- PRIESOL, A. – POLÁK, L., 1991: Hospodárska úprava lesov. Příroda, Bratislava, 448 s.
- ŽIHĽAVNÍK, A., 1999: Ťažbová úprava v lesných užívateľských celkoch. Vedecké štúdie, Technická univerzita Zvolen, 78 s.
- ŽIHĽAVNÍK, A., 2000: Ťažbová regulácia v lesných užívateľských celkoch s podrastovým hospodárskym spôsobom. AFF, XLII, s. 213–225.
- ŽIHĽAVNÍK, A., 2004: Vplyv vlastníckych vzťahov k lesu na metódy ťažbovej úpravy lesa. Vedecké štúdie, Technická univerzita Zvolen, 62 s.
- ŽIHĽAVNÍK, A., 2005: Hospodárska úprava lesov. Technická univerzita Zvolen, 389s.
- Vyhláška č. 453/2006 Z.z. o hospodárskej úprave lesov a ochrane lesa.
-

Adresa autora:

Ing. Ján Bahýľ
Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie
Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
96053 Zvolen

Valuation of the age structure of user units alternatives methods

Summary

The submit report deals the problem of the age structure of user units on base of comparison their real and normal age structure. The valuations were performed three methods: coefficient of variance, which is indicated by variability between real and normal structure, index of coincidence and modified index of coincidence of the age structure. These indexes are indicated level of approach the structures. The valuation has been carried out in the six user units. They were selected from the north and central part of Slovakia. There were computed prescribed cut by method of mathematical models and derivation of the real age structures on three decades forward.

The report in the next part was compared the results by using coefficient of variance, index of coincidence and modified index of coincidence age structure. The values of index of coincidence were appeared from 0,7455 to 0,9083 and values of modified of index coincidence from 0,7131 to 0,8693. The difference is in the first time 3,24% and the second 3,9%. After evaluation the results of both indexes come through that modified index of coincidence are regarding also bigger variances from normal distribution. This difference in compare with index of coincidence is due to differences between real and normal distribution without reference to real age class area. The value of index of coincidence is therefore about two hundredths advanced. The coefficient of variance in compare with other indexes results from the values partially depend from variability of real areas closely the normal age-classes distribution.

RIEŠENIE ŤAŽBOVEJ ÚPRAVY LESA VO VÄZBE NA TRVALE UDRŽATEĽNÉ HOSPODÁRENIE V LISOCH

Anton Ž Í H L A V N Í K

Žihlavník, A.: Riešenie ťažbovej úpravy lesa vo väzbe na trvale udržiateľné hospodárenie v lesoch. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLIX**, 2007, č. 1, s. 215–225.

Cieľom príspevku je poukázať na možnosť riešenia ťažbovej úpravy lesa s využitím výsledkov z trvalých výskumných plôch. Ide o vyhodnotenie porastových veličín z opakovaných meraní na trvalých výskumných plochách. Navrhujú sa rôzne alternatívy intenzity ťažbových zásahov na sledovaných plochách. Predpokladá sa intenzita v rozpätí od 10 % do 25 %, podľa stavu jednotlivých porastov. V príspevku je uvedená jedna z možných alternatív, kde návrhy ťažieb predpokladajú zásahy do podúrovne, ale aj do úrovne porastu. Ťažbovými zásahmi dochádza ku zníženiu zakmenenia na hodnotu 0,7. Dosiahnuté výsledky sú prínosom pre doplnenie dlhodobého výskumu v tejto oblasti. Následne sa budú realizovať pri obnove lesného hospodárskeho plánu v roku 2009.

Kľúčové slová: hospodársky spôsob, ťažbová úprava lesa

1. PROBLEMATIKA A CIEĽ PRÁCE

Obnovené vlastnícke a užívateľské vzťahy k lesu majú výrazný vplyv na obhospodarovanie lesa. Aby nedošlo k narušeniu trvalosti lesa neodborným obhospodarováním, už novely zákona č. 100/1977 Zb. o hospodárení v lesoch a štátnej správe lesného hospodárstva, v znení neskorších predpisov na prvé miesto dávajú použitie podrastového hospodárskeho spôsobu v hospodárskych lesoch. V súčasnosti zákon NR SR č. 326/2005 Z. z. o lesoch ako aj vyhláška MP SR č. 453/2006 Z. z. o hospodárskej úprave lesov a ochrane lesov, stanovuje používať podrastový, výberkový a účelový hospodársky spôsob, čím prispieva k zvyšovaniu podielu použitia jemnejších hospodárskych spôsobov v našom lesnom hospodárstve. Použitím týchto spôsobov vznikajú typy lesa, ktoré môžeme charakterizovať diferencovanou vekovou a priestorovou štruktúrou s vysokým podielom prirodzenej obnovy.

V lesoch Slovenska s vysokým zastúpením buka by mal byť rozhodujúcim v týchto bukových porastoch podrastový hospodársky spôsob. Použitím tohto hospodárskeho spôsobu, prípadne výberkového hospodárskeho spôsobu je možné zabezpečiť uplatňovanie prírody blízkych hospodárskych spôsobov a tým následne aj trvale udržiateľné hospodárenie v lesoch.

Predpoklad úspešnej realizácie jemnejších foriem obhospodarovania lesa je výsledkom správneho odborného posúdenia celkového stavu obnovovaného porastu už pri plánovaní návrhov hospodárskych opatrení v rámci vypracovávaní lesného hospodárskeho plánu. Základným a významným prvkom pri rozhodovaní o použití jemnejších hospodárskych spôsobov je stav a predpoklady prirodzenej obnovy v príslušnej jednotke priestorového rozdelenia lesa.

Z doterajších výsledkov riešenej problematiky prirodzenej obnovy v príslušnej jednotke priestorového rozdelenia lesa sa potvrdzuje, že úspešnosť uplatnenia spomínaných jemnejších hospodárskych spôsobov závisí od miery správneho určenia prirodzenej obnovy v plánovaných hospodárskych opatreniach v rámci obnovy lesa (ŽÍHLAVNÍK, A. 2004, 2006). Toto následne súvisí s návrhmi intenzity ťažbových zásahov a s celkovým riešením ťažbovej úpravy lesa v príslušných jednotkách pre ťažbovú úpravu lesa. Je potrebné aby uvoľňovacie zásahy významne prispeli aj k zvyšovaniu hrúbkového prírastku a následne k zväčšovaniu porastovej zásoby (SANIGA 2005).

Veľký vplyv na uplatnenie jemnejších spôsobov majú náhodné ťažby (BALOGH 2005, 2006, ŽÍHLAVNÍK, A., BALOGH, BAHÝL 2006, DANČEK, ŽÍHLAVNÍK, A. 2003).

Z tohto dôvodu by sa malo uplatňovanie hospodárskych spôsobov a ich foriem odrážať aj v odlišných postupoch riešenia ťažbovej úpravy lesov pri obhospodarovaní lesa.

Riešením ťažbovej úpravy lesa s podrastovým hospodárskym spôsobom, ako aj problematikou podrastového lesa sa u nás aj v zahraničí zaoberá len málo autorov: GREGUŠ (1976), KORPEL a kol. (1991), SANIGA (2000), GAŠPERŠIČ (1995), POZNAŇSKI (2001, 2004), ŽÍHLAVNÍK, A. (2000, 2002, 2004, 2006).

Problémy v stanovení výšky obnovnej ťažby, ale aj v celej ťažbovej úprave lesa sa prejavili už v minulosti. Na základe teoretických a praktických poznatkov sa zistilo, že pri odvodení výšky ťažby vznikajú rozdiely medzi navrhnutou výškou ťažby a skutočne realizovanou ťažbou. Problém dodržania princípu trvalého obhospodarovania lesa je potrebné riešiť vzhľadom na malé výmery bývalých lesných užívateľských celkov a súčasných lesných celkov. V týchto sa vyskytujú nepravidelné vekové štruktúry, ktoré tvoria súbory porastov s rôznym vekom. Skutočný stav a zastúpenie jednotlivých porastov sa odráža následne na vekovej štruktúre lesného celku, resp. vlastníckeho celku. Uvedené súvisí s efektívnou možnosťou riešenia ťažbovej regulácie od najnižších jednotiek príslušného rozdelenia lesa až po lesné celky. Správne stanovené základné prvky ťažbovej úpravy lesa v dielcoch sa následne prejaví v presnosti prognózovania a možnosti stanovenia optimálnej výšky ťažby v lesnom celku.

Cieľom tejto práce je poukázať na možnosť riešenia ťažbovej úpravy lesa s využitím výsledkov z trvalých výskumných plôch (TVP). Ide o vyhodnotenie porastových veličín na TVP z opakovaných meraní. Ďalej sú to návrhy rôznych alternatív intenzity ťažbových zásahov na sledovaných TVP.

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

Problematika ťažbovej úpravy lesa sa riešila na TVP založených na LUC VŠLP TU Zvolen. Ide o TVP zakladané v porastoch so začínajúcou obnovou, resp. rozpracovaných obnovou v rámci uvedeného LUC. Základnou jednotkou hodnotenia bola výmera založenej TVP. Ide o TVP zakladané v rokoch 1998–2006, prípadne staršie TVP zakladané v minulosti postupne v súvislosti s obnovou LHP. Účelom týchto plôch bolo hodnotenie bukového hospodárstva vo väzbe na ťažbovú úpravu lesa. TVP boli založené v porastoch, v ktorých bol predpoklad na realizáciu rôznych foriem clonnej obnovy.

Trvalé výskumné plochy č. 1 a 2 (TVP1, TVP2) boli založené v dieľci 374. Výmera dieľca je 18,13 ha, vek 110 rokov, rubná doba 120 rokov a obnovná doba 30 rokov. V dieľci je zastúpený lesný typ č. 3313 – zubačková bučina, nižší stupeň (80 %) a lesný typ č. 3315 – kamenitá papradinová bučina, nižší stupeň (20 %). Dielec je zatriedený do skupiny lesných typov Fagetum pauper a hospodárskeho súboru lesných typov HSLT 310 – svieže dubové bučiny. Zastúpenie buka je 100 % a ojedinele sa vyskytuje dub, jedľa, javor. V dieľci bola v minulosti navrhnutá ťažba nezávisle od výskumu, podľa zásad Gayerovho clonného rubu. Časť tejto ťažby bola zrealizovaná.

Trvalá výskumná plocha č. 6 (TVP6) sa nachádza v dieľci 377. Výmera dieľca je 5,78 ha, vek 85 rokov, rubná doba 110 rokov a obnovná doba 30 rokov. V dieľci je zastúpený typ č. 3313 – zubačková bučina, nižší stupeň (90 %) a lesný typ č. 2306 – kamenitá lipnicová buková dúbrava s chľapaňou (10 %). Na základe týchto lesných typov je dielec zaradený do skupiny lesných typov Fagetum pauper a hospodárskeho súboru lesných typov HSLT 310 – svieže dubové bučiny. Zastúpenie buka je 90 % a duba 10 %. Je to stredná kmeňovina, nerovnomerne vyspelá, rôznoveká. Sporadicky sa vyskytuje prirodzené zmladenie a tiež bukový podrast. Je to dielec na hranici obnovy. Bol vybratý na sledovanie výskumu na základe vhodných podmienok pre obnovu lesa a výskyt prirodzeného zmladenia. Reprezentuje dieľce so začínajúcou obnovou, na rozdiel od dieľcov už rozpracovaných obnovou.

TVP majú tvar obdĺžnika o stranách 50 x 100 m s dlhšou stranou po vrstevnici. Výmera TVP je 0,50 ha. Každá TVP bola rozdelená na 10 čiastkových plôch s výmerou 0,05 ha, ktoré boli označené veľkými písmenami A, B, C... atď. Pri vytyčovaní a stabilizovaní plôch bol dodržaný postup podľa ŽÍHLAVNÍKA, Š. (1999, 2004). Plochy boli zakladané v porastoch tak, aby čo najviac vystihli charakter a pomery príslušného porastu. Zároveň porast, v ktorom sa TVP zakladala, musel spĺňať priemerné charakteristiky a pomery ostatných porastov nachádzajúcich sa v danej lokalite. Pred vlastným založením TVP sa vykonalo niekoľko predbežných fotogrametrických a terestrických zisťovaní základných charakteristík lesa. Hodnotenie stavu lesa v príslušnej lokalite sa vykonalo s využitím interpretácie leteckých farebných infračervených snímok podľa postupu ŽÍHLAVNÍK, Š., CHUDÝ, F. (2002), ŽÍHLAVNÍK, Š., CHUDÝ, F., Kardoš, M. (2005).

Metodický postup zakladania TVP ako aj meranie jednotlivých veličín, keďže sa jedná o dlhodobý výskum je podrobne uvedený v práci ŽÍHLAVNÍK, A. (2006), kde je časť

problematiky z niekoľkých TVP spracovaná. Vzhľadom na veľký rozsah je v tejto práci uvedená ďalšia časť dosiahnutých výsledkov výskumu.

3. DOSIAHNUTÉ VÝSLEDKY

3.1. Zhodnotenie vybratých porastových veličín

V rámci zhodnotenia TVP sa na jednotlivých čiastkových plochách zisťovali nasledovné porastové veličiny: počet jedincov (N), objem (V), kruhová plocha (G) a skutočné zakmenenie (Zak.sk.). Porastové veličiny jednotlivých čiastkových plôch sú prepočítané na ha a uvedené pre TVP1, TVP2 a TVP6 v tabuľkách č. 1, 2 a 3.

Tabuľka 1 Porastové veličiny na TVP 3

Tab. 1 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	22	440	29,98	599,66	1,87	37,45	0,95
B	23	460	36,28	725,62	2,17	43,42	1,00
C	15	300	24,04	480,77	1,37	27,49	0,70
D	21	420	32,48	649,55	1,96	39,27	0,99
E	24	480	28,21	564,24	1,85	37,02	0,94
F	22	440	24,10	481,97	1,58	31,61	0,80
G	25	500	29,23	584,60	1,88	37,70	0,95
H	15	300	24,86	497,16	1,51	30,29	0,77
I	12	240	35,53	710,54	1,91	38,23	0,97
J	25	500	30,89	617,86	1,98	39,53	1,00
Σ	204	408	295,60	591,20	18,10	36,20	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

Tabuľka 2 Porastové veličiny na TVP 4

Tab. 2 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	20	400	31,83	636,64	2,00	39,91	1,00
B	27	540	30,30	605,93	2,09	41,77	1,00
C	27	540	26,14	522,78	1,81	36,19	0,92
D	26	520	28,62	572,31	1,92	38,38	0,97
E	20	400	27,13	542,66	1,81	36,17	0,92
F	18	360	23,08	461,54	1,54	30,89	0,78
G	35	700	35,89	717,72	2,50	49,99	1,00

Tabuľka 2 Pokračovanie
Tab. 2 Forsetzung

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⁾
H	29	580	32,41	648,19	2,26	45,10	1,00
I	21	420	24,48	489,56	1,67	33,40	0,85
J	15	300	16,25	324,94	1,16	23,25	0,59
Σ	238	476	276,11	552,23	18,75	37,50	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

Tabuľka 3 Porastové veličiny na TVP 5
Tab. 3 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	36,51	730,22	2,24	44,74	1,00
B	20	400	28,68	573,70	1,94	38,76	0,98
C	16	320	31,22	624,35	1,99	39,90	1,00
D	27	540	40,85	817,03	2,62	52,33	1,00
E	33	660	29,81	596,21	2,18	43,57	1,00
F	20	400	20,10	402,02	1,70	34,00	0,86
G	21	420	32,26	645,16	2,02	40,35	1,00
H	25	500	32,67	653,42	2,19	43,79	1,00
I	25	500	35,23	704,69	2,33	46,61	1,00
J	32	640	25,55	511,06	1,78	35,66	0,90
Σ	236	472	312,89	625,79	20,99	41,97	0,97

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

Po 5 rokoch bolo na uvedených TVP vykonané opakované meranie jednotlivých porastových veličín. Zistili sa určité zmeny oproti počiatočnému stavu.

Na TVP1 (tabuľka 4) bol celkový počet stromov znížený o 19 stromov, z toho 18 ks buka s 1 ks jaseň. I napriek úbytku sa zvýšila porastová zásoba o 4,49 m³ cez prírastky hrúbky a výšky. Kruhovú základňu sa zväčšila len málo a nedošlo ani k zníženiu zakmenenia. Priemerná hrúbka vzrástla o 1,8 cm a priemerná výška o 0,8 m. Čiastočne celkové výsledky narušila náhodná ťažba na čiastkovej ploche I, hlavne čo sa týka kruhovej základne.

Tabuľka 4 Zmeny porastových veličín na TVP 1

Tab. 4 Changes of the stands 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⁾
A	-4	-80	0,54	10,88	-0,02	-0,41
B	0	0	3,02	60,40	0,15	2,95
C	0	0	1,63	32,54	0,08	1,64
D	-5	-100	-5,35	-107,06	-0,30	-5,97
E	-2	-40	2,35	47,01	0,11	2,14
F	0	0	2,98	59,50	0,14	2,88
G	0	0	4,29	85,85	0,22	4,31
H	0	0	4,01	80,10	0,18	3,67
I	-6	-120	-12,71	-254,26	-0,73	-14,61
J	-2	-40	3,73	74,59	0,17	3,35
Σ	-19	-38	4,48	8,96	0,00	0,00

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)

Na TVP2 (tabuľka 5) klesol počet stromov o 4 ks. Celková zásoba TVP sa zvýšila o 33,09 m³ a kruhová základňa o 1,42 m². Zakmenenie stúplo o 0,07. Priemerná hrúbka sa zväčšila o 1,5 cm a priemerná výška o 1,2 m.

Tabuľka 5 Zmeny porastových veličín na TVP 2

Tab. 5 Changes of the stands 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⁾
A	0	0	4,78	95,60	0,25	4,97
B	-1	-20	1,42	28,48	0,01	0,17
C	0	0	2,76	55,13	0,13	2,68
D	-1	-20	5,25	105,09	0,22	4,44
E	0	0	4,17	83,31	0,18	3,60
F	0	0	2,79	55,70	0,14	2,71
G	0	0	3,02	60,49	0,13	2,70
H	-1	-20	3,76	75,26	0,14	2,73
I	0	0	2,54	50,81	0,12	2,33
J	-1	-20	2,60	51,97	0,11	2,15
Σ	-4	-8	33,09	66,18	1,42	2,85

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)

Na TVP6 (tabuľka 6) klesol počet stromov o 8 ks. Celková zásoba TVP sa zvýšila o 30,50 m³ a kruhovú základňu o 0,81 m². Zakmenenie sa zmenilo len o 0,04. Priemerná hrúbka sa zväčšila o 1,4 cm a výška o 1,7 m.

Tabuľka 6 Zmeny porastových veličín na TVP 6
Tab. 6 Changes of the stands 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⁾
A	0	0	3,74	74,86	0,14	2,89
B	-3	-60	0,75	14,91	-0,15	-3,03
C	-1	-20	2,33	46,69	0,07	1,47
D	-3	-60	2,72	54,34	0,05	1,02
E	0	0	3,74	74,87	0,15	2,91
F	0	0	1,88	37,53	0,07	1,44
G	0	0	4,68	93,56	0,18	3,69
H	0	0	4,39	87,73	0,16	3,23
I	-1	-20	2,34	46,86	0,00	-0,08
J	0	0	3,93	78,69	0,13	2,68
Σ	-8	-16	30,50	61,00	0,81	1,62

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)

3.2. Návrhy ťažbových zásahov

Na základe zisteného stavu a následnej možnosti výskytu prirodzeného zmladenia na jednotlivých TVP sa navrhli ťažbové zásahy v rôznych alternatívach, za účelom stanovenia vhodnej výšky obnovnej ťažby. Pri odoberaní porastovej zásoby sme prihliadali na kvalitu a možnosť vytvárania prírastku, ako aj vplyv odberania zásoby na vznik priaznivých podmienok pre prirodzené zmladenie. V uvedenom príspevku sa uvádza 1. alternatíva.

Pri tejto alternatíve návrhu ťažby sa uvažovalo najprv hlavne so zdravotným a kvalitatívnym výberom s predpokladom úspešného začiatku prirodzenej obnovy. Ide o možnosť vzniku náletu a biologicky zabezpečeného nárastu pri splnení základných nevyhnutných podmienok.

Pri návrhu ťažby sa postupovalo nasledovne. Najprv sa teoreticky stanovila výška ťažby na základe zistených taxačných veličín a porovnania sociálneho postavenia jednotlivých stromov. Vychádzali sme z predpokladu, že pre úspešné dosiahnutie prirodzenej obnovy je na ploche potrebné ponechať len kvalitné stromy hlavnej úrovne a nadúrovne. Z toho vyplýva, že do ťažby boli navrhnuté všetky jedince poškodené ustupujúce a podúrovňové. Tým sme umožnili prístup slnečného žiarenia na povrch pôdy, čo je základným predpokladom na prežívanie semenáčikov prirodzenej obnovy.

Avšak z doterajších výsledkov zo starších TVP sme zistili, že na dostatočné naslnenie materského porastu pre potreby dosiahnutia prirodzenej obnovy to nestačí. Preto bolo nutné pristúpiť k druhému kroku návrhu ťažby a to bol návrh aj časti stromov tvoriacich úroveň a nadúroveň porastu. Toto je možné vykonať iba na základe praktického posúdenia skutočného stavu jednotlivých stromov priamo v teréne v zmysle zásad clonného rubu. Jednotlivé návrhy ťažieb je ďalej potrebné overovať priebežne v praxi na základe skutočne vykonanej ťažby a tak spresňovať ďalšie výsledky výskumu.

Návrh intenzity ťažbového zásahu na jednotlivých čiastkových plochách a návrh celkovej intenzity je pre TVP1 uvedený pre 1. alternatívu v tabuľke 7.

Na tejto výskumnej ploche bola navrhnutá ťažba 38,43 m³ čo predstavuje intenzitu zásahu z aktualizovanej zásoby 12,81 %. Objem navrhovanej ťažby je vlastne zásoba všetkých podúrovňových stromov. Vzhľadom na vysoký stupeň clonenia hornej etáže a veľmi nepriaznivý stav prirodzenej obnovy bude nutné použiť alternatívu, kde je zvýšenie intenzity zásahu až na 20 %. To predpokladá zároveň aj zníženie zakmenenia na 0,7. Ide o zásah do jedincov hlavnej úrovne s veľkým objemom a zároveň veľkými korunami, ktoré na prirodzenú obnovu a jej vznik pôsobia nepriaznivo.

Návrh intenzity ťažbového zásahu na jednotlivých čiastkových plochách a návrh celkovej intenzity je pre TVP2 uvedený pre 1. alternatívu v tabuľke 8.

Tabuľka 7 Návrh intenzity ťažbového zásahu (TVP1)

Tab. 7 Project of intensity of cutting (PRP1)

Č. p. ¹⁾	m ³	%	Č. p.	m ³	%
A	1,19	3,9	F	4,22	15,59
B	3,96	10,08	G	4,12	12,29
C	4,92	19,17	H	2,57	8,9
D	8,42	31,05	I	0,74	3,24
E	3,97	12,99	J	4,32	12,48
Spolu: ²⁾				38,43	12,81

¹⁾Partial plot, ²⁾Sum

Tabuľka 8 Návrh intenzity ťažbového zásahu (TVP2)

Tab. 8 Project of intensity of cutting (PRP2)

Č. p. ¹⁾	m ³	%	Č. p.	m ³	%
A	6	16,39	F	3,1	11,99
B	11,74	37,01	G	9,23	23,72
C	11,59	40,1	H	8,45	23,36
D	3,58	10,57	I	4,04	14,95
E	8,32	26,58	J	1,59	8,44
Spolu: ²⁾				67,64	21,88

¹⁾Partial plot, ²⁾Sum

Na tejto výskumnej ploche bola navrhnutá ťažba 67,64 m³, čo je intenzita zásahu 21,88 %. Zakmenenie po navrhovanom zásahu klesne na hodnotu 0,75. Táto intenzita vyhovuje prvému zásahu. Ďalej sa predpokladá s postupným zvyšovaním tohto zásahu. Dôvodom zvyšovania intenzity je výrazný pokles už existujúceho prirodzeného zmladenia. Na tejto ploche odstránením podúrovne by sa mala clona porastu dostatočne znížiť na to, aby prirodzená obnova mala pre svoj vývoj priaznivé podmienky. To však nevylučuje v prípade potreby zasiahnuť čiastočne aj do úrovne.

Návrh intenzity ťažbového zásahu na jednotlivých čiastkových plochách a návrh celkovej intenzity je pre TVP6 uvedený pre 1. alternatívu v tabuľke 9.

Vzhľadom na to, že uvedená plocha reprezentuje dielce so začínajúcou obnovou, tak ako už bolo uvedené pri charakteristike TVP, návrh predpokladá intenzitu zásahu 9,23 %, čo predstavuje 27,69 m³ drevnej hmoty. Pri použití tejto intenzity klesne zakmenenie približne na hodnotu 0,90. Vzhľadom na výskyt prirodzeného zmladenia je nutné zvýšiť intenzitu zásahu dvojnásobne, čím sa zabezpečí zníženie zakmenenie na 0,75.

Tabuľka 9 Návrh intenzity ťažbového zásahu (TVP6)

Tab. 9 Project of intensity of cutting (PRP6)

Č. p. ¹⁾	m ³	%	Č. p.	m ³	%
A	1,56	4,73	F	0,45	1,83
B	0,74	3,31	G	4,67	12,97
C	0,51	2,57	H	3,95	10,19
D	0,90	2,88	I	8,03	24,83
E	5,37	18,61	J	1,51	4,59
Spolu: ²⁾				27,69	9,23

¹⁾Partial plot, ²⁾Sum

4. ZÁVER

Cieľom príspevku je poukázať na možnosť riešenia ťažbovej úpravy lesa s využitím výsledkov z trvalých výskumných plôch. Ide o vyhodnotenie porastových veličín z opakovaných meraní na trvalých výskumných plochách. Navrhujú sa rôzne alternatívy intenzity ťažbových zásahov na sledovaných plochách. Predpokladá sa intenzita v rozpätí od 10 % do 25 %, podľa stavu jednotlivých porastov. V príspevku je uvedená jedna z možných alternatív, kde návrhy ťažieb predpokladajú zásahy do podúrovne, ale aj do úrovne porastu. Ťažbovými zásahmi dochádza ku zníženiu zakmenenia na hodnotu 0,7. Dosiahnuté výsledky sú prínosom pre doplnenie dlhodobého výskumu v tejto oblasti. Následne sa budú realizovať pri obnove lesného hospodárskeho plánu.

5. Použitá literatúra

- BALOGH, P., 2005: Vplyv náhodných ťažieb na ťažbovú úpravu lesa v lesných užívateľských celkoch. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, XLVII, s. 249–261.
- BALOGH, P., 2006: Regulácia výšky ťažby podľa modifikovanej metódy matematických modelov a teórie náhodných procesov. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, XLVIII, s. 297–310.
- DANČEK, I., ŽIHĽAVNÍK, A., 2003: Vplyv náhodných ťažieb na obhospodarovanie lesa jemnejšími spôsobmi. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, XLV, s. 237–251.
- GAŠPERŠIČ, F., 1995: Gozdnogospodarsko načrtovanie v sonaravnom ravnanju z gozdovi. Ljubljana, 403 s.
- GREGUŠ, C., 1976: Hospodárska úprava maloplošného rúbaňového lesa. Bratislava, 304 s.
- KORPEL, Š. a kol., 1991: Pestovanie lesa. Bratislava, Príroda, 427 s.
- POZNAŃSKI, R., 2001: Metoda optymalnego porządku cięć w przerębowozrębowym sposobie zagospodarowania z rebrnią częściową. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu*. CCCXXXI, Leśnictwo, 39: 203–208.
- POZNAŃSKI, R., 2004: Nowe metody regulacji i urządzania lasu. *Akademia Rolnicza*, Krakow, 196 s.
- SANIGA, M., 2000: Pestovanie lesov. TU Zvolen, 274 s.
- SANIGA, M., 2005: Hodnotové prírastkové hospodárstvo listnatých porastov. Sympóziu. „SúčasnÉ otázky pestovania lesa“. TU Zvolen, s. 206–210.
- 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., 2004: Regulácia vekovej štruktúry podrastového lesa počas rubnej doby. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, XLVI, s. 185–195.
- ŽIHĽAVNÍK, A., 2006: Využitie prirodzenej obnovy buka pri riešení ťažbovej úpravy lesa. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, XLVIII, s. 255–268.
- ŽIHĽAVNÍK, A., BALOGH, P., BAHÝE, J., 2006: Problematika náhodných ťažieb v rubných porastoch vo väzbe na obhospodarovanie lesa. *Acta Facultatis Forestalis*, XLVIII, s. 269–280.
- 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.
- ŽIHĽAVNÍK, Š., CHUDÝ, F., 2002: Možnosti využitia leteckých farebných infračervených snímok pri lesníckom mapovaní. *Vedecké štúdie 5/2002/A*, TU Zvolen, 53 s.
- ŽIHĽAVNÍK, Š., CHUDÝ, F., Kardoš, M., 2005: Digitálna fotogrametria v lesníckom mapovaní. *Vedecké štúdie 2/200/A*, TU Zvolen, 81.
- Vyhláška MP SR č. 453/2006 Z.z. o hospodárskej úprave lesov.
- Zákon NR SR č. 100/1977 Zb. o hospodárení v lesoch a štátnej správe LH, v znení neskorších predpisov.
- Zákon NR SR č. 326/2005 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

e-mail: azihlav@vsld.tuzvo.sk

Solution of the cutting control at binding on sustainable forest management

Summary

The paper refers about possibility of solution of cutting control by using results from the permanent research plots. It is dealing with interpretation of stand variables from periodic measurements on permanent research plots. There have been suggested different alternatives of the intensity of cutting interaction on monitoring plots. According to status of individual stands is expected the intensity from 10% to 25%. The contribution considers one of possible alternative, where the cutting plans suppose interaction in subdominant and also in dominant level. Through the use of cutting interaction there is a change of cut-down stand density on worth 0,7. The achievement results are being proposition for completion in the long term research for this area. These results will realize in 2009 at renewal of the forest management plan.

Key words: silvicultural system, cutting control

KVANTIFIKÁCIA FAKTOROV OVPLYVŇUJÚCICH VETROVÉ KALAMITY PROSTREDNÍCTVOM FAKTOROVEJ ANALÝZY

Tomáš V A C U L Ć I A K

Vaculčiak, T.: Kvantifikácia faktorov ovplyvňujúcich vetrové kalamity prostredníctvom faktorovej analýzy. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLIX**, 2007, č. 1, s. 227–237.

Predkladaný príspevok pojednáva o využití multivariačných štatistických metód pri modelovaní náhodných ťažieb v smrekových porastoch poškodených vplyvom vetra. Pre analýzu jednotlivých porastových a geografických charakteristík, ktoré najviac vplyvajú na tieto kalamity bola použitá faktorová analýza prostredníctvom metódy hlavných komponentov pre vylišenie faktorov, ktorá analyzovala osem vstupných premenných. Empirický materiál pochádzal zo všetkých lesných oblastí na území Slovenska, kde sa za posledných 3–5 rokov kalamita vyskytla a celkovo zahŕňal 5082 porastov. Pre účely skúmania bolo nutné pred uskutočnením samotnej analýzy niektoré charakteristiky dopočítať a pretransformovať do štandardnej kvantitatívnej škály, ako aj prepojiť údaje z lesných hospodárskych plánov s údajmi lesnej hospodárskej evidencie. Celý postup sa realizoval v softvérovom prostredí Statistica a viedol k riešeniu v podobe štyroch extrahovaných faktorov, ktoré spoločne vysvetlili vyše 67 % variability pôvodných premenných. Pre výpočet faktorových záťaží bola použitá normalizovaná Varimaxová rotácia. Z výsledkov možno určiť, ktoré premenné majú najvyššie korelácie s daným faktorom a cez faktorové skóre možno faktor vyjadriť ako lineárnu kombináciu premenných. Výsledky analýzy vo forme faktorov budú použité ako čiastkové vstupy do ďalších skúmaní a stanú sa súčasťou pripravovaného kalamitného modelu stromového rastového simulátora SIBYLA.

Kľúčové slová: faktorová analýza, metóda hlavných komponentov, varimaxová rotácia, faktorové záťaže, vetrové kalamity

1. ÚVOD, PROBLEMATIKA A CIEĽ PRÁCE

Jedným z najzávažnejších škodlivých činiteľov v smrekových porastoch v lesoch Slovenska je vietor. Dôkazom toho je znepokojujúci nárast počtu i rozsahu náhodných ťažieb v posledných desaťročiach, najmä v dôsledku extrémov počasia, zapríčinených týmito škodlivým činiteľom. Vetrové polomy spôsobujú veľké ekonomické straty v dôsledku predčasného zániku porastov, v dôsledku vysokých nákladov na ich odstránenie, poškodzovaním drevnej hmoty a náhlým odkrytím lesnej pôdy so všetkými nepriaznivými dôsledkami (KONÔPKA 1996). Veľmi často potom dochádza k spolupôsobeniu iných škodlivých činiteľov, keď napríklad po rozsiahlych vetrových kalamitách v smrekových porastoch dochádza následne ku gradácii populácie podkôrneho hmyzu a pod.

Poukázaním na tento fakt vystupuje vo výskume i v praxi lesného hospodárstva stále viac do popredia požiadavka predvídať vznik kalamít na základe analýz jednotlivých faktorov, ktoré sa na nich najviac podieľajú a matematického modelovania na báze samostatného kalamitného modelu pracujúceho na platforme rastového simulátora (FABRIKA, ĎURSKÝ 2005). Flexibilný kalamitný model, ktorý by v rastovom simulátore dokázal predikovať výskyt kalamity na jednotlivo stromovej úrovni i úrovni celého porastu má pri súčasných hrozbách vetrových kalamít všestranné využitie. Pomocou rastového simulátora dokáže užívateľ získať v krátkom časovom okamžiku predstavu o rastovom procese, ktorý v skutočnosti trvá niekoľko desaťročí, a to pre ľubovoľné varianty. Ak k tomu pridáme aj informácie o predpovedi kalamity v danom poraste, je možné získať aj dôležité informácie nielen o predikcii vývoja porastov, ale aj informácie potrebné pre hospodársko-úpravnícke plánovanie a pre zvolenie optimálneho režimu výchovy a drevinového zloženia porastov. Okrem iného je možné ich využívať pri ekonomickom plánovaní a analýzach v lesnom hospodárstve, ako aj pri formulácii zásad lesníckej politiky (ĎURSKÝ 1996, 2002).

Pri modelovaní náhodných ťažieb možno využiť viacero prístupov. Súčasný moderný trend pri stále sa zdokonaľujúcej výpočtovej technike smeruje k využitiu prvkov umelej inteligencie (expertné systémy), metód neurónových sietí a pod. Druhý prístup je využitie multivariačných (viacrozmerných) metód, ktorými sa zaoberá predkladaný príspevok. Tieto štatistické metódy realizované prostredníctvom najmodernejších štatistických softwérov umožňujú v jednom postupe hľadať a objasňovať korelácie pozorovaných premenných, združovať ich do menšieho počtu faktorov (komponentov) a tieto potom využiť ako vstupy do ďalších analýz v zjednodušenej forme. Práve tento prístup je potrebné vnímať pri modelovaní kalamít, pretože na ich vznik vplýva množstvo premenných, ktoré sú vyjadrené v rozdielnych škálach a merných jednotkách. Častokrát práve tento problém, tzv. mnohorakosti vstupných údajov značne komplikuje voľbu vhodnej metódy, ako aj interpretáciu výsledkov skúmaní. Problematikou náhodných ťažieb, avšak pre účely poistenia lesného majetku proti riziku ich vzniku sa zaoberala aj MIKUŠIKOVÁ (2006). Pri modelovaní kalamít a odhadoch ich vzniku, najmä pôsobením vetra je potrebné diferencovať záujmové územie na úroveň porastov a lesných oblastí a pristupovať samostatne k jednotlivým drevinám a škodlivým činiteľom.

Cieľom predkladaného príspevku je odvodiť faktory, ktoré najviac vplývajú na vznik náhodných ťažieb v smrekových porastoch poškodených vplyvom vetra na území Slovenska. Pre tento účel bola použitá metóda faktorovej analýzy prostredníctvom metódy hlavných komponentov pre extrakciu faktorov, ktorá analyzovala osem vstupných premenných. Uvedeným spôsobom bolo potrebné zistiť, ktoré premenné je možné zlúčiť do faktorov, pričom tieto následne poslúžia ako vstupy do ďalších analýz, kde sa budú ďalej skúmať ich vzťahy vo väzbe na množstvá vzniknutých kalamít.

2. EMPIRICKÝ MATERIÁL A METODIKA

2.1 Empirický materiál

Empirický materiál použitý v práci pochádza z databázy spravovanej Leso-projektom Zvolen. Pre účely faktorovej analýzy boli poskytnuté údaje na úrovni porastov z každej lesnej oblasti na území Slovenska, minimálne však z troch LHC v rámci lesnej oblasti, kde sa za posledných 3–5 rokov vyskytla náhodná ťažba podľa dostupnosti údajov.

Pre uskutočnenie samotnej analýzy bolo potrebné najprv na úrovni databázových položiek prepojiť údaje z Lesných hospodárskych plánov (LHP) s údajmi Lesnej hospodárskej evidencie (LHE) v prostredí MS Access. Z tejto štruktúry sa vybrali porasty, v ktorých sa nachádzal smrek a boli za uplynulé obdobie poškodené vplyvom vetra.

Ako vstupné veličiny sa do faktorovej analýzy použili nasledovné premenné: lesný vegetačný stupeň, expozícia, sklon, vek a zakmenenie porastu, zastúpenie, bonita a štíhlostný kvocient danej dreviny.

Uvedené premenné zahŕňajú porastové a geografické charakteristiky, o ktorých je známe už z poznatkov ochrany lesa, že úzko súvisia s výskytom vetrovej kalamity v smrečiniach. Keďže nie všetky údaje je možné prebrať priamo z LHP, preto bolo nutné dopočítať bonitu dreviny ako absolútnu výškovú bonitu na základe veku a strednej výšky a štíhlostný kvocient ako pomer strednej výšky k stonásobku strednej hrúbky dreviny a to pre každú JPRL samostatne.

Jednou z podmienok uskutočnenia faktorovej analýzy je aj predpoklad intervalových premenných, preto sa museli hodnoty expozície pretransformovať do štandardnej kvantitatívnej škály a to na hodnoty uhlov v stupňoch v štruktúre rovina – 0°, východ – 90°, juh – 180°, západ – 270° a sever – 360° a obdobným spôsobom aj v prípade severovýchod – 45°, juhovýchod – 135° atď.

Takto pripravené dáta zahŕňali spoločne 5082 JPRL ako počet záznamov v LHE pochádzajúcich zo 44 lesných oblastí Slovenska, kde sa v sledovanom období vetrová kalamita u smreka vyskytla.

2.2 Metodika

Pre skúmanie uvedených premenných bola použitá faktorová analýza. Extrakcia jednotlivých faktorov sa realizovala prostredníctvom metódy hlavných komponentov a pre výpočet faktorových záťaží bola vybraná metóda normalizovanej Varimaxovej rotácie. Celý tento postup sa uskutočnil v softwérovom prostredí Statistica, preto bude v ďalšom stručne pojednané len o jednotlivých krokoch výpočtu.

2.2.1 Faktorová analýza

Faktorová analýza je multivariačná štatistická technika, ktorá patrí medzi metódy redukcie dát s čo najmenšou stratou informácií a jej základným zámerom je hľadanie nepozorovateľných (latentných) premenných označovaných ako spoločné faktory, z ktorých boli pôvodné premenné vygenerované. Vychádza z predpokladu, že korelácie medzi pôvodnými premennými sú dôsledkom pôsobenia určitého menšieho počtu v pozadí stojacich veličín, ktoré označujeme ako spoločné faktory. Predpokladá tiež, že hodnota každej premennej X_j , $j = 1, 2, \dots, p$ sa rovná lineárnej kombinácii (váženému priemeru) spoločných faktorov $F_1, F_2, \dots, F_R$, ktoré

$$X_j = \mu_j + \gamma_{j1}F_1 + \gamma_{j2}F_2 + \dots + \gamma_{jR}F_R + \varepsilon_j \quad (1)$$

prispievajú k variabilite aspoň dvoch pozorovaných premenných a unikátneho (špecifického) faktora ε_j , $j = 1, 2, \dots, p$, ktorý prispieva k variabilite aspoň jednej premennej. Z toho vyplýva, že spoločné faktory spôsobujú koreláciu medzi pôvodnými premennými, zatiaľ čo špecifické faktory spôsobujú rozptyl premenných a je možné ich označiť aj ako reziduálne zložky. Koefficienty γ_{jR} nazývame faktorové záťaže alebo faktorové nabytie (factor loadings) j -tej uvažovanej premennej u R -tého spoločného faktoru F_R a predstavujú prvky matice faktorových záťaží, a μ_j vektor stredných hodnôt.

Faktorová analýza vychádza najčastejšie z korelačnej matice, ktorá obsahuje hodnoty korelačných koeficientov každej dvojice pozorovaných premenných. Jej hlavným cieľom je poznať a využiť štruktúru spoločných faktorov, aby čo najlepšie a najjednoduchšie vysvetľovali a objasňovali pozorované korelácie. To znamená, že v konečnom riešení by každá premenná mala korelovať s minimálnym počtom faktorov a súčasne by aj počet faktorov mal byť čo najmenší a zároveň odpovedať skutočnému rozmeru úlohy a dát. Nutné je však zadať počet faktorov ešte pred uskutočnením samotnej analýzy. Na jednej strane čím je faktorov viac, tým je vysvetlená väčšia časť variability pôvodných premenných. Na druhej strane, čím je počet faktorov menší, tým sa ľahšie interpretujú. Je potrebné nájsť kompromis medzi týmito dvoma protikladmi. Z množstva kritérií, ktoré sa utvorili pre odvodenie optimálneho počtu faktorov ešte pred uskutočnením samotnej analýzy sa v priebehu riešenia prihliadalo na nasledovné:

- Počet faktorov by mal byť menší ako $p/2$ premenných, ale zároveň väčší nanajvýš rovný ako počet charakteristických (vlastných) čísel korelačnej matice väčších ako 1 (hodnota Eigenvalue). Táto podmienka je známa ako Kaiserovo pravidlo.
- Spoločné faktory majú zároveň vysvetliť čo najviac, aspoň 70–80 %, z celkového rozptylu.
- Sutinový test (scree test). Jedná sa o grafickú metódu, ktorá spočíva v subjektívnom posúdení vzhľadu sutinového grafu (scree plot), t. j. grafu znázorňujúceho priebeh veľkosti zostupne usporiadaných vlastných čísel matice R . Ak sa v tomto grafe prejaví

určité sploštenie alebo výraznejší odskok, potom sa za R prevezme poradové číslo faktora, u ktorého sa sploštenie prejavilo.

Faktory možno extrahovať viacerými metódami, pričom jednou z nich je aj analýza hlavných komponentov použitá v práci, pomocou ktorej boli jednotlivé faktory odvodené, a následne pre ne aj hodnoty faktorových skóre, t. j. váhy jednotlivých premenných v danom faktore. Pre odhad faktorového skóre bolo vyvinutých viacero postupov, o ktorých riešeníach, bližšie pojednáva MCDONALD (1967, 1985).

Interpretácia zistených faktorov pozostáva z posúdenia veľkosti korelácií medzi jednotlivými faktormi a pôvodnými premennými. Ako už bolo spomenuté tieto korelácie nazývame faktorové nabitie alebo faktorové záťaž (factor loadings). Faktory po extrakcii pomerne slabo korelujú s väčším počtom pôvodných premenných, čo prakticky znemožňuje ich interpretáciu. Tento problém sa rieši rotáciou, ktorej cieľom je aproximácia k matici, tzv. jednoduchšej štruktúry. Podrobnejšie sú pravidlá aproximácií do matic jednoduchšej štruktúry, ako aj jednotlivé rotačné algoritmy popísané v prácach THURSTONA (1947).

Pod pojmom rotácie sa rozumie prevedenie početných operácií, ktorými sa z danej matice faktorových záťaž odvodí nová matica. Jedná sa o nájdenie súradníc v podpriestore priestoru definovanom originálnymi premennými, ktoré sú reprezentované navzájom nezávislými osami. Osi priestoru, v blízkosti ktorého ležia všetky objekty možno rotovať v priestore pri zachovaní 90° – stupňového uhla (ortogonálne transformácie) medzi nimi tak, že sa relatívna poloha objektov nezmení. Výsledkom je zmena korelácií a súradníc medzi faktormi a pôvodnými premennými tak, aby sa každá korelácia buď zvýšila alebo znížila. Potom každý faktor vysoko koreluje s malým počtom pôvodných premenných, čo umožňuje omnoho jednoduchšiu interpretáciu faktorov. Pre riešenie úlohy v práci bola vybraná metóda normalizovanej Varimaxovej rotácie. Jedná sa o jednu z najbežnejších ortogonálnych transformácií (pri zachovaní 90° uhla faktorových osí), ktorá poskytuje v konečnom riešení nekorelované faktory.

Viac o matematických aparátoch faktorových modelov, odhadoch ich parametrov a predpokladoch riešenia, ako aj príbuzných metódach možno nájsť v publikáciách HENDLA (2004) a HEBÁKA (2005).

3. VÝSLEDKY

Keďže jednotlivé premenné boli vyjadrené v rôznych škálach, tak sa pri výpočte vychádzalo z korelačnej matice. V tab. 1 je uvedená rotovaná matica faktorových záťaž so štyrmi extrahovanými faktormi. V prvom faktore sú najvyššie záťaže (korelácie) na premenných vek, bonita a štíhlostný kvocient. Tento faktor vysvetľuje aj najväčšiu časť z celkového rozptylu, t. j. 25,24 % (viď. hodnota vlastného čísla v tab. 2) a možno ho slovne označiť ako faktor stanovíštnej odolnosti.

V druhom faktore sú najvyššie korelácie na lesnom vegetačnom stupni a zastúpení danej dreviny. Je zrejmé, že zastúpenie smreka sa mení s lesným vegetačným stupňom a tento faktor je možné pomenovať ako faktor výskytu dreviny.

V treťom faktore sú najväčšie záťaže na sklone terénu a zakmenení porastu. Z poznatkov o náhodných ťažbách vyplýva, že veľký vplyv na smer nebezpečného vetra má vo veľkej miere práve sklon svahov.

Tab. 1 Matica faktorových záťaží po rotácii
Tab. 1 Matrix of factor loadings after rotation

Premenné ⁷	Faktorové záťaže (Varimax normalizovaná) ¹ Extrakcia: Hlavné komponenty ²			
	Faktor ³ 1	Faktor ⁴ 2	Faktor ⁵ 3	Faktor ⁶ 4
lvs ⁸	-0.123243	-0.793107	0.314044	0.080726
expozícia ⁹	0.057766	0.023538	0.006772	0.916622
sklon ¹⁰	-0.224123	-0.173181	0.706223	0.236525
vek ¹¹	-0.738731	0.070574	0.081063	-0.051582
zakmenenie ¹²	0.207547	0.162982	0.638186	-0.329803
zastúpenie ¹³	0.174868	-0.799766	-0.239916	-0.076033
bonita ¹⁴	0.815942	0.035486	-0.073781	-0.092671
hd ¹⁵	0.793160	-0.004895	0.088126	0.044231
Výkl.roz ¹⁶	1.982999	1.332016	1.082042	1.030412
Prp.celk ¹⁷	0.247875	0.166502	0.135255	0.128802

¹factor loadings (varimax normalized), ²extraction: principal components, ³⁻⁶factor 1-4, ⁷variables, ⁸forest altitudinal zone, ⁹exposure, ¹⁰slope, ¹¹age, ¹²stand density, ¹³composition, ¹⁴site class, ¹⁵slenderness ratio, ¹⁶explained variance, ¹⁷total proportion of variance

Významným činiteľom vplývajúcim na odolnosť porastov voči vetru je aj ich výstavba, na ktorej sa veľkou mierou podieľa práve zakmenenie. Je známe, že dobre zakmenený porast lepšie odoláva nežiadúcim účinkom vetra. Tento faktor vysvetľuje 13,11 % z celkového rozptylu a možno ho označiť ako faktor sklonu terénu a porastovej hustoty.

V štvrtom faktore sa javí silná záťaž len pri premennej expozícia, čiže ho možno nazvať ako faktor expozície. Zo skúmaní kalamít v smrekových porastoch možno konštatovať, že práve expozícia porastov má veľký vplyv na ich poškodenie vo väzbe na smer prevládajúcich vetrov v danej oblasti a môže zoslabovať alebo zosilovať ich účinky.

V tab. 2 sú uvedené vlastné čísla rotovanej korelačnej matice a percentá vysvetleného rozptylu pripadajúce na jednotlivé faktory. Vlastné čísla reprodukujú dĺžku jednotlivých faktorových osí a množstvá vysvetleného rozptylu, t. j. čím je číslo väčšie, tým väčšiu časť variability daný faktor vysvetľuje. Ako už bolo uvedené, tak najväčšiu časť rozptylu

vysvetľuje prvý faktor s hodnotou vlastného čísla 2,019. Zvyšné tri faktory vysvetľujú približne 12,42 % až 17,08 % z celkového rozptylu, pričom posledný štvrtý faktor nadobudol hodnotu vlastného čísla 0,99, čo je takmer 1 a zodpovedá dodržaniu Kaiserovho kritéria.

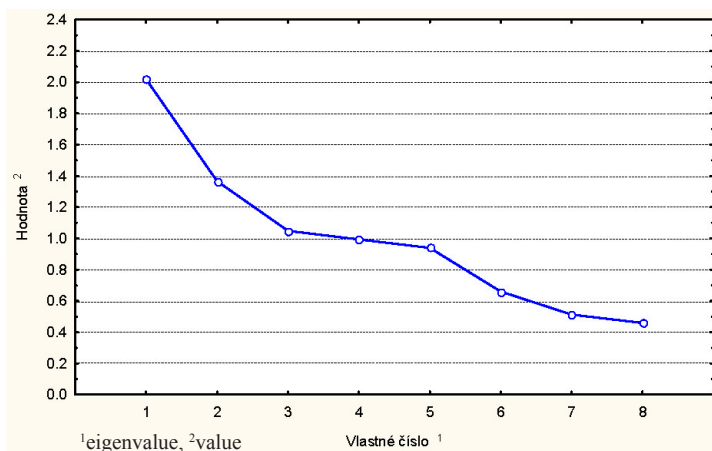
Tab. 2 Vlastné čísla rotovanej korelačnej matice a percento vysvetleného rozptylu

Tab. 2 Eigenvalues of corelation matrix after rotation and rates of explained variance

Hodn. ³	Vlastné čísla ¹ Extrakcia: Hlavné komponenty ²			
	Vl. číslo ⁴	% celk. ⁵ rozptylu	Kumulativ. ⁶ vlast. číslo	Kumulativ. ⁷ %
1	2.019381	25.24226	2.019381	25.24226
2	1.366194	17.07743	3.385576	42.31969
3	1.048645	13.10806	4.434220	55.42775
4	0.993249	12.41562	5.427470	67.84337

¹eigenvalues, ²extraction: principal components, ³value, ⁴eigenvalue, ⁵rates of total variance, ⁶cumulative eigenvalue, ⁷rates of cumulative total variance

Štyri extrahované faktory vysvetľujú kumulatívne 67,84 % z celkového rozptylu. Jedným z kritérií pre stanovenie optimálneho počtu faktorov je i posúdenie vzhľadom na sutinový grafu, ktorý je uvedený na obr. 1. Z priebehu krivky zostupne usporiadaných vlastných čísel matice R možno usudzovať, že do riešenia by mohol byť zaradený aj piaty faktor, pretože po piatom vlastnom čísle sa vyskytuje výraznejší odskok.



Obr. 1 Graf vlastných čísel

Fig. 1 Plot of Eigenvalues

Hodnota vlastného čísla pre piaty faktor je 0.94 a tento faktor by pri zaradení do riešenia vysvetľoval 11,75 % z celkového rozptylu, čiže kumulatívne všetkých päť faktorov takmer 80 % celkového rozptylu. Zvyšok rozptylu, t. j. vyše 20 % označujeme ako reziduálny a možno ho pripísať iným neuvažovaným činiteľom. Treba si však uvedomiť, že počet faktorov je potrebné stanoviť, resp. odhadnúť ešte pred samotným riešením, čo sa pokladá za nevýhodu faktorovej analýzy. Na druhej strane však umožňuje skúšať viacero riešení, pretože počiatočný odhad nemusí byť konečný. Ako už bolo uvedené, tak je potrebné nájsť kompromis medzi optimálnym počtom faktorov a množstvom vysvetleného rozptylu.

V uvedenom prípade je teda optimálne riešenie prípustné pre štyri alebo päť faktorov a záleží len na bádateľovi, pre ktorý variant sa rozhodne. Je potrebné vnímať, že v prípade extrakcie piatich faktorov by došlo k zmenám parciálnych korelácií v matici faktorových záťaží a k odvodeniu čiastočne rozdielnych faktorov.

Pomocou faktorovej analýzy možno odvodiť každú premennú ako lineárnu kombináciu jednotlivých faktorov, resp. každý faktor ako lineárnu kombináciu premenných, čo je veľká výhoda. Pre takto vyjadrené faktory, možno pre každý porast prostredníctvom faktorových skóre vypočítať konkrétne hodnoty faktora a skúmať ich ďalej vo vzťahu k množstvám náhodných ťažieb v príslušnom poraste. Hodnoty faktorových skóre sú uvedené v tab. 3 a vyjadrujú váhy jednotlivých premenných v danom faktore. Najvyššie váhy, pochopiteľne nadobúdajú premenné s najvyššími záťažami v príslušnom faktore.

Tab. 3 Koeficienty faktorových skóre pre jednotlivé premenné

Tab. 3 Factor score coefficients for variables

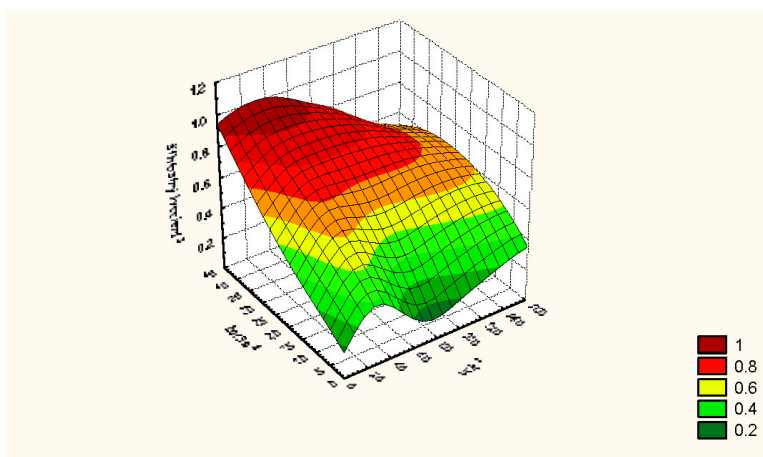
Premenné ⁸	Koeficienty faktorového skóre ¹ Rotácia: Varimax normalizovaná ² Extrakcia: Hlavné komponenty ³			
	Faktor ⁴ 1	Faktor ⁵ 2	Faktor ⁶ 3	Faktor ⁷ 4
lvs ⁹	-0.040249	-0.58036C	0.245157	0.024562
expozícia ¹⁰	0.072661	0.074557	0.010989	0.902113
sklon ¹¹	-0.052636	-0.081904	0.637066	0.210109
vek ¹²	-0.374493	0.050668	0.025191	-0.080499
zakmenenie ¹³	0.138961	0.136755	0.622681	-0.304092
zastúpenie ¹⁴	0.064306	-0.621656	-0.252805	-0.115118
bonita ¹⁵	0.408443	0.021589	-0.007140	-0.050764
hd ¹⁶	0.414852	0.007503	0.140914	0.079686

¹factor score coefficients, ²rotation: varimax normalized, ³extraction: principal components, ⁴⁻⁷factor 1–4,

⁸variables, ⁹forest altitudinal zone, ¹⁰exposure, ¹¹slope, ¹²age, ¹³stand density, ¹⁴composition, ¹⁵site class,

¹⁶slenderness ratio

Pre lepšiu ilustráciu analyzovaných premenných zlúčených do prvého faktora, ktorý objasňuje najväčšiu časť celkového rozptylu bol vytvorený obr. 2. Z priebehu daných veličín možno usudzovať, že štihlý kvocient sa zvyšuje so zväčšujúcou sa bonitou stanovišťa pri rovnakom veku. Z výskumov kalamít je známe, že vietor viac poškodzuje porasty na lepších bonitách ako na horších. Keďže najlepším ukazovateľom produkčnej schopnosti stanovišťa je stredná výška porastu, tak je zrejmé, že na lepších bonitách sa nachádzajú porasty s väčšou výškou a vyššími hodnotami štihlých kvocientov, ktoré sú voči vetru menej odolné.



Obr. 2 Priebeh veku, bonity a štihlého kvocientu v smrekových porastoch poškodených vetrom
 Fig. 2 Surface plot of age, site class and slenderness ratio in spruce stands damaged by windstorm
¹age, ²site class, ³slenderness ratio

4. ZÁVER

Výsledky analýzy dokazujú, že modelovanie kalamít v smrekových porastoch využitím viacrozmerných štatistických metód sa javí ako veľmi progresívne. Pri voľbe vhodnej analýzy si treba uvedomiť, že na lesný porast vplyva viacero činiteľov súčasne a je potrebné ho vnímať ako viacrozmernú štatistickú jednotku. Faktorová analýza poukázala na využitie prístupu redukcie premenných do určitého počtu spoločných faktorov, pomocou ktorých je možné sledované premenné nahradiť a vyjadriť ako ich lineárnu kombináciu.

Celý postup analýzy sa uskutočnil v softvérovom prostredí Statistica a viedol k riešeniu v podobe štyroch faktorov, v ktorých bolo zlúčených všetkých osem skúmaných premenných. Prvý faktor bol nazvaný ako faktor stanovištnej odolnosti a zlučoval premenné vek, bonita a štihlý kvocient a zároveň vysvetľoval aj najväčšiu časť variability. Druhý faktor mal silné záťaž na lesnom vegetačnom stupni a zastúpení smreka a nazýva sa faktor výskytu dreviny. V prípade tretieho faktora boli významné premenné sklon porastu a zakmenenie dreviny a bol označený ako faktor sklonu a porastovej hustoty. V poslednom faktore bola najvyššia záťaž len na expozícii, preto bol označený ako faktor expozície. Všetky odvodené faktory vysvetlili spoločne vyše 67 % z celkového rozptylu premenných, pričom zvyšok, t. j. reziduálny rozptyl pripadá na ostatné neuvažované činitele.

Výsledky v podobe faktorov sa stanú predmetom ďalších analýz, pričom pomocou faktorových skóre sa vypočítajú hodnoty daných faktorov pre každý porast, v ktorom sa kalamita vyskytla. Tieto hodnoty sa potom použijú ako vstupy do regresných analýz, kde sa budú ďalej skúmať vo vzťahu k objemu náhodných ťažieb.

Možno konštatovať, že výsledky faktorovej analýzy sa po určitej úprave stanú súčasťou pripravovaného kalamitného modelu stromového rastového simulátora SIBYLA (FABRIKA 2005), pomocou ktorého bude možné prognózovať vývoj náhodných ťažieb v smrekových porastoch a to pre rôzne režimy hospodárenia.

Vzhľadom na súčasný stav lesov, nemožno ani v blízkej budúcnosti očakávať výraznejší pokles vetrových náhodných ťažieb. Situáciu je však možné ovplyvniť uvedeným hospodárením. Pri využití simulácií kalamít možno v rastovom simulátore preskúšať viaceré pestovné programy, zmiešania drevín a formulovať tak určité poznatky odolnosti daných porastov okamžite, bez čakania na koniec produkčného cyklu, a prispôsobiť ich optimálnemu režimu obhospodarovania lesov vo väzbe na dosiahnutie stanovených cieľov.

Literatúra

- ĎURSKÝ, J., 1996: Uplatnenie rastových simulátorov v plánovacom procese lesného hospodárstva. In: HLADÍK, M., MAJROŠ, Š.: „Hospodárska úprava lesov a trvalé obhospodarovanie lesov“, Technická univerzita Zvolen, s. 57–65.
- FABRIKA, M., ĎURSKÝ, J., 2005: Stromové rastové simulátory. Zvolen: EFRA – Vedecká agentúra pre ekológiu a lesníctvo. 112 s.
- FABRIKA, M., 2005: Simulátor biodynamiky lesa SIBYLA. Dizertačná práca. Zvolen, 238 s.
- HEBÁK, P., 2005: Vícerozmerné statistické metódy 3. Informatorium. Praha, 256 s.
- HENDL, J., 2004: Přehled statistických metod zpracování dat. Portál. Praha.
- MIKUŠIKOVÁ, B., 2006: Poistenie lesného majetku – finančný nástroj riadenia rizika. „CD“ Financovanie 2006 Lesy – drevo. Medzinárodná vedecká konferencia. Zvolen.
- KONÓPKA, B., 1996: Analýza vetrových škôd v lesoch Slovenska. In: Zborník referátov „Biodiverzita z aspektu ochrany lesa a poľovníctva“. Technická univerzita Zvolen, s. 91–97.
- MCDONALD, R. P., BURR, E. J. 1967: A comparison of four methods of constructing factor scores. Psychometrika, 32, s. 381–401.

MCDONALD, R. P., 1985: Factor analysis and related methods. Lawrence Erlbaum Associates, Inc. New York. 256 s.
THURSTONE, L. L., 1947: Multiple factor analysis. University of Chicago Press. Chicago.

Adresa autora:

Ing. Tomáš Vaculčíak
Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie
Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
96053 Zvolen

Extraction of factors influencing to windstorm by factor analysis

Summary

The submit report deals about using of multivariate statistical methods by the modelling of incidental felling in spruce stands damaged by windstorm. For analysis of site and geographical variables was used factor analysis through principal components analysis for factors extraction. Eight variables have been analysed. The empirical data came from all of forest regions at area of Slovakia, where calamity has appeared within last 3–5 years. Data included altogether 5082 stands. For purposes of investigation was needs retransform some variables into quantitative scale and it was needs connect data from forest management planes with forest management records. Calculation was realised in software Statistica and it was extracted four factors. These factors explained above 67% of total variance of original variables. For calculation of factor loadings was used Varimax normalized rotation. The results of analysis defined which variables are correlated with factors. Through factor scores it is possible yield these factors as linear combination of variables. The results will be used for others research and they can be included to develop calamity model of tree growth simulator SIBYLA.

GLOBALNE NAVIGAČNÉ SATELITNÉ SYSTÉMY V LESNÍCKOM MAPOVANÍ

Štefan Ž Í H L A V N Í K – Jozef M E L U Š – Ľuboš H A L V O Ň

Žihlavník, Š., Meluš, J., Halvoň, Ľ.: Globálne navigačné satelitné systémy v lesníckom mapovaní. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLIX**, 2007, č. 1, s. 239–248.

Príspevok rozoberá možnosti využitia globálnych navigačných satelitných systémov (GNSS) pre účely lesníckeho mapovania. Je poukázané na súčasné možnosti využívania amerického systému GPS a ruského systému GLONASS. Experimentálne merania, vyhodnotenie podmienok a rozbor presnosti s prístrojmi LEICA GX 1230 a TOPCON Hiper GGD ukázali, že hlavným problémom, ktorý ovplyvňuje kvalitu výsledkov je vplyv lesného porastu (jeho štruktúra a rastová fáza). Preto je pri zhusťovaní bodového poľa metódami GNSS potrebné prijímače umiestňovať na voľné priestranstvo (kvôli prijímu signálu z družíc) a meranie vnútri porastu vykonať inými vhodnými metódami terestrického merania (polygónové ťahy, buzolové meranie a p.).

Kľúčové slová: GNSS, lesnícke mapovanie, presnosť, podmienky merania

1. ÚVOD A ROZBOR PROBLEMATIKY

Posledné desaťročia priniesli výrazné zmeny v technológiách geodetických meraní a v rozvoji počítačových technológií. Jednoznačne možno povedať, že najvýznamnejšou udalosťou posledného vývoja geodetických metód je vznik a možnosť aj civilného využívania globálneho polohového systému. Systém NAVSTAR (NAVigation Satellite Timing And Ranging – Navigačné určovanie času a vzdialeností pomocou družíc) GPS (Global Position System – globálny polohový systém) je rádionavigačný systém vybudovaný na báze umelých družíc Zeme. Systém pracuje nepretržite a možno ho využiť na ktoromkoľvek mieste na Zemi, nezávisle od meteorologických podmienok.

Základná metóda určenia polohy pomocou GPS spočíva v meraní takzvaných pseudo-vzdialeností medzi používateľom a štyrmi družicami nad horizontom. Pri znalosti polohy družíc v geocentrickom súradnicovom systéme (WGS) možno odvodiť súradnice antény prijímača. Z geometrického hľadiska stačia na túto metódu tri merania vzdialenosti. Meranie štyroch družíc je potrebné na stanovenie rozdielu medzi časovým systémom hodín prijímača a časovým systémom družíc. Tento rozdiel, nazývaný aj ako chyba synchronizácie prijímača, je dôvodom označenia meraných vzdialeností názvom „pseudo – vzdialenosti“. Družice sú rozmiestnené tak, aby v každom bode na Zemi boli v ktoromkoľvek okamihu nad horizontom aspoň štyri (HEFTY – HUSÁR 2003). V súčasnosti sa pre určovanie polohy

využívajú družice GPS, ale postupne sa začína využívať aj ruský družicový systém GLONASS (GLObalnaja NAVigacionnaja Sputinkova Sistema), ktorý môže byť prínosom pri používaní technológie GPS v sťažených podmienkach. Porovnanie družíc GPS s ruskými družicami GLONASS:

	GPS	GLONASS
– počet družíc	27	16
– počet operačných družíc	24	7
– výška letu	20 180 km	19 000 km
– použité frekvencie	L1 (1 575,42 MHz)	L1 (1 575,42 MHz)

V súčasnosti sa buduje aj európsky systém Galileo.

Nakoľko je vyvinutých už viacero systémov je vhodné používať pre tieto technológie názov „globálne navigačné satelitné systémy (GNSS)“.

Úlohou lesníckeho mapovania je zabezpečiť spoľahlivé polohopisné a výškopisné podklady na vyhotovenie lesníckych máp a plánov pre rôzne účely, na určovanie polohy a výmery jednotiek priestorového rozdelenia lesa (ŽIHĽAVNÍK, A. – 2004, 2005, 2006) a na evidenciu pozemkov. Toto mapovanie v plnej miere zabezpečujú pracovníci Národného lesníckeho centra vo Zvolene – Ústavu lesných zdrojov a informatiky, ktorí vyhotovujú a udržiavajú mapový fond na lesnom pôdnom fonde formou lesníckych máp. Táto povinnosť vyplýva aj z § 4, ods. 6 zákona NR SR č. 215/1995 Z. z. o geodézii a kartografii.

Hoci pri lesníckom mapovaní prevažujú fotogrametrické metódy, terestrické merania sú nevyhnutné (vlícovacie body a domeranie lesníckeho detailu, ktorý sa nedá identifikovať na leteckých meračských snímkach). V tomto smere technológie GNSS poskytujú racionalizáciu pri terestrických meraniach.

Novým prínosom pre výrazné zefektívnenie meraní GNSS je vybudovanie infraštruktúry a od novembra 2006 spustenie skúšobnej prevádzky permanentnej služby na šírenie korekčných členov potrebných na presné určovanie priestorovej polohy v závažných súradnicových systémoch využívajúcich signály GNSS pod označením Slovenský priestorový observačný systém (ďalej SKPOS). Služba bude zabezpečovať šírenie korekcií signálov GNSS pre celé územie SR v zatiaľ negarantovanej presnosti do 2 cm cez internet. Prevádzkovateľom je Geodetický a kartografický ústav v Bratislave. K dispozícii je 21 permanentných staníc s odľahlosťou 59 km, konečná plánovaná odľahlosť po doplnení ďalších staníc je 4 km. Súčasne je medzinárodnými dohodami zabezpečená aj recipročná výmena dát s permanentnými službami susedných krajín, takže je zabezpečené pokrytie celého územia Slovenskej republiky. Aby bolo možné využívať SKPOS koncový používateľ musí byť schopný prijať dva druhy signálov: GNSS a GPRS/GSM. Keďže SKPOS poskytuje korekcie ako pre GPS, tak aj pre GLONASS s potenciálom prijímať aj signály po dobudovaní systému GALILEO, bude veľkou výhodou pre tých, ktorí môžu prijímať aj signály GLONASS. Rusko v poslednej dobe investuje do modernizácie a dobudovania tohoto satelitného systému, aktivovali ďalšie dve družice, takže teraz by mali mať 15

aktívnych družíc, čo je asi 2–5 súčasne viditeľných družíc. Takého zvýšenie počtu družíc môže dosť uľahčiť prácu s RTK prístrojmi práce v podmienkach so zhoršeným príjmom signálu. Existencia SKPOS ešte viac zefektívni merania GNSS, keďže užívateľovi bude postačovať aj pre presné geodetické merania v reálnom čase len jeden GNSS prijímač.

Z hľadiska lesníckeho mapovania veľký prínos bude mať využívanie duálnych prijímačov pre príjem signálov z GPS a GLONASS, keďže nie sú celkom presné informácie o plošnom pokrytí územia pre šírenie korekcií prostredníctvom siete mobilných operátorov a zo skúsenosti vieme, že v tak náročnom prostredí ako je les sú v tejto oblasti problémy. Práve oblasť šírenia signálu rádiového alebo GPRS/GSM v zalesnenom a geomorfologicky zložitom území je málo preskúmaná a zaslúžila by si väčšiu pozornosť. Je totiž kľúčovou pri použití najefektívnejšej metódy merania v reálnom čase.

Pre využitie GNSS v lesníctve je okrem vysokej presnosti operatívnej a efektívnosti významným faktorom, že určovanie polohy a výšky prebieha súčasne, ako aj to, že nie je potrebná vzájomná viditeľnosť medzi bodmi. Metódy zamerania polohy bodov pomocou technológie GNSS poskytujú široké možnosti pre ich použitie v podmienkach lesníckeho mapovania. Z doterajších skúseností je možné jednoznačne konštatovať, že použitie tejto metódy je veľmi výhodné pri lokalizovaní a mapovaní lesných kalamít, pri zameraní ohnisk poškodenia lesných porastov a vyhodnotení ich rozsahu, pri meraní rozdeľovacích sietí a nových lesných ciest a najmä pri určovaní vlícovacích bodov pre transformáciu leteckých snímok využívaných pre fotogrametrické vyhodnotenie (COURTEAU – DARCHÉ 1997, DARCHÉ – FORGUES 1998, HRICKO – ŽIHĽAVNÍK 2001, VITÁSKOVÁ 2002). najväčší predpoklad využitia metód merania, ktoré poskytujú prijímače GPS v podmienkach lesného hospodárstva, je však ich využitie na účely terestrického merania hraníc jednotiek priestorového rozdelenia lesa (JPRL) pri novom mapovaní ako aj reambulácii existujúcich mapových podkladov. Táto úloha sa prijímačmi GNSS dá vyriešiť dvoma možnými variantami merania. Prvým variantom je statické (resp. pseudostatické) meranie polohy lomových bodov hranice JPRL, keď hranica bude tvorená spojnicou týchto bodov. Variantom druhým, s väčším predpokladom použitia, je použitie metód kinematických, teda priame meranie línií, či plôch, keď priebeh hranice je zaznamenávaný po stanovených intervaloch, pohybom prijímača GPS po meranej línii.

Využitie prístrojov a technológií GNSS je podmienené požadovanou presnosťou. Výrobcovia poskytujú v súčasnosti široký sortiment prístrojovej techniky v oblasti GNSS s presnosťou od desiatok metrov až po niekoľko mm (určenie polohy bodu vyjadrené strednou súradnicovou chybou m_{xy}).

Cieľom príspevku je posúdiť možnosti využitia niektorých prístrojov a metód GNSS a vhodnosti podmienok v zalesnených územiach pre lesnícke mapovanie.

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

2. EXPERIMENTÁLNY MATERIÁL

Experimentálny materiál sa získal meraním na dvoch testovacích plochách.

1. testovacia plocha

Terestrické experimentálne meranie bolo vykonané na Vysokoškolskom lesníckom podniku TU Zvolen (katastrálne územie Kováčová).

Predmetom merania boli vrcholové body polygónových ťahov na voľných priestranstvách a na lesných priesekoch, ktoré sú pripojené na trigonometrické body 23-Dibák a 47-Trebuľa v katastri obce Kováčová. Body polygónových ťahov boli v teréne stabilizované kovovými rúrkami a zamerané elektronickým tachymetrom ELTA 4. Geometrické parametre týchto ťahov spĺňajú kritériá na ťahy hlavné s krátkymi dĺžkami strán (60–400 m) podľa Inštrukcie na práce v polohových bodových poliach 984 121 I/93 (1994). Pri určovaní polohy vrcholových bodov polygónových ťahov sa dosiahla presnosť 2. triedy PBPP. Celkovo bolo zameraných 16 bodov. Následne boli body polygónového ťahu zamerané statickou aj kinematickou (RTK) metódou, pričom sa použil dvojfrekvenčný GPS prijímač TOPCON Hiper GGD. Pri meraní statickou metódou bol stanovený rovnaký časový interval registrácie dát z družíc (5s) s elevačnou maskou so sklonom 5° k horizontu. Boli použité rôzne časové intervaly observácie (5, 10 a 15 min) a pre výpočet vektorov boli použité oba družicové systémy (GPS aj ruský družicový systém GLONASS). Pri meraní bol použitý systém redukcie bočného odrazeného signálu (multi-path efekt). Pre transformovanie súradníc WGS 84 do lokálneho súradnicového systému S-JTSK bol použitý lokálny transformačný kľúč, ktorý sa získal vyrovnaním siete siedmich trigonometrických bodov. Stredná chyba transformácie v polohe dosahuje hodnotu 0,042 m a vo výške 0,0273 m. Ako referenčný bod bol použitý bod č. 5914-23 (Dibák).

2. testovacia plocha

Terestrické experimentálne merania boli vykonané na vlastníckych hraniciach medzi ŠL TANAP a súkromnými vlastníkmi, na hraniciach JPRL pre potreby vyhotovenia nového lesného hospodárskeho plánu a kontrole vytyčenia pásma piateho stupňa ochrany po kalamite vo Vysokých Tatrách. Bol použitý GPS prijímač LEICA GX1230. Pomocou softwaru LEICA GeoOffice bol pre danú lokalitu vytvorený lokálny transformačný kľúč a priamo do prijímača boli naimportované vytyčované JTSK súradnice lomových bodov. Súradnice boli prevzaté na základe porovnania a identifikácie aktuálnej základnej lesníckej mapy s katastrálnou mapou, popri prípade s mapou určeného operátu, pričom základným podkladom pre vytyčenie boli samozrejme mapy katastrálneho operátu. Pri dlhších vzdialenostiach medzi lomovými bodmi sa operatívne priamo v teréne počítali súradnice

novovytváraných bodov na ich spojniciach tak, aby bola zabezpečená priama viditeľnosť medzi nimi.

Vlastné vytyčovanie začínalo zriadením referenčnej stanice na vhodnom mieste, zväčša v tesnej blízkosti merania pripojením cez body STS statickou metódou v reálnom čase alebo statickou metódou s postprocessingovým spracovaním tak, aby bolo zabezpečené dobré šírenie korekcií prostredníctvom rádiomodemu. Stanoviská referenčnej stanice sa podľa potreby ďalej pri vytyčovaní presúvali aby bola zabezpečená táto k vytyčovaniu nevyhnutná podmienka. Vzhľadom k tomu, že meranie v reálnom čase je veľmi krátke a súradnice novourčovaného bodu sú k dispozícii v priebehu rádovo desiatok sekúnd a program vytyčovania v GPS prijímači predpokladá takýto postup – prechod medzi programom merania a vytyčovania je prostredníctvom jednej klávesy, z časového hľadiska to nemalo na výkonnosť pri vytyčovaní žiadny vplyv. Navádzanie je prostredníctvom uvedenia vzdialenosti k vytyčovanému bodu a grafického displeja s výberom viacerých možností orientácie ako napr. Slnko, od posledne vytýčeného bodu atď. Ako najlepšie sa osvedčila orientácia na sever. Na displeji bolo možno súčasne sledovať aktuálnu presnosť merania.

Po určení lomového bodu tento bol následne kontrolne premeraný a stabilizovaný dreveným kolíkom. Na výrazných lomových bodoch boli neskôr budované hospodárske kopce. Pre kontrolu boli viackrát z rôznych stanovísk zamerané náhodne vybrané lomové body. Pre potreby lesníckej praxe, ktorá má k dispozícii navigačné GPS prijímače boli poskytnuté aj súradnice v súradnicovom systéme ETRS89, čo umožní v budúcnosti približné vyhľadávanie týchto bodov v prípade zničenía stabilizácie hospodárskych kopcov.

3. VÝSLEDKY A DISKUSIA

Pre ďalšie rozborý bol experimentálny materiál získaný na testovacej ploche 1 vyhodnotený klasickým postupom v zmysle vyrovnávacieho počtu podľa BÖHMA (1990). Materiál z testovacej plochy 2 a skúsenosti získané počas merania (išlo o praktické merania) boli v ďalšom využité na diskusiu pre zovšeobecnenie podmienok pri meraní technológiami GNSS.

V tabuľkách 1 a 2 sú uvedené stredné súradnicové chyby m_{xy} pri GPS a GLONASSE pri statickej metóde (tab. 1) a pri metóde RTK (tab. 2).

Po výpočte súradníc bodov polygónového ťahu na voľnom prieseku získaných statickou metódou merania GPS pri využití oboch družicových systémov stredná súradnicová chyba nepresiahla $m_{xy} = 0,021$ m, čím nebolo prekročené kritérium 1. triedy presnosti ($u_{xy} = 0,04$ m), ktoré je stanovené pre mapy veľkých mierok. Vplyv dĺžky observácie sa na zníženie stredných chýb výrazne neprejavil. Preukázal sa vplyv ruského družicového systému GLONASS, ktorý sa prejavil pozitívne na znížení strednej súradnicovej chyby m_{xy} . K najvýraznejšiemu zníženiu m_{xy} (o 25,0 %) dochádzalo pri 5 minútových observáciach.

Ide len o nepatrné zníženie m_{xy} (cca o 4 mm) a preto vzhľadom na predbežné výsledky možno konštatovať, že pri zameriavaní polygónových ťahov na voľných priestranstvách sú pre správne vyriešenie ambiguid postačujúce aj kratšie observácie (5 minút) a to aj bez využitia družicového systému GLONASS.

Tab. č. 1 Stredné súradnicové chyby m_{xy} – statická metóda

Tabelle 1 Die mittleren Koordinatenfehler m_{xy} – die statische Methode

Objekt merania ¹	Intervaly observácie ²	Použité družicové systémy ³		Rozdiel m_{xy} ⁴ (GPS+GLONASS) – GPS	
		GPS + GLONASS	GPS		
		m_{xy} (m)	m_{xy} (m)	(m)	(%)
Polygón na voľnom priestranstve ⁵	5	0,01759	0,02196	– 0,0044	– 25,0
	10	0,02080	0,02179	– 0,0011	– 5,3
	15	0,02125	0,02308	– 0,0018	– 8,5
Polygón na lesnom priestreku ⁶	5	0,40893	0,50853	– 0,0996	– 24,4
	10	0,02946	0,27587	– 0,2464	– 569,3
	15	0,02732	0,02590	+ 0,0014	+ 1,9

¹das Objekt der Messung, ²die Intervalle der Beobachtung, ³die Satellitensysteme, ⁴die Differenz m_{xy} , ⁵der Polygonzug auf der freien Fläche, ⁶der Polygonzug durch die Waldschneise

Tab. 2. Stredné súradnicové chyby (m_{xy}) – metóda RTK

Tabelle 2 Die mittleren Koordinatenfehler m_{xy} – die kinematische Methode (RTK)

Objekt merania ¹	Použité družicové systémy ²		Rozdiel m_{xy} ³ (GPS+GLONASS) – GPS	
	GPS + GLONASS	GPS		
	m_{xy} (m)	m_{xy} (m)	(m)	(%)
Polygón na voľnom priestranstve ⁴	0,02508	0,02269	+ 0,0024	+ 9,6
Polygón na lesnom priestreku ⁵	0,69262	1,6208	– 0,9281	– 134,0

¹das Objekt der Messung, ²die Satellitensysteme, ³die Differenz m_{xy} , ⁴der Polygonzug auf der freien Fläche, ⁵der Polygonzug durch die Waldschneise

Po vyhodnotení výsledkov po zameraní polygónového ťahu na lesnom priestreku bola zistená vyššia stredná súradnicová chyba m_{xy} , čo je dôsledkom zhoršeného príjmu signálov z oboch družicových systémov. Ale ani v tomto prípade pri využití oboch družicových systémov (GPS + GLONASS) pri observáciach (10–15 minút) stredná súradnicová chyba m_{xy} nepresiahla hodnotu $m_{xy} = 0,029$ m, čím neboli prekročené kritéria 3. triedy presnosti stanovené pre mapy veľkých mierok. Tu sa na hodnote strednej súradnicovej chyby m_{xy}

významnejšie prejavil vplyv dĺžky observácie a predovšetkým aj vplyv ruského družicového systému GLONASS. Pri kratších observáciách (5 minút) sa dosahovali najvyššie stredné súradnicové chyby aj pri využití oboch družicových systémov ($m_{xy} = 0,408$ m). Významne sa na znížení m_{xy} (cca o 0,16 m) prejavil ruský družicový systém GLONASS na bodoch, kde spoločne observovalo dva a viac ruských družíc, pretože významne kompenzovali stratu družíc GPS. Pri spoločnej observácii len 1 družice GLONASS je jeho vplyv nepatrný. Vzhľadom na predbežné výsledky možno usudzovať, že pri meraniach na lesných priesekoch (príp. iných lokalitách so zhoršeným príjmom signálu) je výhodnejšie pristúpiť k dlhším časovým observáciám (10–15 min.) aj s využitím ruského družicového systému GLONASS, nakoľko kratšie observácie (5 min.) nie sú zárukou správneho vyriešenia ambiguid ani pri využití oboch družicových systémov. Pozitívne sa tu na presnosť prejavuje nižší sklon elevačnej masky (5°) a nižší interval registrácie dát (3 s.). Nižší sklon elevačnej masky sa prejavuje zvýšením počtu spoločne observovaných satelitov a nižší interval registrácie dát zase vyšším počtom zaregistrovaných meraní počas observácií, ktoré sa používajú pre výpočet vektorov určených bodov.

Po vyhodnotení výsledkov merania RTK boli v porovnaní so statickou metódou merania zistené najvyššie stredné súradnicové chyby m_{xy} predovšetkým na bodoch polygónu na lesnom prieseku ($m_{xy} = 0,69$ m pri využití GPS + GLONASS), čo bolo spôsobené predovšetkým nízkym počtom inicializovaných družíc. Tu boli prekročené kritéria aj 5. triedy presnosti, ktoré sú stanovené pre mapy veľkých mierok, ale dosiahnuté stredné chyby (m_{xy}) vyhovujú kritériám stanovených pre zameriavanie hraníc JPRL, okrem vlastných hraníc. Na bodoch polygónu na voľnom priestranstve stredná súradnicová chyba ($m_{xy} = 0,025$ m) vyhovuje kritériám 2. triedy presnosti stanovené pre mapy veľkých mierok. ($u_{xy} = 0,08$ m). Tu sa vplyv GLONASSU pozitívne prejavil znížením m_{xy} (o 0,92 m) len na polygóne na lesnom prieseku. U bodoch polygónu na voľnom priestranstve mal GLONASS za následok nepatrné zvýšenie m_{xy} (o 2,4 mm).

Na bodoch polygónov pri oboch metódach merania (statickej aj RTK) boli hodnoty strednej súradnicovej chyby ovplyvnené strednou polohovou ($m_0 = 0,042$ m) a strednou výškovou ($m_0 = 0,0273$ m) chybou transformačného kľúča, ktorá sa pri transformácii prenáša na súradnice určených bodov.

Merania pomocou LEICA GX 1230 na testovacej ploche 2 potvrdili vplyv lesného porastu na kvalitu výsledkov merania technológiou GPS. Tento vplyv je v oblasti lesníckej geodézie kľúčový. Použitie GPS v lesníckych aplikáciách bolo diskutované rôznymi autormi a prax potvrdzuje výsledky výskumu v tejto oblasti. Lesný porast spôsobuje zoslabenie až kompletne zablokovanie signálu. V niektorých prípadoch je signál odrazený od blízkych objektov a potom zaznamenaný prijímačom (tzv. multipath efekt). Kvalita prijímaného signálu sa rýchlo mení pri prechode satelitu za prekážky ako sú koruny stromov. Signál sa tak zoslabuje a prijímač nemôže vypočítať dostatočne presnú polohu. Rovnakou prekážkou ovplyvňujúcu meranie GPS sú aj geomorfologické pomery stanovišťa meraného bodu (napr. VITÁSKOVÁ 2002, HRICKO – TUNÁK – ŽÍHLAVNÍK, Š. 2004).

Určitým zlepšením je využitie nových technológií ako je napr. SmartTrack, Smart-Check, ktoré dokážu prijímať signály z družíc s nízkou výškou a zlepšia observácie aj pod korunami stromov a v oblastiach so silnou interferenciou, ako aj technológia, ktorá umožňuje pri dočasnej strate signálu z niektorého satelitu dodatočne na základe údajov almanchu o jeho presnej dráhe dopočítať polohu.

Ako stanoviská pre meranie v lesných porastoch treba voľiť miesta (napr. kotlíky, rúbaniská, existujúce prieseky), kde je zaručená aspoň minimálna priama viditeľnosť na oblohu a spolu s plánovacím softwarom tak nájsť vhodné doby pozorovania. S určitosťou možno povedať, že pre meranie GPS postačuje mať voľnú južnú časť, keďže satelity vychádzajú práve z juhu.

4. ZÁVER

GNSS systémy predstavujú kvalitatívny skok vo vývoji metód určovania polohy. Vykonané merania i doterajšie skúsenosti naplnili očakávané predpoklady z minulosti a dokumentujú vysokú presnosť určených veličín. Meranie GNSS svojou presnosťou niekoľkonásobne prevyšuje požiadavky dané pre katastrálne i lesnícke mapovanie. Toto konštatovanie však platí jednoznačne len pre voľné priestranstvá. Pri mapovaní vnútri porastu je potrebná kombinácia s klasickými metódami, najčastejšie s polygónovými ťahmi (napr. TUNÁK 1998, TUNÁK – ŽÍHLAVNÍK, Š. 2004), pre nižšiu požadovanú presnosť merania s buzolovým meraním (napr. CHUDÝ, F. – Kardoš, M., 2005).

Pri zhusťovaní bodového poľa je dôležité venovať pozornosť optimálnemu rozmiestneniu bodov. Body je vhodné umiestňovať na voľnejšie priestranstvá (okraje porastov, lesné prieseky) tak, aby bol zabezpečený optimálny príjem signálov, ale zároveň s možnosťou využitia navrhovaného bodového poľa pre ďalšie terestrické merania. Pri použití dnešných dvojfrekvenčných GPS, ktoré sú schopné prijímať nielen signály GPS ale aj GLONASS a v budúcnosti aj Galileo, je väčšia pravdepodobnosť dosiahnutia ešte priaznivejších výsledkov.

Výsledky GNSS meraní sú závislé od použitej metódy merania, dĺžky observácie, počtu, druhu a konštelácií družíc. Pri lesníckom mapovaní sa ako najvýhodnejšia javí statická metóda. Pri kinematickej (RTK) metóde dochádza k vyšším výkyvom polohových chýb (desiatky centimetrov), a preto nie je možnosť využitia tejto metódy pri budovaní bodových polí ani v 5. triede presnosti, ktoré je stanovené pre mapy veľkých mierok. Je ale možnosť využitia metódy RTK pri zameriavaní hraníc JPRL. Na presnosť merania majú vplyv aj ďalšie faktory, ako je napr. typ porastu, stredná hrúbka, zakmenenie a zápoj. Vplyv má tiež ročné obdobie a samotné umiestnenie meraných bodov v teréne. Tu zohráva vplyv konfigurácia terénu, expozícia, výskyt hrubých kmeňov v blízkosti meraného bodu a ďalšie vplyvy štruktúry a rastovej fázy porastov.

Literatúra

- BÖHM, J. a kolektív, 1990. Teorie chýb a vyrovnávacího počtu. GKP Praha, 416 s.
- COURTEAU, J. – DARCHÉ, M. H., 1997. A Comparison of Seven GPS Units under Forest Condition. Special Report No. SR-120, Forest Engineering Research Institute of Canada.
- DARCHÉ, M. H. – FORGUES, I., 1998. Modes of GPS Positioning: Introduction and Application in Forestry, Forest Engineering Research Institute of Canada.
- HEFTY, J. – HUSÁR, L., 2003. Družicová geodézia – globálny polohový systém. STU Bratislava, 186 s.
- HRICKO, B. – TUNÁK, D. – ŽIHĽAVNÍK, Š., 2004. Globálny polohový systém v lesníckom mapovaní. In. Aktuálne problémy lesníckeho mapovania, TU Zvolen, s. 41–50.
- HRICKO, B. – ŽIHĽAVNÍK, Š., 2001. Určovanie polohy bodov pomocou GPS v lesných porastoch. In. Zborník referátov „Geodézia, fotogrametria a inžinierska geodézia v informačnej spoločnosti. STU Bratislava, s. 272–280.
- CHUDÝ, F. – Kardoš, M., 2005: Posúdenie polohovej presnosti zamerania línií vnútorného rozčlenenia lesa buzolovým meraním. In. DPZ a lesnícke mapovanie, TU Zvolen, s. 14–23.
- TUNÁK, D., 1998: Určovanie polohových bodov v zalesnených územiach metódou polygónoch ťahov. In. Aktuálne problémy lesníckeho mapovania, TU Zvolen, s. 127–135.
- TUNÁK, D. – ŽIHĽAVNÍK, Š., 2004: Polygonizácia a jej aktuálnosť pri lesníckom mapovaní. In. Aktuálne problémy lesníckeho mapovania, TU Zvolen, s. 112–121.
- VITÁSKOVÁ, J., 2002. Využití metody GPS v lesním hospodářství. Dizertačná práca, LDF MZLU Brno, 115 s.
- ŽIHĽAVNÍK, A., 2004. Problematika priestorovej úpravy lesov. In. Aktuálne problémy lesníckeho mapovania, TU Zvolen, s. 122–128.
- ŽIHĽAVNÍK, A., 2005. Hospodárska úprava lesov. VŠ učebnica, TU Zvolen, 388 s.
- ŽIHĽAVNÍK, A., 2006. Problematika priestorového rozdelenia lesa v súčasnom období vo väzbe na lesnícke mapovanie. In. Geodézia v lesníctve. TU Zvolen, s. 100–105.
- Vyhláška MP SR č. 453/2006 Z. z. o hospodárskej úprave lesov.
- Zákon NR SR č. 215/1995 Z. z. o geodézii a kartografii.
-

Adresa autorov:

Prof. Ing. Štefan Žihľavník, CSc.
Ing. Jozef Meluš
Lesnícka fakulta TU Zvolen
Katedra HÚL a geodézie
T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen

e-mail: zihlav@vsld.tuzvo.sk
melus@vsld.tuzvo.sk

Ing. Bc. Ľuboš Halvoň
Ústav lesných zdrojov a informatiky – Odbor tematického štátneho mapového diela
Národné lesnícke centrum
Sokolská 2
960 52 Zvolen
e-mail: halvon@nlcsk.org

GNSS in der Waldkartierung

Zusammenfassung

Die durchgeführten Messungen und Analysen deren Genauigkeit und Bedingungen mit verschiedenen GNSS (Global Navigation Satellite System) – Geräten und Technologien zeigten, daß die Waldumwelt auf die Genauigkeit der Kartierung markant einwirken.

In dem Artikel ist auf den mehreren Faktoren hingewiesen, die die Genauigkeit der Messungen mit GNSS beeinflussen (die Struktur und Wachstumsphase des Bestandes, die Methode der Messungen, die Länge der Beobachtung und das Satellitensystem). Die Arbeit wird vor allem mit den Möglichkeiten der Anwendungen der statischen auch kinematischen (RTK) Methode GNSS bei der Verdichtung des Punktfeldes und bei der Eigentumsgrenzenbestimmung beschäftigt, mit der nachfolgenden Möglichkeit deren weiterer Ausnutzung für die Waldkartierung. In der Arbeit wird auch der Einfluss des russischen Satellitensystems GLONASS auf die Genauigkeit der Berechnungen der Vektoren und der mittleren Koordinatenfehler in den Bedingungen der Waldschneisen und auf den freien Fläche beurteilt. Hier werden die vorläufigen Ergebnisse der ersten experimentellen Messungen der Polygonzüge auf den freien Flächen (der mittlere Koordinatenfehler m_{xy} von 0,018 m bis 0,025 m) und durch die Waldschneisen (der mittlere Koordinatenfehler m_{xy} von 0,027 m bis 1,621 m) angeführt, die mit der Zweifrequenz GPS Empfänger TOPCON Hiper GGD gewonnen wurden.

OVERENIE GRAFICKEJ METÓDY PRE ZOSTROJENIE TRAJEKTÓRIE BREMENA LESNÍCKEJ LANOVKY

Štefan I L Č Í K

Ilčík, Š.: Overenie grafickej metódy pre zostrojenie trajektórie bremena lesníckej lanovky. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLIX**, 2007, č. 1, s. 249–257.

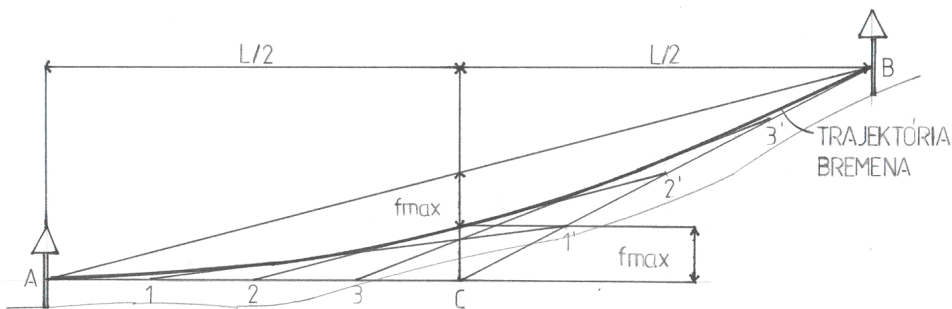
Príspevok sa zaoberá overením grafickej metódy pre zostrojenie trajektórie bremena a poukazuje na nedostatok tejto metódy pri lesníckych lanovkách so zafixovaným nosným lanom. Pri zafixovanom nosnom lane sa vytvára iná výsledná krivka trajektórie ako je krivka paraboly, ktorá sa vytvorí konštrukciou tejto grafickej metódy. Ďalej je tu uvedený princíp a konštrukcia tejto grafickej metódy, výsledky experimentu s fyzikálnym modelom TL 01 a určená skutočná funkcia, ktorej grafom je krivka pre konkrétny modelový prípad.

Kľúčové slová: lanovka lesnícka, trajektória bremena, mechanizačné prostriedky lesnícke, zafixované nosné lano, priehyb lana

ÚVOD A CIEĽ

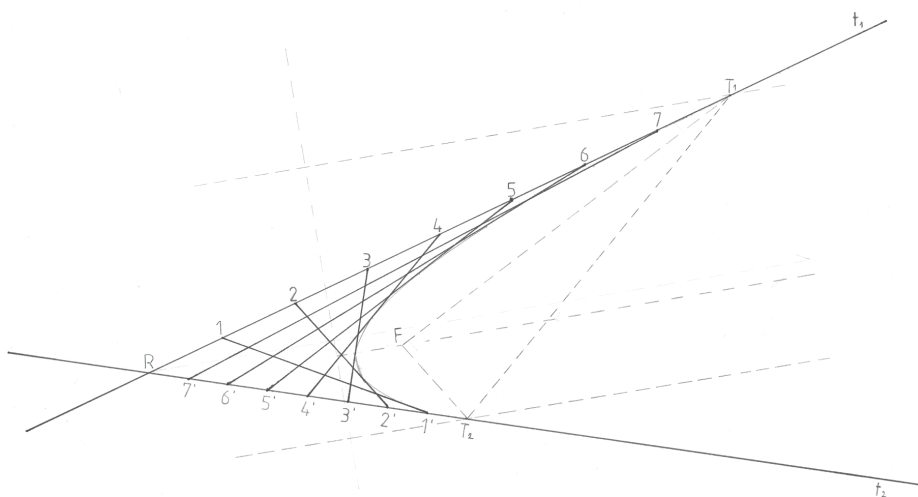
Pri projektovaní lesníckych lanoviek používame na určenie trajektórie bremena grafickú metódu. Postup pri grafickej metóde zostrojenia trajektórie bremena je nasledovný. Uprostred poľa vedieme zvislicu, na ktorú vynesieme dvojnásobnú dĺžku predpokladaného f_{max} v mierke. Podľa Obr. 1 sa zostroja dotyčnice k dráhe nákladu. Stredy medzi priesečníkmi dotyčníc sú body dráhy nákladu. Krivítkom sa vykreslí podľa bodov krivka. Ak nevyhovuje (pretína terén) postup opakujeme z menším f_{max} . Ak vyhovuje profilu terénu, pokračuje sa v ďalších výpočtoch (LUKÁČ a kol., 1999).

Podstata tejto grafickej metódy je založená na konštrukčnom princípe analytickej geometrickej matematiky pre zostrojenie paraboly, ak sú dané jej dve dotyčnice t_1, t_2 s dotykovými bodmi T_1, T_2 ktoré poznáme (Obr. 2). V konkrétnom prípade sú týmito dotykovými bodmi koncové body A, B lanovej dráhy (Obr. 1). Podstata tejto konštrukcie paraboly spočíva tiež vtom, že $R = t_1 \cap t_2$. Úsečku T_1R rozdelíme na rovnaký počet zhodných úsečiek. Úsečku T_2R rozdelíme tiež na rovnaký počet zhodných úsečiek. Deliace body očísľujeme $1, 2 \dots 7; 1', 2' \dots 7'$ v opačnom poradí vzhľadom na bod R . Priamky $11', 22' \dots 77'$ sú dotyčnice paraboly. Nemusíme poznať ich dotykové body, ale ak je ich dostatočne veľa, určujú tvar paraboly s dostatočnou presnosťou. Väčšinou táto približná konštrukcia paraboly stačí pre potreby technickej praxe (MAĐAROVÁ a kol.).



Obr. 1 Určenie trajektórie bremena metódou obalových dotyčníc k dráhe nákladu

Fig. 1 The determination of log line trajectory by the method of mathematics tangent lines to log distance



Obr. 2 Zostrojenie paraboly ak sú dané jej dve dotyčnice s dotykovými bodmi

Fig. 2 The construction of parabola if we have two tangent lines with points of contact

Dvojnásobné vynášanie hodnoty f_{max} na zvislicu v strede poľa lanovky pri grafickej metóde určenia súvisí s konštrukciou paraboly. Vrchol paraboly V vzniká v strede medzi ohniskom paraboly F a radiacou priamkou d , preto ak by sme vyniesli iba jeden krát hodnotu f_{max} pri grafickej konštrukcii by sme automaticky dostávali iba polovičnú hodnotu maximálneho priebyhu v strede poľa.

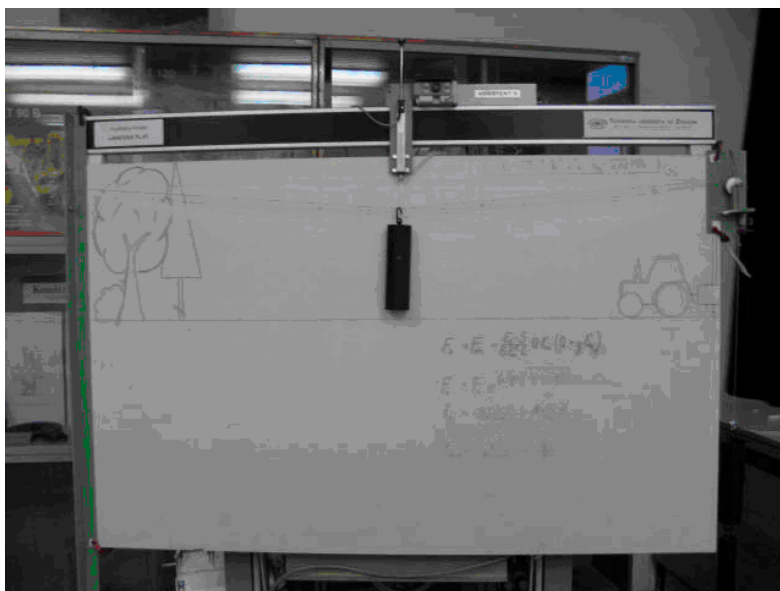
Nosné lano lanoviek môže byť na jednom konci voľné. Tento prípad nastáva vtedy, keď je nosné lano napínané závažím. Lesnícke lanovky používajú nosné lano pevne zafixované

na oboch koncoch, z toho dôvodu, že sú to prenosné lanové zariadenia. Ich montáž v teréne sa vykonáva dočasne, aby sa zabezpečila rýchla a jednoduchá montáž a náklady na stavbu boli čo najnižšie (Roško, 1984).

Pri experimentovaní s modelom TL 01 bolo zistené, že táto metóda je správna len pri nezafixovanom nosnom lane. Rozhodli sme sa vykonať experimenty na modely a overiť metódu pri zafixovanom nosnom lane. Určiť relatívnu chybu odchýlenia jednotlivých meraných bodov krivky trajektórie zafixovaného nosného lana od krivky trajektórie paraboly, ktorú opisuje bremeno Q pri prechode po nosnom lane napínanom napínavým závažím. Určiť v konkrétnom prípade skutočnú funkciu, ktorej grafom je krivka trajektórie, ktorou prechádza bremeno Q pri zafixovanom spôsobe nosného lana vo vodorovnej polohe.

METODIKA

Experimentálne merania boli vykonané na fyzikálnom modeli TL 01 (Obr. 3). Na odskúšanie adekvátnosti boli parametre f_{max} , F_0 , L , Q jednej konkrétnej lesníckej lanovky prepočítané metódou podobnosti na parametre modelu f_{max}^* , F_0^* , L^* , Q^* aby sa model čo najviac približoval ku skutočnosti.



Obr. 3 Fyzikálny model TL 01

Fig. 3 Physical model TL 01

Na základe týchto vypočítaných hodnôt sa na modeli TL 01 v strede vodorovného poľa nosného lana medzi dotykovými bodmi A, B vyniesla dvojnásobná hodnota priehybu $f_{max} = 6,50$ cm. Potom sa skonštruovala výsledná krivka trajektórie bremena pomocou grafickej metódy (Obr. 1). Takto narysovaná krivka paraboly pri tomto priehybe bola porovnaná s výslednou krivkou trajektórie, ktorú vytvára nosné lano pri prechode bremena cez dotykové body paraboly pri zafixovanom spôsobe vo vodorovnej polohe.

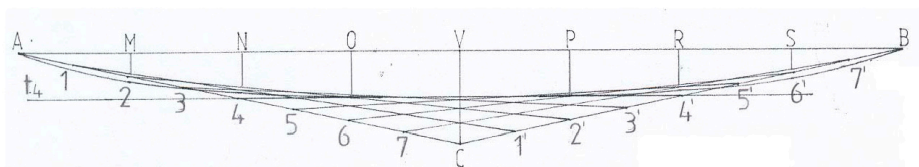
Meranie bodov pri zafixovanom nosnom lane, ktorého menovitý priemer bol 1 mm sa vykonal pri hmotnosti bremena $Q^* = 3500\text{ g}$ a montážnom napnutí $F_0^* = 0,05882, kN = 58,82\text{ N}$, ktoré zodpovedá bremenu a vypočítanému priehybu nosného lana v strede poľa medzi koncovými dotykovými bodmi A, B .

Na každom jednom meranom bode bola kvôli zvýšeniu presnosti meraná hodnota deväťkrát od nivelety nosného lana pomocou posuvného meradla. Z týchto hodnôt pre každý jeden bod bol vypočítaný jednoduchý aritmetický priemer. Takýmto spôsobom boli odmerané a vypočítané jednoduchý aritmetický priemer pre merané hodnoty jednotlivých bodov narysovanej paraboly na modeli TL 01 a hodnoty bodov priehybu f_{max} pri zaťažení nosného lana bremenom Q a navzájom porovnané. Ďalej pre tieto merané body bola určená relatívna chyba odchylenia skutočnej krivky výslednej trajektórie, ktorou prechádza bremeno Q od skonštruovanej krivky paraboly podľa grafickej metódy určenia f_{max} metódou obalových dotyčníc. Pri meraní hodnôt jednotlivých bodov dráhy nákladu boli merané stredy medzi priesečníkmi dotyčníc označené veľkými písmenami abecedy M, N, O, V, P, R, S (Obr. 4).

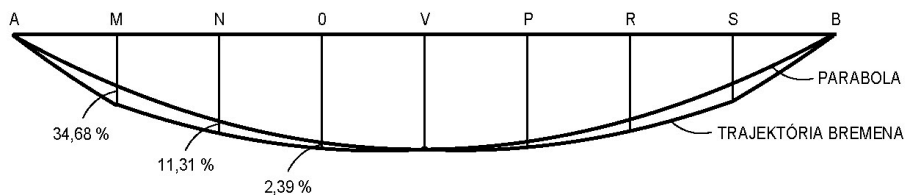
Stredy medzi priesečníkmi dotyčníc sú dotykové body, ktoré ležia na dotyčnici a ich poloha je daná sprievodičmi. Keďže dotyčnica, na ktorej leží dotykový bod je os uhla sprievodičov tieto dotykové body vytvárajú trajektóriu, ktorú charakterizuje krivka paraboly. Z tohto dôvodu sú dotykové body pri metóde zostrojenia trajektórie bremena pomocou obalových dotyčníc k dráhe nákladu brané ako body dráhy nákladu.

VÝSLEDKY

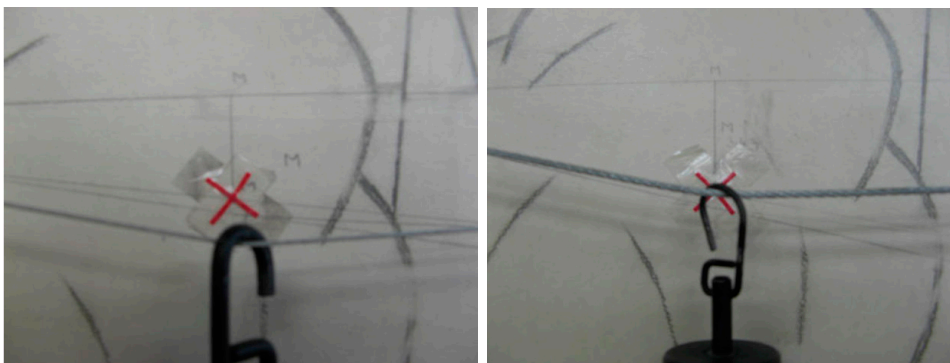
Najväčšia relatívna chyba priehybu pri zafixovanom nosnom lane v meraných bodoch M, N, O, V, P, R, S od výslednej krivky paraboly je v bodoch M a S (Obr. 6). Tieto dva body paraboly sú navzájom súmerné a z tohto dôvodu majú rovnakú relatívnu chybu, ktorej hodnota je $-34,68\%$. Teda v bodoch M a S je relatívna chyba cca $-34,68\%$ od krivky paraboly, pričom znamienko mínus vyjadruje odchylenie bodov M a S o túto relatívnu chybu pod krivku paraboly smerom k osi y , ktorá prechádza vrcholom paraboly v bode V . Relatívne chyby priehybu, namerané pri zafixovanej vodorovnej polohe nosného lana od krivky paraboly sú v bodoch $M, S = -34,68\%$, v bodoch $N, R = -11,31\%$, v bodoch $O, P = -2,39\%$ a v bode $V = 0,09\%$ (Obr. 5). Táto výsledná krivka trajektórie nosného lana sa postupne od krivky paraboly vplyvom rozťažnosti, ktorá je funkciou viacerých parametrov, odchyľuje a vytvára inú výslednú krivku trajektórie.



Obr. 4 Merané hodnoty v bodech M, N, O, V, P, R, S
Fig. 4 Measuring of values in points M, N, O, V, P, R, S



Obr. 5 Odchýlenie trajektórie bremana od krivky paraboly a chyby priehybu
Fig. 5 Diversion of log line trajectory to parabola and errors of cable sag



Obr. 6 Pohľad na trajektóriu bremana v bode M pri zafixovanom nosnom lane (chyba priehybu v bode M) a pohľad na trajektóriu bremana v bode M pri nezafixovanom nosnom lane (trajektória bremana opisuje krivku paraboly)
Fig. 6 View of log line trajectory in point M when is fixed skyline (error of cable sag in point M) and view of log line distance in point M when is not fixed skyline (log line trajectory is parabola)

Určenie výslednej funkcie, ktorej grafom je krivka trajektórie bremena Q pri zafixovanom nosnom lane

Bremeno Q prechádzajúce po nosnom lane v každom meranom bode M, N, O, V, P, R, S vytvára iný priehyb lana. V každom tomto meranom bode boli určené súradnice bodov a analytické vyjadrenie funkcie, ktorej grafom je krivka, ktorú vytvára bremeno Q v konkrétnom meranom bode.

Ide o výpočet funkcie pre konkrétny modelový prípad ktorej grafom je krivka trajektórie pomocou interpolácie, ktorá je tvorená jednotlivými bodmi dráhy nákladu vyvolanými hmotnosťou bremena $Q^* = 3500 \text{ g} = 3,5 \text{ kg}$ pri dĺžke nosného lana $L^* = 1,53 \text{ m}$ pre priehyb nosného lana $f_{max} = 6,50 \text{ cm}$ v strede poľa medzi koncovými bodmi A, B na modeli TL 01.

Pre výpočet tejto funkcie, ktorej grafom je krivka bol použitý Lagrangeov interpolačný mnohočlen Ln. Táto funkcia f je daná nameranými interpolačnými hodnotami $x_0, x_1, \dots, x_n$ v konkrétnych interpolačných uzloch alebo bodoch $A, M, N, O, V, P, R, S, B$. Týmto spôsobom hľadáme funkciu $f(y_i) = x_i$ pre všetky $i = 0, 1, \dots, n$ (JANIŠ, MALIČKÝ, 1998).

Pre výpočet funkcie v konkrétnom modelovom prípade pomocou Lagrangeovho interpolačného mnohočlenu Ln sa použije vzťah:

$$P_i(y) = \prod_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^n (y - y_j) \quad (1)$$

$$L_n(y) = \sum_{i=0}^n x_i \frac{P_i(y)}{P_i(y_i)} \quad (2)$$

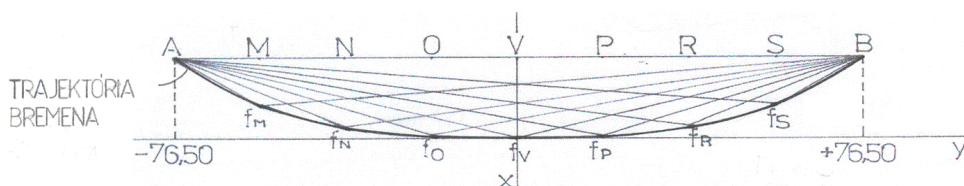
Ako vstupné údaje pre výpočet funkcie, ktorej grafom je výsledná krivka trajektórie bremena Q pri prechode po nosnom lane sa použili namerané a vypočítané súradnice bodov: $A = [6,50; -76,50]$, $M = [2,72; 47,607]$, $N = [1,06; -33,887]$, $O = [0,17; -17,164]$, $V = [0; 0]$, $P = [0,17; 17,164]$, $R = [1,06; 33,887]$, $S = [2,72; 47,607]$, $B = [6,50; 76,50]$. Teda pre výpočet boli použité súradnice bodov A, B v koncových dotykových bodoch a súradnice bodov na kladnej strane osi y a to interpolačné body V, P, R, S . Keďže jednotlivé funkcie, ktorých grafom sú krivky a ktoré sa postupne vytvárajú presunom bremena Q po nosnom lane, sú zároveň vo vodorovnej polohe nosného lana súmerné na zápornej a kladnej strane osi y , je záporná strana zrkadlovým obrazom jednotlivých bodov na pravej strane (Obr. 7).

Ďalej pre tento výpočet polynomickej funkcie bola vykonaná skúška správnosti pri, ktorej boli dosadené súradnice y jednotlivých meraných bodov V, P, R, S, B na kladnej strane osi y . Výsledkom skúšky správnosti je vypočítaná súradnica x , ktorá je rovnaká s nameranou súradnicou x jednotlivých meraných bodov V, P, R, S, B na kladnej strane osi y .

Funkcia krivky trajektórie nosného lana pod bremenom Q pre tento konkrétny modelový prípad je:

$$L_4(y) = -6,998 \cdot 10^{-7} \cdot y^4 + 8,895 \cdot 10^{-5} \cdot |y^3| - 1,846 \cdot 10^{-3} \cdot y^2 + 0,018 \cdot 10^{-2} \cdot |y| \quad (3)$$

Body minima jednotlivých funkcií f_M keď je bremeno v bode M , f_N keď je bremeno v bode N , f_O keď je bremeno v bode O , f_V keď je bremeno v strede dráhy nákladu v bode V , f_P keď je bremeno v bode P , f_R keď je bremeno v bode R , f_S keď je bremeno v bode S , vytvárajú túto konkrétnu výslednú trajektóriu prechodom bremena Q po nosnom lane, ktorá je aproximovaná grafom polynomickej funkcie štvrtého stupňa (Obr. 7).



Obr. 7 Znáznomená súmernosť kriviek na zápornej a kladnej osi y v bodoch M a S , N a R , O a P a výsledná trajektória nosného lana vytvorená váhou bremena

Fig. 7 View of symmetry curved lines on negative and positive axis in points M and S , N and R , O and P and final log line trajectory

Nevýhodou je, že táto polynomická funkcia, ktorej grafom je krivka vytvorená prechodom bremena Q cez jednotlivé merané interpolačné uzly, body A , M , N , O , V , P , R , S , B , platí len pre tento konkrétny prípad a pri akejkoľvek zmene podmienok sa musí celý výpočet vypočítať odznovu. Táto funkcia platí len pri modelovom prevedení dĺžky zafixovaného nosného lana $L^* = 1,53 \text{ m}$ a jeho rozťažnosti, montážnom napnutí $F_0^* = 0,05882 \text{ kN} = 58,82 \text{ N}$, bremene $Q^* = 3,5 \text{ kg} = 3500 \text{ g}$, priehybu $f_{max}^* = 6,5 \text{ cm} = 0,065 \text{ m}$ v strede poľa a vo vodorovnej polohe zafixovaného nosného lana. Keďže tento model bol vytvorený na základe podobnosti táto funkcia ktorej grafom je výsledná krivka trajektórie nosného lana vyvolaná bremenom nákladu by mala približne platiť aj pre konkrétny jeden prípad prepočítaný na základe podobnosti.

DISKUSIA A ZÁVER

Súčasná grafická metóda určenia trajektórie bremena, používaná pri projektovaní lesníckych lanoviek, je založená na postupoch analytickej geometrickej matematiky pre zostrojenie paraboly. Pri experimentovaní s modelom TL 01 bolo zistené, že trajektória bremena pri zafixovanom nosnom lane nie je krivkou paraboly ani reťazovky. Táto trajektória bremena môže byť aproximovaná grafom polynomickej funkcie štvrtého stupňa

$L_4(y)$. Táto výsledná funkcia, má s krivkou paraboly totožný bod V a od tohto stredného bodu sa pri vodorovnej polohe nosného lana súmerne postupne odchyľuje na kladnej a zápornej strane od paraboly smerom k osi y ktorá prechádza vrcholom paraboly v bode V .

Odchýlka trajektórie bremena v konkrétnom prípade môže činiť až 34,68 %, čo bolo preukázané na jednom modelovom prípade. Odchýlka je značná, a závisí od rozťažnosti oceľového lana, ktorá je funkciou viacerých parametrov. Z tohto dôvodu, táto chyba tu vždy bude a preto doporučujeme do budúcnosti naďalej používať túto grafickú metódu pre zostrojenie trajektórie bremena, ale je potrebné brať vždy do úvahy túto chybu, ktorá vzniká pri tejto metóde.

Tento príspevok je súčasťou grantu VEGA Ministerstva školstva SR o názve Výskum nových technických a technologických princípov pre sústreďovanie dreva č. 1/3523/06 (GL 1049).

Literatúra

- JANIŠ, V., MALICKÝ, P.: Numerická matematika, TEMPUS – PHARE AC_JEP-13425-98, 51 s.
LUKÁČ, T.: Lesné dopravníctvo, Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 1999, 228 s.
LUKÁČ, T., ŠTOLLMANN, V., MESSINGEROVÁ, V.: Lanovky v lesníctve, Zvolen: Ústav pre výchovu a vzdelávanie pracovníkov lesného a vodného hospodárstva SR, 2001, 167 s.
MESSINGEROVÁ, V.: Lesné dopravníctvo, Návody na cvičenia, Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2001, 152 s.
MAĐAROVÁ, a kol., Deskriptívna geometria 1, Stavebná fakulta slovenskej technickej univerzity.
OLEJÁR, M. a kol., Zbierka vzorcov z matematiky, Bratislava, Vydavateľstvo Young Scientist, 204 s.
ROŠKO, P.: Teoretické základy približovania dreva a sprístupňovania lesov v horských terénoch, Bratislava, VEDA vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied, 1984, 288 s.
-

Adresa autora:

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

Verification of the graphic method for construction to log line distance by forest cableway

Summary

The article deals with verification of the graphic method for construction to log line distance by forest cableway and points to that the lack of this method when is fixed skyline by forest cableways. At the fixed skyline another function is formed which describes final trajectory curve to parabola curve created by these construction graphic method. There is also presented the principle and construction of these graphic method, result of experiment with physical model TL 01 and determinated the actual function which describes the actual model case.

Key words: forest cableway, log line distance, forest mechanization devices, fixed skyline, cable sag

K PRINCÍPOM HYDRAULICKEJ GEOMETRIE USTÁLENÝCH ÚSEKOV BYSTRÍN

Matúš J A K U B I S

Jakubis, M.: K princípom hydraulickej geometrie ustálených úsekov bystrín. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLIX**, 2007, č. 1, s. 259–271.

Článok sa zaoberá vzťahmi hydraulickej geometrie, ktoré boli analyzované na 15. prirodzených ustálených pokusných úsekoch (PÚ), resp. pokusných prietokových profiloch (PP), založených na pätnástich bystrinách v oblasti CHKO BR Poľana. Boli analyzované závislosti medzi základnými geometrickými charakteristikami pokusných profilov: šírkou koryta v brehoch B (m), hĺbkou prietokového profilu H (m) a plochou prietokového profilu S_{pp} (m²), teda závislosti: $B = f(H)$, $B = f(S_{pp})$, $H = f(B)$, $H = f(S_{pp})$. Zároveň boli analyzované závislosti medzi geometrickými a hydraulickými charakteristikami na jednotlivých PÚ (PP), t. j. kapacitným prietokom – „bankfull discharge“ Q_k (m³.s⁻¹), hydraulickým rádiom R (m) a omočeným obvodom O (m), teda závislosti $B = f(Q_k)$, $B = f(R)$, $B = f(O)$, $H = f(Q_k)$, $H = f(R)$ a $H = f(O)$. Boli zistené a štatisticky potvrdené tesné korelačné závislosti analyzovaných vzťahov.

Kľúčové slová: drobné vodné toky, hydraulická geometria

1. ÚVOD A PROBLEMATIKA

Preventívna starostlivosť o prirodzené vodné toky, vrátane bystrín, nezodpovedá v Slovenskej republike už dlhšiu dobu ich významu pre človeka, krajinu, prírodné a životné prostredie, ekologickú stabilitu krajiny, zachovanie biodiverzity, ochranu kultúrnych hodnôt v krajine atď. Tento nevyhovujúci stav má viac príčin. Jednou z nich je dlhodobý pretrvávajúci nedostatok finančných prostriedkov na tieto činnosti, ktorý je do značnej miery zapríčinený nedocenením veľkého celospoločenského pozitívneho (aj negatívneho) významu vodných tokov zodpovednými činiteľmi na rôznych úrovniach. Aj z uvedeného dôvodu je nevyhnutné hľadať v procese starostlivosti o vodné toky také postupy a metódy, používaním ktorých by vznikol požadovaný efekt s nízkymi vynaloženými nákladmi. Máme na mysli prírodu blízke – ekologické zásahy do koryt vodných tokov, ktoré vychádzajú z napodobňovania dlhodobou morfogenezou vyvinutých geometrických a hydraulických charakteristík ich prirodzených ustálených úsekov. Nevyhnutným predpokladom aplikácie prírode blízkych zásahov do koryt vodných tokov je pochopenie princípov ich hydraulickej geometrie.

Riešená problematika je rozsiahla a odborne náročná. Princípy hydraulickej geometrie vodných tokov vychádzajú zo vzájomných interakcií medzi geometrickými a hydraulickými charakteristikami prietokových profilov, resp. korýt vodných tokov. V Slovenskej republike sa problematike hydraulickej geometrie korýt vodných tokov až do nedávnej minulosti venovalo málo autorov. Ako prvý sa problematikou detailnejšie zaoberal L. MACURA, (1966) v súvislosti s posudzovaním ustálenosti prirodzených korýt s ohľadom na korytotvorne prietoky. RAPLÍK, SZOLGAY (1987) popísali základnú problematiku hydromorfologických zákonitostí, teórie režimov a hydraulickej geometrie vodných tokov. Na ich prácu nadviazal V. MACURA *et al.* (1995), ktorý zhrnul teoretické poznatky z tejto problematiky a vysvetlil podstatu vzťahov koncepcie režimov a ich podobnosť so vzťahmi hydraulickej geometrie. Autor konštatoval, že uvedená problematika je dôležitá a využíva sa najmä preto, že fyzikálne vzťahy teórie tangenciálneho napätia nestačia jednoznačne uzavrieť problematiku dimenzovania korýt vodných tokov. Z ďalších domácich autorov sa podrobne zaoberali teoreticko – metodologickými aspektmi tejto problematiky vo svojich prácach LEHOTSKÝ (2005) a LEHOTSKÝ, GREŠKOVÁ (2005). Výsledky terénnych výskumov v tejto problematike publikoval vo viacerých prácach JAKUBIS (2002, 2003, 2004, 2005, 2006). V posledných desaťročiach sa predovšetkým v USA mimoriadne zintenzívnili vedecký výskum zameraný na problematiku hydraulickej geometrie vodných tokov v súvislosti s tvorbou regionálnych rovníc. Z nášho pohľadu považujeme za najdôležitejšie práce, ktoré publikovali WILLIAMS (1978), IKEDA *et al.* (1988), LEOPOLD (1994), CASTRO, JACKSON (2001), HUANG *et al.* (2002), MCCANDLES, EVERT (2003), SWEET, GERATZ (2003), METCALF (2004), WESTERGARD *et al.* (2004), THORN *et al.* (2005) atď.

Podľa autorov z USA sú hlavným dôvodom záujmu o takýto výskum široké možnosti jeho praktického využitia a to predovšetkým v činnostiach, ktoré sa týkajú revitalizácie ekosystémov vodných tokov v súvislosti s procesmi integrovaného manažmentu krajiny a povodí. Poznanie princípov hydraulickej geometrie vodných tokov nachádza praktické využitie aj v ekologickom projektovaní úprav vodných tokov a v činnostiach, ktoré súvisia s ochranou povrchových vodných zdrojov, predovšetkým v súvislosti s kvalitou vody, v niektorých činnostiach protipovodňovej a protieróznej ochrany a pod., resp. v ďalších činnostiach, ktoré súvisia s preventívnou, prírode blízkou – ekologickou starostlivosťou o vodné toky. Teoretické využitie výsledkov výskumu spočíva v rozvoji vedeckého poznania v súvislosti so zákonitosťami prirodzeného ustáľovania korýt vodných tokov, t. j. v procese ich dlhodobej morfogénézy, resp. v získavaní nových vedeckých poznatkov oblasti fluviálnej geomorfológie, v získavaní podkladov pre skúmanie metodologických aspektov správania a zmien korytovo – nivných geosystémov atď. V posledných rokoch sa predovšetkým vo vyspelých štátoch Európy a sveta v súvislosti s vodnými tokmi kladie dôraz na prírode blízku preventívnu starostlivosť a obmedzovanie technických zásahov. Prvoradým cieľom tohto procesu má byť ochrana biotopov, zabezpečenie, podpora a udržiavanie stability ekosystémov vodných tokov a zachovanie, resp. ochrana biodiverzity.

2. MATERIÁL A METODIKA

Výskum niektorých princípov hydraulickej geometrie vodných tokov sme uskutočnili na 15. pokusných úsekoch (PÚ) s pätnástimi pokusnými profilmi (PP), ktoré boli založené na 15. vodných tokoch (Močilná, Skalica, Šiagiho potok, Želobudský potok, Trkotský potok, Kamenná, Zolná, Hradná, Osrblianka, Hronček, Hutná, Hukava, Slatina, Hučava, Kamenistý potok) v CHKO BR Poľana. Prírodné pomery oblasti výskumu boli podrobne spracované v samostatnej práci (JAKUBIS 2006). Geometrické a hydraulické charakteristiky PP (PÚ) sú uvedené v tab. 1 a 2. Charakteristiky povodí a vodných tokov sú podrobne uvedené v tab. 3 a 4. Prietoky, ktoré sa viažu k jednotlivým PP uvádza tab. 5. Výber pokusných tokov a povodí vychádzal z požiadavky, aby sa nachádzali v jednom geomorfologickom celku na rovnakom geologickom podloží, ktoré má pre morfogenezu korýt a zároveň pre možnosti porovnania PÚ a PP skúmaných vodných tokov zásadný význam. V oblasti CHKO BR Poľana tvoria geologické podložie neovulkanity – andezity a ich pyroklastiká.

Tab. 1 Geometrické a hydraulické charakteristiky pokusných prietokových profilov
Table 1 Geometric and hydraulic characteristics of experimental profiles

P. č.	Názov toku	Staničenie od ústia (km)	B (m)	H (m)	S_{pp} (m ²)	O_1 (m)	O_2 (m)	O (m)	R (m)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Močilná	1,750	1,20	0,40	0,40	0,60	1,10	1,70	0,235
2	Skalica	1,500	1,60	0,45	0,58	0,80	1,25	2,05	0,283
3	Šiagiho potok	1,450	1,50	0,45	0,75	0,90	1,35	2,25	0,333
4	Želobudský potok	8,250	1,80	0,50	0,95	0,90	1,50	2,40	0,396
5	Trkotský potok	0,200	2,00	0,50	0,95	0,80	1,70	2,50	0,380
6	Kamenná	0,700	2,40	0,55	1,05	0,80	2,10	2,90	0,362
7	Zolná	30,050	3,60	0,65	2,10	2,25	1,65	3,90	0,538
8	Hradná	8,900	3,60	0,65	2,20	2,20	1,70	3,90	0,564
9	Osrblianka	11,150	3,60	0,65	1,70	1,50	2,40	3,90	0,436
10	Hronček	0,100	4,30	0,70	2,20	1,70	3,20	4,90	0,449
11	Hutná	10,250	4,40	0,70	2,50	2,70	2,40	5,10	0,490
12	Hukava	0,100	4,50	0,70	2,80	2,90	2,10	5,00	0,560
13	Slatina	52,500	6,00	0,90	4,70	4,00	3,00	7,00	0,671
14	Hučava	15,100	8,80	1,05	7,50	4,90	4,40	9,30	0,806
15	Kamenistý potok	11,400	9,30	1,10	8,20	4,60	5,40	10,00	0,820

Vysvetlivky k tab. 1: B – šírka koryta v brehoch (m), H – výška prietokového profilu (m), S_{pp} – plocha prietokového profilu (m²), O_1 – čiastkový omočený obvod – dno (m), O_2 – čiastkový omočený obvod – svahy (m), O – celkový omočený obvod (m), R – hydraulický rádius (m)

Tab. 2 Hydraulic characteristics of experimental profiles
Table 2 Hydraulic characteristics of experimental profiles

P. č.	Názov toku	d_{65} (m)	n_1 (-)	n_2 (-)	n (-)	y (-)	c ($m^{0,5}s^{-1}$)	i (%)	v ($m \cdot s^{-1}$)	Q_k ($m^3 \cdot s^{-1}$)	M_{kp}	kat.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Močlná	0,082	0,031	0,031	0,0310	0,286	21,235	2,24	1,540	0,616	0,554	II.
2	Skalica	0,137	0,034	0,034	0,034	0,301	20,105	3,02	1,858	1,078	0,543	II.
3	Šiagiho potok	0,090	0,032	0,036	0,0344	0,300	20,898	1,67	1,558	1,168	0,603	II.
4	Želobudský potok	0,090	0,032	0,036	0,0345	0,298	21,991	1,90	1,987	1,812	0,603	II.
5	Trkotský potok	0,134	0,034	0,034	0,034	0,296	22,074	2,24	2,036	1,934	0,757	II.
6	Kamenná	0,099	0,032	0,036	0,0349	0,302	21,088	2,40	1,965	2,063	0,550	II.
7	Zolná	0,130	0,034	0,036	0,0348	0,294	23,918	1,55	2,184	4,586	0,612	II.
8	Hradná	0,087	0,032	0,036	0,0337	0,287	25,150	1,30	2,153	4,737	0,632	II.
9	Osrblianka	0,130	0,034	0,045	0,0406	0,328	18,725	2,02	1,757	2,987	0,615	II.
10	Hronček	0,129	0,034	0,045	0,0411	0,330	18,694	2,15	1,836	4,040	0,569	II.
11	Hutná	0,128	0,034	0,045	0,0390	0,318	20,413	1,17	1,545	3,864	0,639	II.
12	Hukava	0,086	0,032	0,045	0,0373	0,306	22,462	0,92	1,612	4,514	0,658	II.
13	Slatina	0,128	0,034	0,036	0,0349	0,289	25,566	0,51	1,482	6,966	0,704	II.
14	Hučava	0,127	0,034	0,045	0,0391	0,305	23,965	0,75	1,863	13,974	0,657	II.
15	Kamenistý potok	0,095	0,032	0,036	0,0341	0,281	27,701	0,44	1,663	13,644	0,686	II.

Vysvetlivky k tab. 2:

d_{65} – rozmer efektívneho zrna (m), n_1 – čiastkový stupeň drsnosti – dno (-), n_2 – čiastkový stupeň drsnosti – svahy (-), n – stupeň drsnosti prietokového profilu (-), y – premenlivý mociteľ v Pavlovského rýchlostnom súčiniteľi (-) $y = 2,5 \cdot \sqrt{n} - 0,13 - 0,75 \cdot \sqrt{R(\sqrt{n} - 0,11)}$,
 c – Pavlovského rýchlostný súčiniteľ ($m^{0,5} \cdot s^{-1}$), i – pozdĺžny sklon PÚ (%), v – priemerná profilová rýchlosť ($m \cdot s^{-1}$), Q_k – kapacitný prietok, prietok plyným prietokovým profilom – bankfull discharge ($m^3 \cdot s^{-1}$), M_{kp} – súčiniteľ kvázivírového prúdenia (-), kat. – kategória ustálenosti (-)

Tab. 3 Charakteristiky povodí – 1. časť
Table 3 Characteristics of watersheds – part 1

P. č.	Názov toku	S_p (km ²)	S_l (km ²)	l %	H_{maxp} (m n. m.)	H_{minp} (m n. m.)	ΔH_p (m)	H_{maxl} (m n. m.)	H_{minl} (m n. m.)	ΔH_l (m)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Močlná	1,279	0,517	40,4	781	546	235	612	546	66
2	Skalice	1,670	1,281	76,7	1027	600	427	733	600	133
3	Šiagho potok	1,692	1,236	73,0	760	485	275	543	485	58
4	Želobudský potok	2,125	1,876	88,3	1115	715	400	903	715	188
5	Trkotský potok	4,248	3,376	79,5	953	572	381	807	572	235
6	Kamenná	4,472	3,353	75,0	1115	480	635	820	480	340
7	Zolná	5,936	4,610	77,7	1294	741	553	1118	741	377
8	Hradná	6,730	4,350	64,6	1251	526	725	902	526	376
9	Osrblianka	8,524	8,120	95,3	1277	707	570	1050	707	343
10	Hronček	8,937	8,354	93,5	1271	650	621	1077	650	427
11	Hutná	9,432	7,210	76,4	1277	707	570	1112	707	405
12	Hukava	10,540	9,720	92,4	1458	577	881	1301	577	724
13	Slatina	21,690	16,810	77,5	1333	609	724	1221	609	612
14	Hučava	38,261	31,350	81,9	1458	564	894	1289	564	725
15	Kamenistý potok	48,440	44,100	91,0	1333	655	678	985	655	330

Vysvetlivky k tab. 3:

S_p – plocha povodia (km²), S_l – zalesnená plocha povodia (km²), l – lesnatosť povodia (%), H_{maxp} – maximálna nadmorská výška povodia (m n. m.), H_{minp} – minimálna nadmorská výška povodia (m n. m.), ΔH_p – absolútny spád povodia (m), H_{maxl} – nadmorská výška prameňa (m n. m.), H_{minl} – nadmorská výška dna nezavierajúceho prietokového profilu v osi toku (m n. m.), ΔH_l – absolútny spád toku (m)

Tab. 4 Charakteristiky povodí – 2 časť

Table 4 Characteristics of watersheds – part 2

P. č.	Názov toku	L (km)	L _p (km)	ΣL (km)	r (km.km ⁻²)	β _p (km)	L _u (km)	ØI _l (%)	ØI _p (%)	š : d (-)	ØH _p (m n. m.)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Močlná	0,87	–	0,87	0,68	0,53	2,40	7,59	18,8	1:4,53	663
2	Skalica	1,65	–	1,65	0,99	0,83	2,02	8,06	27,5	1:2,43	837
3	Šiagiho potok	1,82	–	1,82	1,08	0,79	2,15	3,19	23,9	1:2,72	591
4	Želobudský potok	1,62	–	1,62	0,76	0,75	2,82	11,60	26,8	1:3,76	872
5	Trkotský potok	3,52	3,10	6,62	1,56	1,18	3,60	6,68	18,2	1:3,05	737
6	Kamenná	4,43	0,05	4,48	1,00	0,83	5,37	7,67	20,0	1:6,47	776
7	Zolná	3,98	0,47	4,45	0,75	1,36	4,35	9,47	32,4	1:3,19	1033
8	Hradná	5,00	2,20	7,20	1,07	1,24	5,42	7,52	30,9	1:4,37	826
9	Osrblianka	4,53	9,79	14,32	1,68	1,79	4,75	7,89	32,0	1:2,65	973
10	Hronček	4,87	8,27	13,14	1,47	1,54	5,79	8,77	30,8	1:3,76	926
11	Hutná	4,58	9,57	14,15	1,50	2,00	4,71	8,84	34,0	1:2,35	983
12	Hukava	6,10	9,05	15,15	1,44	1,70	6,18	11,87	30,0	1:3,64	912
13	Slatina	7,90	19,0	26,90	1,24	2,61	8,31	7,75	31,7	1:3,18	883
14	Hučava	12,32	110,5	122,82	3,20	2,94	13,00	5,88	28,0	1:4,42	947
15	Kamenistý potok	14,79	71,43	86,22	1,78	3,11	15,57	2,23	16,8	1:5,05	907

Výsvetlivky k tab. 4:

L – dĺžka hlavného toku po PP (km); L_p = dĺžka prítokov (km), Σ L – celková dĺžka tokov v povodí (km), r – hustota tokov v povodí (km . km⁻²), β_p – stredná šírka povodia (km), L_u – dĺžka údolnice (km), ØI_l – priemerný sklon toku (%), ØI_p – priemerný sklon svahov povodia (%), š : d – pomer šírky ku dĺžke povodia (-), ØH_p – priemerná nadmorská výška povodia (m n. m)

Tab. 5 Prietoky v pokusných prietokových profiloch
Table 5 Discharges in experimental flow profiles

P. č.	Názov toku	Q_1 ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	Q_5 ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	Q_{10} ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	Q_{50} ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	Q_{100} ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	Q_{30d} ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	Q_a ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Močilná	0,5	1,2	1,7	3,5	5,0	0,027	0,013
2	Skalica	0,6	1,4	2,0	4,2	6,0	0,050	0,021
3	Šiagiho potok	0,7	1,6	2,3	4,9	7,0	0,040	0,014
4	Želobudský potok	0,8	1,7	2,5	5,3	7,5	0,067	0,034
5	Trkotský potok	1,5	3,0	4,5	10,0	14,0	0,120	0,052
6	Kamenná	1,4	3,0	4,5	9,5	13,5	0,126	0,056
7	Zolná	2,5	7,0	10,0	16,5	20,0	0,255	0,113
8	Hradná	2,0	5,0	7,0	14,0	20,0	0,224	0,092
9	Osrblianka	1,20	4,3	6,9	13,7	19,5	0,322	0,150
10	Hronček	2,0	4,6	6,6	14,0	20,0	0,317	0,153
11	Hutná	2,0	6,0	8,5	18,0	26,0	0,338	0,170
12	Hukava	2,0	5,0	7,0	14,0	20,0	0,382	0,131
13	Slatina	5,0	12,0	16,0	28,0	35,0	0,625	0,329
14	Hučava	8,0	23,0	30,0	48,0	57,0	1,657	0,652
15	Kamenistý potok	6,0	12,0	16,0	35,0	45,0	1,420	0,777

Vysvetlivky k tab. 5:

Q_1 , Q_5 , Q_{10} , Q_{50} , Q_{100} – N – ročné prietoky ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), Q_{30d} – 30 – dňový prietok ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) Q_a – priemerný dlhodobý ročný prietok ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$): Prietoky sme získali od SHMÚ Bratislava, Regionálne stredisko Banská Bystrica na účely výskumu bezplatne.

Na uvedených vodných tokoch, z ktorých majú všetky charakter bystrín (koeficient bystrinnosti povodia sa pohybuje od $K_b = 0,1$ (Šiagiho potok, Zolná) do $K_b = 0,66$ (Hučava), sme založili pokusné úseky (PÚ) s dĺžkami cca 5. B a na nich pokusné profily (PP), tak aby PP vystihovali celkový charakter vybraného PÚ. Na PP (PÚ) sme niveláciou určili pozdĺžny sklon. Na každom PP sme odobrali na zrnitosťný rozbor z vytýčeného pruhu (kolmo na os toku) so šírkou d_{max} vzorku splavenín z povrchovej vrstvy s hmotnosťou nad 50 kg. Niveláciou sme zmerali geometrické charakteristiky každého PP – šírku dna b (m), šírku koryta v brehoch B (m), maximálnu výšku prietokového profilu H (m). V rámci spracovania sme vyniesli na mm papier jednotlivé priečne rezy (PP), digitálnym planimetrom zistili hodnoty plochy prietokových profilov S_{pp} (m^2) a zmeraním dĺžky čiastkových omočených obvodov O_1 (m), O_2 (m) a celkového omočeného obvodu O (m). Hodnotu výšky PP – H (m) sme určili ako priemer hĺbok po každých 10 cm.

Vzhľadom na skutočnosť, že našou snahou bolo vytvoriť niektoré podklady pre využitie výsledkov uskutočneného výskumu v praxi, predovšetkým v návrhoch prírody blízkych

geometrických charakteristík prietokových profilov (šírka koryta v brehoch B , hĺbka prietokového profilu H , plocha prietokového profilu S_{pp}), ktoré by vychádzali z optimalizácie ich vzájomných pomerov, ale aj z ich pomerov k hydraulickým charakteristikám (prietok plným prietokovým profilom – bankfull discharge Q_k , hydraulický polomer R , omočený obvod O), zamerali sme sa len na také PÚ a PP, v ktorých sme výpočtami preukázali vysoký stupeň prirodzenej ustálenosti koryta. Pri posudzovaní stupňa ustálenosti vybraných PÚ (PP) sme vychádzali zo vzťahu na výpočet súčiniteľa kvázirivnomerného prúdenia v tvare:

$$M_{kp} = (R \cdot (g \cdot B)^{0,25}) \cdot (Q_k^{0,5})^{-1} \quad (2.1)$$

Vo vzťahu (2.1) znamená: M_{kp} – súčiniteľ kvázirivnomerného prúdenia (–); R – hydraulický rádius (m), $R = S_{pp} \cdot O^{-1}$ (m); g – tiažové zrýchlenie ($\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$); B – šírka koryta v brehoch (m); Q_k – kapacitný (približne korytotvorný) prietok – bankfull discharge ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), pričom $Q_k = S_{pp} \cdot v$ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$); S_{pp} – plocha prietokového profilu (m^2) a v – profilová rýchlosť ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$); ktorú sme vypočítali Chezyho rýchlostnou rovnicou s Pavlovského rýchlostným súčiniteľom.

Stupnicu ustálenosti (podľa výsledkov hodnoty súčiniteľa kvázirivnomerného prúdenia M_{kp}) sme vytvorili na základe doterajšieho overovania na 86. tokoch so 415 pokusnými úsekmi a profilmi v 7. geomorfologických celkoch SR. Na základe výpočtov stupňa ustálenosti koryt pomocou súčiniteľa kvázirivnomerného prúdenia M_{kp} vzťahom (2.1) sme vytvorili, po porovnaní s konkrétnym stavom (stupňom) ustálenosti, zisteným v teréne, stupnicu hodnotenia ustálenosti, ktorá je nasledovná:

Kategória	Stupeň ustálenosti koryta	M_{kp}
I.	zanášané korytá	$M_{kp} = 0,71$ a viac
II.	veľmi dobre ustálené korytá	$M_{kp} = 0,54–0,70$
III.	častočne ustálené korytá	$M_{kp} = 0,48–0,53$
IV.	mierne neustálené korytá	$M_{kp} = 0,44–0,47$
V.	silno (výrazne) neustálené korytá	$M_{kp} = 0,36–0,43$
VI.	extrémne neustálené korytá	$M_{kp} = 0,35$ a menej

Stupne drsnosti n_1 (dno) a n_2 (svahy) sme pre jednotlivé PP určili z tabuliek (JAKUBIS 1999), podľa konkrétnych podmienok PÚ (PP).

3. VÝSLEDKY

Z analýzy získaných údajov je možné vyvodit' nasledujúce závery:

- Medzi všetkými analyzovanými vzťahmi, t. j. $B = f(H)$, $B = f(S_{pp})$, $B = f(Q_k)$, $H = f(B)$, $H = f(S_{pp})$, $H = f(Q_k)$, $B = f(R)$, $B = f(O)$, $H = f(R)$, $H = f(O)$ existujú tesné korelačné závislosti, ktoré sme potvrdili štatistickým testovaním. Výsledné hodnoty pre jednotlivé analyzované vzťahy sú podrobne uvedené v tab. 6.

Tab. 6 Regresné rovnice a štatistické testovanie skúmaných vzťahov
Table 6 Regression equations and statistical testing of examined relations

P. č.	Korelačná závislosť	Regresná rovnica	I_{yx}	I_{yx}^2	$\hat{s}_R$	t	> = <	$t_{0,01(13)}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	$B = f(H)$	$B = a_{01} \cdot H^{a11}$ $B = 7,88975 \cdot H^{1,88398}$ (m)	0,994	0,988	0,03038	32,72	>	3,012
2	$B = f(S_{pp})$	$B = a_{02} \cdot S_{pp}^{a12}$ $B = 2,22880 \cdot S_{pp}^{0,67852}$ (m)	0,995	0,989	0,02909	34,20	>	3,012
3	$S_{pp} = f(Q_K)$	$B = a_{03} \cdot Q_K^{a13}$ $B = 1,47745 \cdot Q_K^{0,69224}$ (m)	0,986	0,971	0,04723	20,88	>	3,012
4	$H = f(B)$	$H = a_{04} \cdot B^{a14}$ $H = 0,34830 \cdot B^{0,50497}$ (m)	0,993	0,986	0,03282	30,26	>	3,012
5	$H = f(S_{pp})$	$H = a_{05} \cdot S_{pp}$ $H = 0,51704 \cdot S_{pp}^{0,35067}$ (m)	0,994	0,989	0,02909	34,17	>	3,012
6	$H = f(Q_K)$	$H = a_{06} \cdot Q_K$ $H = 0,41965 \cdot Q_K^{0,35505}$ (m)	0,981	0,963	0,05335	18,39	>	3,012
7	$B = f(R)$	$B = a_{07} \cdot R^{a17}$ $B = 12,73679 \cdot R^{1,76123}$ (m)	0,971	0,942	0,06680	14,54	>	3,012
8	$B = f(O)$	$B = a_{08} \cdot O^{a18}$ $B = 0,75020 \cdot O^{1,0966}$ (m)	0,997	0,994	0,02148	46,42	>	3,012
9	$H = f(R)$	$H = a_{09} \cdot R^{a19}$ $H = 1,25010 \cdot R^{0,87734}$ (m)	0,965	0,932	0,07232	13,34	>	3,012
10	$H = f(O)$	$H = a_{010} \cdot O^{a110}$ $H = 0,29342 \cdot O^{0,56895}$ (m)	0,996	0,992	0,02481	40,15	>	3,012

Vysvetlivky k tab 6:

I_{yx} – index korelácie, I_{yx}^2 – index determinácie, $\hat{s}_R = \sqrt{\frac{1 - I_{yx}^2}{n - 1}}$, $t = \frac{I_{yx}}{\hat{s}_R}$

- Hodnota indexu korelácie pre závislosť $B = f(H)$ je $I_{yx} = 0,994$, hodnota indexu determinácie $I_{yx}^2 = 0,988$. Na vyrovnanie závislosti sme použili regresnú rovnicu:

$$Y1 = a_{01} \cdot X1^{a11} \quad (3.1)$$

ktorá po dosadení vypočítaného absolútneho a regresného koeficienta nadobudne tvar:

$$B = 7,88975 \cdot H^{1,88398} \quad (m) \quad (3.2)$$

- Hodnota indexu korelácie pre závislosť $B = f(S_{pp})$ je $I_{yx} = 0,995$, hodnota indexu determinácie $I_{yx}^2 = 0,989$. Na vyrovnanie závislosti sme použili regresnú rovnicu:

$$Y2 = a_{02} \cdot X^{a12} \quad (3.3)$$

ktorá po dosadení vypočítaného absolútneho a regresného koeficienta nadobudne tvar:

$$B = 2,22880 \cdot S_{pp}^{0,67852} \quad (m) \quad (3.4)$$

- Hodnota indexu korelácie pre závislosť $B = f(Q_k)$ je $I_{yx} = 0,986$, hodnota indexu determinácie $I_{yx}^2 = 0,971$. Na vyrovnanie závislosti sme použili regresnú rovnicu:

$$Y_3 = a_{03} \cdot X_3^{a13} \quad (3.5)$$

ktorá po dosadení vypočítaného absolútneho a regresného koeficienta nadobudne tvar:

$$B = 1,47745 \cdot Q_k^{0,69224} \quad (m) \quad (3.6)$$

- Hodnota indexu korelácie pre závislosť $H = f(B)$ je $I_{yx} = 0,993$, hodnota indexu determinácie $I_{yx}^2 = 0,986$. Na vyrovnanie závislosti sme použili regresnú rovnicu

$$Y_4 = a_{04} \cdot X_4^{a14} \quad (3.7)$$

ktorá po dosadení vypočítaného absolútneho a regresného koeficienta nadobudne tvar:

$$H = 0,34830 \cdot B^{0,50497} \quad (m) \quad (3.8)$$

- Hodnota indexu korelácie pre závislosť $H = f(S_{pp})$ je $I_{yx} = 0,994$, hodnota indexu determinácie $I_{yx}^2 = 0,989$. Na vyrovnanie závislosti sme použili regresnú rovnicu:

$$Y_5 = a_{05} \cdot X_5^{a15} \quad (3.9)$$

ktorá po dosadení vypočítaného absolútneho a regresného koeficienta nadobudne tvar:

$$H = 0,51704 \cdot S_{pp}^{0,35067} \quad (m) \quad (3.10)$$

- Hodnota indexu korelácie pre závislosť $H = f(Q_k)$ je $I_{yx} = 0,981$, hodnota indexu determinácie $I_{yx}^2 = 0,963$. Na vyrovnanie závislosti sme použili regresnú rovnicu:

$$Y_6 = a_{06} \cdot X_6^{a16} \quad (3.11)$$

ktorá po dosadení vypočítaného absolútneho a regresného koeficienta nadobudne tvar:

$$H = 0,41965 \cdot Q_k^{0,35505} \quad (m) \quad (3.12)$$

- Hodnota indexu korelácie pre závislosť $B = f(R)$ je $I_{yx} = 0,971$, hodnota indexu determinácie $I_{yx}^2 = 0,942$. Na vyrovnanie závislosti sme použili regresnú rovnicu:

$$Y_7 = a_{07} \cdot X_7^{a17} \quad (3.13)$$

ktorá po dosadení vypočítaného absolútneho a regresného koeficienta nadobudne tvar:

$$B = 12,73679 \cdot R^{1,76123} \quad (m) \quad (3.14)$$

- Hodnota indexu korelácie pre závislosť $B = f(O)$ je $I_{yx} = 0,997$, hodnota indexu determinácie $I_{yx}^2 = 0,994$. Na vyrovnanie závislosti sme použili regresnú rovnicu:

$$Y_8 = a_{08} \cdot X_8^{a18} \quad (3.15)$$

ktorá po dosadení vypočítaného absolútneho a regresného koeficienta nadobudne tvar:

$$B = 0,75020 \cdot O^{1,0966} \quad (m) \quad (3.16)$$

- Hodnota indexu korelácie pre závislosť $H = f(R)$ je $I_{yx} = 0,965$, hodnota indexu determinácie $I_{yx}^2 = 0,932$. Na vyrovnanie závislosti sme použili regresnú rovnicu:

$$Y9 = a_{09} \cdot X9^{a19} \quad (3.17)$$

ktorá po dosadení vypočítaného absolútneho a regresného koeficienta nadobudne tvar:

$$H = 1,25010 \cdot R^{0,87734} \quad (\text{m}) \quad (3.18)$$

- Hodnota indexu korelácie pre závislosť $H = f(O)$ je $I_{yx} = 0,996$, hodnota indexu determinácie $I_{yx}^2 = 0,992$. Na vyrovnanie závislosti sme použili regresnú rovnicu:

$$Y10 = a_{010} \cdot X10^{a110} \quad (3.19)$$

ktorá po dosadení vypočítaného absolútneho a regresného koeficienta nadobudne tvar:

$$H = 0,29342 \cdot O^{0,56892} \quad (\text{m}) \quad (3.20)$$

V ďalších prácach sa chceme zamerať na možnosti modelovania viacerých základných geometrických charakteristík súčasne vo vzťahu k hydraulickým charakteristikám ustálených prietokových profilov v súvislosti s optimalizáciou návrhov prírode blízkych – ekologických zásahov do ekosystémov vodných tokov.

4. ZÁVER

V procese integrovaného manažmentu povodí ma starostlivosť o vodné toky nenahraditeľné miesto. Úroveň tejto starostlivosti by mala aj v Slovenskej republike zodpovedať celospoločenskému významu vodných tokov tak, ako je to vo vyspelých štátoch Európy a sveta. Získané výsledky výskumu je potrebné naďalej dopĺňovať predovšetkým prostredníctvom jeho rozšírenia na rôzne geomorfologické celky, resp. regióny Slovenskej republiky s rôznymi geologickými podmienkami. Práve geologické podmienky v povodiach sú jedným z rozhodujúcich činiteľov v procese morfogenézy koryt vodných tokov. Využitím výsledkov takto zameraného výskumu v praxi je možné optimalizovať zásahy človeka do ekosystémov vodných tokov a vytvárať lepšie podmienky pre plnenie ich nenahraditeľných funkcií pre človeka, krajinu, prírodné a životné prostredie.

Práca vznikla v rámci vedeckého projektu VEGA č. 1/3527/06 – Regionálne krivky pre malé povodia. Autor vyslovuje poďakovanie grantovej agentúre VEGA za financovanie projektu.

Literatúra

- CASTRO, J. M., JACKSON, P.L., 2001: Bankfull Discharge Recurrence Intervals and Regional Hydraulic Geometry Relationships. *Journal of the American Water Resources Association*, 37, 5 s. 1249–1262.
- DOOL, B. A., DOBBINS, A. D., SPOONER, J., CLINTON, D. R., BIDELSPACH, D. A., 2003: Hydraulic geometry Relationships for Rural North Carolina Coastal Plain Streams. Report to N. C. Division of Water Quality for 319 Grant Project No EW 2001. NC Stream Restoration Institute, 11 s.
- HUANG, H. Q., NANSON, G. C. and FAGAN, S. D., 2002: Hydraulic geometry of straight alluvial channels and the variational principle of least action. *Journal of Hydraulic Research*, 40, 2: s. 153–160.

- IKEDA, S., PARKER, G., KIMURA, Y., 1988: Stable width and depth of straight gravel rivers with heterogenous bed materials. *Water Resources Res* 24., 5 s.: 713–721.
- JAKUBIS, M., 2002: Analýza závislosti geometrických charakteristík prirodzene ustálených bystrín na neovulkanitoch. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, XLIV, s. 281–285.
- JAKUBIS, M., 2003: Vzťahy hydraulickej geometrie v prirodzene ustálených úsekoch bystrín. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, XLV, s. 113–126.
- JAKUBIS, M., 2004: K zákonitostiam morfogénny bystrinného koryta. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, XLVI, s. 305–314.
- JAKUBIS, M., 2005: Analýza vývoja koryta bystriny metódou regionálnych rovníc. *Acta Facultatis Forestalis*, XLVII, s. 375–384.
- JAKUBIS, M., 2006: Analýza vzťahov regionálnej hydraulickej geometrie vodných tokov CHKO BR Poľana. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, XLVIII, s. 395–409.
- LEOPOLD, L. B., 1994 : *A View of the River*. Cambridge, England: Harvard University Press, 298 s.
- LEHOTSKÝ, M., 2005: Metodologické aspekty správania a zmien korytovo-nivných geosystémov. *Geomorphologia Slovaca*, 5, 1, s. 34–50.
- LEHOTSKÝ, M., GREŠKOVÁ, A., 2005: Prieskum a hodnotenie morfológie vodných tokov ako súčasť integrovaného manažmentu povodia. In: Majerčáková, O, Nacházal, K., Szolgay, J. (eds.): *Zborník referátov konferencie Hydrologické dni 2005 – Hydrológia pre integrovaný manažment vodných zdrojov*. Bratislava: SHMÚ, s. 718–729.
- MACURA, V., 1966 : *Úpravy tokov*. Bratislava: SNTL, 732 s.
- MACURA, V., SZOLGAY, J., KOHNOVÁ, S., 1995: *Úpravy tokov*. Bratislava: STU, 272 s.
- METCALF, CH., 2004: Regional Channel Characteristics for Maintaining Natural Fluvial Geomorphology in Florida Streams. Panama City, USA: U. S. Fish and Wildlife Service, 44 s.
- MCCANDLESS, T. L., EVERET, R. A., 2002: Maryland Stream Survey: Bankfull Discharge and Channel Characteristics of Streams in the Piedmont Hydrologic Region. Annapolis: U. S. Fish & Wildlife Service, 40 s.
- MULVIHILL, C. I., ERNST., BALDIGO, B.P., 2005.: Regionalized Equations for Bankfull Discharge Channel Characteristics of Streams in New York State: Hydraulic Region 6 in the Southern Tier of New York: US Geological Survey Scientific. Investigations Report 2005–5100, 14 s.
- POWEL, R. O., MILLER, S. J., WESTERGARD, B. E., MULVIHILL, CH. I., BALDIGO, B. P., GALLAGHER, A. S., STARR, R. R., 2004: Guidelines for Surveying Bankfull Channel Geometry and Developing Regional Hydraulic Geometry Relations for Streams of New York State. U. S. Geological Survey Open – File Report 03–92. New York: Troy, 20 s.
- PYRCE, R. S., 2003: Field Measurement of Bankfull Stage and Discharge. Waterpower Project Science Transfer Report 2.0, Ontario: Ministry of Natural Resources, Watershed Science Centre, 17 s.
- RAPLÍK, M., SZOLGAY, J., 1987: *Kvantitatívna hydromorfológia*. Bratislava: SVŠT, 192 s.
- ŠMELKO, Š., 1991: *Štatistické metódy v lesníctve*. Zvolen: VŠLD, 276 s.
- SWEET, W. V., GERATZ, J. W., 2003: Bankfull Hydraulic Geometry Relationships and Recurrence Interval for North Carolina's Coastal Plain. *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)*, 39, (4), s. 861–871.
- THORN, C. R., HEY, R. D., NEWSON, M. D. (eds.), 2005 : *Applied Fluvial Geomorphology for River Engineering and Management*. Chichester, England: John Wiley & Sons Ltd., 376 s.
- WESTERGARD, B. E., MULVIHILL, C. I., ERNST., BALDIGO, B.P., 2004: Regionalized Equations for Bankfull Discharge and Channel Characteristics of Streams in New York State: Hydrologic Region 5 in Central New York: US Geological Survey Scientific Investigations Report 2004–5274, 16 s.
- WILLIAMS, G. P., 1978,: Bankfull Discharge of Rivers. *Water Resources Research*, 14, 6 s. 1141–1154.

Adresa autora:

Prof. Ing. Matúš Jakubis, PhD.

Katedra lesníckych stavieb a meliorácií

Lesnícka fakulta

T. G. Masaryka 24

Technická univerzita vo Zvolene

960 53 Zvolen

To principles of hydraulic geometry of naturally stabilized sections of torrents

Summary

The paper deals with some principles of hydraulic geometry in naturally stabilized sections of torrents. On 15 experimental sections with fifteen experimental flow profiles on 15 torrents in Protected Landscape Area – Biosphere Reserve Poľana (Central Slovakia) were the dependences between basic geometric characteristics (width inside the banks of experimental flow profile B (m), mean depth of experimental flow profile H (m), experimental flow profile area S_{pp} (m^2)) and hydraulic characteristic of experimental flow profile (bankfull discharge Q_k ($m^3 \cdot s^{-1}$), hydraulic radius R (m), wetted perimeter O (m) analyzed. All of realized analyses indicated close correlations.

VYUŽITIE HYDROLOGICKÉHO MODELU DesQ – MAXQ PRE VÝPOČET MAXIMÁLNYCH PRIETOKOV NA MALOM POVODÍ

Václav K A D L E C – Vladimír P A P A J

Kadlec, V., Papaj, V.: Využitie hydrologického modelu DesQ – MAXQ pre výpočet maximálnych prietokov na malom povodí. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLIX**, 2007, č. 1, s. 273–285.

Príspevok sa zaoberá možnosťou využitia hydrologického modelu DesQ – MAXQ na modelovanie maximálnych prietokov v malých povodiach počas prírvalových zrážok. Pomocou uvedeného modelu boli vo vybranom malom povodí vodného toku Hukava v Chránenej krajinskej oblasti Poľana odvodené maximálne prietoky, ktoré boli následne porovnané s N-ročnými prietokmi uvádzanými pre tento profil Slovenským hydrometeorologickým ústavom. Príspevok ďalej prezentuje postup odvodenia vstupných veličín pre model v prostredí Geografických informačných systémov pomocou ArcGIS a metodiku redukcie 1-denných maximálnych dažďov.

Kľúčové slová: malé povodie, hydrologický model, DesQ – MAXQ, prírvalové zrážky

1. ÚVOD A PROBLEMATIKA

Pre kategóriu povodí malých vodných tokov, tj. povodia prevažne poľnohospodársky a lesnícky využívané, máme len výnimočne k dispozícii priame hydrometrické pozorovania. Maximálne N-ročné prietoky sú na týchto povodiach vyvolávané prevažne prírvalovými zrážkami. Tieto povodia sa vyznačujú malou rozvinutosťou hydrografickej siete. Proces maximálneho odtoku na týchto povodiach výrazne ovplyvňuje predovšetkým svahový odtok, ale aj geometrické charakteristiky povodia, sklonové pomery, geologické a pôdne pomery, spôsob využívania pozemkov v povodí atď.

K najničivejším povodniam na malých vodných tokoch dochádza počas prírvalových dažďov, kedy vplyvom veľkého namáhania dna a brehov koryta prúdiacou vodou dochádza k poškodeniu až devastácii značných úsekov toku a objektov na toku (Křovák, Kovář, 2004). Kovář a Kubátová (2006) doporučujú za prírvalové dažde považovať tie, ktorých priemerná intenzita a celková výška pri určitej dobe trvania sú väčšie ako hodnoty uvedené v tabuľke č. 1.

Tí istí autori uvádzajú, že podľa G. Hellmanna sa obvykle v miernom klimatickom pásme za prírvalové dažde obvykle považujú zrážky s dobou trvania do 180 min a s výškou

10 až 80 min. V slovenských podmienkach je trvanie prívalových dažďov zriedka dlhšie ako 3 hodiny a stredná doba trvania najväčších prívalov býva 15 až 20 min, len výnimočne dlhšie než 30 min.

Tab. 1 Minimálne hodnoty prívalových dažďov podľa L. S. Berga

Tab. 1 Minimum values of rainstorms according to L. S. Berg

min.	5	10	15	20	25	30	40	50	60	120	240
Σ mm	2,5	3,8	5,0	6,0	7,0	8,0	9,6	11,0	12,0	18,0	27,0
mm/min	0,50	0,38	0,33	0,30	0,27	0,27	0,24	0,22	0,20	0,15	0,11

Vďaka novým poznatkom z teórie procesu maximálneho odtoku a rozvoju výpočtovej techniky (hlavne GIS) nastal veľký rozvoj matematického modelovania, ktoré sa v súčasnosti uplatňuje takmer vo všetkých oblastiach hydrológie a vodného hospodárstva. S postupom času si matematické modelovanie nachádza svoje uplatnenie aj v lesníctve a to pri skúmaní zrážkovo-odtokových procesov v lese, ale aj pri protipovodňovej ochrane. Ako uvádzajú HRÁDEK a KUŘÍK (2001), škody, ktoré môžu nastať na malých tokoch sú síce rádovo menšie, než škody na väčších tokoch, avšak množstvo objektov na malých tokoch je naopak rádovo väčšie ako na tokoch veľkých (napr. priepusty na dopravných sieťach).

Vzhľadom na uvedené skutočnosti je v súčasnosti využívanie hydrologických modelov v praxi veľmi aktuálnou témou.

Cieľom príspevku bolo analyzovať možnosti využitia hydrologického modelu DesQ – MAXQ verzia 5.2 (HRÁDEK, KUŘÍK, 2001) pre modelovanie maximálnych prietokov v malom povodí s využitím nástrojov GIS pri spracovaní vstupných údajov. Modelom vypočítané maximálne prietoky boli porovnané s N-ročnými prietokmi uvádzanými SHMÚ.

3. CHARAKTERISTIKA PRÍRODNÝCH POMEROV POVODIA A MODELU DesQ – MAXQ

3.1 Prírodné pomery povodia

Výskum bol realizovaný na toku Hukava, ktorý podľa vypočítaného koeficientu bystrinnosti ($K_b = 0,21$) spadá do kategórie miernej bystriny (JAKUBIS 1999). Povodie sa rozprestiera v orografickom celku Slovenské stredohorie v masíve Chránenej krajiny oblasti (CHKO) Poľana. Z hľadiska hydrologického začlenenia patrí skúmaný tok (hydrologické číslo 4-23-03-008) do hlavného povodia SVP-IX-Hron, čiastkového povodia Slatina.

Uzavierajúci profil územia je v nadmorskej výške 569 m (riečny kilometer 0,3 – vodný tok ústi do VN Hriňová), najvyššou bodom povodia je Poľana (1458 m n. m.), ktorá

sa nachádza na rozvodnici. Priemerný sklon svahov v povodí je 31,15 %. Prevládajúcim typom hornín sú petrografické variety andezitov nad ryodacitmi a dioritmi. Najrozšírenejším pôdnym typom je kambizem (71,47 %) a hnedý andosol (26,88 %). Dominantným pôdnym druhom v povodí je piesočnato-hlinitá pôda so zastúpením 99,99 %. Do nadmorskej výšky 700–800 m možno územie zaradiť do mierne teplej oblasti (klimatický okrskok B_7 – mierne teplá subhumídna nížinná klíma a B_{12} – mierne teplá perhumídna klíma). Vyššie položené oblasti Poľany spadajú do oblasti chladnej (C_1). Priemerné ročné teploty sa pohybujú od 6 °C do 2,5 °C. Priemerný ročný úhrn zrážok sa pohybuje od 957 mm do 1300 mm.

Plocha povodia je 10,795 km². Lesnatosť povodia je 90,30 % (9,749 km²), lúky a TTP zaberajú 8,47 %, zastavané územie a cesty spolu 1,23 %. Lesné porasty sa v povodí vyskytujú v štyroch lesných vegetačných stupňoch: 4. lvs (bukový); 5. lvs (jedľovo-bukový); 6. lvs (smrekovo-jedľovo-bukový) a 7. lvs (smrekový). Z drevín má prevahu v zastúpení smrek (45,44 %), nasleduje buk (34,91 %); javor horský (7,33 %); jaseň štíhly (6,12 %). Ostatné dreviny tvoria spolu 6,20 %.

3.2 Charakteristika modelu DesQ – MAXQ

V predloženom príspevku je pre výpočet maximálnych prietokov v nepozorovaných profiloch prezentovaný hydrologický model DesQ – MAXQ verzia 5.2 (HRÁDEK, KUŘÍK 2001), ktorého štruktúra s prakticky prípustnou presnosťou zohľadňuje vplyv najvýznamnejších činiteľov ovplyvňujúcich proces maximálneho odtoku. Výpočtový algoritmus nevyžaduje kalibračné procedúry.

Program DesQ – MAXQ je modelom, ktorý je predovšetkým využiteľný na malých a veľmi malých povodiach pre výpočet maximálneho prietoku z povodia. Prírodné povodie je nahradené „výpočtovým“ povodím (VP), o ktorom sa predpokladá, že je celé zasiahnuté privalovým dažďom. V závislosti na topografii a hydrologickej sieti sa vo VP vyčleňujú „modelové“ povodia (MP). VP môže byť nahradené jedným alebo viacerými MP, ktoré sú potom základným plošným elementom VP. MP predstavuje buď samostatný rovinný svah, alebo povodie v tvare „otvorenej knihy“ s rovinnými svahmi (HRÁDEK et al. 2001). Vstupné charakteristiky modelu sa odvodzujú z prírodného povodia, zvlášť pre každý svah MP.

Program umožňuje voľbu 3 variant výpočtu pre samostatný svah i celé povodie:

- Variant I.: výpočet návrhových charakteristík povodňových vĺn vyvolaných výpočtovým dažďom, kritickým pre celé povodie (charakteristiky dažďa sú odvodené programom).
- Variant II.: výpočet charakteristík povodňových vĺn pri zadanej dobe trvania výpočtového dažďa príslušnej náhradnej intenzity (odvodená programom).
- Variant III.: výpočet charakteristík povodňových vĺn pri zadanej dobe trvania a intenzity dažďa. Variant III. je využiteľný pri overovaní výsledkov na meraných dátach.

3.2.1 Vstupné veličiny modelu

Model DesQ – MAXQ vyžaduje pre výpočet maximálneho odtoku z povodia predovšetkým poznanie nasledovných základných charakteristík povodia a jednotlivých MP:

- geometrické charakteristiky (plocha povodia, plocha svahu, dĺžka údolnice),
- sklonové pomery (priemerný sklon svahu, priemerný sklon údolnice),
- hodnoty súčiniteľa drsnosti povrchu pre jednotlivé spôsoby využívania krajiny,
- typ a číslo CN krivky,
- 1-denný maximálny zrážkový úhrn zvolenej doby opakovania $H_{1d, N}$.

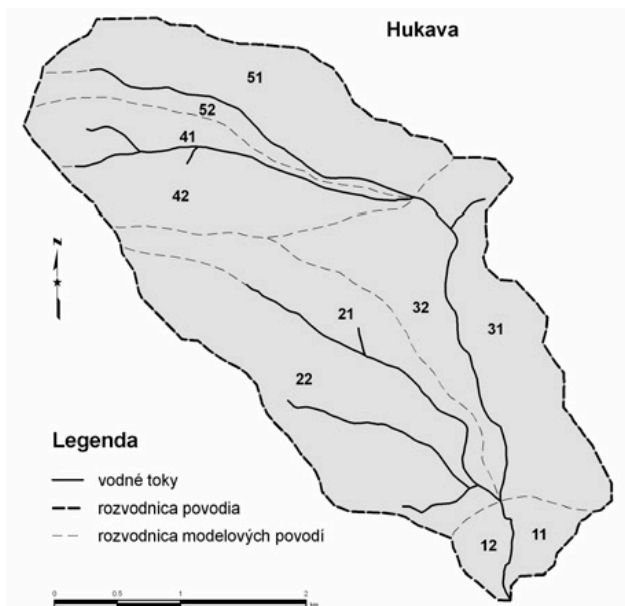
3.2.2 Výstupné veličiny modelu

- prepočítané číslo CN – podľa typu,
- potenciálna retencia povodia,
- priemerná dĺžka svahu a priemerná dĺžka dráhy svahového odtoku,
- charakteristiky kritického dažďa pre svahy (doba trvania dažďa, intenzita a výška dažďa, doba trvania bezodtokovej fázy pre svahy),
- charakteristiky výpočtového dažďa pre celé povodie (doba trvania dažďa, intenzita a výška dažďa, doba trvania bezodtokovej fázy pre celé povodie),
- maximálny N-ročný prietok,
- objem povodňovej vlny vyvolaný výpočtovým dažďom,
- objem návrhovej povodňovej vlny vyvolaný $H_{1d, N}$,
- tvar povodňovej vlny – charakteristiky, časové rady a graf.

4. METODIKA

4.1 Odvodenie vstupných veličín

Pretože odvodenie uvedených vstupných veličín je komplexná a pomerne zložitá úloha, boli na jej riešenie použité štatistické a špecializované analytické nástroje systému ArcGIS (verzia 9.0). Z georeferencovaných máp záujmového územia (zdroj: GKÚ, mierka 1 : 25 000) bola vektorizáciou vytvorená samostatná vektorová vrstva vodných tokov. Z vektorovej reprezentácie vrstevníc bol interpoláciou vytvorený digitálny model reliéfu (DMR). Pomocou špecializovaných hydrologických nástrojov uvedeného GIS prostredia bolo na základe hydrologických charakteristík DMR (smer odtoku, akumulácia odtoku) identifikované povodie k vodnému toku Hukava. To bolo následne na základe podmienok uvedených v časti 3.2 rozdelené na MP. Identifikované povodie a jeho rozdelenie na MP je znázornené na obr. 1.

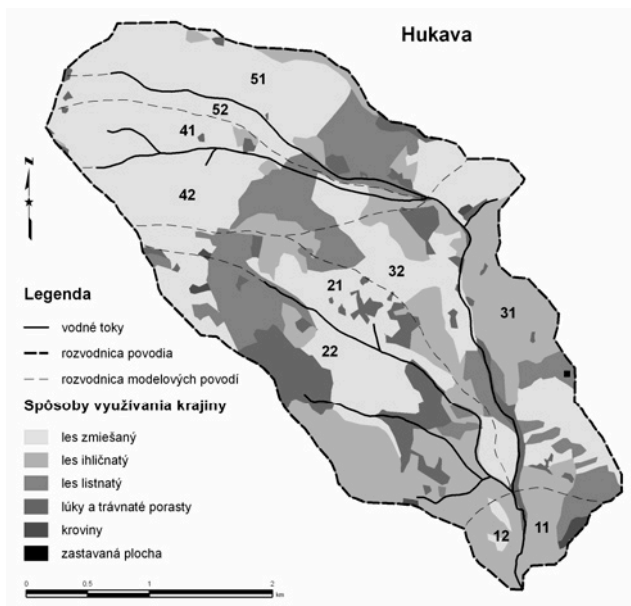


Obr. 1 Povodie vodného toku Hukava rozdelené na čiastkové povodia
Fig. 1 Hukava watershed divide to partial watersheds

Pomocou zonálnych štatistických operácií mapovej algebry boli v prostredí GIS pre celé povodie aj jednotlivé MP odvodené geometrické charakteristiky a charakteristiky sklonových pomerov uvedené v časti 3.2.1.

Ďalším parametrom vstupujúcim do modelu sú hodnoty súčiniteľov drsnosti povrchu jednotlivých spôsobov využívania krajiny. Hodnoty súčiniteľov drsnosti sa jednotlivým spôsobom využívania krajiny priradujú na základe slovnej charakteristiky povrchu, z tabuľky doporučených hodnôt súčiniteľa drsnosti (HRÁDEK 1990). Priemerná hodnota súčiniteľa drsnosti pre celé povodie sa vypočítava ako vážený priemer hodnôt súčiniteľov drsnosti jednotlivých spôsobov využívania krajiny pričom váhou je ich plošné zastúpenie.

Z uvedeného je zrejmé, že pre určenie súčiniteľov drsnosti je nevyhnutné identifikovať všetky spôsoby využívania krajiny v povodí a zistiť ich plošné zastúpenie. Preto bola na podklade georeferencovaných máp záujmového územia vektorizáciou vytvorená samostatná vektorová vrstva spôsobov využívania krajiny v povodí a následne boli vypočítané ich výmery (v km²).



Obr. 2 Spôsoby využívania krajiny v povodí vodného toku Hukava

Fig. 2 Land use in Hukava watershed

Ďalším krokom bolo odvodenie typu a čísla CN krivky. Typ CN krivky bol odvodený na základe predchádzajúcich vlhkostných podmienok v povodí.

Vo vektorovej vrstve pôdných predstaviteľov (zdroj: NLC – ULZI Zvolen) sa na základe ich číselného kódu identifikujú jednotlivé bonitované pôdno-ekologické jednotky (BPEJ). Pre jednotlivé MP sa odvodila priemerná hydrologická skupina pôd (HSP) váženým priemerom podľa plošného zastúpenia jednotlivých HSP s využitím buď súčiniteľov filtrácie alebo kódu BPEJ. Pre odvodenú HSP sa vypočítala hodnota CN váženým priemerom podľa plošného zastúpenia jednotlivých spôsobov využívania krajiny v jednotlivých MP.

Jednodenné maximálne zrážkové úhrny zvolenej doby opakovania $H_{1d,N}$ uvádzajú vo svojej publikácii ŠAMAJ et al. (1983).

4.2 Použitie metódy redukcie 1-denných maximálnych dažďov

Návrhové dažde rôznej doby trvania a periodicity výskytu boli zisťované metódou redukcie denných maximálnych zrážok podľa Gumbelovej štatistiky extrémov (ŠAMAJ et al. 1983). Pre výpočty bola vybraná zrážkomerná stanica Hriňová – Snohy v povodí toku Hukava. Z maximálnych jednodenných zrážkových úhrnov ($P_{1d,N}$) vo vybranej

zrážkomernej stanice boli vypočítané zrážkové úhrny ($P_{t,N}$) a náhradné intenzity dažďov ($i_{t,N}$) pre rôzne doby trvania dažďa a rôzne doby opakovania podľa vzorcov (KOVÁŘ, KUBÁTOVÁ 2006):

$$P_{t,N} = P_{ld,N} \cdot a \cdot t^{1-c} \quad (1)$$

$$i_{t,N} = P_{ld,N} \cdot a \cdot t^c \quad (2)$$

kde: a , c – redukčné súčinitele náhradných privalových dažďov (tab. 2).

Tab. 2 Hodnoty redukčných súčiniteľov náhradných privalových dažďov
Tab. 2 Values of reduction coefficients of substitute rainstorms

N (roky)	t (min)	10–40	40–120	120–1440	t (min)	10–40	40–120	120–1440
2	a	0,166	0,237	0,235	c	0,701	0,803	0,801
5	a	0,171	0,265	0,324	c	0,688	0,803	0,845
10	a	0,163	0,280	0,380	c	0,656	0,803	0,867
20	a	0,169	0,300	0,463	c	0,648	0,803	0,894
50	a	0,174	0,323	0,580	c	0,638	0,803	0,925
100	a	0,173	0,335	0,642	c	0,625	0,803	0,939

4.3 Maximálny odtok zo svahu

Hydraulické riešenie vychádza z modelu kinematickej vlny, ktorý využíva zjednodušené St. Venantové rovnice (KOVÁŘ 2000).

Rovnica kontinuity:

$$\frac{\partial y}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = i_{SP} \quad (3)$$

kde: y – výška vrstvy odtoku,
 q – prietok z jednotkovej šírky svahu,
 x – dĺžka svahu,
 t – čas,
 i_{SP} – intenzita prítoku na svah.

Dynamická podmienka:

$$q = a \cdot y^b \quad (4)$$

kde: a , b – sú hydraulické parametre, vyjadrujúce vplyv drsnosti, sklonu a výšky vrstvy y .

Z modelu kinematickej vlny sa odvodzujú základné závislosti $y = f(x, t)$, $v = f(x, t)$, $q = f(x, t)$ (HRÁDEK 2005). Maximálny odtok zo svahu pri dĺžke dráhy svahového odtoku L_{SO} sa vypočíta pre $x = L_{SO}$ a dobu kulminácie rovnou dobe koncentrácie $t = t_{sk}$.

Prírodný svah je schematizovaný rovinnou plochou, dĺžka dráhy svahového odtoku je odvodzovaná z geometrických závislostí:

$$L_{SO} = f(L_S, I_S, I_U) \quad (5)$$

kde: L_S – pôdorysný priemet dĺžky svahu,

L_{SO} – dĺžka dráhy svahového odtoku,

I_S – priemerný sklon svahu,

I_U – priemerný sklon päty svahu (údolnice).

Doba koncentrácie t_{sk} na svahu sa vypočíta z hydrologicko-hydraulických závislostí (HRÁDEK, 2005):

$$t_{sk} = f(i_{SP}, A_S) \quad (6)$$

kde: i_{SP} – intenzita prítoku na svah (intenzita efektívneho dažďa),

A_S – hydraulická charakteristika svahu.

$$A_S = a^{-1} \cdot L_{SO} \quad (7)$$

kde: a – parameter vyjadrujúci vplyv drsnosti svahu.

$$a = m \cdot I_S^{1/2} \quad (8)$$

kde: $m = \frac{87}{\gamma}$ (podľa Bazina)

$$t_{SK} = A_S^{\frac{1}{b}} \cdot i_{SP}^{\frac{1-b}{b}} \quad (9)$$

kde: $b = 2$, pre m podľa Bazina.

V dobe koncentrácie sa predpokladá:

$$i_{SO} = i_{SP} \quad (10)$$

kde: i_{SO} je intenzita odtoku v dobe koncentrácie.

4.4 Maximálny odtok v údolnici

Maximálny odtok v údolnici MP sa odvodzuje superpozíciou hydrogramov odtoku zo svahov. Pri nahradení prírodného povodia viacerými MP sa odvodzuje výsledný hydrogram superpozíciou hydrogramov z jednotlivých MP využitím hydraulických modelov neustáleného prúdenia v riečnej sieti, napr. HEC-RAS, ver. 3.0.1. III 2001 (HRÁDEK, KUŘÍK 2004). Pri riešení maximálneho odtoku sa predpokladá rovnomerné časové a plošné rozloženie výpočtového dažďa pre celé povodie.

5. VÝSLEDKY

Pre simuláciu maximálnych prietokov na malých povodiach sme si vybrali povodie Hukavy, s plochou 10,795 km² a hydrologický model DesQ – MAXQ verzia 5.2.

Vstupné veličiny modelu sme získali štatistickými a špecializovanými analytickými nástrojmi systému ArcGIS (viď kapitola 4.1). Tieto údaje sú prehľadne znázornené v tabuľke č. 2.

Metódou 1-denných maximálnych dažďov (viď kapitola 4.2) sme pre stanicu Hriňová – Snohy pomocou N-ročných zrážkových úhrnov podľa ŠAMAJ et al. (1983) vypočítali výšky prívalových dažďov a ich intenzity. Výsledky výpočtov sú znázornené v tabuľkách 3 a 4.

Pri samotnom modelovaní maximálnych prietokov sme povodie rozdelili na 5 čiastkových povodí (keďže model po našom zistení pracuje len s plochou do 10 km²) v tvare „otvorenej knihy“. Vstupné údaje sme zadávali zvlášť pre jednotlivé svahy. Použili sme variant II., kde sme zadali dobu trvania výpočtového dažďa príslušnej náhradnej intenzity.

Tab. 2 Vstupné veličiny modelu DesQ – MAXQ

Tab. 2 Input data of DesQ – MAXQ model

Povodie	Hukava	1		2		3		4		5	
Svah		Ľ	P	Ľ	P	Ľ	P	Ľ	P	Ľ	P
Dĺžka údolnice	km	0,862		3,918		2,728		2,948		3,251	
Ø Sklon údolnice	%	12,11		20,27		12,97		25,36		22,51	
Plocha svahu	km ²	0,292	0,243	1,041	2,463	1,641	1,114	0,696	1,169	1,723	0,413
Ø Sklon svahu	%	27,28	32,91	32,01	30,54	24,96	26,63	37,31	38,86	32,98	31,04
Využitie krajiny (v km ²)	Les	0,278	0,233	0,915	1,930	1,526	0,998	0,661	1,156	1,616	0,400
	Lúka	0,011	0,005	0,112	0,506	0,095	0,107	0,021	0,002	0,084	0,006
	Zast. úz.	0,003	0,005	0,014	0,027	0,020	0,009	0,014	0,011	0,023	0,007
Typ CN krivky		2		2		2		2		2	
Číslo CN krivky		55,5	55,8	55,7	56,0	55,6	55,6	55,7	55,3	55,6	55,6

Tab. 3 Výšky prívalových dažďov ($P_{t,N}$) pre stanicu Hriňová – SnohyTab. 3 Amounts of rainstorms ($P_{t,N}$) for Hriňová – Snohy station

Hriňová – Snohy		t (min)						
N (roky)	$P_{t,N}$ (mm)	10	20	30	60	90	120	300
2	43,4	14,34	17,64	19,92	23,04	24,96	26,44	31,73
5	58,5	20,52	25,47	28,91	34,73	37,62	39,81	45,88
10	68,2	24,55	31,15	35,82	42,78	46,34	48,99	55,34
20	78,3	29,76	37,98	43,81	52,62	57,00	60,22	66,36
50	90,8	36,36	46,73	54,12	65,70	71,17	75,41	80,78
100	100,5	41,23	53,47	62,25	75,42	81,70	86,40	91,37

Tab. 4 Intenzity prívalových dažďov ($i_{t,N}$) pre stanicu Hriňová – SnohyTab. 4 Intensities of rainstorms ($i_{t,N}$) for Hriňová – Snohy station

Hriňová – Snohy		t (min)						
N (roky)	$P_{t,N}$ (mm)	10	20	30	60	90	120	300
2	43,4	1,43	0,88	0,66	0,38	0,28	0,22	0,11
5	58,5	2,05	1,27	0,96	0,58	0,42	0,33	0,15
10	68,2	2,45	1,56	1,19	0,71	0,51	0,41	0,18
20	78,3	2,98	1,90	1,46	0,88	0,63	0,50	0,22
50	90,8	3,64	2,34	1,80	1,10	0,79	0,63	0,27
100	100,5	4,12	2,67	2,07	1,26	0,91	0,72	0,30

Výsledné simulované kulminačné prietoky z povodia Hukavy sú prehľadne znázornené v tabuľke č. 5. Tieto prietoky sme následne porovnali z hodnotami N-ročných prietokov, ktoré pre toto povodie uvádza SHMÚ (tabuľka č. 6).

Tab. 5 Hodnoty maximálnych prietokov odvodených modelom DesQ – MAXQ

Tab. 5 Values of maximum discharges derived by the DesQ – MAXQ model

HUKAVA		Kulminačné prietoky ($m^3.s^{-1}$) z povodia						
		t (min)						
N (roky)	$P_{t,N}$ (mm)	10	20	30	60	90	120	300
2	43,4	0,110	0,247	0,394	0,686	0,928	1,150	1,933
5	58,5	0,332	0,824	1,330	2,731	3,723	4,476	4,915
10	68,2	0,574	1,089	1,925	3,784	5,264	5,908	6,800
20	78,3	0,829	1,903	2,263	4,353	6,515	7,613	8,365
50	90,8	1,026	3,243	4,921	8,190	11,679	13,992	14,861
100	100,5	1,613	4,761	8,511	11,333	16,882	20,832	21,027

Tab. 6 N-ročné prietoky podľa SHMÚ
 Tab. 6 N-year discharge according to SHMÚ

Ozn.	Tok	Profil	R. km	N – ročné prietoky ($Q_{\max N}$) v $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$							Trieda presnosti
				1	2	5	10	20	50	100	
1	Hukava	Nad VN Hriňová	0,3	2	3	5	7	9	14	20	III.

Pri menších N-ročných prietokoch model simulované prietoky mierne podhodnocuje a pri vyšších (50 a 100-ročné) zas nadhodnotí. Ďalej je zrejmé, že maximálne prietoky budú dosiahnuté pri prívalovej zrážke trvajúcej 300 min – to platí pre N 2 až 20 rokov, ale pri 50 a 100-ročnej zrážke to bude pri dobe dažďa 120 min.

Z výsledkov je zrejmé, že model dostatočne presne simuluje maximálne prietoky a je vhodný aj pre použitie na povodia bez priamych hydrologických meraní. Otázkou ostáva, aký vplyv na výsledné kulminačné prietoky má rozdelenie povodia na čiastkové povodia, keďže výsledný hydrogram získavame superpozíciou hydrogramov z jednotlivých MP, oproti nerozdelenému povodiu.

6. ZÁVER

V súvislosti s globálnymi zmenami klímy môžeme perspektívne očakávať, že vzrastie počet prípadov s výskytom vysokých úhrnov zrážok a celkovo sa zvýrazní extrémnosť vo výskyte mimoriadne suchých a vlhkých období. Prívalové dažde (lejaky) sa vyznačujú krátkou dobou trvania, vysokou a premenlivou intenzitou. Zasahujú obvykle malé územie. Spôsobujú povodne na menších tokoch, ohrozujú vodohospodárske objekty a vyvolávajú eróziu pôdy.

Metódy zrážkovo-odtokového modelovania umožňujú simulovať nielen skutočný hydrologický proces, ale s ich pomocou môžeme aproximatívne predpovedať správanie povodí v rôznych extrémnych situáciách. Hydrologický model DesQ – MAXQ je modelom, ktorý je predovšetkým využiteľný na malých a veľmi malých povodiach pre výpočet maximálneho prietoku z povodia. Model môžeme tiež označiť ako epizodny deterministický s čiastočne delenými vstupnými parametrami, ktoré sú priemerné pre ľavý a pravý svah. Štruktúra modelu zohľadňuje najvýznamnejšie charakteristiky ovplyvňujúce tvorbu povodňových prietokov a dostupnosť vstupných parametrov odvodzovaných s prakticky prípustnou mierou zjednodušenia. Uvedený program je osvedčeným modelom pre účely simulačné (scénarové), návrhové i rekonštrukčné.

Literatúra

- DOLEŽAL, F., HRÁDEK, F. (2004): Výpočet návrhových průtoků QN na malých povodích, odvození doby trvání výpočtového (příčinného) deště. In: 4. Vodohospodářská konference 2004 s mezinárodní účastí, Brno; s. 80–85.
- HRÁDEK, F. (1990): Maximální odtok na velmi malých povodích. Doktorská disertační práce, VŠZ Praha; 324 s.
- HRÁDEK, F. (2005): Odvozování charakteristik povodňových vln hydrologickým modelem DesQ – MAXQ. Příspěvek do semináře Návrhové průtoky a objemy povodňových vln na malých a velmi malých povodích. ČZU Praha (CD ROM).
- HRÁDEK, F., KUŘÍK, P. (2001): Maximální odtok z povodí. Teorie svahového odtoku a hydrologický model DesQ – MAXQ, ČZU Praha, 37 s.
- HRÁDEK, F., KUŘÍK, P. (2004): Hydrologie (skriptum), ČZU Praha, 280 s.
- HRÁDEK, F., KUŘÍK, P., PAVLÁSEK, J. (2001): Využití hydrologického modelu DesQ pro výpočet maximálních průtoků na velmi malých povodích. Workshop 2001 – grantový projekt reg. č. 103/99/1470: Extrémní hydrologické jevy v povodích; s. 183–191.
- JAKUBIS, M. (1999): Odtokové charakteristiky vodných tokov chránenej krajiny oblasti – Biosférickej rezervácie Poľana. Journal of Forest Science, 45, s. 467–480.
- KOVÁŘ, P. (2000): Využití hydrologických modelů pro určování maximálních průtoků na malých povodích. ČZU Praha dotisk 153 s.
- KOVÁŘ, P., KUBÁTOVÁ, E. (2006): Tradiční metody výpočtu náhradních intenzit přívalových dešťů a návrhového hyetogramu (rešerše stávajících výsledků výzkumu). In: Metodika návrhu a výstavby optimální varianty protipovodňových a protierózních opatření (PPPO) pro zmírnění extrémních hydrologických jevů – povodně a sucha v krajině. Workshop č. 1, 2006, ČZU Praha, 63 s.
- KŘOVÁK, F., KOVÁŘ, P. (2003): Katastrofální průtoky na horských bystřinách. In: Celostátní seminář Lesy a povodně 25. 6. 2003. Novotného lávka. Česká lesnická společnost. ČSVTS. MŽP 2003, s. 57–64.
- ŠAMAJ, F., BRÁZDIL, R., VALOVIČ, J. (1983): Denné úhrny zrážok s mimoriadnou výdatnosťou v ČSSR v období 1901–1980. Zborník prác SHMÚ, Alfa, Bratislava, s. 9–112.
-

Adresa autorov:

Ing. Václav Kadlec

Katedra lesnických stavieb a meliorácií

Lesnícka fakulta

Technická univerzita vo Zvolene

T.G. Masaryka 24

960 53 Zvolen

e-mail: kadlec@vsld.tuzvo.sk

Ing. Vladimír Papaj
Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie
Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
T.G. Masaryka 24
960 53 Zvolen
e-mail: vladopapaj@hotmail.com

The use of hydrological model DesQ – MAXQ for estimation of maximum runoff on small watershed.

Summary

The main aim of this paper is to analyze the possibilities of the hydrological model DesQ – MAXQ for modeling maximum discharge in small watershed during the rainstorms. By the mentioned model there were derived maximum discharges in small watershed of torrent Hukava in CHKO Polana and then they were compared with N-year discharges reported by SHMU for this watershed. The paper also presents process of derivation input data for this model in GIS environment by software ArcGIS and the melodic of reduction 1-day maximum rains.

PREDIKCIA ERÓZNYCH STRÁT Z LESNÝCH CIEST

Vladimír J U Š K O

Juško, V.: Predikcia erózných strát z lesných ciest. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLIX**, 2007, č. 1, s. 287–299.

Príspevok je zameraný na skúmanie erózných strát z lesných odvozných ciest so štrkovým krytom vozovky. Na základe výsledkov terénnych meraní lokalizovaných na území Kremnických vrchov využitím jednej z použitých metód – deluometrickej metódy bol viacnásobnou regresnou a korelačnou analýzou optimalizovaný model na predikciu budúcich erózných procesov z hľadiska množstva vyplavených sedimentov z povrchu lesnej cesty. Model obsahuje dva varianty, I. variant je určený na interpolačné predikovanie a II. variant je určený na extrapoláčné predikovanie so schopnosťou analyzovania vplyvu jednotlivých erózných činiteľov na rozsah erózných strát.

Kľúčové slová: erózia, lesné cesty, predikcia, viacnásobná regresná a korelačná analýza.

ÚVOD

Dopravné sprístupnenie lesov je dôležitou podmienkou efektívneho hospodárenia v lese. Výstavba a prevádzkovanie lesných ciest môže byť rušivým prvkom v lesnom prostredí. Všeobecne je prezentovaný názor na ich globálne negatívny vplyv na lesný ekosystém. Dôsledok toho sa prejavuje predovšetkým v oblasti vodnej erózie. Rozsah erózných procesov ovplyvňujú erózne činitele vznikajúce interaktívnym pôsobením prírodných a antropogénnych činiteľov. Rozlišujeme hlavné erózne činitele: zrážky, povrchový odtok, morfológia územia, geologické a pôdne pomery, vegetačný kryt, spôsob využívania pôdy.

Matematické modelovanie vodnej erózie vzniklo v snahe o jej kvantifikáciu. Modely erózných procesov sú založené na definovaní erózných činiteľov a určení ich vplyvu na erózne procesy pri použití výsledkov pozorovania, merania, experimentov a štatistických metód. Jeho hlavnou úlohou je zisťovanie alebo prognóza straty pôdneho materiálu. Vo všeobecnosti podľa GREGORYHO a VALLINGA (ex: MORGAN, 1995) rozlišujeme modely empirické, stochastické a fyzikálne podložené. MITÁŠ a MITÁŠOVÁ (1998) uvádzajú všeobecne tri základne podmienky, ktoré by mali moderné erózne modely spĺňať:

- založené na fyzikálne definovaných vzťahoch a parametroch s jasným fyzikálnym určením,
- využívanie numerických metód na modelovanie s vysokým priestorovým rozlíšením,

- zapracovanie všetkých aspektov časovej a priestorovej variability relevantných faktorov.

Matematické modely sú zamerané predovšetkým na predikciu pôdnej erózie pre podmienky poľnohospodárskych pôd. V niektorých prípadoch overovanie platnosti týchto modelov bolo úspešne potvrdené aj pre podmienky lesných ciest (WEPP model) (ELLIOT et al. 1995).

Cieľom práce bolo na základe kvantifikácie erózných strát z povrchu štrkových vozoviek lesných odvozných ciest zostrojiť najvhodnejší predikčný model, ktorý by charakterizoval vplyv jednotlivých erózných činiteľov na intenzitu erózných procesov na lesných cestách. Základným cieľom tvorby modelu bolo nielen skúmanie povahy týchto činiteľov na rozsah erózných procesov, ale aj jeho schopnosťou kvantifikovať budúce erózne straty (predikcia).

MATERIÁL A METÓDY

Na splnenie stanoveného cieľa boli použité 2 ročné terénne merania (s výnimkou zimného obdobia) z 3 výskumných plôch (l.c. Beriaková – Mistríkovo, l.c. Sietno – Kremenský jarok, l.c. Grant) lokalizovaných na území Kremnických vrchov. Jednalo sa lesné odvozné cesty 1L 4,0/30 so štrkovým krytom vozovky s podobnými charakteristikami: hrúbka konštrukčnej vrstvy – 35 cm, andezitový materiál frakcie 0–63 mm, objemová hmotnosť – 2200 kg.m^{-3} , zrnitosťné zloženie (horizont 0–5 cm) – 45 % jemnozeme do 2 mm, 55 % skeletu nad 2 mm. Merania pozostávali z merania množstva vyplavených produktov zrážkovej erózie z povrchu štrkovej vozovky – deluátov systémom zachytých vriec inštalovaných na výtokovú časť odrážok. Súčasne s tým boli sledované erózne činitele ovplyvňujúce rozsah erózných procesov, ktoré sú buď intenzitného charakteru (napr. intenzita zrážok), alebo kumulatívneho charakteru (zaznamenávané za nepravidelné časové periódy odberu vzoriek). Nepravidelná doba odberu vzoriek bola závislá predovšetkým od rozsahu erózných procesov v dôsledku intenzity zrážkovej činnosti. Pôvodne zostrojený model (JUŠKO, 2004) predikoval na základe nepravidelných období, keď nastali nadefinované podmienky. Pre nejednoznačnosť časového obdobia i menšej presnosti modelu, bol zostrojený nový model na predikciu erózných strát, kde činitele kumulatívneho charakteru, ako aj množstvá vyplavených sedimentov boli prepočítané na rovnakú časovú jednotku (deň). V tab. 1 sú základné štatistické charakteristiky sledovaných veličín, niektoré sú pre prehľadnosť uvádzané v rámci nepravidelných časových intervaloch odberu vzoriek i po prepočte na rovnakú časovú jednotku.

Tab. 1 ukazuje, že vo všeobecnosti jednotlivé veličiny sú charakteristické veľkou variabilitou hodnôt, čo súviselo jednak s ich charakterom (vplyv veľkého množstva faktorov), jednak s plánovaním a realizovaním pokusu, ako aj s klimatickými podmienkami pôsobiacimi v čase meraní. V rámci terénnych meraní bolo uskutočnených 156 meraní (odberov vzoriek). Pri analýze dát, v rámci overovania ich homogenity, bolo po kontrole a vylúčení vybočujúcich a extrémnych pozorovaní do tvorby modelu zahrnutých 134 meraní.

Tab. 1 Základné štatistické charakteristiky erózných činiteľov a množstva sedimentov
Table 1 Basic statistic characteristics of erosion factors and amounts of sediments

veľičina	$\bar{x}$	min	max	s_x	$s_{x\%}$
sklon (%)	9,83	6,03	12,00	1,69	17,2
dĺžka (m)	34,95	15,85	84,40	17,46	50,0
doprava osobná (počet prejazdov)	30,40	3,00	73,00	22,60	74,3
doprava nákladná (počet prejazdov)	14,37	0,00	52,00	16,06	111,8
doprava spolu (počet prejazdov)	44,77	4,00	108,00	34,37	76,8
úhrn zrážok (mm)	79,99	21,20	294,20	44,67	55,8
početnosť zrážok (počet)	16,75	2,00	45,00	9,52	56,8
doprava osobná (počet.deň ⁻¹)	0,64	0,06	1,75	0,42	66,3
doprava nákladná (počet.deň ⁻¹)	0,34	0,00	1,38	0,42	122,2
doprava spolu (počet.deň ⁻¹)	0,98	0,09	3,13	0,77	78,7
úhrn zrážok (mm.deň ⁻¹)	2,50	0,76	31,70	4,76	190,6
početnosť zrážok (počet.deň ⁻¹)	0,34	0,22	1,50	0,19	57,8
celkový úhrn 1. max. zrážky (mm)	18,28	8,60	41,50	8,44	46,2
intenzita 1. max. zrážky (mm.min ⁻¹)	0,34	0,08	0,69	0,24	70,4
objem pri intenzite 1. max. zrážky (mm)	16,74	8,60	33,80	7,56	45,2
čas trvania 1. max. zrážky (min)	97,71	13,03	277,50	82,23	84,2
celkový úhrn 2. max. zrážky (mm)	12,33	3,60	19,00	5,24	42,5
intenzita 2. max. zrážky (mm.min ⁻¹)	0,17	0,03	0,58	0,15	86,0
objem pri intenzite 2. max. zrážky (mm)	11,71	3,60	19,00	5,54	47,3
čas trvania 2. max. zrážky (min)	155,02	15,65	493,33	144,43	93,2
celkový úhrn 3. max. zrážky (mm)	11,14	2,00	35,75	5,27	47,3
intenzita 3. max. zrážky (mm.min ⁻¹)	0,05	0,01	0,14	0,04	68,1
objem pri intenzite 3. max. zrážky (mm)	10,61	1,40	32,80	5,24	49,4
čas trvania 3. max. zrážky (min)	330,29	40,00	1388,89	373,54	113,1
sedimenty (kg)	15,77	0,41	125,20	19,99	126,8
sedimenty (kg.deň ⁻¹)	0,87	0,01	35,05	3,41	392,1

Výsledky terénnych meraní boli štatisticky vyhodnocované metódou viacnásobnej regresnej a korelačnej analýzy. Hlavným cieľom tejto analýzy bolo na základe logického rozboru problematiky a terénnych meraní vytvorenie vhodného viacnásobného regresného modelu schopného s dostatočnou presnosťou predikovať (odhadnúť) množstvo sedimentov vyplavených z povrchu vozovky na základe známych nameraných hodnôt nezávislých erózných činiteľov pôsobiacich na teleso definovaného typu vozovky počas určitého časového obdobia. Okrem toho po získaní regresného modelu (pri otočení

pohľadu na jeho formuláciu) by bolo možné modelovať stanovenie kritických hodnôt jednotlivých erózných činiteľov, resp. ich kombinácii, ktoré odpovedajú kritickým množstvám vyplavených sedimentov, pri ktorých dochádza k vážnym narušeniam telesa vozovky. Toto by mohlo byť využité predovšetkým na stanovenie rozstupu navrhovaných priečnych odvodňovacích zariadení v určitých prírodných a technických podmienkach.

Podkladom pre tvorbu modelu bola matica nameraných dát o rozmere $n \times m$, kde stĺpce predstavovali m meraných veličín (nezávislých premenných a závislej premennej) a riadky predstavovali n hodnôt každej premennej nameraných na jednotlivých pokusných úsekoch.

Regresná a korelačná analýza ako proces hľadania optimálneho modelu závislosti skúmaných znakov má cyklický (opakujúci sa) charakter typický pre modelovací proces vo všeobecnosti. Sled operácií (cyklov) možno rozčleniť na 4 hlavné etapy:

1. sformulovanie predbežného tvaru regresného modelu, ktorý by bol schopný predikovať logicky správne údaje na základe nameraných hodnôt nezávislých premenných,
2. odhad parametrov modelu (neznámych koeficientov predbežnej regresnej rovnice) s následným overením kvality odhadu metódami regresnej diagnostiky,
3. overovanie vhodnosti tvaru, významnosti a presnosti regresného modelu,
4. zovšeobecnenie výsledkov analýzy do podoby modelu schopného predikovať budúce hodnoty závislej premennej na základe kombinácie nezávislých premenných.

Pri vytváraní predbežného modelu sa vychádzalo zo známych vedeckých poznatkov a empirických meraní. Bol navrhnutý všeobecný lineárny tvar regresnej rovnice:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n$$

kde: y – závislá premenná predstavujúca množstvo vyplavených sedimentov (kg.deň^{-1}),

x_n – nezávislé premenné predstavujúce erózne činitele,

b_0 – absolútny koeficient charakterizujúci vplyv náhodných nekontrolovaných činiteľov pôsobiacich na hodnoty znaku y ,

b_n – regresné koeficienty vyjadrujúce vplyv znaku x_i na hodnotu závislej premennej y .

Postup tvorby modelu bol riešený kombináciou metód krokovej eliminácie premenných, t. j. zahrnutím všetkých pozorovaných nezávislých premenných (erózných činiteľov) a následne optimalizovaný pokusným vyberaním a následným vylučovaním tých premenných, ktoré sa signifikantne nepodieľali na spresnení závislej premennej y .

Na odhad parametrov modelu bola použitá metóda najmenších štvorcov (OLS) s optimalizačným kritériom $(\sum (y_i - \hat{y}_i)^2 = \min)$. OLS vychádza zo základných predpokladov o:

- normálnom rozdelení pravdepodobnosti reziduálnych odchýlok,
- konštantnosti rozdelenia hodnôt = konštantnosti strednej hodnoty rozptylu a hodnoty y_i ,
- nezávislosti hodnôt.

Overenie splnenia predpokladov použitia OLS sa robilo pomocou grafických metód regresnej diagnostiky testovaním reziduálnych odchýlok (reziduálov). Tie predstavujú rozdiel medzi nameranými a modelovými (vyrovnanými alebo predikovanými) hodnotami. Reziduálne odchýlky e_i závislého znaku pri analýzach závislosti vlastne nahrádzajú štatistické chyby ε .

Odhad parametrov má cyklický charakter, kde sa overuje správnosť všetkých predpokladov použitia zvolenej metódy. Je založený na skúmaní vlastností reziduálnych odchýlok vypočítaných z nameraných hodnôt závislého znaku pomocou prvotných odhadov parametrov regresného modelu. Ak sú predpoklady použitej metódy platné, máme zaručené, že hodnoty parametrov získané danou metódou z výberovej vzorky údajov sú zo štatistického hľadiska optimálne, t.j. sú to najlepšie možné odhady vyznačujúce sa konzistenciou, nevychýlenosťou a minimálnou variabilitou v porovnaní s inými možnými odhadmi.

Regresná diagnostika bola zameraná na overovanie:

- kvality dát – vylučovaním tzv. odľahlých (vybočujúcich) pozorovaní zo súboru dát.
- normality rozdelenia reziduálnych odchýlok – testovaním pomocou tzv. kvantil – kvantilových (Q – Q) grafov. Možné porušenie tohto predpokladu vedie k porušeniu požiadavky nevychýlenosti odhadov parametrov modelu, čiže indikuje použitie nevhodného tvaru regresnej rovnice alebo nevhodnej metódy odhadu.
- homogenity rozptylu a nezávislosti reziduálnych odchýlok – testovaním štatistickej efektívnosti odhadov parametrov (t. j. či sa vyznačujú minimálnou variabilitou) pomocou testu na heteroskedasticitu (nehomogenitu) variability reziduálnych odchýlok grafickou metódou.

Pri diagnostikovaní porušenia niektorého z predpokladov použitia metódy OLS bola vzniknutá situácia riešená vylepšením vlastností originálnych (nameraných) hodnôt závislých, príp. aj nezávislých premenných pomocou vhodných matematických transformácií a opätovným odhadom parametrov metódou OLS. Tento cyklický proces hľadania optimálnej metódy odhadu neznámych parametrov modelu musí byť zakončený presvedčením, že sa z nameraných údajov podarilo získať nevychýlené a štatisticky efektívne odhady parametrov predpokladaného modelu. Výstupom sú regresné koeficienty b_i predbežnej regresnej rovnice.

Overenie vhodnosti tvaru regresného modelu spočíva v potvrdení správnosti popisu mechanizmu vplyvu nezávislých premenných x_i na závislú premennú y , a keďže sa jedná o lineárny regresný model, či je potvrdená správnosť predpokladu o linearite vzťahu medzi x_i a y . Podstata overenia spočíva v zistení, či reziduálne odchýlky po odhade parametrov a vyrovnaní bodového poľa priamkou majú výhradne náhodný charakter alebo obsahujú aj systematickú zložku spôsobenú nedostatočnou schopnosťou predpokladaného lineárneho modelu správne vyrovnať priebeh empirického bodového poľa. Pri grafickom preverovaní sa lineárny regresný model považuje za vhodný, ak po lineárnom vyrovnaní závislosti predikovaných a pozorovaných hodnôt závislej premennej sa zistí, že priamka má parametre

$b_0 = 0$ a $b_1 = 1$ a závislosti predikovaných hodnôt a reziduálnych odchýlok sa zistí, že priamka má parametre $b_0 = 0$ a $b_1 = 0$ a (SEDMÁK, 2004).

Overovanie štatistickej významnosti regresného modelu, teda schopnosti modelu popísať existujúcu závislosť s upotrebitelnou presnosťou, sa robilo pomocou všeobecného F-testu. Taktiež sa testovala štatistická významnosť regresných koeficientov jednotlivých do modelu zahrnutých nezávislých premenných pomocou Studentovho t-testu.

Do modelu zahrnuté nezávislé premenné neovplyvňujú len hodnoty závislej premennej, ale zároveň sa do určitej miery lineárne ovplyvňujú medzi sebou navzájom. Tento jav označujeme ako multikolinearitu nezávislých premenných. Ideálny stav, kedy je multikolinearita nulová, tzn. že sa nezávislé premenné pri skúmaní viacnásobných závislostí navzájom neovplyvňujú, je jav zriedkavý. Sila multikolinearity bola kvantifikovaná kritériom – faktorom inflácie rozptylu (VIF), ktorý sa stanoví ako diagonálne prvky matice (R^{-1}) . Presnosť regresného modelu bola vyjadrovaná strednou chybou regresnej rovnice s_{yx} alebo jej relatívnou formou $s_{yx\%}$. Čím je hodnota strednej chyby menšia, tým presnejšie je určenie hodnôt závislej premennej z regresnej rovnice, a tým menších chýb sa dopúšťame pri ich predikcii. Celý tento proces sa znovu cyklicky opakuje, kým sa nezíska optimálny regresný model, ktorý má vhodný tvar a štatisticky optimálne parametre dosahujúce upotrebitelnú presnosť a interpretovateľnosť a môže byť použiteľný na predikciu a analýzu vzťahov.

Pri zovšeobecňovaní modelu bolo vykonávané meranie sily závislosti pomocou viacnásobného korelačného koeficienta R_{yx} a koeficienta determinácie R^2_{yx} .

Vplyv konkrétnej nezávislej premennej bol vyjadrovaný pomocou tzv. standardizovaných regresných koeficientov β . Tie sa líšia od pôvodných regresných koeficientov b len v tom, že nie sú závislé od merných jednotiek príslušných nezávislých premenných, a tak priamo (podľa ich veľkosti a znamienka) vieme posúdiť, ktorá premenná ako vplyva na hodnoty závislej premennej. Sú ale spoľahlivé len vtedy, ak je odstránená významná multikolinearita.

Zostavovanie a testovanie regresného modelu bolo robené v prostredí software STATISTIKA.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Výsledkom viacnásobnej regresnej a korelačnej analýzy dát terénnych meraní bolo zostrojenie lineárneho regresného modelu, ktorý má dva varianty, jeden určený na predikciu budúcich erózných strát a druhý určený na analýzu činiteľov ovplyvňujúcich rozsah erózie.

Prvý variant regresného modelu tvorí 10 nezávislých premenných. V tomto prípade boli do modelu zahrnuté všetky nezávislé premenné, u ktorých test potvrdil signifikantnosť ich regresných koeficientov (tab. 2). Do modelu bol zahrnutý aj sklon svahu, u ktorého

sa ale logicky očakávaná významnosť nepotvrdila. Možno to zdôvodniť jednak malým rozsahom výberu a tiež predovšetkým malým variačným rozpätím sklonu (6–12 %). Pri plánovaní pokusu sa vychádzalo z teoretických predpokladov, že v prípade lesných ciest z hľadiska rozsahu vodnej erózie sa významným javí sklon nad 6 %. Premenná napriek tomu bola ponechaná v regresnom modeli, pretože pri plnom sklonovom rozsahu, v rozpätí 1 (3) – 12 %, sa logicky dá očakávať jeho signifikantnosť.

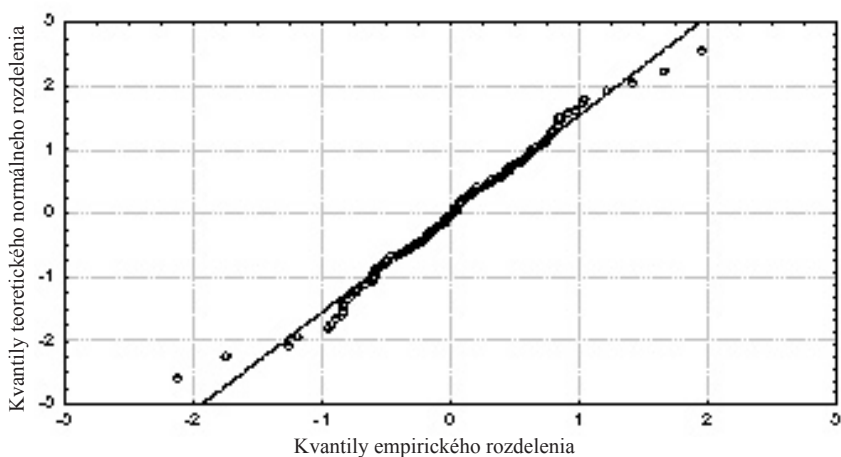
Tab. 2 Výsledky mnohonásobnej lineárnej regresnej analýzy – I. variant
Table 2 The results of multiple linear regression – I. variant

závislá premenná: LN sediment	R = 0,9136 R ² = 83,47 % s _{yx} = 0,6596 s _{yx%} = 28,39 %			F = 62,12 df = 10,123 p = 0,00000*		
n = 134						
	β	s _β	b	s _b	t(145)	p
absolútny koeficient			-4,474	0,760	-5,884	0,00000*
sklon (%)	0,097	0,052	0,089	0,048	1,846	0,06723
dĺžka (m)	0,285	0,052	0,025	0,005	5,480	0,00000*
doprava spolu (počet.deň ⁻¹)	0,325	0,044	0,657	0,090	7,302	0,00000*
úhrn zrážok (mm.deň ⁻¹)	0,452	0,044	0,148	0,015	10,224	0,00000*
celkový úhrn 1. max. zrážky (mm)	2,481	0,401	0,459	0,074	6,181	0,00000*
intenzita 1. max. zrážky (mm.min ⁻¹)	1,070	0,090	6,884	0,582	11,836	0,00000*
objem pri inten. 1. max. zrážky (mm)	-2,341	0,387	-0,483	0,080	-6,046	0,00000*
celkový úhrn 2. max. zrážky (mm)	-1,254	0,524	-0,374	0,156	-2,393	0,01823*
intenzita 2. max. zrážky (mm.min ⁻¹)	-1,000	0,132	-10,614	1,403	-7,566	0,00000*
objem pri inten. 2. max. zrážky (mm)	1,132	0,495	0,319	0,139	2,288	0,02386*

kde: n – počet meraní, R – korelačný koeficient, R² – koeficient determinácie, s_{yx}, s_{yx%} – absolútna a relatívna stredná chyba, F – hodnota F-testu, df – počet stupňov voľnosti, p – pravdepodobnosť nevýznamnosti, b – regresný koeficient, β – štandardizovaný regresný koeficient, s_b, s_β – stredná chyba regresného a štandardizovaného regresného koeficienta, t – hodnota t-testu, * – potvrdená štatistická významnosť na hladine α = 0,05.

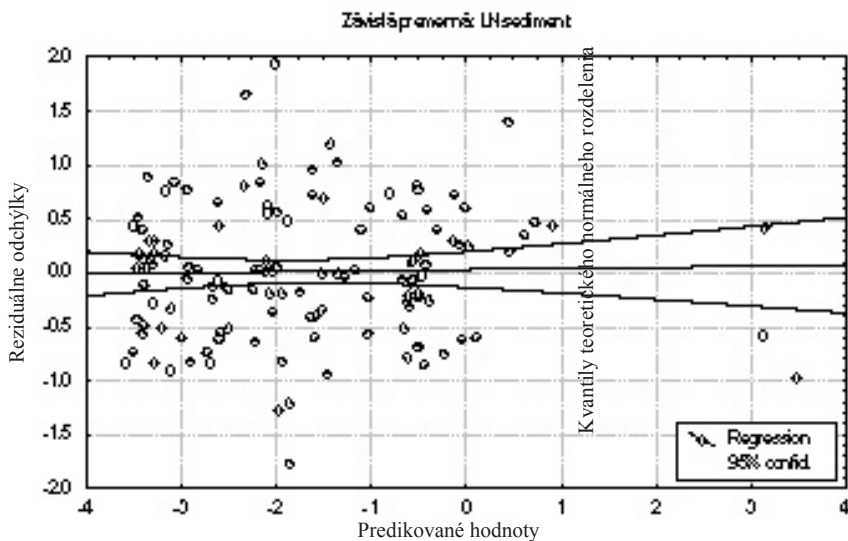
Pri predbežnom odhade parametrov modelu bolo zistené, že nie je splnená podmienka konštantnej variability hodnôt závislej premennej podľa hodnôt nezávislých premenných. Z titulu zlepšenia stability odhadov parametrov regresie sa vykonávali transformácie hodnôt tak závislej, ako i nezávislých premenných, pričom na základe pokusných overení bola použitá logaritmická transformácia hodnôt závislej premennej (množstvo vyplavených sedimentov za časovú jednotku), čím sa do značnej miery podarilo stabilizovať nekonštantnosť rozptylu hodnôt závislej premennej v rámci variačného rozpätia nezávislých premenných. Taktiež v literatúre sa odporúča logaritmická transformácia pre hodnoty, ktoré majú široké variačné rozpätia a ktoré sú striktne pozitívne (kladné) (WEISBERG, 1985).

Overovaním kvality odhadov parametrov metódami regresnej diagnostiky bola potvrdená normalita reziduálnych odchýlok, kde bola dosiahnutá zhoda medzi teoretickým a skutočným (empirickým) rozdelením hodnôt reziduálnych odchýlok. Ako možno vidieť na obr. 1 je dosiahnutá požadovaná linearita priamky, tzn. že hodnoty ležia na priamke, i keď v koncových častiach priamky (min. a max. hodnoty) je dosiahnutá len približne.



Obr. 1 Graf normality reziduálnych odchýlok

Fig. 1 Normal probability of residuals



Obr. 2 Graf predpovedané hodnoty – reziduálne odchýlky

Fig. 2 PLOT predicted vs. residuals

Pri testovaní štatistickej efektívnosti odhadov parametrov bola potvrdená homogenita rozptylu reziduálnych odchýlok (obr. 2). Variabilita reziduálnych odchýlok je konštantne rozptýlená v rámci celého variačného rozpätia vyrovnaných hodnôt, teda bodové pole vytvára rovnobežný pás symetricky rozložený okolo nulovej hladiny.

Dané testy dokazujú, že hodnoty parametrov regresného modelu sú zo štatistického hľadiska optimálne, t. j. sú to najlepšie možné odhady vyznačujúce sa konzistenciou, nevychýlenosťou a minimálnou variabilitou v porovnaní s inými možnými odhadmi.

Vhodnosť použitého tvaru lineárnej rovnice na popis množstva vyplavených sedimentov je potvrdená na obr. 2. Tvar lineárnej rovnice je vhodný na popis skúmanej závislosti, pretože pri každej predpovedanej hodnote je aritmetický priemer reziduálnych odchýlok nulový a teda reziduálne odchýlky majú výhradne náhodný charakter a neobsahujú systematickú zložku, ktorá by indikovala nedostatočnú schopnosť lineárneho modelu správne vyrovnať priebeh empirického bodového poľa. To dokazuje, že hodnoty predikované sa systematicky neodchyľujú od nameraných hodnôt, a teda znamená, že model na celom rozsahu nameraných hodnôt závislej premennej ani nepodhodnocuje, ani nenadhodnocuje skutočné údaje.

Na základe testovania celkovej signifikantnosti modelu použitím štatistického F-testu bola potvrdená významná štatistická signifikantnosť vplyvu do modelu zahrnutých veličín na množstvo vyplavených sedimentov. Testovacie kritérium nadobúda hodnotu $F = 62,12$ s pravdepodobnosťou $p = 0,00000$, teda výrazne menšou ako 1 % hladina významnosti. Vhodnosť použitia modelu indikuje tiež dosiahnutý vysoký stupeň tesnosti regresnej rovnice $R = 0,91$. Taktiež vysoký koeficient determinácie R^2 nám udáva, že 83,47 % rozptylu hodnôt znaku závislej premennej sa eliminuje použitím príslušnej regresnej rovnice, tzn. daný rozptyl hodnôt vyplavených sedimentov je spôsobený do modelu zahrnutými činiteľmi.

Pri pohľade na regresné koeficienty jednotlivých premenných (β alebo B), či už z hľadiska ich veľkosti alebo znamienka, nemôžeme z titulu silnej multikolinearity správne interpretovať vplyv jednotlivých erózných činiteľov na erózne straty. Multikolinearitu sa ani nesnažíme dokazovať, tá vyplýva už zo založenia pokusu, či charakteru jednotlivých činiteľov (napr.: sklon – dĺžka). Aj napriek tomu však tento regresný model môže byť použitý na predikciu.

Analýza presnosti regresného modelu ukazuje, že erózne množstvá vyplavených sedimentov môžeme odhadnúť navrhnutým modelom s relatívnou strednou chybou regresnej rovnice $\pm 28,39$ % a relatívnou presnosťou $\pm 56,78$ % pri intervale spoľahlivosti 95 %.

Tento model nám na základe vyššie uvedených charakteristík môže slúžiť

na interpolačne predikovanie, tzn. že môžeme predpovedať budúce erózne straty, ale iba v rozsahu nameraných dát, teda v rámci variačného rozpätia, či už vstupných veličín alebo závislej premennej, bez robenia analýzy vzťahov.

Na základe spomenutých nevýhod zostrojeného modelu bol zostrojený druhý variant modelu, ktorý mal byť jednoduchší z hľadiska vstupných veličín a umožňoval by robiť predikciu aj mimo rozsahu dát s určitou dávkou opatrnosti. Vstupné veličiny zahrnuté do modelu sa vyznačovali jednak signifikantnosťou ich regresných koeficientov a taktiež vylúčením významnej vzájomnej multikolinearity. Do modelu bolo zahrnutých 5 vstupných veličín (tab. 3), pričom tu bol zahrnutý aj sklon, u ktorého sa nepotvrdila signifikantnosť. Dôvod jeho zaradenia do modelu bol rovnaký ako v prípade predchádzajúceho modelu. Medzi týmito, do modelu vstupujúcimi, nezávislými premennými bola zistená slabá multikolinearita (VIF hodnoty len v rozsahu cca 1–2), ktorá neovplyvňuje skutočné závislosti medzi premennými. Tým vlastne je možné sledovanie väzieb v regresnom modeli a teda skúmanie skutočných väzieb medzi nezávislými premennými a závislou premennou.

Pri odhade parametrov tohto variantu modelu bola grafickými metódami regresnej diagnostiky taktiež potvrdená správnosť všetkých predpokladov použitej metódy (OLS). Normalita rozdelenia nameraných údajov bola dosiahnutá taktiež logaritmickou transformáciou dát s vylúčením odľahlých pozorovaní.

Tab. 3 Výsledky mnohonásobnej lineárnej regresnej analýzy – II. variant
Table 3 The results of multiple linear regression – II. variant

závislá premenná: LN sediment n = 134	R = 0,8105 R ² = 65,70 % s _{yx} = 0,9314 s _{yx%} = 42,80 %		F = 49,049 df = 5,128 p = 0,00000			
	β	s _β	b	sb	t(145)	p
absolútny koeficient			–5,499	0,847	–6,485	0,00000*
sklon (%)	0,118	0,073	0,108	0,067	1,612	0,10928
dĺžka (m)	0,266	0,073	0,023	0,006	3,640	0,00039*
doprava spolu (počet.deň ^{–1})	0,334	0,055	0,677	0,111	6,058	0,00000*
úhrn zrážok (mm.deň ^{–1})	0,441	0,054	0,144	0,017	8,138	0,00000*
intenzita 1. max. zrážky (mm.min ^{–1})	0,386	0,052	2,489	0,338	7,354	0,00000*

Použité testy potvrdzujú, že získané hodnoty parametrov regresného modelu sú zo štatistického hľadiska optimálne, t. j. sú to najlepšie možné odhady vyznačujúce sa konzistenciou, nevychýlenosťou a minimálnou variabilitou v porovnaní s inými odhadmi.

Zvolený lineárny tvar regresnej rovnice vierohodne reprezentuje vzťahy medzi skúmanými veličinami. Dokazuje to náhodný charakter reziduálnych odchýlok vo vzťahu k predikovaným hodnotám, keď ich aritmetický priemer je nulový. Pri tomto lineárnom tvare rovnice predikované hodnoty odpovedajú nameraným hodnotám, čiže navrhnutý model nenadhadnocuje ani nepodhadnocuje skutočné hodnoty.

Použitím F-testu bola potvrdená celková signifikantnosť navrhnutého modelu. Zjednodušenie tejto varianty modelu s nižším počtom do modelu vstupujúcich nezávislých premenných za účelom minimalizácie multikolinearity, a tým podpore schopnosti modelu interpretovať vplyv jednotlivých erózných činiteľov na rozsah erózných procesov mali za následok nižšie hodnoty stupňa tesnosti regresnej rovnice bol $R = 0,81$ a koeficienta determinácie $R^2 = 65,70 \%$, ako aj nižšiu presnosť regresného modelu (stredná chyba regresnej rovnice $\pm 42,80 \%$, relatívna presnosť $\pm 85,60 \%$ pri intervale spoľahlivosti 95%) ako u I. variantu modelu.

Pri pohľade na regresné koeficienty nezávislých premenných (β alebo b) môžeme posudzovať veľkosť vplyvu jednotlivých nezávislých premenných na závislú premennú.

Na základe vyššie uvedených charakteristík nám tento variant modelu môže slúžiť predovšetkým na analyzovanie vzťahov erózných procesov, keďže zjednodušenie použitého modelu spôsobilo nižšie hodnoty presnosti odhadov parametrov regresnej rovnice ako u predchádzajúceho modelu. Aj napriek nižšej presnosti by tento model mohol byť využitý na tzv. extrapoláčne predikovanie, t. j. možno ním predpovedať budúce erózne straty aj mimo rozsahu nameraných dát, ale s určitou dávkou opatrnosti.

Pri testovaní praktickej upotrebitelnosti modelu z hľadiska predikcie navrhnutý lineárny tvar regresného modelu v okrajových hraničných hodnotách (najmä mimo rozsahu nameraných dát) poskytuje menej dôveryhodné hodnoty, čo bolo aj potvrdené pri jeho diagnostikovaní. Tento lineárny regresný model je vlastne akýmsi zjednodušeným modelom, ktorý generalizuje skúmané vzťahy a bol použitý pre obmedzený rozsah nameraných dát. Z tohto dôvodu by bolo vhodné v budúcnosti pri väčšom rozsahu meraní uvažovať so zložitejším a náročnejším nelineárnym modelom, ktorý by dokázal lepšie popísať skúmané vzťahy aj v týchto okrajových častiach rozsahu dát.

ZÁVER

Práca sa zaoberá problematikou erózných procesov na štrkových vozovkách lesných odvozných ciest. Cieľom práce bolo pomocou kvantifikácie erózných procesov zostaviť s využitím viacnásobnej lineárnej regresie regresný model schopný predikovať budúce erózne straty, ako aj skúmať vplyv jednotlivých erózných činiteľov na ich rozsah. V rámci daného modelu boli zostrojené 2 varianty, I. variant, ktorý je presnejší a lepšie vystihuje skúmané procesy, je však určený len na interpolačné predikovanie a II. variant, u ktorého bola odstránená významná multikolinearita, je určený na extrapoláčne predikovanie so schopnosťou analyzovania vplyvu jednotlivých erózných činiteľov na rozsah erózných procesov. Testovaním vlastností modelu metódami regresnej diagnostiky bola potvrdená vhodnosť navrhnutého modelu z hľadiska tvaru, významnosti, či presnosti. Schopnosťou modelu okrem predikcie by mohlo byť zadefinovaním kritických množstiev erózných strát aj dimenzovanie vzdialenosti odvodňovacích zariadení v daných prírodných podmienkach.

Získané výsledky sú aplikovateľné pre podmienky podobné skúmanému záujmovému územiu. Overenie platnosti výsledkov a ich zovšeobecnenie pre podmienky územia Slovenska si bude vyžadovať založenie pokusu väčšieho rozsahu s komplexným obsiahnutím variability jednotlivých veličín, pričom je potrebné vyriešiť 3 hlavné aspekty: odstránenie multikolinearity, zväčšenie objemu meraní a stanovenie kritických množstiev erozných strát.

Literatúra

- ELLIOT, W. J., FOLTZ, R. B., LUCE, C. H., 1995: Validation of Water Erosion Project (WEPP) Model for Low-Volume Forest Roads. *In: Sixth International Conference on Low-Volume Roads*, Minneapolis, Minnesota, June 25.–29., s. 178–186.
- JUŠKO, V., 2004: Odhad erózných strát z vozoviek lesných ciest v závislosti od erózných činiteľov. *In: Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, XLVI, s. 295–304.
- MORGAN, R. P. C., 1995: Soil Erosion and Conservation. Silsoe College, Cranfield University, 198 p.
- MIŤÁŠ, L., MIŤÁŠOVÁ, H., 1998: Distributed erosion modeling for effective erosion prevention Water Resources Research Vol. 34, No. 3, s. 505–516.
- SEDMÁK, R., 2004: Odhad parametrov korún jednotlivých stromov v rovnomerných bukových porastoch. *In: Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, XLVI, s. 169–183.
- WEISBERG, S., 1985: Applied linear regression. John Wiley & Sons, New York, 324 p.
-

Adresa autora:

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

Prediction of the erosion losses from forest road

Summary

The work deals with the problems of erosion processes on forest roads with gravel pavement. The main aim of the work was based on elaboration of regression model able to predict future erosion loss by means of quantification of erosion processes, as well as to study the influence of individual erosion factors on their size. The research took place on the area of Kremnicke vrchy. The main result of the research based on terrain measurement of erosion processes was the elaboration of prediction regression model with the use of multiple linear regressions. The general form of equation was: $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n$.

In the framework of given model were elaborated two variants, the first variant, which is more accurate and better correspond to examined processes, but is designed only for interpolated prediction and the second variant, where significant multikolinearity was cleared, which is designed for extrapolated prediction with the ability to analyse the impact of individual agents of erosion on the range or erosion processes. The suitability of the

proposed model from the viewpoint of its shape, the significance or accuracy was confirmed by testing with the methods of regression diagnostic. Apart from prediction, the model is able not only to define the critical amounts of erosion losses, but also to set the dimensions of drainage device in given natural conditions.