

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**

**LI – 2009
č. 1**

**2009
VYDALA TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE**

Redakčná rada:

Prof. Ing. Rudolf Kropil, CSc. – predseda

Prof. Ing. Peter Garaj, CSc.

Doc. Ing. Juraj Gregor, CSc.

Prof. Ing. Iveta Hajdúchová, PhD.

Prof. Ing. Valéria Messingerová, CSc.

Prof. Ing. Ladislav Paule, PhD.

Prof. Ing. Milan Saniga, DrSc.

Doc. Dr. Ing. Jaroslav Šálka

Prof. Ing. Anton Žihlavič, CSc.

Prof. Ing. Štefan Žihlavič, CSc.

Vedecký redaktor:

Doc. Ing. Dušan Gömöry, CSc.

OBSAH – CONTENTS – INHALT

Sarvašová, I.: Hodnotenie vplyvu alginitu na rast sadeníc jedle bielej a smreka obyčajného	7
Evaluation of the effect of alginite on the growth of European silver fir (<i>Abies alba</i> Mill.) and Norway spruce (<i>Picea abies</i> [L.] Karst.) plants.....	7
Auswertung des Einflusses des Alginits auf das Wachstum der Pflanzen der Weisstanne und der gemeinen Fichte	7
Lukáčik, I., Bugala, M.: Premennivosť a zdravotný stav (poškodenie) prirodzených populácií jelše lepkavej (<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.) v oblasti Slanských vrchov.....	15
Variation and health state (damage) of black alder (<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.) in the Slanské vrchy Mts.	15
Variation und Gesundheitszustand (Beschädigung) natürlicher Populationen der Schwarzerle (<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.) im Slanské Gebirge.....	15
Saniga, M., Kráľovič, Š.: Počiatočné fázy prirodzenej obnovy buka v skupine lesných typov <i>Fagetum pauper</i> v Malých Karpatoch.....	29
Initial phases of natural beech regeneration in the typological unit <i>Fagetum pauper</i> in the Malé Karpaty Mts.	29
Anfangsphasen der natürlichen Verjüngung de Buche in der typologischen Einheit <i>Fagetum pauper</i> in den Kleinen Karpaten	29
Jakubisová, M.: Kvantifikácia vplyvu pôdoochranej funkcie brehovej vegetácie v komplexe spolupôsobiacich faktorov.....	43
The quantification of influence of the soil-protection function of riparian vegetation within the complex of concurrent factors	43
Quantifizierung des Einflusses der Bodenschutz-Funktion der Ufervegetation im Rahmen des Komplexes zusammenwirkender Faktoren	43
Jakubis, M.: Vplyv vybraných prietokov na geometrické charakteristiky prirodzených prietokových profilov	53
The effect of selected discharges on geometric characteristics of natural flow profiles.....	53
Einfluss der ausgewählten Durchflüsse auf die geometrische Charakteristiken natürlicher Flussprofile	53

Závacká, M.: Aplikácie teórie regionálnych rovníc a kriviek povodia na príklade vodného toku Kôprovský potok	65
Application of the regional equations theory and watershed curves on the example of the water stream Kôprovský potok.....	65
Anwendung der Theorie der regionalen Gleichungen und Abflussgebietskurven am Beispiel des Flusses Kôprovský potok.....	65
Jakubis, M.: Interval opakovania prietoku plným prietokovým profilom v prirodzených korytách vodných tokov a malých povodiach	77
The recurrence interval of bankfull discharge in natural beds of water flows in small watersheds.....	77
Interval der Wiederholung des Flusses durch ein volles Flussprofil in den natürlichen Flussbetten kleiner Wasserflüsse und in den kleinen Flussgebieten.....	77
Žíhlařík, Š., Tunák, D.: Optimálne spôsoby vytyčovania hraníc lesných pozemkov ...	89
Optimum ways of the delineation of forest plot boundaries.....	89
Die optimalen Methoden der Grenzenabsteckung der Waldgrundstücke	89
Štollmann V., Slugeň J.: Návrh novej kategorizácie harvesterov na základe analýzy hmotnostných a výkonových parametrov	101
Proposal of a new harvester categorization based on the analysis of weight and power parameters.....	101
Entwurf einer neuen Kategorisierung von Harvester aufgrund der Analyse der Gewichts- und Leistungs-Parameter	101
Suchomel, J., Gejdoš, M.: Vplyv vybraných faktorov na výskyt a veľkosť kvalitatívneho znaku hrč na drevine buk a dub.....	111
The influence of selected factors on the occurrence and size of knots as a qualitative character of beech and oak wood	111
Einfluss ausgewählter Faktoren auf das Vorkommen und die Grösse der Knoten bei der Buche und Eiche.....	111

HODNOTENIE VPLYVU ALGINITU NA RAST SADENÍC JEDLE BIELEJ (*ABIES ALBA* MILL.) A SMREKA OBYČAJNÉHO (*PICEA ABIES* [L.] KARST.)

Ivana S A R V A Š O V Á

Sarvašová, I.: Hodnotenie vplyvu alginitu na rast sadeníc jedle bielej (*Abies alba* Mill.) a smreka obyčajného (*Picea abies* [L.] Karst.). Acta Facultatis Forestalis Zvolen, LI, 2009, č. 1, s. 7–14.

V práci sa analyzujú výsledky pestovania sadeníc jedle bielej (*Abies alba* Mill.) a smreka obyčajného (*Picea abies* [L.] Karst.), ktoré rástli na minerálnej pôde s prídavkom 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 iba vo výške nadzemnej časti a dĺžke koreňového systému, pri smreku aj v hrúbke koreňového krčka. Štatisticky významný vplyv nebol potvrdený pri hmotnostiach v čerstvom stave a v sušine. Hornina alginít patrí k perspektívnym prirodzeným pôdnym kondicionérom. Jej účinky na rast sadbového materiálu sa budú overovať aj v ďalších experimentoch.

Kľúčové slová: alginít, sadenice, *Abies alba*, *Picea abies*, optimalizácia rastových podmienok

1. PROBLEMATIKA

Súčasný stav devastácie životného prostredia vyžaduje úsilie o hľadanie surovín, ktoré by čo najmenej poškodzovali zložky ekosystémov. Jednou z možností ako zabrániť ďalšiemu zhoršovaniu kvality pôdy, a tým zlepšiť kondíciu a zdravotný stav drevín, je využívanie prírodných materiálov, akým je alginít.

Pôdne kondicionéry, hydroabsorbenty, hydrogély sú vytvárané na báze prirodzených sorbentov, minerálov alebo hornín (VASS et al., 1997, BELÁČEK, 1998, HAVELKA, 1990, TORMA 1996, SARVAŠOVÁ, 2007), alebo na báze umelej: viacnásobné polyméry, rôzne polyakryláty (ŽUFÁNEK et al., 1996, SALAŠ, 1996) Kladný vplyv umelých hydroabsorbentov zaznamenali viacerí autori (JURÁSEK, 2001, SARVAŠOVÁ, 2003, SARVAŠ, 2003, SARVAŠ et al. 2008, MAUER, 2007). Na úpravu pôdnej úrodnosti, zlepšenie rastu koreňového systému drevín sa dnes využívajú pôdne kondicionéry bakteriálneho charakteru (TUČEKOVÁ, 2007, 2008), na zlepšenie adaptability sadeníc mykorhízne huby (REPÁČ, 2007).

V experimente sme sa zamerali na overenie vplyvu alginitu na rast sadeníc smreka a jedle v prevádzkových podmienkach škôlkárskeho strediska Kraje.

2. METODIKA POKUSU

Založenie pokusnej plochy

Pokusný záhon bol založený v škôlkárskom stredisku Kraje, OZ Semenoles Liptovský Hrádok. ŠS Kraje sa nachádza na upätí masívu Poľany, územne spadajúcim pod OZ Kriváň. Nadmorská výška strediska je 730 m. n. m., priemerná ročná teplota 6,22 °C, priemerné ročné zrážky 753 mm. Na záhony boli zaškôlkované sadenice jedle bielej (pôvod 035 42 DT 354) a smreka byčajného (pôvod 014 34 GL 012), dňa 27. 8. 2003. Pokus bol založený metódou tzv. úplných znáhodnených blokov, v troch opakovaníach, ktoré tvorili varianty K, A10, A15.

Pokusné varianty substrátov: K – minerálna pôda,

A10 – minerálna pôda a alginít v dávke 10 kg.m⁻²,

A15 – minerálna pôda a alginít v dávke 15 kg.m⁻².

Zloženie Pincinského alginitu, ktorý bol v experimente použitý, je opísané v publikácii SARVAŠOVÁ (2007).

Jedna pokusná plôška mala veľkosť 1,4 m² (1 m × 1,4 m – šírka záhona), pričom na jednej pokusnej plôške sa nachádzalo od 140 do 160 jedincov. Jednotlivé plôšky boli od seba oddelené 0,5 m širokou medzerou, takže celková dĺžka pokusného záhona rovnako pri jedli aj pri smreku bola zhodná, 13,5 m.

Záhony boli počas vegetačného obdobia bežne ošetrované (herbicídne a insekticídne). Neboli prihnojované. Sadenice rástli na záhonoch dve vegetačné obdobia, vyzdvihnuté boli na konci septembra 2005, v počte 30 ks z každého variantu v jednom opakovaní, čiže spolu 90 ks z každého variantu.

Tab. 1 Rozbor pôdy na záhonoch (kambizem typická kyslá moderová, škôlkárske stredisko Kraje)

Tab. 1 Soil analysis on the seedbeds (Cambisol typical acid soil, Forest Nursery Kraje)

C _{ox}	humus	N	pH (H ₂ O)	P	K	Ca	Mg
	%					mg.kg ⁻¹	
2,55	4,4–6,6	0,27–0,44	4,8–5,2	49–64	69–105	338–612	64–88

Laboratórne spracovanie a štatistické vyhodnotenie

V laboratórnych podmienkach sa hodnotila nadzemná a podzemná časť semenáčikov. Posuvným meradlom bola odmeraná: výška nadzemej 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 72 hodinách vysušenia v sušiarňi (pri 60 °C). Získané biometrické veličiny sa vyhodnocovali analýzou variancie jednofaktorového pokusu. Testovanie výsledkov sa vykonalo pri spoľahlivosti 95 a 99 %. Normalita rozdelenia výberových hodnôt sa testovala chí kvadrát testom dobrej zhody. Homogenita rozptylov sa overovala Bartlettovým testom. Na posúdenie významnosti rozdielov medzi dávkami

alginitu a kontroly Tuckeyov test. Na štatistické spracovanie údajov bol využitý softvér STATISTICA.

3. VÝSLEDKY A DISKUSIA

Výsledky štatistických analýz potvrdili pozitívny účinok alginitu iba v niektorých testovaných veličinách sadeníc jedle a smreka. Testovacie kritérium uvedené v štatistických tabuľkách pri 99 % spoľahlivosti ($F_{\text{tab } 0,01(2, 267)} = 6,75$) prevyšujú hodnoty F vypočítané analýzou variancie jednofaktorového pokusu iba v prípade dĺžky koreňového systému, a to tak pri jedli ako aj pri smreku (tab. 2, tab. 3). Na štatisticky potvrdený rozdiel môžeme ešte poukázať pri veličinách výška nadzemnej časti pri oboch drevinách a hrúbke koreňového krčka pri smreku s 95 % spoľahlivosťou ($F_{\text{tab } 0,05(2, 267)} = 3,01$).

Tab. 2 Výsledky jednofaktorovej analýzy variancie pre sadenice jedle bielej (*Abies alba* Mill.)

Tab. 2 The results one-way analysis of variance for European Silver fir plants (*Abies alba* Mill.)

Biometrická veličina ⁸	SS	df	MS	F	p-level	Error		
						SS	df	MS
Výška nadzemnej časti¹	58,84	2	29,42	3,008	0,051082	2611,7	267	9,78
Hrúbka koreňového krčka ²	3,358	2	1,679	1,077	0,342222	416,345	267	1,559
Dĺžka koreňového systému³	459,2	2	229,6	10,27	0,000051	5971,9	267	22,4
Hmotnosť nadzemnej časti ⁴	56,37	2	28,18	1,875	0,155402	4013,9	267	15,03
Hmotnosť koreň. sústavy ⁵	61,48	2	30,74	2,217	0,110903	3701,43	267	13,86
Hmotnosť nadzemnej časti v sušine ⁶	10,925	2	5,463	2,023	0,134316	721,067	267	2,701
Hmotnosť podzemnej časti v sušine ⁷	7,491	2	3,746	2,157	0,117628	463,529	267	1,736

* – 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

Na dĺžku koreňov oboch drevín pôsobil prídavok alginitu do pôdy stimulačne, s najväčším kladným rozdielom voči kontrole jedle pri variante A15 (tab. 4), voči kontrole smreka pri variante A10 (tab. 5). Zhodná situácia nastáva aj pri hodnotení výšky nadzemnej časti, koreňové krčky oboch drevín sú najhrubšie pri najvyššej dávke alginitu.

Tab. 3 Výsledky jednofaktorovej analýzy variancie pre sadenice smreka obyčajného (*Picea abies* [L.] Karst.)
 Tab. 3 The results one-way analysis of variance for Norway spruce plants (*Picea abies* [L.] Karst.)

Biometrická veličina ⁸	SS	df	MS	F	p-level	Error		
						SS	df	MS
Výška nadzemnej časti¹	316,4	2	158,2	3,47	0,032512	12169,8	267	45,6
Hrúbka koreňového krčka²	10,547	2	5,273	3,789	0,023840	371,588	267	1,392
Dĺžka koreňového systému³	371,6	2	185,8	6,803	0,002326	7997,2	267	30,0
Hmotnosť nadzemnej časti ⁴	80,57	2	40,29	0,9647	0,382410	11149,6	267	41,76
Hmotnosť koreň. sústavy ⁵	6,874	2	3,437	0,6037	0,547523	1520,09	267	5,693
Hmotnosť nadzemnej časti v sušine ⁶	18,790	2	9,395	1,2170	0,297769	2061,24	267	7,72
Hmotnosť podzemnej časti v sušine ⁷	1,4318	2	0,7159	0,7145	0,490375	267,5314	267	1,0020

* – 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

Vypočítané hodnoty F-testu hmotností nadzemnej časti, koreňovej sústavy, v čerstvom stave, ako aj v sušine neprekročili na hladine významnosti $\alpha = 0,05$ tabuľkovú hodnotu, takže ich hodnoty výberových priemerov nemôžeme považovať za ovplyvnené alginitom, ale iba náhodnými vplyvmi. Vyššiu premenlivosť skúmaného súboru spôsobuje zistenie vyplývajúce z údajov variability s_x a $s_x\%$, ktoré sú pre hmotnostné charakteristiky relatívne horšie ako pre ostatné skúmané biometrické znaky (tab. 4 a 5).

Pozitívne vplyv alginitu na rast lesných drevín dokumentujú viacerí autori (VASS, 1997, BELÁČEK, 1998, 2003). Môžeme potvrdiť, že v sériách našich experimentov (SARVAŠOVÁ, 2007a, 2007b) sa využitie alginitu pri výseve jedle bielej a pri zalesňovaní sadenicami jedle a smreka ukázalo ako zmysluplné. Pri pestovaní sadeníc jedle po zaškôlkovaní do minerálnej pôdy a súčasnom pridaní alginitu zostali údaje rastových veličín v rozmedzí prírastku, či úbytku oproti hodnotám zistených na kontrolných sadenicach, ktorý nebol štatisticky významný. Tam, kde bol do pôdy pridaný alginit, a to v dávke 15 kg.m^{-2} , mali však signifikantne vyššie stonky a dlhšie korene (tab. 4).

Sadenice smreka obyčajného reagovali na prídavok alginitu pozitívne. Štatisticky potvrdené rozdiely ku kontrole však boli zistené len vo výške, hrúbke koreňového krčka a dĺžke koreňov sadeníc, a to pri dávkach 10 a 15 kg alginitu na meter štvorcový. Pri zalesňovaní

smreka s použitím alginitu vykazovali sadenice dobrú uateľnosť, hrúbka koreňového krčka, výška sadeníc a jednoročný prírastok po prvom roku pestovania na trvalom stanovišti boli signifikantne vyššie ako pri kontrolných sadeniciach (SARVAŠOVÁ, 2007b).

Tab. 4 Rastové veličiny sadeníc jedle bielej (*Abies alba* Mill.)

Tab. 4 Growth characteristics European Silver fir plants (*Abies alba* Mill.)

Veličina ¹	Variant	n	$\bar{x}$	s_x	$s_x\%$	$\bar{x}_p - \bar{x}_k$
výška nadzemnej časti ³ (cm)	Kontrola ²	90	17,109	3,137688	18,33	
	alginit 10 kg.m ⁻²	90	17,522	3,113861	17,77	+0,413
	alginit 15 kg.m ⁻²	90	18,239	3,131094	17,16	+1,13
hrúbka koreňového krčka ⁴ (mm)	kontrola	90	5,444	1,204776	22,12	
	alginit 10 kg.m ⁻²	90	5,551	1,302741	23,46	+0,107
	alginit 15 kg.m ⁻²	90	5,715	1,236696	21,63	+0,271
dĺžka koreňového systému ⁵ (cm)	kontrola	90	28,702	5,448595	18,98	
	alginit 10 kg.m ⁻²	90	30,04	4,297499	14,31	+1,338
	alginit 15 kg.m ⁻²	90	31,883	4,35256	13,65	+3,181
hmotnosť nadzemnej časti ⁶ (g)	kontrola	90	8,7118	4,307074	49,43	
	alginit 10 kg.m ⁻²	90	7,5929	3,552105	46,78	-1,1189
	alginit 15 kg.m ⁻²	90	8,1756	3,732513	45,65	-0,5362
hmotnosť koreňovej sústavy ⁷ (g)	kontrola	90	7,9699	3,551582	44,56	
	alginit 10 kg.m ⁻²	90	6,8521	3,225318	47,07	-1,1178
	alginit 15 kg.m ⁻²	90	7,7069	4,309602	55,91	-0,263
hmotnosť nadzemnej časti v sušine ⁸ (g)	kontrola	90	3,4399	1,695904	49,3	
	alginit 10 kg.m ⁻²	90	2,9905	1,501812	50,21	-0,4494
	alginit 15 kg.m ⁻²	90	3,3902	1,723469	50,83	-0,0497
hmotnosť koreňovej časti v sušine ⁹ (g)	kontrola	90	2,6863	1,165577	43,38	
	alginit 10 kg.m ⁻²	90	2,3899	1,187739	49,69	-0,2964
	alginit 15 kg.m ⁻²	90	2,7809	1,723469	56,15	+0,0946

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

BELÁČEK (2003), vo svojich nádobových pokusoch, overoval vplyv alginitu na vododržnosť pôdy, resp. substrátu, ktorý získal zmiešaním piesku a alginitu. Vplyv alginitu testoval na sadeniciach smrekovca opadavého, duba letného a buka lesného. Počas dvojročných meraní zistil, že zo sadeníc zasadených v čistom piesku prežilo pri smrekovci 30 %, dube 40 % a pri buku 0 %, kým v substráte alginitu a piesku (1 : 1), prežilo 75 % sadeníc duba a smrekovca a 50 % sadeníc buka. Alginit je teda možné využívať nielen ako hnojivo, ale jeho využitie je perspektívne najmä pri zlepšení kvality pôdy, na pôdach s nedostatočne vyvinutou štruktúrou, ktoré nemajú schopnosť dostatočne dlho zadržiavať vlahu.

Tab. 5 Rastové veličiny sadeníc smreka obyčajného (*Picea abies* [L.] Karst.)
 Tab. 5 Growth characteristics Norway spruce plants (*Picea abies* [L.] Karst.)

Veličina ¹	Variant	n	$\bar{X}$	s_x	$s_x \%$	$\bar{X}_p - \bar{X}_K$
výška nadzemnej časti ³ (cm)	kontrola ²	90	24,622	6,15543	24,99	
	alginit 10 kg.m ⁻²	90	26,933	6,43079	23,87	+2,311
	alginit 15 kg.m ⁻²	90	26,903	7,58252	28,18	+2,281
hrúbka koreňového krčka ⁴ (mm)	kontrola	90	3,9389	1,14966	29,18	
	alginit 10 kg.m ⁻²	90	4,3411	1,147336	26,42	+0,4022
	alginit 15 kg.m ⁻²	90	4,3733	1,239771	28,34	+0,4344
dĺžka koreňového systému ⁵ (cm)	kontrola	90	26,539	5,434610	20,47	
	alginit 10 kg.m ⁻²	90	29,09	5,813487	19,98	+2,551
	alginit 15 kg.m ⁻²	90	28,96	5,150189	17,78	+2,421
hmotnosť nadzemnej časti ⁶ (g)	kontrola	90	9,0687	6,513303	71,82	
	alginit 10 kg.m ⁻²	90	10,13	6,427268	63,44	+1,0613
	alginit 15 kg.m ⁻²	90	10,305	6,445427	62,54	+1,2363
hmotnosť koreňovej sústavy ⁷ (g)	kontrola	90	4,1181	2,632866	63,93	
	alginit 10 kg.m ⁻²	90	4,3982	2,438052	55,43	+0,2801
	alginit 15 kg.m ⁻²	90	4,0221	2,050263	50,97	-0,096
hmotnosť nadzemnej časti v sušine ⁸ (g)	kontrola	90	3,6966	2,821691	76,33	
	alginit 10 kg.m ⁻²	90	4,1518	2,756889	66,4	+0,4552
	alginit 15 kg.m ⁻²	90	4,3213	2,75637	63,78	+0,6247
hmotnosť koreňovej časti v sušine ⁹ (g)	kontrola	90	1,7166	0,934148	53,45	
	alginit 10 kg.m ⁻²	90	1,7477	0,981686	57,18	+0,0311
	alginit 15 kg.m ⁻²	90	1,58	1,081494	68,44	-0,1366

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

4. ZÁVER

Výsledky pestovania sadeníc jedle bielej a smreka obyčajného dokumentujú pozitívny vplyv alginitu na rast nadzemnej časti i dĺžku koreňov. Pri smrekových sadeni-
 ciach sa signifikantne preukázali aj hrubšie koreňové krčky. V hmotnostiach v čerstvom
 stave, či v sušine pri oboch drevinách nebol štatisticky potvrdený vplyv alginitu, takže
 kolísanie hodnôt aritmetických priemerov nadzemných častí a koreňových systémov mô-
 žeme považovať za náhodné. Alginit svojimi vlastnosťami ponúka aj ďalšie využitie vďaka
 vysokému obsahu humusu, obsahu živín, schopnosti zadržiavať v pôde živiny a vodu.
 Jeho prínos pri produkcii sadbového materiálu v lesných škôlkach môže mať svoje opod-
 statnenie, ak sa použije na úpravu pôdnej kyslosti pri veľmi kyslých substrátoch, alebo na
 piesčitých pôdach, kde nahradí chýbajúci sorpčný komplex.

Príspevok vznikol v rámci riešenia výskumného grantu VEGA 1/0516/09.

LITERATÚRA

- BELÁČEK, B., 1998: Možnosti využitia novej ekologickej suroviny – alginitu pri hospodárení v chránených územiach, *Ochrana prírody*, **16**, 5–15.
- BELÁČEK, B., 2003: Alginit: podpora pri ochrane aj pred suchom, *Časopis Les č. 9* (2003), Ministerstvo pôdohospodárstva SR, 13–14.
- HAVELKA, B., 1990: Výživa a hnojenie zahradnických rastlín. SPN, Praha, 258 s.
- JURÁSEK, A., 2001: Poloprovozní výskumná plocha Paličník 2. In: Slodičák, M., Novák, J. (eds.), XXX. Současné problémy pěstování horských lesů – Průvodce exkursní trasou, 13. 9. 2001: 18–20.
- MAUER, O., 2007: Možnosti ochrany lesních kultur v období přísušku, In: Aktuálne problémy lesného škôlkárstva, semenárstva a umelej obnovy lesa 2007 [elektronický zdroj] : zborník referátov z medzinárodného seminára, ktorý sa konal 27.–28. marca 2007 v Liptovskom Jáne / ed. Milan Sarvaš, Miriam Sušková. – Zvolen : Národné lesnícke centrum, 2007. – ISBN 978-80-8093-013-4, 145–149.
- Repáč, I. 2007: Ectomycorrhiza formation and growth of *Picea abies* seedlings inoculated with alginate bead fungal inoculum in peat and bark compost substrates, *Forestry*, **80** (5), 517–530.
- SALAŠ, P., ŘEZNIČEK, V., KOUTNÁ, A., 1996: Využití hydroabsorbentů při produkci a výsadbách dřevin na trvalé stanoviště. In: Sborník referátů „Využití hydroabsorbentů pro potřeby zahradnictví, architektury, zahradnické produkce a lesnictví“, MZLU, Brno, 45–57.
- SARVAŠ, M., 2003: Effect of desiccation on the root system of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) seedlings and possibility of using hydrogel Stockosorb for its protection, *J. FOR. SCI.*, **49**, (11): 531–536.
- SARVAŠ, M., LENGYELOVÁ, A., TAKÁČOVÁ, E., 2008: Vplyv sucha na fyziologickú kvalitu krytokorenných semenáčikov smreka obyčajného (*Picea abies* [L.] Karst.). In: *Aktuálne problémy lesného škôlkárstva, semenárstva a umelej obnovy lesa*. 11–12. jún 2008, Liptovský Ján, NLC, ISBN 978-80-8093-047-9, 45–48.
- SARVAŠOVÁ, I., 2003: Použitie TerraCottenu pri produkcii semenáčikov buka lesného, *AFF*, Zvolen, **XLV**, 2003, 127–134.
- SARVAŠOVÁ, I., 2007a: Hodnotenie vplyvu alginitu na rast semenáčikov jedle bielej (*Abies alba* Mill.), *AFF*. Zvolen Slovakia. – ISSN 0231-5785. – Vol. 49, č. 1, 99–107.
- SARVAŠOVÁ, I. 2007b: Pôsobenie pôdnych kondicionérov na rast a ujetie sadeníc smreka obyčajného a jedle bielej, In: Management of forests in changing environmental conditions = Obhospodarovanie lesa v meniacich sa podmienkach prostredia / eds. Milan Saniga, Peter Jaloviari, Stanislav Kucbel. – Zvolen: Technical University in Zvolen. – ISBN 978-80-228-1779-0. – P. 171–176.
- TORMA, S., 1996: Možnosti využitia zeolitu ako nosiča minerálnych živín. Ochrana pôdy, výzva pre budúcnosť, In: Zborník VK VÚPU, Bratislava, 249–251.
- TUČEKOVÁ, A., 2007: Pôdne kondicionéry v škôlkárskych technológiách., In: Management of forests in changing environmental conditions = Obhospodarovanie lesa v meniacich sa podmienkach prostredia / eds. Milan Saniga, Peter Jaloviari, Stanislav Kucbel. – Zvolen : Technical University in Zvolen, 2007. – ISBN 978-80-228-1779-0, 56–66.
- TUČEKOVÁ, A., 2008: Prihnojovanie umelých výsadiel na kalamitných holinách, In: *Aktuálne problémy lesného škôlkárstva, semenárstva a umelej obnovy lesa*. 11–12. jún 2008, Liptovský Ján, NLC, ISBN 978-80-8093-047-9, 57–64.
- VASS, D., KONEČNÝ, V., ELEČKO, M., MILIČKA, J., SNOPOKOVÁ, P., ŠUCHA, V., KOZÁČ, J., ŠKRABANA, R., 1997: Alginit – nový zdroj slovenského nerudného surovínového potenciálu (ložisko Pinciná). *Mineralica slovac*, **29**: 1–39.
- ŽUFÁNEK, J., ZEMÁNEK, P., VEVERKA, V., 1996: Využití hydroabsorbentů jako nosného média při fluidním výsevu. In: Sborník referátů „Využití hydroabsorbentů pro potřeby zahradnictví, architektury, zahradnické produkce a lesnictví“, MZLU, Brno, 31–39.

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

Evaluation of the effect of alginite on the growth of European silver fir (*Abies alba* Mill.) and Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) plants

Summary

Experiments presented in this paper were aimed to assess the effects of the alginite on growth and development of 4-years-old European silver fir (*Abies alba* Mill.) and Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) plants.

The soil conditioner alginite positively influences the growth of silver fir and Norway spruce plants on seed-beds with mineral soil without special irrigation. The alginite was applied by fielding (10 and 15 kg.m⁻²). The best results as measured by the height of the aboveground part, length of the root system and root-collar diameter were achieved using a content of alginite of 15 kg.m⁻² and 10 kg.m⁻² for silver fir and Norway spruce plants, respectively. The other investigated growth characteristics for silver fir plants suggest worsened growth with the application of alginite by fielding (Tab. 4). One-way analysis of variance of weight characteristic of Norway spruce plants did not show significant differences.

Alginite belongs to prospective compounds with a high content of humus and nutrients, and a good water-bearing capacity. The use of alginite in a nursery is advisable, but the time of cultivation of forest tree plants in the substrate as well as the dose of alginite to achieve optimum growth must be considered.

PREMENLIVOSŤ A ZDRAVOTNÝ STAV (POŠKODENIE) PRIRODZENÝCH POPULÁCIÍ JELŠE LEPKAVEJ (*ALNUS GLUTINOSA* (L.) GAERTN.) V OBLASTI SLANSKÝCH VRCHOV

Ivan LUKÁČIK – Michal BUGALA

Lukáčik, I., Bugala, M.: Premenlivosť a zdravotný stav (poškodenie) prirodzených populácií jelše lepkavej (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) v oblasti Slanských vrchov. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, LI, 2009, č. 1, s. 15–28.

V práci sa uvádzajú výsledky získané pri štúdiu premenlivosti prirodzených populácií jelše lepkavej v oblasti Slanských vrchov. Premenlivosť sa hodnotí na základe vybraných kvalitatívnych znakov kmeňov, korún a zdravotného stavu (poškodenia) jedincov na založených plochách. Výsledky poukázali na určité rozdielnosti týchto znakov medzi jednotlivými lokalitami. Na založených plochách výrazne prevládali jedince s rovnými, prípadne šikmými kmeňmi, s dobrým čistením od bočných konárov s vajcovitými, resp. stĺpovitými korunami. Na základe týchto a ďalších znakov boli hodnotené jedince zaradené do kvalitatívnych tried, pričom do najvyšších tried (A, B) bolo zaradených až 80,2 % kmeňov jelše lepkavej. Získané informácie sú významné najmä z hľadiska následného zatriedenia jednotlivých populácií do pripravovaných fenotypových kategórií s perspektívou ich ďalšej kvalitatívnej selekcie a lepšej hospodárskej využiteľnosti.

Kľúčové slová: jelša lepkavá, *Alnus glutinosa*, premenlivosť, kvalitatívne znaky, zdravotný stav, poškodenie

1. ÚVOD A CIEĽ PRÁCE

S rastúcim významom lesov v poslednom období lesnícky výskum v oblasti základných biologických disciplín venuje zvýšenú pozornosť štúdiu populácií aj tých drevín, ktorých hlavný význam nespočíva v produkcii drevnej suroviny, ale sú dôležité z hľadiska plnenia iných mimoprodukčných funkcií.

Ide napríklad o porasty jelše lepkavej, ktoré netvorí zemepisné hranice, majú kvalitný stromovitý rast a tvoria tzv. jelšové formácie (BORATYNSKI 1980).

Jelša lepkavá patrí k slnnym, klimaticky nenáročným drevinám. Je odolná voči teplotným rozdielom, predpokladom je však dostatočná pôdna vlhkosť. Je nenáročná na prevzdušnenosť pôdy a obsah živín v pôde preto tvorí rovnorodé porasty aj na stanovištiach, kde by sa iné druhy drevín len ťažko dokázali uplatniť. Jej porasty sa okrem brehoochrannej funkcie stávajú zaujímavými aj z hospodárskeho hľadiska ako producent cennej drevnej suroviny.

Jelše vo všeobecnosti patria k odolnejším drevinám znášajúcim vyšší stupeň znečistenia, čo je dôležité najmä v súčasnosti, kedy vplyvom rôznych zmien v ovzduší, kvalite pôdy a čistote vôd dochádza k zmenám v kvalite životného prostredia (LUKÁČIK 1997, 2007). Patria tiež k drevinám, ktoré sa vo všeobecnosti používajú k rekultivácii pôd v lesníctve. Pri uplatňovaní melioračnej funkcie majú jelše oproti iným druhom drevín niekoľko výhod. Ich listy sa ľahko rozkladajú a prispievajú k obohateniu pôdy organickými látkami a súčasne vytvárajú na koreňoch symbiotické hľúžky s aktinomicetami rodu *Frankia*, schopnými viazať vzdušný dusík (MOLLEROVÁ, ULBRICOVÁ 2002), čo je zaujímavé, pretože rod *Alnus* je vo všeobecnosti považovaný za fakultatívne mykorrhízny (REPÁČ 2007).

Z pôvodného rozšírenia jelšových porastov činnosťou človeka značne ubudlo. V nížinách v dôsledku úprav vodných tokov, v podhorských oblastiach premenou na poľnohospodársku pôdu. Neuváženým odstránením jelšín bola narušená nielen biologická rovnováha, ale aj estetická hodnota našich tokov. Dochádza tak k erózii brehov, devastácii brehových porastov, stratám na produkcii dreva a iným škodám, ktoré možno len veľmi ťažko finančne vyjadriť. Správnym obhospodarovaním jelšových porastov by bolo možné dosiahnuť viaceré ekonomické efekty, prispieť k ochrane prírodného prostredia a zvýšiť tým biologickú hodnotu krajiny.

Narastajúci lesnícky a krajinársky záujem o jelšu, ako aj dopyt po kvalitnom jelšovom dreve, podnietili odborníkov z rôznych lesníckych inštitúcií venovať zvýšenú pozornosť záchrane genofondu vysoko hodnotných populácií. Hľadajú sa vhodnejšie spôsoby jej obnovy a pestovania s cieľom zintenzívniť a skvalitniť produkciu v existujúcich porastoch (LUKÁČIK 2002).

Cieľom práce bolo zmapovať a podrobne zaznamenať výskyt prirodzených populácií jelše lepkavej v oblasti Slanských vrchov. Na vytypovaných lokalitách založiť skusné plochy a urobiť rozbor kvalitatívnych znakov kmeňov, korún, posúdiť zdravotný stav a následne zhodnotiť celkovú kvalitu skúmaného taxónu v danej oblasti.

2. MATERIÁL A METODIKA

Materiál pre predkladanú prácu sa získal v oblasti Slanských vrchov, v ktorých boli založené výskumné plochy. Na 12-tich lokalitách boli plochy vybraté a založené tak, aby čo najlepšie charakterizovali daný porast, jeho rastovú a vývojovú dynamiku, hodnotené znaky a zároveň aby ich počet korešpondoval s prirodzeným výskytom taxónu v skúmanej oblasti.

Z geomorfologického hľadiska predstavujú Slanské vrchy sopečné pohorie severojužného smeru patriace do Matransko – Slanskej oblasti. Dĺžka pohoria je približne 50 kilometrov. Začína východne od Prešova pri obci Okružná a vytvára horský chrbát mierne vyklenutý na východ, až po štátnu hranicu s Maďarskom. Priemerná výška pohoria sa pohybuje v rozmedzí 800–1 000 metrov nad morom a má charakter hornatiny s hlboko rezaným reliéfom. Eróziou pôvodného sopečného reliéfu vznikli rozmanité povrchové tvary, početné doliny, zrázne skalné bralá a steny, početné potoky, zväčša bystrinného charakteru. Ide o vulkanické pohorie zložené z andenzitov a ich pyroklastík. V celej

orografickej jednotke sa vyskytuje prevažne eróžno-denudačný reliéf. Na uvedenom geologickom podloží vznikli prevažne kambizeme nasýtené (ale aj kyslé), v predhorí prevládajú luvizeme. Z hľadiska zrnitosti ide najmä o piesočnato – hlinité, ale aj hlinité pôdy, stredne alebo slabo skeletnaté.

Z klimatického hľadiska, vyššie polohy Slanských vrchov s priemernými januárovými teplotami -5 až -7 °C a júlovými 14 až 16 °C patria ku chladnej klimatickej oblasti. Nižšie položené časti s priemernými teplotami -4 až -5 °C v januári a 18 až 19 °C v júli patria do mierne teplej klimatickej oblasti. Priemerný ročný úhrn zrážok sa pohybuje v rozpätí 650 až 900 mm (KOLEKTÍV 1972).

Na každej založenej ploche sa náhodným výberom vybralo 30 úrovňových, prípadne nadúrovňových jedincov, na ktorých sa merali a zisťovali taxačno-dendrometrické veličiny a kvalitatívne znaky. Išlo o pôvod, hrúbku $d_{1,3}$, výšku, priebeh, povrch, čistenie a kvalitu kmeňa, tvar, hustotu koruny a zdravotný stav (poškodenie) kmeňa a koruny.

Na posúdenie zdravotného stavu kmeňov sa použila vlastná 3-stupňová klasifikácia, zdravotný stav korún sa posudzoval podľa 5-stupňovej klasifikácie používanej pri hodnoteniach iných drevín (VANÍK 1996).

Ďalšie znaky boli hodnotené podľa nasledovných stupníc:

Rast a priebeh kmeňa:

1. rovný priebežný, 2. šikmý priebežný, 3. pokrivený, 4. šabľovitý, 5. iný.

Povrch kmeňa:

1. hladký, 2. očkový, 3. iný.

Čistenie kmeňa:

1. veľmi dobré (bez adventívnych výhonkov),
2. dobré (1–4 adventívne výhonky na 1 m),
3. zlé (5 a viac adventívnych výhonkov na 1 m).

Tvar koruny:

1. vajcovitý, 2. stĺpovitý, 3. dáždnikovitý, 4. metlovitý, 5. iný.

Zdravotný stav kmeňa:

1. kmeň zdravý,
2. kmeň poškodený (mechanicky, hnilobou, mrazom, hubami),
3. kmeň odumierajúci.

Zdravotný stav koruny:

1. koruna zdravá (strata olistenia do 10 %),
2. slabo presvetlená (strata olistenia 11–25 %),
3a. stredne presvetlená (strata olistenia 26–40 %),
3b. výraznejšie presvetlená (strata olistenia 41–60 %),
4. silne presvetlená (strata olistenia 61–90 %),
5. odumierajúca (strata olistenia nad 90 %).

Kvalita kmeňa:

A – kmene rovné, priebežné, plnodrevné, bez adventívnych výhonkov, zdravé, nepoškodené,

- B** – kmene rovné, prípadne šikmé, priebežné, plnodrevné, s veľmi dobrým alebo dobrým čistením, s tenkými alebo stredne hrubými konármi, s priemerným počtom 1–4 adventívnych výhonkov na 1 m, bez poškodenia, alebo s čiastočným mechanickým poškodením,
- C** – kmene rozkonárené alebo čiastočne pokrivené, so zbiehavým typom kmeňa, hrubými konármi, s výskytom 5a viac adventívnych výhonkov na 1 m, s mechanickým poškodením alebo mrazovými trhlinami,
- D** – kmene šabľovité alebo výrazne pokrivené, vidlicovité alebo rozkonárené, so zlým čistením, hrubými konármi, s ktorýmkoľvek druhom poškodenia.

Hodnotené kvalitatívne znaky kmeňov a korún spolu s posúdením ich zdravotného stavu, resp. poškodenia sa použili pri zaraďovaní kmeňov do kvalitatívnych tried (ČERMÁK – HUBAČ 1978). Tieto boli čiastočne upravené s ohľadom na hodnotený taxón (LUKÁČIK 2000).

3. DOSIAHNUTÉ VÝSLEDKY

3.1 Výšková a hrúbková štruktúra skúmaných populácií

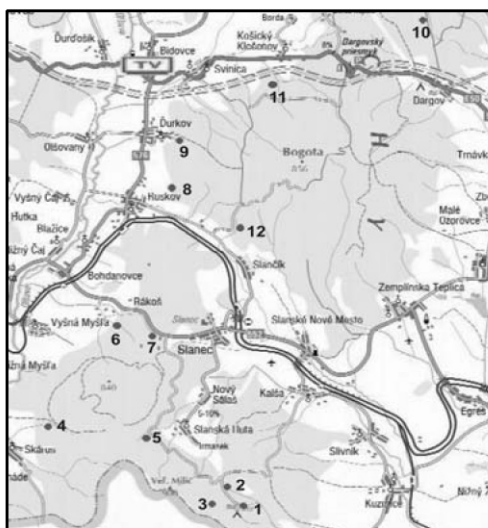
Základnú predstavu o rozmiestnení plôch, počte meraných kmeňov, ich výškovej, hrúbkovej a vekovej štruktúre v skúmanej oblasti možno získať z tabuľky 1. Z tabuľky vidieť, že v oblasti Slanských vrchov sa celkove oklasifikovalo 360 kmeňov jelše lepkavej. Z hodnotenia priemernej výšky vidieť, že táto sa u jelše lepkavej pohybovala v rozpätí 24–34,5 metrov. Priemerná hrúbka $d_{1,3}$ kolísala v rozpätí 23,4–55,5 cm. Celkovo najväčšia výška bola nameraná na ploche 4 (Škároš) – 36,0 m. Na uvedenej ploche bola zároveň zaznamenaná i najväčšia priemerná výška (34,5 m) pri priemernom veku porastu 65 rokov. Je známe, že na veľkosť oboch taxačných veličín vplýva viacero faktorov. Je to okrem veku jedincov aj ich pôvod a biologické (rastové) vlastnosti. Nezanedbateľná nie je ani genetická podmienenosť a sociologické postavenie jedincov na ploche. Tieto skutočnosti sa vo väčšej či menšej miere prejavili aj pri našich hodnoteniach. Vyššie priemerné hodnoty výšky aj hrúbky boli (aj napriek nižšiemu priemernému veku) zaznamenané na plochách s prevahou jedincov semenného pôvodu.

Pre získanie presnejších a podrobnejších informácií o rastových vlastnostiach predmetného taxónu sa na viacerých založených plochách odobrali vzorky na kmeňové analýzy a vývrty.

Tab. 1 Výšková a hrúbková štruktúra jelše lepkavej v Slanských vrchoch.
Table 1 Height and diameter structure of black alder in the Slanske vrchy Mts.

Plocha ¹	Počet kmeňov ²	Priemer. vek ³	Rozpätie výšok ⁴	Priemer. výška ⁵	Rozpätie hrúbok ⁶	Priemer. hrúbka ⁷
	ks	roky	m		cm	
1	30	90	27,0–34,0	30,5	31,0–56,5	39,8
2	30	60	26,5–33,5	30,3	22,5–56,0	39,4
3	30	60	29,0–35,5	33,2	23,0–46,0	31,6
4	30	65	28,5–36,0	34,5	26,0–48,5	34,4
5	30	55	21,5–29,0	25,6	21,0–32,5	30,1
6	30	70	26,5–35,5	33,0	29,0–50,5	40,8
7	30	40	19,5–28,0	25,0	20,0–40,0	23,4
8	30	40	18,0–26,0	24,0	19,0–36,5	23,6
9	30	85	24,5–32,5	26,0	34,5–80,5	55,5
10	30	40	25,5–34,5	32,5	19,5–36,5	26,8
11	30	70	23,0–33,5	27,5	23,5–46,0	31,0
12	30	85	23,5–33,0	28,0	17,5–45,0	31,2
Σ	360	–	18,0–36,0	29,2	17,5–80,5	33,9

¹plot, ²number of stems, ³average age, ⁴height range, ⁵average height, ⁶range of d.b.h., ⁷average d.b.h.



Obr. 1 Rozmiestnenie plôch v skúmanej oblasti
Fig. 1 The spatial distribution of the plots in the areal of interest

Legenda: plocha 1 – Izra 1, plocha 2 – Izra 2, plocha 3 – Malá Izra , plocha 4 – Skároš, plocha 5 – Milič, plocha 6 – Rákoš , plocha 7 – Slanec, plocha 8 – Ruskov, plocha 9 – Ďurkov, plocha 10 – Svinica, plocha 11 – Polianka, plocha 12 – Studničky

3.2 ROZBOR KVALITATÍVNYCH ZNAKOV KMEŇOV

Z kvalitatívnych znakov kmeňa sa posudzovali najmä rast, priebeh, povrch a čistenie od bočných výhonkov, ktoré sú rozhodujúcimi ukazovateľmi pre ich zaradenie do kvalitatívnych tried.

Tab. 2 Rast a priebeh kmeňa jelše lepkavej v Slanských vrchoch.

Table 2 Growth and stem form of black alder in the Slanske vrchy Mts.

Plocha ¹	Počet kmeňov ²	Rast a priebeh kmeňa ³						Pôvod jedincov ⁷			
		rovný priebežný ⁴		šikmý priebežný ⁵		pokrivený ⁶		semenný ⁸		výmladkový ⁹	
	ks	ks	%	ks	%	ks	%	ks	%	ks	%
1	30	24	80	6	20	–	–	22	73,4	8	26,6
2	30	21	70	6	20	3	10	30	100	–	–
3	30	28	93,4	–	–	2	6,6	30	100	–	–
4	30	19	63,4	7	23,3	4	13,3	28	93,4	2	6,6
5	30	29	96,7	–	–	1	3,3	30	100	–	–
6	30	25	83,4	4	13,3	1	3,3	30	100	–	–
7	30	7	23,3	22	73,4	1	3,3	6	20	24	80
8	30	11	36,7	15	50	4	13,3	5	16,7	25	83,3
9	30	6	20	19	63,3	5	16,7	6	20	24	80
10	30	30	100,0	–	–	–	–	30	100	–	–
11	30	9	30	18	60	3	10	8	26,7	22	73,3
12	30	9	30	16	53,3	5	16,7	14	46,6	16	53,4
Σ	360	218	60,5	113	31,4	29	8,1	239	66,4	121	33,6

¹plot, ²number of stems, ³course of the stem, ⁴straight, ⁵skewed, ⁶distorted, ⁷origin, ⁸generative, ⁹vegetative

Z tabuľky 2 vidieť, že vývoj tohto znaku je v skúmanej oblasti veľmi priaznivý, pretože u skúmaného taxónu výrazne prevládali kmene s rovným priebežným rastom (60,5 %). Najväčšie až 100,0 % zastúpenie týchto jedincov bolo na ploche 10 – Svinica. Najmenej, len 23,3 % jedincov s rovným priebežným rastom bolo zaznamenaných na ploche 7 – Slanec. Bolo to však pravdepodobne podmienené výraznou prevahou jedincov výmladkového pôvodu. Predpokladáme, že pôvod jedincov bol dôvodom ich šikmého rastu (73,4 %). Tento typ rastu kmeňa je v jelšových porastoch pomerne častý z dôvodu vykláňania sa kmeňov za svetlom, pričom z kvalitatívneho a produkčného hľadiska nie je v porovnaní s rovným priebežným rastom podstatný rozdiel. Táto skutočnosť však okrem pôvodu jedincov úzko súvisí aj so zápojom porastu, umiestnením a veľkosťou (šírkou) plochy a pod.

Z ďalších hodnotených typov kmeňa v bolo v skúmanej oblasti 8,1 % kmeňov rôzne pokrivených. Jedince s iným typom kmeňa na založených plochách zaznamenané neboli.

Pokrivené kmene sa najviac vyskytovali na plochách 9 – Ďurkov a 12 – Studničky (po 16,7 %).

Povrch kmeňov bol typický pre skúmaný taxón. Jednoznačne prevládali jedince s veľmi dobrým (50,5 %) až dobrým (40,3 %) čistením od bočných výhonkov. Zlé čistenie kmeňa bolo zaznamenané len pri 9,2 % hodnotených kmeňov.

Tab. 3 Povrch a čistenie kmeňov jelše lepkavej v Slanských vrchoch.
Table 3 Stems surface and debranching of black alder in the Slanske vrchy Mts.

Plocha ¹	Počet kmeňov ²	Kmeň ³									
		Povrch ⁴				Čistenie ⁵					
		hladký ⁶		očkový ⁷		veľmi dobré ⁸		dobré ⁹		zlé ¹⁰	
		ks	%	ks	%	ks	%	ks	%	ks	%
1	30	25	83,4	5	16,6	17	56,7	11	36,7	2	6,6
2	30	17	56,7	13	43,3	22	73,4	8	26,6	–	–
3	30	24	80,0	6	20,0	27	90,0	3	10,0	–	–
4	30	23	76,6	7	23,4	16	53,4	13	43,3	1	3,3
5	30	26	86,6	4	13,4	15	50,0	14	46,7	1	3,3
6	30	24	80,0	6	20,0	22	73,4	7	23,3	1	3,3
7	30	27	90,0	3	10,0	12	40,0	15	50,0	3	10,0
8	30	23	76,6	7	23,4	5	16,7	19	63,3	6	20,0
9	30	17	56,6	13	43,4	3	10,0	20	66,6	7	23,4
10	30	23	76,6	7	23,4	18	60,0	12	40,0	–	–
11	30	22	73,3	8	26,7	21	70,0	5	16,7	4	13,3
12	30	18	60,0	12	40,0	4	13,3	18	60,0	8	26,7
Σ	360	267	74,1	93	25,9	182	50,5	145	40,3	33	9,2

¹plot, ²number of stems, ³stem, ⁴surface, ⁵cleaning, ⁶smooth, ⁷bud clusters, ⁸excellent, ⁹good, ¹⁰bad

Zaznamenaný bol aj výskyt očkových jedincov a to na každej zo sledovaných plôch. Takéto jedince jelše lepkavej patria k vyhľadávaným technickým formám. Populácie s väčším výskytom očkových jedincov je potrebné podrobne zaznamenávať najmä preto, že ich početnejší výskyt môže výrazne prispieť k lepšej hospodárskej využiteľnosti a zvýšeniu celkovej hodnotovej produkcie jelšových porastov. Z tohoto pohľadu sú zaujímavé najmä plochy 2 – Izra, 9 – Ďurkov, a 12 – Studničky, kde percentuálne zastúpenie očkových jedincov presiahlo hranicu 40% hodnotených kmeňov.

3.3 ROZBOR KVALITATÍVNYCH ZNAKOV KORÚN

Zo znakov korún sa hodnotil najmä ich tvar, hrúbka konárov 1. stupňa a uhol ich nasadenia. Sú to znaky, ktorým sa v odbornej literatúre i lesníckej praxi pripisuje dôležitá

úloha pri posudzovaní celkovej kvality populácií. Najviac sú cenené jedince s vajcovitými, alebo stĺpovitými korunami a s tenkými konármi vyrastajúcimi pod ostrým uhlom.

Vyhodnotenie tvarov korún je uvedené v tabuľke 4. Z výsledkov hodnotenia vyplýva, že na založených plochách výrazne prevládali jedince s vajcovitými korunami (60,0 %) pričom ich zastúpenie na žiadnej zo založených plôch nebolo nižšie ako 46 %. Priaznivá je i skutočnosť, že druhé najväčšie zastúpenie mali jedince so stĺpovitým tvarom korún a to viac ako 28 %. Navyše výška ich nasadenia bola spravidla v hornej tretine stromu, čo je dôležitý ukazovateľ z hľadiska prípadného využitia kmeňov pri sortimentácii.

Podobne aj hrúbka konárov bola v predmetnej oblasti z kvalitatívneho hľadiska mimoriadne priaznivá. Hrúbka konárov 1. stupňa a uhol ich nasadenia sú významnými charakteristikami pri tvorbe korún. Stromy s tenkými konármi a ostrejším uhlom sú predpokladom vyššej kvality, lebo čistenie kmeňa je rýchlejšie a poškodenie zarastajúcimi hrčami je menšie. V skúmanej oblasti jednoznačne prevládali jedince s tenkými konármi vyrastajúcimi pod ostrým uhlom (82 %), pričom jedince s hrubými konármi sa na založených plochách vyskytovali len vo veľmi malej miere a celkovo tvorili len 2,2 % zo všetkých hodnotených jedincov.

Tab. 4 Tvar korún jelše lepkavej v Slanských vrchoch.
Table 4 Crown forms of black alder in the Slanske vrchy Mts.

Plocha ¹	Počet	Tvar koruny ³					
	kmeňov ²	vajcovitý ⁴		stĺpovitý ⁵		metlovitý ⁶	
	ks	ks	%	ks	%	ks	%
1	30	14	46,7	11	36,7	5	16,6
2	30	14	46,7	14	46,7	2	6,6
3	30	25	83,4	5	16,6	–	–
4	30	19	63,3	8	26,7	3	10,0
5	30	21	70,0	7	23,4	2	6,6
6	30	22	73,4	5	16,6	3	10,0
7	30	15	50,0	11	36,7	4	13,3
8	30	17	56,7	7	23,3	6	20,0
9	30	15	50,0	7	23,3	8	26,7
10	30	18	60,0	12	40,0	–	–
11	30	14	46,7	12	40,0	4	13,3
12	30	22	73,4	5	16,6	3	10,0
Σ	360	216	60,0	104	28,8	40	11,2

¹plot, ²number of stems, ³shape of crown, ⁴egg-like, ⁵columnar, ⁶broom-like,

3.4 HODNOTENIE ZDRAVOTNÉHO STAVU A POŠKODENIA

Zdravotný stav resp. typ poškodenia predmetného taxónu bol na jednotlivých plochách hodnotený osobitne pre kmene a pre koruny stromov. Získané výsledky hodnotenia sú uvedené percentuálne podľa jednotlivých plôch v tabuľke 5.

Tab. 5 Zdravotný stav (poškodenie) kmeňov a korún jelše lepkavej v Slanských vrchoch.
Table 5 Health state of stems and crowns of black alder in the Slanske vrchy Mts.

Plocha ¹	Počet kmeňov ²	Zdravotný stav ³								
		kmeň ⁴				koruna ⁵				
		a	b	c	d	1	2	3a	3b	4
		%								
1	30	86,7	3,3	–	10,0	80,0	16,7	3,3	–	–
2	30	76,7	20,0	3,3	–	53,4	40,0	–	3,3	3,3
3	30	83,4	–	16,6	–	83,4	13,4	3,3	–	–
4	30	73,4	13,3	13,3	–	70,0	13,4	10,0	6,6	–
5	30	86,7	10,0	3,3	–	83,4	13,3	–	3,3	–
6	30	80,0	6,7	13,3	–	76,8	13,3	6,6	–	3,3
7	30	90,0	6,7	3,3	–	70,0	23,4	6,6	–	–
8	30	76,7	20,0	3,3	–	43,4	43,3	10,0	3,3	–
9	30	66,7	20,0	13,3	–	56,7	23,4	13,3	6,6	–
10	30	86,7	–	13,3	–	73,3	23,4	3,3	–	–
11	30	70,0	13,3	16,7	–	50,0	33,4	13,3	3,3	–
12	30	63,4	20,0	13,3	3,3	70,0	20,0	10,0	–	–
Σ	360	78,3	11,1	9,4	1,2	67,5	23,0	6,6	2,4	0,5

kmeň: a – zdravý, nepoškodený (healthy)
(stem) b – poškodený hnilobou (rot damaged)
c – mechanické pošk. (mechanically damag.)
d – iné (mrazová trhlina ap.) (frost damaged)

koruna: 1 – zdravá (healthy)
(crown) 2 – slabo presvetlená (weak damag.)
3a – stredne presv.(medium damag.)
3b – výraznejšie presv. (strongly dam.)
4 – silne presv. (extensively damag.)

¹plot, ²number of stems ³health state, ⁴stem, ⁵crown

Z priemerných údajov vidieť, že zdravotný stav kmeňov možno u predmetného taxónu považovať za veľmi priaznivý, pretože takmer 80 % kmeňov bolo zdravých, nepoškodených. Najčastejšie zaznamenané typy poškodenia kmeňov boli spôsobené hnilobou (11,1 %) a mechanicky (9,4 %).

Iné poškodenia boli zaznamenané len výnimočne. Predstavovali 1,2 % a boli spôsobené najmä mrazom prípadne biotickými škodcami. Hnilobou (zrejme ako dôsledok mechanického poškodenia a infikovania hubami) boli najviac poškodené kmene jelše lepkavej na plochách 2 – Izra, 8 – Ruskov, 9 – Ďurkov a 12 – Studničky (zhodne na úrovni 20 %).

Zdravotný stav korún bol hodnotený na základe straty asimilačných orgánov a stupňa ich odfarbenia. Ako vidieť z tabuľky 6, vývoj zdravotného stavu korún v porovnaní s poškodením kmeňov je menej priaznivý, pretože zdravé koruny bez známkov poškodenia malo 67,5 % hodnotených jedincov. Slabo presvetlené koruny so stratou olistenia do 25 % malo 23 % jedincov, stredné až výraznejšie poškodenie 9 % jedincov. Vo veľmi malej miere bolo zaznamenané i silné presvetlenie korún (0,5 %). Na zhoršenie zdravotného stavu korún a celkovej kvality asimilačného aparátu má okrem iných faktorov prostredia pravdepodobne vplyv i vyšší priemerný vek jedincov, ktorý na niektorých plochách dosahuje 85–90 rokov.

Z hmyzích škodcov bolo zaznamenané poškodenie krytonosom jelšovým (*Cryptorrhynchidius lapathi* L.) pod kôrou a v dreve tenších konárov a zo škodcov asimilačných orgánov váhavcom jelšovým (*Agelastica alni* L.) a liskavkou jelšovou (*Melasoma aenea* L.) skeletovaním listov jelší.

3.5 HODNOTENIE CELKOVEJ KVALITY POPULÁCIÍ

Pre lepšie posúdenie celkovej kvality kmeňov (na základe predchádzajúceho hodnotenia vonkajších kvalitatívnych znakov kmeňov, korún, zdravotného stavu) a ich možného využitia z hľadiska sortimentácie boli tieto zaradované do kvalitatívnych tried podľa metodiky ČERMÁKA – HUBAČA 1978.

Priemerné zastúpenie kmeňov v štyroch kvalitatívnych triedach podľa jednotlivých plôch je uvedené v tab. 6. Z tabuľky je zrejmé, že kvalitatívne ukazovatele jelše lepkavej v predmetnej oblasti sú veľmi priaznivé, pretože takmer 42 % kmeňov bolo zaradených do triedy A a 38,3 % kmeňov do kvalitatívnej triedy B. Celkovo jedince zaradené do oboch tried s najlepšou kvalitou kmeňa tvoria až 80,2 % všetkých hodnotených kmeňov. Najvyšší podiel jedincov zaradených do kvalitatívnej triedy A bol na plochách 3 – Malá Izra a 6 – Rákoš (zhodne po 66,7 %).

Tab. 6 Zastúpenie jelše lepkavej v kvalitatívnych triedach v Slanských vrchoch
Table 6 Share of quality classes of black alder in the Slanske vrchy Mts.

Plocha ¹	Počet kmeňov ²	Kvalita kmeňa ³							
		A		B		C		D	
		ks	%	ks	%	ks	%	ks	%
1	30	16	53,4	9	30,0	4	13,3	1	3,3
2	30	15	50,0	8	26,6	7	23,4	–	–
3	30	20	66,7	9	30,0	1	3,3	–	–
4	30	12	40,0	12	40,0	3	10,0	3	10,0
5	30	14	46,7	13	43,3	3	10,0	–	–
6	30	20	66,7	7	23,7	2	6,6	1	3,3
7	30	11	36,7	15	50,0	3	10,0	1	3,3
8	30	4	13,3	17	56,7	6	20,0	3	10,0

Tab. 6 Pokračovanie
Table 6 Continued

Plocha ¹	Počet kmeňov ²	Kvalita kmeňa ³							
		A		B		C		D	
		ks	%	ks	%	ks	%	ks	%
9	30	3	10,0	12	40,0	9	30,0	6	20,0
10	30	18	60,0	12	40,0	–	–	–	–
11	30	10	33,3	12	40,0	7	23,4	1	3,3
12	30	7	23,4	13	43,2	7	23,4	3	10,0
Σ	360	151	41,9	138	38,3	52	14,4	19	5,4

¹plot, ²number of stems, ³quality of stem

4. DISKUSIA A ZÁVER

Jelša lepkavá (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) patrí k drevinám, ktorým sa v súčasných podmienkach, kedy v lesných ekosystémoch a v krajine dochádza k zvýšenému výskytu klimatických extrémnych javov spôsobujúcich často druhové a plošné zmeny v zastúpení jednotlivých zložiek, venuje zvýšená pozornosť. Na Slovensku je rozšírená od nížin až do vyšších podhorských pásiem, kde je základnou drevinou prirodzených brehových porastov. Nezastupiteľná je úloha jelšových porastov aj na podmáčaných stanovištiach s výstupom hladiny podzemných vôd na povrch, kde plnia funkciu tzv. sacej pumpy, ktorá zabráňuje presakovaniu vody na povrch pôdy a znižuje tak vznik anaeróbných procesov na jej povrchu. (LUKÁČIK, FERIANCOVÁ, 2004).

Rastie teda nielen na pôdach bohatých na organické látky a dusík s pohyblivou, okysličenou vodou, kde tvorí priame, plnodrevné kmene, ale aj na stanovištiach, kde má podmienky pre rast horšie. Okrem podmienok prostredia jej rastové vlastnosti a kvalitatívne znaky ovplyvňujú aj ďalšie faktory. Je to predovšetkým vek a pôvod jedincov, ich sociologické postavenie v poraste, genetická podmienenosť ai.

Celkový fenotypový prejav jedincov v určitej populácii je teda výsledkom interakcií ich genotypovej zložky a prostredia. Pri analýze fenotypovej premenlivosti jednotlivých populácií jelše lepkavej je preto nevyhnutné ich komplexné posudzovanie z hľadiska kvality a zdravotného stavu.

Z hľadiska kvalitatívneho sú najviac cenené jedince s rovným priebežným kmeňom, bez adventívnych výhonkov (DÉRER 1970, MEJNARTOWICZ 1972, ŠINDELÁŘ 1990, PAGAN 1996, LUKÁČIK 2000, LUKÁČIK, BUGALA 2005 ai.). V skúmanej oblasti sme zaznamenali až 60,5 % takýchto kmeňov. Okrem toho ďalších 31,4 % kmeňov malo podobnú kvalitu, len tzv. šikmý priebežný rast. Takto rastúce jedince sú v jelšových porastoch pomerne časté z dôvodu odkláňania sa korún k uvoľneným priestorom, prípadne nad hladinu vodného toku ap. Hoci sa kvalita kmeňov podstatne nelíši od kvality kmeňov s rovným rastom

vzniká tu možné nebezpečenstvo vytvárania fenotypov s dedičnými vlastnosťami ku krivosti (DÉRER 1970). Z tohto pohľadu je zaujímavý výskyt očkových jedincov so zreteľnými zhlukmi spiacich očiek, ktoré sa vytvárajú najmä na báze kmeňa. Na pozdĺžnom reze majú zaujímavú kresbu dreva a sú preto čoraz častejším predmetom záujmu najmä menších spracovateľov dreva z hľadiska ich možného využitia na výrobu štýlového nábytku a rôznych bytových doplnkov (KLAUS, DAHMS 1991, HOROVÁ 1994, PAGAN 1996 ai.)

Pri posudzovaní premenlivosti populácií jelše lepkavej v skúmanej oblasti sa venovala pozornosť aj znakom korún. Hodnotil sa ich tvar, hrúbka konárov 1. stupňa a uhol ich nasadenia. Sú to znaky, ktoré významne ovplyvňujú kvalitu kmeňa. Stromy s vajcovitými, alebo stĺpovitými korunami, s tenkými konármi, vyrastajúcimi pod ostrým uhlom sú z tohto pohľadu najcennejšie, lebo aj čistenie kmeňa je v takomto prípade rýchlejšie (PAGAN 1996). V skúmanej oblasti prevládali jedince s vajcovitými a stĺpovitými korunami, čo korešponduje s údajmi zistenými pri podobných hodnoteniach populácií jelše lepkavej v iných oblastiach (LUKÁČIK 1996, 1999, LUKÁČIK, BUGALA 2005).

Veľmi dôležitý vplyv na celkovú kvalitu kmeňa má aj zdravotný stav (poškodenie) kmeňov a korún. Rôzne druhy poškodenia môžu podstatne znehodnotiť kmene a tým znížiť možnosť ich hospodárskeho využitia, ktoré narastá najmä v ostatných rokoch, kedy možno pozorovať zvýšený záujem o jelšové drevo.

Z výsledkov práce vyplynulo, že kým poškodenie kmeňov nebolo veľké (do 20 %), poškodenie korún prejavujúce sa menšou, či väčšou stratou asimilačného aparátu a usychaním koncových konárov bolo väčšie (32,5 %).

Príčiny týchto zmien vidia autori zaoberajúci sa touto problematikou najmä v deficite a kolísaní hladiny podzemných vôd, v zakysľovaní a toxicite pôd a vyplavovaní živín, čím dochádza nielen k zhoršeniu ekologických pomerov, ale následne aj narušeniu biologickej rovnováhy, čo sa odzrkadľuje v kvalitatívnych znakoch korún (VÁLEK 1977, KRIŽOVÁ 1982, KORPEE 1991, JANČAŘÍK 1993, LUKÁČIK, BUGALA 2005 ai.).

Na základe hodnotenia všetkých vyššie uvedených znakov sme jednotlivé kmene zaradili do štyroch kvalitatívnych tried, ktoré boli vytvorené kombináciou sortimentačných tabuliek pre listnaté dreviny (ČERNÁK, HUBAČ 1978) a vlastných poznatkov o predmetnom taxóne. Potešiteľné je, že aj v oblasti Slanských vrchov je kvalita jelšových porastov vysoká, keď do najvyšších kvalitatívnych tried (A, B) bolo zaradených až 80,2 % hodnotených kmeňov. Možno predpokladať, že táto skutočnosť úzko súvisí nielen s vhodnými ekologickými podmienkami, ale aj s genetickou štruktúrou skúmaných porastov (KRSTINIČ 1994, GÖMÖRY, PAULE 2002). Načrtnuté úvahy však bude treba naďalej overovať a neustále dopĺňať o nové, exaktne zistené údaje s ohľadom na rôzne podmienky prostredia (brehové porasty na potočných naplaveninách, ťažkých rašelinových pôdach ap.) za účelom získania komplexnejších poznatkov o predmetnom taxóne.

Práca bola vypracovaná v rámci riešenia grantového projektu VEGA č. 1/0587/09.

Literatúra

- BORATYNSKI, A., 1980: Systematyka i geograficzne rozmieszczenie olše. In: BIALOBOK, S. (ed.) *Olsze (Alnus Mill.) Nasze drzewa lesne*. PWN, Warszawa – Poznań, 350 s.
- ČERMÁK, V., HUBAČ, K., 1978: Sortimentné tabuľky pre listnaté dreviny. *Príroda*, Bratislava, 162 s.
- DÉRER, L., 1970: Pestovanie jelší. *Príroda*, Bratislava 162 s.
- MOLLEROVÁ, J., ULBRICHOVÁ, I., 2002: Růst sazenic olše v různých podmínkách. In: KARAS, J., PODRÁZSKÝ, V., (eds.): *Současné trendy v pěstování lesů*. Česká zemědělská univerzita, Praha: 90–93.
- VANÍK, K., 1996: Vplyv klimatických činiteľov na zdravotný stav dubových porastov. In: HLAVÁČ, P. (eds.): *Podmienky, príčiny a prognóza škôd kalamitného charakteru v lesných porastoch*, Technická univerzita, Zvolen: 57–59.
- FERIANCOVÁ, L., LUKÁČIK, I., 2004: Hodnotenie porastov v rámci rekonštrukcie kúpeľného parku v Brusne. In: HLAVÁČ, P. (ed.) *Nové trendy v ochrane lesa a krajiny*. Technická univerzita, Zvolen: 95–98.
- GÖMÖRY, D., PAULE, L., 2002: Spatial and microgeographical genetic differentiation of black alder (*Alnus glutinosa* [L.] Gaertn.) populations. *Forest Ecology and Management* 160. Elsevier Science B. V.: 3–9.
- HOROVÁ, I., 1994: Dřevo známe – neznáme. *Domov* 34 (3). Premiera, Praha: 34–35.
- JANČAŘÍK, V., 1993: Usýchání olší. *Lesnická práce* 1: 14–16.
- KLAUS, H., DAHMS, G., 1991: Erlenhölzer. *Holz-und Möbelindustrie* 26 (6). DRW Verlag Weinbrenner GmbH, Stuttgart: 830–831.
- KOLEKTIV, 1972: Slovensko II. *Príroda, Obzor*, Bratislava, 917 s.
- KORPEE, Š., 1991: Dynamika prírodného jelšového lesa v ŠPR Jurský Šúr. *Acta Facultatis Forestalis* 33, Zvolen: 91–113.
- KRIŽOVÁ, E., 1982: Fytocenologicko-ekologický výskum vybraných typov jelší. Kandidátska dizertačná práca. VŠLD, Zvolen, 139 s.
- KRSTINIČ, A., 1994: Genetics of black alder. *Annales Forestalis Zagreb*: 33–72.
- LUKÁČIK, I., 1997: Jelša lepkavá (*Alnus glutinosa* [L.] Gaertn.) v ochrane a tvorbe životného prostredia. In: SANIGA, M. (ed.) *MVK: Les – Drevo – Životné prostredie*, sekcia 2: Rastové procesy a pestovanie lesov v zmenených ekologických podmienkach. Technická univerzita, Zvolen, 13–17.
- LUKÁČIK, I., 2000: Premenlivosť, rastová charakteristika a ekológia drevín *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., *Pinus mugo* Turra a *Taxus baccata* L. v lesných porastoch Slovenska. Habilitačná práca, Technická univerzita, Zvolen, 131 s.
- LUKÁČIK, I., 2002: Biodiverzita, rastová charakteristika a kvalita porastov jelše lepkavej (*Alnus glutinosa* [L.] Gaertn.) v regióne Zvolen – Banská Bystrica. In: BENČAT, T., SOROKOVÁ, M. (eds.): *Biodiverzita a vegetačné štruktúry v sídelnom regióne Zvolen – Banská Bystrica*. PARTNER z. p., Banská Bystrica: 103–108.
- LUKÁČIK, I., 2007: Uplatnenie autochtónnych druhov jelší (*Alnus* Mill.) v krajine. In: SZORÁDOVÁ, E., JANČOVIČ, J. (eds.): *Veda – vzdelávanie – prax*, 4. diel, 11. sekcia: Biologicko-inžinierske procesy a trendy v záhradníctve, krajinárstve a krajinskej architektúre. UKF Nitra: 357–362.
- LUKÁČIK, I., BUGALA, M., 2005: Premenlivosť, rastová charakteristika a ekológia jelše lepkavej (*Alnus glutinosa* [L.] Gaertn.) a jelše sivej (*Alnus incana* [L.] Moench.) na Slovensku. *Vedecké štúdie* 13/2004/A. Technická univerzita, Zvolen, 68 s.
- MEJNARTOWICZ, L., 1972: Badania zmienności populacji *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. W Polsce. *Arboretum Kornickie* 17: 43–120.
- MOLLEROVÁ, J., ULBRICHOVÁ, I., 2002: Růst sazenic olše v různých podmínkách. In: KARAS, J., PODRÁZSKÝ, V., (eds.): *Současné trendy v pěstování lesů*. Česká zemědělská univerzita, Praha: 90–93.
- PAGAN, J., 1996: Lesnícka dendrológia (učebný text) Technická univerzita, Zvolen, 378 s.
- REPÁČ, J., 2007: Ectomycorrhiza formation and growth of *Picea abies* seedlings inoculated with alginate – bead fungal inoculum in peat bark compost substrates. *Forestry* 80 (5): 517–530.
- VÁLEK, Z., 1997: Lesní dřeviny jako vodohospodářský a protierozní činitel. *SZN*, Praha, 203 s.
- VANÍK, K., 1996: Vplyv klimatických činiteľov na zdravotný stav dubových porastov. In: HLAVÁČ, P. (eds.): *Podmienky, príčiny a prognóza škôd kalamitného charakteru v lesných porastoch*, Technická univerzita, Zvolen: 57–59.

Adresa autorov:

Doc. Ing. Ivan Lukáčik, CSc.

Katedra pestovania lesa

Lesnícka fakulta

T. G. Masaryka 24

960 53 Zvolen

Ing. Michal Bugala, PhD.

Katedra pestovania lesa

Lesnícka fakulta

T. G. Masaryka 24

960 53 Zvolen

e-mail: lukacik@vsld.tuzvo.sk

bugala@vsld.tuzvo.sk

Variation and health state (damage) of black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) in the Slanské vrchy Mts.

Summary

The paper deals with the variability within natural populations of black alder in Slanské vrchy Mts. Selected qualitative traits of trunk and crown, as well as health condition of each individual were assessed. The analysis of the obtained data showed significant differences of evaluated traits among localities. The individuals with straight or inclinate trunks, good natural pruning and oval-shaped or column-shaped crowns represent a majority of all evaluated trees. According to these traits, individuals were classified into four qualitative classes, whereby more than 80.2% of individuals belong to first two qualitative classes (A, B). The obtained information is valuable in term of qualitative classification of black alder populations and their future silvicultural management and industrial use.

Key words: black alder, *Alnus glutinosa*, variability, qualitative traits, health state, damage

POČIATOČNÉ FÁZY PRIRODZENEJ OBNOVY BUKA V SKUPINE LESNÝCH TYPOV *FAGETUM PAUPER* V MALÝCH KARPATOCH

Milan S A N I G A – Michal K R A Ľ O V I Č

Saniga, M., Kraľovič, Š.: Počiatočné fázy prirodzenej obnovy buka v skupine lesných typov *Fagetum pauper* v Malých Karpatoch. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, LI, 2009, č. 1, s. 29–42.

Práca pojednáva o počiatočných fázach prirodzenej obnovy bukových porastov v orografickom celku Malé Karpaty. Hmotnosť bukvič nazbieraných na jednotlivých plochách po bohatej semennej úrode z roku 2001 bola v rozpätí od 1 472 kg.ha⁻¹ po 2 067 kg.ha⁻¹. Počet klíčivých semien buka bol zistený v rozpätí od 3 868 000 ks.ha⁻¹ do 5 111 000 ks. ha⁻¹. Počet bukvič na 1 m² sa pohyboval v rozpätí od 611 ks do 858 ks. Priemerná klíčivosť bukvič bola v rozpätí od 61 % do 63 % . Nedostatok vlhkosti v pôde má v prvých rokoch ujímania a odrastania semenáčikov buka významný vplyv na jeho mortalitu. V prípade porastu 396, ktorý bol vystavený nepriaznivému výsušnému vetru v priebehu 4 rokov odumreli jedince buka na plochách s prípravou a bez prípravy pôdy. V otázke procesov ujímania, prežívania a odrastania boli najlepšie výsledky zistené na TVP so stupňom clonenia 75 %. Vo výskume prípravy pôdy sa najlepšie výsledky potvrdili na plochách, kde bolo uskutočnené odstránenie listia a prekopanie pôdy. Ak hodnotíme plôšky s prekopaním pôdy 4-ročné jedince buka sa tu nachádzali v počte 826 000 ks.ha⁻¹. V prípade plôšok kde sa odstránilo listie bol v roku 2005 počet jedincov buka 605 000 ks.ha⁻¹, čo je rádovo o jednu štvrtinu menej. Rozborom počiatočných fáz prirodzenej obnovy buka možno vysloviť poznatok, že vlhkostný režim v tomto období vývoja následného porastu podstatne vplýva na zachovanie jedincov buka aj pri jeho bohatej úrode. Vhodný vlhkostný režim a stupeň clonenia 70–75 % vytvára predpoklady pre biologické zachovanie 4-ročných jedincov buka aj bez prípravy pôdy. Príprava pôdy spojená s jej prekopaním dáva viac ako 4,5-násobne väčší počet 4-ročných jedincov buka ako všetky ostatné varianty.

Kľúčové slová: Buk, prirodzená obnova, klíčenie, ujímanie, prežívanie semenáčikov

1. ÚVOD A PROBLEMATIKA

Buk lesný je základnou a najviac zastúpenou drevinou v lesoch Slovenska. Podľa Zelenej správy (2007) je jeho zastúpenie na úrovni 31,2 %. Ťažisko je v 4. lesnom vegetačnom stupni v skupinách lesných typov *Fagetum typicum* a *Fagetum pauper*.

V posledných rokoch náklady na umelú obnovu rýchlo rastú a preto sa v odborných lesníckych kruhoch stále častejšie kladú požiadavky na širšie uplatnenie prirodzenej obnovy. To sa vzťahuje nie len na buk, kde je prirodzená obnova hospodársky efektívna a biologicky žiaduca až naliehavá, ale aj na také dreviny, pri ktorých sa už tradične uplatňovala umelá obnova sadbou, napríklad smrek a borovica (KORPEL 1978, SANIGA 2007).

V súčasnom období v súvislosti s klimatickými zmenami a ekonomickou situáciou v lesoch je požiadavka zabezpečenia porastov cez prirodzenú obnovu ešte naliehavejšia. Prirodzená obnova je najtypickejší a najdôležitejší úsek pestovania lesa v podrastovom hospodárskom spôsobe. Za základný obnovný rub sa tu považuje clonný rub s množstvom modifikácií (BADEA 1965, BEZAČINSKÝ 1956, ČVANČARA 1959, RAVE 1963, SANIGA 1984 a i.).

Špecifické vlastnosti dreveniny a ekologické pomery bukových porastov kladú veľké nároky na priebeh prvej tzv. prípravnej časti obnovy od prípravy klíčišťa až po prežitie náletu. Dôraz na zladenie časovej a ťažbovej úpravy v prípravnej časti obnovného postupu je potrebné dávať najmä v optimálnych podmienkach buka, v spoločenstvách živného radu. Úspech celej obnovy závisí od správneho realizovania rubov v uvedenej časti. Značné výmery rúbanských po bývalých bukových porastoch s nedostatočným podielom prirodzenej obnovy buka a rozsiahle plochy zaburinených rubne zreých až prestarnutých bukových porastov svedčia o závažných nedostatkoch pri praktickom aplikovaní prirodzenej obnovy v bučinách (SANIGA 2007). Sledovaním vzťahu bohatosti úrody a vzniku nárastu (prežitia semenáčikov) vo viacerých oblastiach areálu buka lesného sa zistilo, že po slabších semenných rokoch bola často obnova lepšia než po nadpriemerných semenných rokoch, ktoré sprevádzalo veľké rozmnoženie hlodavcov (KAPLUNOVSKIJ 1972). Dobrá úroda semena v bučinách súvisí s teplejším a suchším letom predchádzajúceho roka, čo je osobitne typické pre severné časti areálu buka (WACHTER 1964). Daždivé počasie alebo mrazy v období kvitnutia buka, ako aj rôzne poškodenia hmyzom, obmedzujú výskyt semenného roka (TRETJAK 1954).

Čas opadu bukvíc v európskych podmienkach trvá od prvej polovice septembra do začiatku novembra. Za priaznivejšieho počasia sa opad končí už koncom októbra. Vlhké počasie môže koniec opadu odsunúť až do druhej polovice novembra. Maximum opadu je asi v prvých 8–10 dňoch októbra. V dobrom semennom roku sa na 1 ha získa 2–5 mil. kusov bukvíc (t. j. 200–500 na 1 m²). Aj v ostatných rokoch medzi bohatými semennými rokmi sa získalo na 1 ha priemerne 500–600 tisíc bukvíc. Zdravých (klíživých) bukvíc bolo v priemere 30–50 %, ale v bohatých semenných rokoch dosahovali niekedy až 90 % hmotnosti celej úrody (AMELUNG 1974, TRETJAK 1954, KAPLUNOVSKIJ 1959).

Semennú úrodu na rozsiahlejších plochách nevieme krátkodobo zámerne podstatne ovplyvňovať. Účinne však môžeme ovplyvňovať podmienky prezimovania, klíčenia a ujímania semenáčikov ako dôležité procesy úspešnej obnovy. Ide o prípravu pôdy a mikroklimy. Na dôležitosť potreby prípravy pôdy nie sú jednotné názory, pretože kladný, indiferentný alebo aj záporný účinok závisí od stanovištných pomerov (najmä pôdy a bylinnej pokrývky) a štruktúry porastu. Za nepriaznivý a nežiaduci účinok prípravy pôdy sa pokladá aj podpora vzniku veľmi hustých nárastov, čo môže neskôr zvyšovať nároky na výchovu (KORPEL 1978). Niektorí autori uprednostňujú predstižnú mechanickú, alebo chemickú prípravu pôdy (SCHREYER 1967, STRITTMATTER 1970), iní považujú za postačujúce zapracovanie bukvíc až po opade. HUSS (1972) odporúča, aby príprava pôdy bola úzko naviazaná na semennú úrodu buka a má byť realizovaná pred opadom bukvíc. Podrobnejšie sa o vplyve rôznej prípravy pôdy na klíčenie bukvíc pojednáva v práci BURSCHEL (1961), kde bolo poukázané, že klíčenie semenáčikov je závislé od prípravy pôdy.

Podobné výsledky vykazuje aj Koss (1989), ktorý skúmal počiatočné fázy prirodzenej obnovy bukových porastov. Na klíčenie semena a prežívanie bukového náletu sú dôležitejšie fyzikálne vlastnosti pôdy, z nich hlavne vlhkosťné pomery pôdy ako jej chemické vlastnosti vo vzťahu k minerálnym živinám. V tejto súvislosti sa odporúča príprava pôdy tam, kde znamená zlepšenie vlhkového režimu. Všeobecne sa predpokladá, že umožnenie styku bukvíc s minerálnou pôdou a zamedzenie rastu bylín a tráv znamená zlepšenie vlhkosťného pomeru klíčišťa (KORPEL 1978).

Kritéria na obnovné zabezpečenie buka prirodzenou obnovou nie sú jednotné. Ako najmenší počet jedincov buka pre vyhovujúcu obnovu uvádzajú rôzni autori rozdielne hodnoty. BURSCHEL(1961) pokladá na úspech obnovy za postačujúce, keď je na 1 m² 10 kusov 1 až 4-ročných bukových semenáčikov. MAYER-WEGELIN (1949) 6 kusov na 1 m² 1 až 3-ročných semenáčikov. BORCHES (1954) až 20 kusov 1-ročných semenáčikov na 1 m². V našej lesníckej, najmä úpravníckej praxi sa za kritérium na obnovné zabezpečenie buka prirodzenou obnovou používa ako orientačné kritérium počty 2 kusov jedincov buka s výškou nad 30 cm na 1 m². Na prežívanie a odrastanie bukových náletov a nárastov sú dôležité jednak pomery porastového prostredia, ale aj rytmus rastu a vývoja nadzemnej a podzemnej časti. Hlavne distribúcia koreňov semenáčikov buka má významný vplyv na jeho prežívanie (JALOVIAR 2003, 2005, JALOVIAR et. al 2008). Buk v prvých rokoch života dobre znáša plné alebo takmer plné osvetlenie a dosahuje za 4 roky asi 3–4-krát takú výšku ako v silne zapojenom poraste (POLACSEK 1954). Otázkou vplyvu clony materského porastu na počiatočné fázy prirodzenej obnovy bukových porastov sa podrobnejšie zaoberal SANIGA (1984). Pokiaľ sa týka bukvíc autor zistil, že za obdobie september–október (r. 1980) padlo v bukovom poraste 961,2 kg bukvíc na 1 ha. Klíčivosť za sledované obdobie sa pohybovalo od 53 % do 71 %. Počet klíčivých bukvíc za celé obdobie predstavoval v priemere hodnotu 244 ks.m⁻². V priebehu zimy roku 1980 a jari roku 1981 sa ich klíčivosť znížila prakticky na 10 % celkového počtu klíčivých bukvíc. Podiel vzídených semenáčikov s primárnymi lístkami sa pohyboval od 9 % na TVP III do 10,2 % na TVP I. Mortalita bukového náletu bola čiastočne závislá od stupňa clonenia, pričom najväčší podiel bol

Cieľom príspevku je prezentácia poznatkov vplyvu rôzneho clonenia, typu klíčneho lôžka na klíčenie, ujímanie a počiatočné (5-ročné) odrastanie semenáčikov buka.

2. MATERIÁL A METODIKA

Výskum bol časovo viazaný na bohatú semennú úrodu buka v roku 2001 na území LC – Majdán, OLZ Smolenice, lesnícke obvody Bohatá a Polomy. Lesnícky obvod Bohatá, porast 396 je približne v tvare obdĺžnika, pričom sa ťahne pozdĺž hrebeňa, čiže sa nachádza v nepriaznivejších podmienkach z dôvodu prevládajúcich silných vetrov, ktoré vysušujú jeho vrchné vrstvy pôdy. Keďže väčšia časť porastu je zaradená do lesného typu *Fagetum pauper*, nachádza sa tu vysoká vrstva nerozloženého bukového opadu, ktorá taktiež nepriaznivo vplyva na nástup prirodzenej obnovy. Pôdny typ porastu je nasýtená kambizem, nachádza sa v nadmorskej výške 480–520 m, s juhovýchodnou expozíciou. Lesnícky obvod Polomy, porast 481 sa nachádza v lokalite „Močiar“, z čoho vyplývajú

aj jeho ekologické podmienky, ktoré sú oproti porastu 396 oveľa priaznivejšie. Porast sa nachádza v údolnej časti, v nadmorskej výške 460–500 m, na juhovýchodnej expozícii, kde nie veľký vplyv vetrov, preto má dobrý vlhový režim. Typologicky je klasifikovaný v skupine lesných typov *Fagetum pauper*, pôdny typ nasýtená kambizem. Plochy boli situované tak, aby predstavovali rôzny stupeň clonenia materským porastom.

V poraste 396 bola založená séria trvalých výskumných plôch (TVP) v počte 3, pričom TVP 2 sa nachádza v pruhu, kde bola vykonaná obnovná ťažba v roku 2002 (210 m³). TVP 1 a TVP 3 boli umiestnené mimo obnovovaných pruhov.

TVP 1 – plocha pod hrebeňom mimo obnovovaného pruhu, stupeň clonenia 91 %.

TVP 2 – plocha v strede porastu v obnovovanom pruhu, stupeň clonenia 80 %.

TVP 3 – plocha v spodnej časti porastu mimo obnovovaného pruhu, stupeň clonenia 65 %.

V poraste 481 boli založené 3 TVP, pričom TVP 5 a TVP 6 sa nachádzajú v pruhoch, kde bola vykonaná obnovná ťažba v roku 2002 (579 m³). TVP 4 bola umiestnená mimo obnovovaných pruhov.

TVP 4 – plocha v strede porastu medzi dvoma obnovovanými pruhmi, stupeň clonenia 95 %.

TVP 5 – plocha v ľavej časti porastu v obnovovanom pruhu, stupeň clonenia v roku 2002 – 75 %, v roku 2005 bol stupeň clonenia znížený na 61 %.

TVP 6 – plocha v spodnom okraji porastu v obnovovanom pruhu, stupeň clonenia 70 %. Táto plocha bola následkom nepozorného približovania v zime roku 2002 zničená a ďalej na nej nepokračoval výskum.

Výmera jednotlivých TVP je 0,01 ha s rozmermi 10 × 10 metrov. Do stredu každej plochy bol umiestnený transekt 10 × 10 m v tvare kríža, zložený z 19-tich plôšiek 1 m². Výmera transektu je 19 m². Na plôškach 1 × 1 m bola vykonaná rôzna príprava pôdy. Na možnosť posúdenia tohto pestovného opatrenia sme použili tri varianty:

- plôšky bez prípravy pôdy (pôvodný stav porastu),
- plôšky s odstránením lístia,
- plôšky s odstránením lístia a prekopaním.

Na každej TVP boli ešte vytvorené 4 kontrolné plôšky s rozmermi 1 × 1 m, na ktorých bolo vyhrabané lístie. Sú označené A, B, C, D a slúžili na zistenie počtu padnutých bukvíc. Všetky TVP a v nich umiestnené krížové transekty boli stabilizované drevenými kolíkmi pre totožnosť nadväznej evidencie vo viacerých rokoch merania. Pri každej ploche bolo na strome materského porastu uvedené označenie a poradové číslo TVP.

Na TVP 1–6 boli merané nasledujúce biometrické veličiny:

Materský porast pre stanovenie stupňa clonenia:

- výška stromu (h) s presnosťou na 0,5 m (výškomer Suunto),
- hrúbka ($d_{1,3}$) meraná priemerkou v cm,
- výška nasadenia koruny (h_z) s presnosťou na 0,5 m (Suunto),
- šírka koruny meraná pásmom s presnosťou na 10 cm v štyroch smeroch (x_1 – x_4),
- situácia stromov v súradnicovom systéme x, y.

Meranie následného porastu na transekte

- analýza plného a prázdneho opadnutého semena (kontrolné plôšky),

- výška (h) jedincov buka v jednotlivých rokoch merania s presnosťou na 1 mm,
- početnosť (n) jedincov náletu v jednotlivých rokoch 2002–2005.

Meranie materského porastu sa uskutočnilo na jeseň v roku 2001. Zisťovanie početnosti opadnutého semena prebiehalo v čase od 16. 9. 2001 do 15. 11. 2001 v približne týždňových intervaloch. Následný porast na tranzektoch bol meraný priebežne, každoročne 2-krát (máj, október) v priebehu štyroch rokov (2002-2005). Na vyhodnotenie sa použil softwar Statistica 8.0.

3. VÝSLEDKY

3.1 Semenná úroda a stav vyklíčených semenačikov

V prípade výskumu semennej úrody, sledovania a vyhodnocovania opadu bukvic prebiehal tento proces približne v týždňových intervaloch od 16. septembra do 15. novembra v roku 2001. Podľa analýzy opadu semena na troch TVP s rôznym stupňom clonenia v poraste 396 boli zistené nasledujúce ukazovatele:

TVP 1 (st. clonenia 91 %) – 1 961,74 kg/ha, čo je v prepočte 814 kusov všetkých bukvic na 1 m².

TVP 2 (st. clonenia 80 %) – 2 067,78 kg/ha, čo je v prepočte 858 kusov bukvic na 1 m².

TVP 3 (st. clonenia 65 %) – 1 556,86 kg/ha, čo je v prepočte 646 kusov bukvic na 1 m².

Sumárnou analýzou všetkých troch TVP možno povedať, že priemerné množstvo opadnutého semena v poraste bolo 1 862,12 kg/ha, čo je 773 kusov bukvic na 1 m².

Podľa hmotnosti 1 000 semien (241 g) spadlo na 1 ha 7 730 000 kusov bukvic. Priebeh opadu bukvic v jednotlivých obdobiach sledovania je znázornený na obr. 1. Z obrázku je zrejmé, že opad sa sústredil na koniec septembra a začiatok októbra. Do siedmeho októbra bolo zistené 87,5 % z celkového množstva padnutého semena. Najväčšie množstvo semena v jednom intervale padlo v prvom októbrovom týždni, to bolo 423 kusov na 1 m².

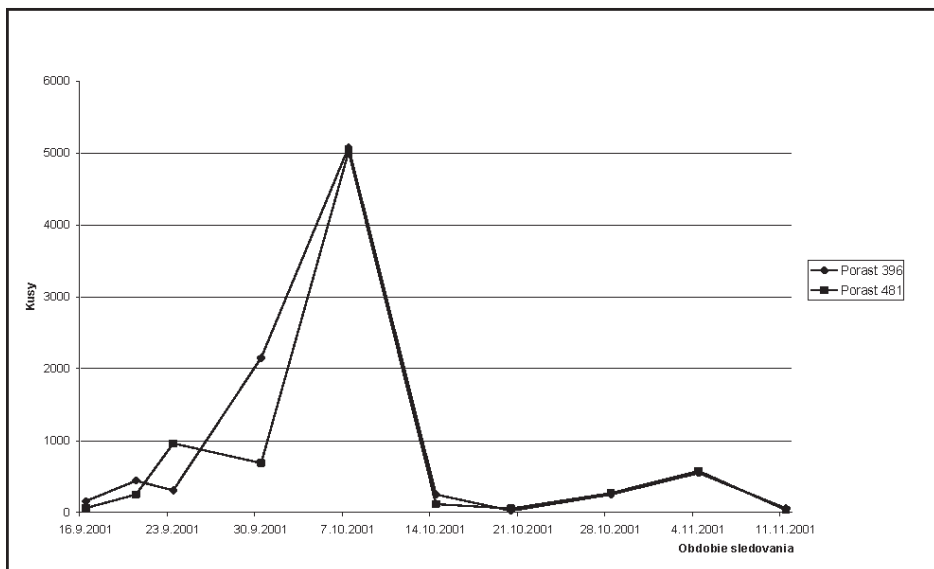
Zo všetkých padnutých bukvic sa určoval podiel plných semien na základe výberu 4×100 kusov náhodne vybratých bukvic. Na TVP – 1 tvoril podiel plných semien 87 %, na TVP – 2 87,7 % a na TVP 3 tento podiel predstavoval 87,4 % z celkového množstva opadnutých semien. Podľa meraní opadu semena na troch TVP s rôznym stupňom clonenia v poraste 481 sme o padnutých bukviaciach zistili nasledujúce skutočnosti:

TVP 4 (st. clonenia 95 %) – 1 479,74 kg/ha, čo je v prepočte 614 kusov bukvic na 1 m².

TVP 5 (st. clonenia 75 %) – 1 889,44 kg/ha, čo je v prepočte 784 kusov bukvic na 1 m².

TVP 6 (st. clonenia 70 %) – 1 472,51 kg/ha, čo je v prepočte 611 kusov bukvic na 1 m².

Z údajov bolo zistené priemerné množstvo opadnutého semena 1 613,89 kg/ha, čo predstavuje 670 kusov bukvic na 1 m². Podľa hmotnosti 1 000 semien (241 g) spadlo na 1 ha 6 700 000 kusov bukvic.



Obr. 1 Priebeh opadu bukvic v jednotlivých obdobiach sledovania (plocha 12 m²)

Picture 1 The course of beech seeds fall according to individual periods of observation (area 12 m²)

Výskum časového priebehu potvrdil, že opad sa sústredil na koniec septembra a začiatok októbra, keďže v tomto období padlo 86,5 % z celkového množstva padnutého semena. Najväčšie množstvo semena v jednom intervale padlo v prvom októbrovom týždni v priemere za tri TVP, to predstavovalo 418 kusov na 1 m². Zo všetkých padnutých bukvic sa určoval podiel plných a prázdnych semien rovnako ako v poraste 396, pričom na TVP 4 – tvoril podiel plných semien 85,6 %, na TVP 5 – to bolo 85,7 % a na TVP 6 – je tento podiel 86,4 % z celkového množstva opadnutých semien. Nakoľko TVP 6 bola pri ťažbe v roku 2002 výrazne poškodená v ďalšom procese vyhodnotenia sa s ňou neuvažovalo. Z nazbieraných semien bola vykonaná skúška klíčivosti rezom a farbením. Priemerná klíčivosť v poraste 396 bola zistená 61 % a v poraste 481 bola zistená 63 %. Možno konštatovať, že klíčivosť bukvic je pomerne vysoká. Treba tiež podotknúť, že v súvislosti s klimatickými zmenami sú tieto údaje prvé pre sledovanie tejto problematiky po dlhom období. Informáciu o celkovom počte vyklíčených semien z množstva klíčivého semena nám dáva tabuľka 1.

Tabuľka 1 Počet klíčivých semien buka na jednotlivých TVP

Table 1 The number of germinable beech seeds according to PRP

Plocha ¹	TVP 1	TVP 2	TVP 3	TVP 4	TVP 5
počet semien ² (ks.ha ⁻¹)	4 965 400	5 111 800	3 940 600	3 868 200	4 939 200

¹The permanent research plot, ²the number of seeds

Medzi oboma porastami na jednotlivých TVP sa však vyskytli veľké rozdiely v absolútnych početnostiach na jar v roku 2002 vyklíčených semenáčikov (tab. 2), čo je v rozpore s množstvom klíčivého semena (tab. 1). V poraste 396 padlo na 1 ha 1 862,12 kg bukvic a v poraste 481 to bolo 1 613,89 kg bukvic na 1 ha. Možno to vysvetliť aj z dôvodu veľkých rozdieloch v ekologických podmienkach, ktoré vládnu v našich porastoch.

Ďalšie meranie sa uskutočnilo v septembri roku 2002 z dôvodu určenia mortality vzídených semenáčikov v prvom roku života. Ak porovnáme údaje z tab. 1 s údajmi v tab. 3 za rok 2002 pridáme k záveru, že najmenšia mortalita nastala na TVP 4, kde odumrelo v priemere za všetky typy prípravy pôdy len 8 % vzídených jedincov. Podobné výsledky boli namerané aj na TVP 3 a 5 (13 %). Najvyššia mortalita bola zaznamenaná na TVP 1 (41 %) a TVP 2 (28 %). Tu sa začal prejavovať nepriaznivý vplyv ekologických podmienok v poraste 396. Informáciu o prirodzenej mortalite za celé sledované obdobie (roky 2002–2005) dáva tabuľka 3.

Tabuľka 2 Počet vyklíčených semenáčikov buka na jar v roku 2002 a percentuálny podiel z množstva klíčivých semien podľa TVP a klíčneho lôžka

Table 2 The numbers of germinated seeds in spring 2002 and their percentual share according to PRP and growth bed

TVP ¹	1		2		3		4		5	
Klíčne lôžko ²	ks.ha ⁻¹	%	ks.ha ⁻¹	%	ks.ha ⁻¹	%	ks.ha ⁻¹	%	ks.ha ⁻¹	%
A	37 500	0,75	48 750	0,95	20 000	0,50	608 750	15,7	54 1250	10,9
B	51 667	1,04	80 230	1,56	93 334	2,36	651 667	16,8	1 201 670	24,3
C	146 000	2,94	218 000	4,26	308 000	7,81	1 190 000	30,7	654 000	33,4

A – Plôška bez prípravy pôdy (the plot without soil preparation)

B – Plôška s odstránením listia (plot with litterfall removal)

C – Plôška s odstránením listia a prekopením (plot with litterfall removal and soil cultivation)

¹The permanent reseach plot (PRP)

²The growth bed

Z tabuľky vyplývajú závažné poznatky. Ak hodnotíme TVP 1 v poraste 396 môžeme konštatovať, že na všetkých plôškach pri rôznej variante prípravy pôdy v roku 2003 odumreli všetky jednoročné semenáčky. Príčina je v nepriaznivých ekologických podmienkach, t. z. vysokom stupni clonenia a výraznej preschnutosti pôdy. Plocha sa nachádza na návrší, suché vetry a teplé letá roku 2002 a 2003 spôsobili prakticky 100 % mortalitu. Na TVP 2, ktorá je pod hrebeňom a má stupeň clonenia 80 %, bola životaschopnosť bukových semenáčikov lepšia. Semenáčky prežili ďalšie dve vegetačné periódy, pričom na plôškach bez prípravy pôdy len jednu. Okrem skutočnosti, že na plôškach s predkopením sa v roku 2002 zachovalo 142 000 ks.ha⁻¹ jednoročných semenáčikov, ich redukcia v roku 2003 bola až 67,6 %. Podobne na plôškach s vyhrabaným listím sa síce zachovalo menej 78 333 ks.ha⁻¹ jednoročných semenáčikov, no ich redukcia v priebehu roku 2003 bola podobná. Môžeme povedať, že na tejto ploche s rôznou úrovňou prípravy pôdy sa v priebehu

roku 2003 (2-ročné jedince buka) stratil dostatok jedincov pre biologické zabezpečenie porastu.

Tabuľka 3 Dynamika zmeny početnosti semenáčikov buka na jednotlivých TVP v závislosti od typu kľúčneho lôžka v rokoch 2002–2005

Table 3 The dynamics of abundance of beech seedlings according to PRP and type of growth bed, years 2002–2005

TVP ⁴ /stupeň clonenia ³	Kľúčne lôžko ²	Počet prežitých semenáčikov buka ¹							
		rok 2002		rok 2003		rok 2004		rok 2005	
		ks.ha ⁻¹	%	ks.ha ⁻¹	%	ks.ha ⁻¹	%	ks.ha ⁻¹	%
1 91 %	A	16 250	100	0	0	0	0	0	0
	B	33 334	100	0	0	0	0	0	0
	C	92 000	100	0	0	0	0	0	0
2 80 %	A	26 250	100	8 750	33,40	0	0	0	0
	B	78 333	100	25 000	31,91	5 000	6,38	0	0
	C	142 000	100	46 000	32,39	16 000	11,26	0	0
3 65 %	A	15 000	100	6 250	41,66	5 000	33,34	0	0
	B	86 666	100	50 000	57,69	15 000	17,30	0	0
	C	288 000	100	136 000	47,22	48 000	16,67	8 000	2,78
4 95 %	A	571 250	100	252 500	44,20	120 000	21,00	85 000	14,87
	B	576 666	100	290 000	50,28	140 000	24,27	106 667	18,49
	C	1 130 000	100	428 000	37,87	176 000	15,57	138 000	12,21
5 75 %	A	366 250	100	232 500	63,48	212 500	58,02	186 250	50,85
	B	1 158 334	100	805 000	69,49	626 667	54,10	605 000	52,23
	C	1 602 000	100	1 000 000	62,42	827 000	51,62	826 000	51,56

A – Plôška bez prípravy pôdy (the plot without soil preparation), B – Plôška s odstránením lístia (plot with litterfall removal), C – Plôška s odstránením lístia a prekopením (plot with litterfall removal and soil cultivation)

¹number of survived beech seedlings, ²growth bed, ³canopy closure level, ⁴PRP

Na TVP 3 v sledovanom poraste, ktorej stupeň clonenia bol 61 % bolo na začiatku 86 666 ks.ha⁻¹ semenáčikov na plôškach, kde bolo odstránené lístie, jeho redukcia prebiehala o niečo rýchlejšie no aj v tomto prípade môžeme konštatovať veľkú autoredukciu v roku 2003, ktorá spôsobila, že v roku 2004 ostalo na týchto plôškach len 15 000 ks.ha⁻¹ jedincov. Pri variante s odstránením lístia a prekopením plôšiek došlo tiež ku väčšej autoredukcií jedincov ako pri stupni clonenia 80 %. V roku 2004 (jeseň) bolo zistených 48 000 ks.ha⁻¹ 3-ročných jedincov buka.

Rozbor procesu klíčenia, ujímania a odrastania semenáčikov buka na TVP 4 a 5 (porast 481) má iné výsledky. Pri hodnotení TVP 4 so stupňom clonenia 95 % sa zachovalo podstatne viac 1-ročných semenáčikov pri všetkých variantoch prípravy pôdy. V roku 2002 sa ukázalo, že príprava pôdy s jej prekopením významne vplývala na početnosť jednotlivých semenáčikov, kde sa zachovalo 1 130 000 ks.ha⁻¹. V priebehu vegetačnej periódy roku 2003 sa v prípade varianty s prekopením pôdy prejavila najväčšia redukcia jedincov

buka 62,3 %. Najmenšia redukcia bola pri variante s vyhrabaným lístím 49,7 %. Napriek rovnakým ekologickým podmienkam bude asi príčina vo vysokej hustote semenáčikov na plôškach s prekopanou pôdou, kde počet 1-ročných semenáčikov bol 1 130 000 ks.ha⁻¹, zatiaľ čo na ostatných porovnávacích variantoch bol len polovičný. Posúdením autoredukčných procesov počas celého sledovaného obdobia možno konštatovať, že všetky typy kľúčneho lôžka vytvorili predpoklady dostatočného množstva jedincov prirodzenej obnovy buka pričom na plôškach s prekopaním bolo v roku 2005 zistených 138 000 ks.ha⁻¹ jedincov.

Najlepšie výsledky regeneračných procesov buka boli zistené na TVP 5, kde je stupeň clonenia 75 %. V prípade prípravy pôdy v roku 2002 sa zistilo od 1 158 334 ks.ha⁻¹ jednoročných semenáčikov buka na plôškach, kde bolo odstránené listie. Na plôškach s prekopaním pôdy sme zistili 1 602 000 ks.ha⁻¹ jednoročných semenáčikov buka. Na tejto ploche prebiehala najmenšou intenzitou dynamika autoredukčných procesov. Ak hodnotíme plôšky s prekopaním pôdy 4-ročné jedince buka sa tu nachádzali v počte 826 000 ks.ha⁻¹. V prípade plôšok kde sa odstránilo listie bol v roku 2005 počet jedincov buka 605 000 ks.ha⁻¹. Dokonca aj na plôškach bez prípravy pôdy sa nachádzalo 186 250 ks.ha⁻¹ 4-ročných jedincov buka. Rozborom počiatočných fáz prirodzenej obnovy buka možno vysloviť poznatok, že vlhkostný režim v tomto období vývoja následného porastu podstatne vplýva na zachovanie jedincov buka aj pri jeho bohatej úrode. Vhodný vlhkostný režim a stupeň clonenia 70–75 % vytvára predpoklady pre biologické zachovanie 4-ročných jedincov buka aj bez prípravy pôdy. Príprava pôdy spojená s jej prekopaním dáva viac ako 4,5-násobne väčší počet 4-ročných jedincov buka ako variant bez prípravy pôdy.

3.2 VÝŠKOVÝ RAST PRIRODZENEJ OBNOVY BUKA

Informáciu o priemernej výške 1-ročných semenáčikov na jednotlivých TVP dáva tabuľka 4. Rozbor priemerných hodnôt poukazuje na malé rozdiely jednak medzi porastami, stupňami clonenia a typmi kľúčneho lôžka. Aj keď sa v prípade TVP 5, so stupňom clonenia 75 % zistila priemerná výška semenáčikov na plôškach prekopaných 7,2±1,5 cm, 2-faktorovou analýzou variancie sa nepotvrdil vplyv kľúčneho lôžka na výškový rast semenáčikov buka.

Z uvedeného vyplýva, že v procese čiastočného odrastania prekopanie pôdy nemá vplyv na počiatočný výškový rast. Rozbor vplyvu stupňa clonenia potvrdil, že priemerné výšky semenáčikov pri stupni clonenia pod 80 % sú významne väčšie ako pri stupni clonenia materského porastu nad 80 % (tab. 5–6).

Tabuľka 4 Priemerné výšky semenáčikov buka na jednotlivých TVP v závislosti od stupňa clonenia a kľúčneho lôžka v roku 2002

Table 4 The average heights of beech seedlings according to PRP, canopy closure level and growth bed, year 2002

Kľúčne lôžko ³	TVP ¹ /stupeň clonenia ²				
	1/91 %	2/80 %	3/65 %	4/95 %	5/75 %
	$\bar{x} \pm sx(\text{cm})$	$\bar{x} \pm sx(\text{cm})$	$\bar{x} \pm sx(\text{cm})$	$\bar{x} \pm sx(\text{cm})$	$\bar{x} \pm sx(\text{cm})$
A	5,18 ± 0,84	5,44 ± 1,19	5,94 ± 1,37	6,62 ± 1,54	6,64 ± 1,47
B	4,81 ± 0,92	5,92 ± 1,09	5,81 ± 1,21	7,08 ± 1,61	7,17 ± 1,60
C	5,59 ± 1,03	6,01 ± 1,31	6,40 ± 1,32	6,44 ± 1,63	7,20 ± 1,57

A – Plôška bez prípravy pôdy (the plot without soil preparation), B – Plôška s odstránením listia (plot with litterfall removal), C – Plôška s odstránením listia a prekopaním (plot with litterfall removal and soil cultivation)

¹PRP, ²canopy closure level, ³growth bed

Tabuľka 5 Výsledky dvojfaktorovej analýzy variancie výšky semenáčikov buka, dielce 396 a 481

Table 5 The results of two-way analysis of variance the heights of one – year old beech seedlings, management units 396, 481

Zdroj premenlivosti ¹	SS	df	MS	F	p-level
Stupeň clonenia ²	53,13208	1	53,13208	21,05538	0,000004
Kľúčne lôžko ³	9,460025	2	4,730017	1,874429	0,153577
Rezíduum ⁴	10091,25	3999	2,523444		

¹The source of variability, ²canopy closure level, ³growth bed, ⁴residuum

Tabuľka 6 Hodnoty Duncanovho testu (hladiny významnosti α) v dielcoch 396 a 481

Table 6 The results of Duncan's test (the level of significance α), man. unit 396, 481

Úroveň faktora	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
(1) SC ¹ 1, KL ² 1	6,54095	7,036341	6,770199	5,94375	5,816072	6,409091
(2) SC 1, KL 2		0,087404	0,40298	0,03816		
(3) SC 1, KL 3			0,331593		0,000027	
(4) SC 2, KL 1						0,216064
(5) SC 2, KL 2					0,641371	0,089582
(6) SC 2, KL 3						0,069576

SC1 – stupeň clonenia 1 (81–100 %)

SC2 – stupeň clonenia 2 (61–80 %)

KL1 – kľúčne lôžko 1 (bez prípravy pôdy, plot without soil preparation)

KL2 – kľúčne lôžko 2 (odstránenie listia, litterfall removal)

KL3 – kľúčne lôžko 3 (odstránenie listia s prekopaním, litterfall removal and soil cultivation)

¹canopy closure level, ²growth bed

Tabuľka 7 Priemerné výšky 4-ročných jedincov buka na jednotlivých TVP v závislosti od stupňa clonenia a kľúčneho lôžka v roku 2005

Table 7 The average heights of 4-years old beech seedlings according to PRP, canopy closure level and growth bed, year 2005

Kľúčne lôžko ³	TVP ¹ /stupeň clonenia ²	
	4/95 %	5/75 %
	–	–
	$\bar{x} \pm sx$ (cm)	$\bar{x} \pm sx$ (cm)
A	17,66 ± 2,48	25,55 ± 6,01
B	17,35 ± 3,03	26,20 ± 5,47
C	18,57 ± 3,42	28,28 ± 5,55

A – Plôška bez prípravy pôdy (the plot without soil preparation), B – Plôška s odstránením listia (plot with litterfall removal), C – Plôška s odstránením listia a prekopením (plot with litterfall removal and soil cultivation)

¹ – PRP, ² – canopy closure level, ³ – growth bed

Proces ďalšieho výskového rastu jedincov prirodzenej obnovy buka bol hodnotený na priemerných výškach 4 ročných bukov (tab. 7). Nakoľko v poraste 396 sa nenachádzali žiadne jedince (až na variantu C TVP 3) boli merané výšky len na TVP 4 a 5.

Tabuľka 8 Výsledky dvojfaktorovej analýzy variancie výšky 4-ročných jedincov buka v dielci 481

Table 8 The results of two-way analysis of variance the heights of 4-year old beech seedlings, management unit 481

Zdroj premenlivosti ¹	SS	df	MS	F	p-level
Stupeň clonenia ²	12819,88	1	12819,877	468,3771	0,000001***
Kľúčne lôžko ³	405,1968	2	202,598404	7,401979	0,000640***
Rezíduum ⁴	30792,2	1125	27,37084		

¹The source of variability, ²canopy closure level, ³growth bed, ⁴residuum

Tabuľka 9 Hodnoty Duncanovho testu (hladiny významnosti α) v dielci 481

Table 9 The results of Duncan's test (the level of significance α), management unit 481

Úroveň faktora	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
(1) SC 1 ¹ , KL 1 ²	17,66176	17,33231	18,33699	25,55906	26,20245	28,28596
(2) SC 1, KL 2		0,643903	0,343445	0,00001		
(3) SC 1, KL 3			0,185061		0,000004	
(4) SC 2, KL 1						0,000002
(5) SC 2, KL 2					0,366664	0,000198
(6) SC 2, KL 3						0,003467

SC1 – stupeň clonenia 1 (81–100 %), SC2 – stupeň clonenia 2 (61–80 %)

KL1 – kľúčne lôžko 1 (bez prípravy pôdy, plot without soil preparation), KL2 – kľúčne lôžko 2 (odstránenie listia, litterfall removal), KL3 – kľúčne lôžko 3 (odstránenie listia s prekopením, litterfall removal and soil cultivation)

¹canopy closure level, ²growth bed

Informačná hodnota tohto dendrometrického ukazovateľa potvrdila, že priemerné výšky buka na TVP 5, ktorá má stupeň clonenia 75 % sú väčšie ako na TVP 4. Najväčšia priemerná výška bukového náletu bola zistená na plôškach, ktoré boli prekopané $28,28 \pm 5,55$ cm. Najmenšia bola zistená na plôškach bez prípravy pôdy $25,55 \pm 6,01$ cm. Rozbor vplyvu oboch faktorov (kľíčne lôžko, svetlo) na výškový rast bol vykonaný dvojfaktorovou analýzou variancie (tab. 8–9). Analýzou sa potvrdil vplyv stupňa clonenia a kľíčneho lôžka. Stupeň clonenia pod 75 % a prekopaná pôda vplývajú veľmi významne na výškový rast a počet jedincov prirodzenej obnovy buka.

4. DISKUSIA

Počiatkové fázy prirodzenej obnovy buka boli po dlhšom období sledované v rovnorodých bučinách Slovenska. Pokiaľ sa týka kvality a množstva bukvíc získaných z bohatej semennej úrody z roku 2001 možno konštatovať, že ich hodnoty sú vyššie ako uvádzajú TRETJAK (1954) a KAPLUNOVSKIJ (1959). Dôvod môže byť v extrémite priebehu počasia, čo má za následok reakciu ekosystému v smere svojho zachovania cez bohatšiu semennú úrodu. Tiež časový priebeh opadu bukového semena potvrdil výskumy z minulosti, že maximum počtu bukvíc padá v prvej dekáde októbra (TRETJAK 1954, KAPLUNOVSKIJ 1959, 1972, SANIGA 1984). Významne vyššie hodnoty kľíčivého semena sú pravdepodobne dané zvýšenou priemernou teplotou a dostatkom vlhky v roku 2001. Z našich pozorovaní aj v iných orografických celkoch lesov Slovenska v skupinách lesných typov *Fagetum pauper* a *Fagetum typicum* je zrejmé, že frekvencia bohatých semenných úrod buka sa zvyšuje. Novým poznatkom je vysoká mortalita semenáčikov resp. 2–4-ročných jedincov prirodzenej obnovy buka na pokusných plochách, ktoré boli významne ovplyvňované presýchavými vetrami. Rozbor tohto problému poukázal na citlivosť koreňových systémov týchto jedincov na nedostatok vlhky. Uvedená skutočnosť súvisí s distribúciou jemných koreňov v pôdnom profile ako na to poukázal JALOVIAR (2003). Na uvedený poznatok bude potrebné prihliadať pri odoberaní porastovej zásoby vo forme osvetľovacích rubov v porastoch, ktoré sú vystavené zmeneným klimatickým podmienkam hlavne vlhkovému režimu pôdy. Za štandardných ekologických podmienok sa potvrdilo, že príprava pôdy má významný vplyv na počet a menšiu autoredukciu jedincov prirodzenej obnovy buka, čo je zhodné s výsledkami HUSSA (1972), BURSCHELA (1961) a KOSSA (1989). Výšková štruktúra a počty jedincov prirodzenej obnovy buka po 5 rokoch od semennej úrody svojimi ukazovateľmi prekračujú výsledky BORCHERSA (1954) a ďalších autorov.

5. ZÁVER

Rozbor výsledkov výskumu počiatkových fáz prirodzenej obnovy buka v orografickom celku Malé Karpaty pri jeho bohatej semennej úrode umožnil získať významné poznatky. Hmotnosť bukvíc nazbieraných na trvalých výskumných plochách po bohatej semennej úrode z roku 2001 bola zistená v rozpätí od $1\,472 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ po $2\,067 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Počet kľíčivých semien buka bol zistený v rozpätí od $3\,868\,000 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$ do $5\,111\,000 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$. Počet bukvíc na 1 m^2 sa pohyboval v rozpätí od 611 ks do 858 ks. Priemerná kľíčivosť bukvíc

bola v rozpätí od 61 % do 63 %. Nedostatok vlhkosti v pôde má v prvých rokoch ujímania, prežívania a odrastania semenáčikov buka významný vplyv na jeho mortalitu. V prípade porastu 396, ktorý bol vystavený nepriaznivému výsušnému vetru v priebehu 4 rokov odumreli jedince buka na plochách s prípravou a bez prípravy pôdy. V otázke procesov ujímania, prežívania a odrastania boli najlepšie výsledky zistené na TVP so stupňom clonenia 75 %. Vo výskume prípravy pôdy sa najlepšie výsledky potvrdili na plochách, kde bolo uskutočnené odstránenie listia a prekopanie pôdy. Ak hodnotíme plôšky s prekopaním pôdy 4-ročné jedince buka sa tu nachádzali v počte 826 000 ks.ha⁻¹. V prípade plôšok kde sa odstránilo listie bol v roku 2005 počet jedincov buka 605 000 ks.ha⁻¹, čo je rádo o jednu štvrtinu menej. Rozborom počiatočných fáz prirodzenej obnovy buka možno vysloviť poznatok, že vlhkostný režim v tomto období vývoja následného porastu podstatne vplýva na zachovanie jedincov buka aj pri jeho bohatej úrode. Vhodný vlhkostný režim a stupeň clonenia 70–75 % vytvára predpoklady pre biologické zachovanie 4-ročných jedincov buka aj bez prípravy pôdy. Príprava pôdy spojená s jej prekopaním dáva viac ako 4,5-násobne väčší počet 4-ročných jedincov buka ako všetky ostatné varianty.

Práca vznikla s podporou grantu VEGA 1/0128/09.

Použitá literatúra

- AMELUNG, G., 1974: Massnahmen für Förderung der natürlichen Verjüngung der Buche am Beispiel des Rome-Bodenbearbeitungsverfahrens. Allgemeine Forstzeitschrift, 36 (39): 783–784.
- BADEA, M., 1965: In legatura cu durata procesului de regenerare. Rev. Padurilor, 9, s. 473–475.
- BEZAČINSKÝ, H., 1956: Pestovanie listnatých porastov bukovo-dubovej oblasti. In: Polanský a kol. Pěstění lesů III Praha SZN, s. 93–528.
- BORCHERS, H., 1954: Technik der Buchennaturverjüngung in Niedersachsen. Forst und Holzwirt, 8: 416–421.
- BURSCHEL, P., 1961: Untersuchungen über die natürliche Verjüngung der Buche. Allgemeine Forstzeitschrift 17(2): 493–495.
- ČVANČARA, R., 1959: Obnova bukových porostů. In: Zborník referátov, Obnova porostů, Liberec, s. 32–42.
- HUSS, J., 1972: Die Entwicklung von Buchenjungwuchsen auf einer Naturverjüngungs fläche. Forst und Holzwirt, 27(3): 56–58.
- JALOVÍAR, P., 2003: Produkcia a kompetičné vzťahy jemných koreňov v rovníkových a zmiešaných častiach porastu. Acta facultatis forestalis XLV, s: 161–172.
- JALOVÍAR, P., 2005: Biomasa a nekromasa jemných koreňov v bukovom prírodnom lese Havešová. Acta facultatis forestalis XLVII, s: 157–167
- JALOVÍAR, P., et. al. 2008: Kvantita a distribúcia jemných koreňov v prechodnom lese NPR Badínsky prales. Acta facultatis forestalis L, s: 23–31.
- KAPLUNOVSKI, P. S., 1959: Nekotorije osobnosti vozzrastnoj struktury strojenja derevostojev i jestestvenogo vozobnovlenija v bukovych lesoch Zakarpatija. Naučne Trudy Ukrajin. Charkov 19, 93 pp.
- KAPLUNOVSKI, P. S., 1972: Osobnosti plodonosenija bukovych lesov. Lesovedenije 1, s: 51–61.
- KORPEL, Š., 1978: Začiatková fáza prirodzenej obnovy bukových porastov. Vedecké práce VÚLH Zvolen, 27: 109–141.
- KOSS, H., 1989: Untersuchungen zur natürlichen Verjüngung der Buche (*Fagus sylvatica*) auf ausgewählten Standorten Nordrhein-Westfalens. Dissertation, Uni. Göttingen, 240 pp.
- MAYER-WEGELIN, H., 1949: Die ökologischen Bedingungen der Buchennaturverjüngung Forst und Holzwirt, 4(23): 341–348.
- POLACSEK, K., 1954: Die Entwicklung der Buchennaturverjüngung in Wienerwald nach dem Mastjahr 1946. Zentralblatt für die gesamte Forstwesen. 71 (1/2): 35–72.

- RAVE, 1963: Über Planungen bei Naturverjüngung der Buche. Forst und Holzwirt, 17(7): 142–143.
- SANIGA, M., 1984: Vplyv clony materského porastu na počiatkové fázy prirodzenej obnovy buka. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 36: 771–774.
- SANIGA, M., 2007: Pestovanie lesa. Učebnica LF TU Zvolen. 310 pp.
- SCHREYER, G., 1967: Maschineneinsatz zur Unterstützung von Naturverjüngung. Allgem. Forstzeitschrift. 29, s: 496–499.
- SCHRITTMATTER, W., 1970: Anwendungsmöglichkeiten von synthetischen Wuchsstoffen zur Förderung von Naturverjüngung und zur Pflege von Jungbeständen. Allgem. Forstzeitschrift 18. s: 370–371.
- TRETJAK, J. D., 1954: Plodonošenje buka jevropejskogo v USSR. Naučn. Trudy Evovsk. Lesotechn. Instituta, T12, 91 pp.
- WACHTER, H., 1964: Über die Beziehungen zwischen Witterung und Buchenmastjahren. Forstarchiv, (4): 12–16.
- ZELENÁ SPRÁVA 2007: MP SR Lesnícky výskumný ústav Zvolen, 21 pp.

Adresa autora:

Prof. Ing. Milan Saniga, DrSc.

Katedra pestovania lesa

Lesnícka fakulta TU Zvolen

Masarykova 24

960 53 Zvolen

Slovenská republika

e-mail: saniga@vsld.tuzvo.sk

Initial phases of natural beech regeneration in the typological unit *Fagetum pauper* in the Malé Karpaty Mts

Summary

The paper deals with initial phases of European beech natural regeneration in beech communities belonging to the group of forest types *Fagetum pauper* in the Malé Karpaty Mts. The weight of beech (*Fagus sylvatica*, L.) seeds gathered from individual plots after a rich crop in 2001 ranged from 1 472 kg.ha⁻¹ to 2 067 kg.ha⁻¹. The number of germinable seeds varied from 3,868,000 pcs.ha⁻¹ to 5,111,000 pcs.ha⁻¹. The number of seeds per m² ranged from 611 pcs. to 858 pcs. The average germination rate of beech seeds varied from 61% to 63%. The lack of soil moisture is a very important factor for seedling mortality in the first years of life. In the compartment 396 that was exposed to drying wind during the last 4 years, high level of mortality was observed both on the plots with and without soil preparation. Concerning the processes of emergence, survival and growth of seedlings, the best results was observed on the plots with canopy closure level of 75%. In terms of soil preparation, the highest success was obtained by removal of litter and cultivation (digging up) of soil. On the plots with soil cultivation, there were 826000 pcs.ha⁻¹ of 4-year-old beech saplings. On the plots with litter removal, the number of beech individuals was 605000 pcs.ha⁻¹ in 2005 (Table 3). The analysis of initial phases of natural beech regeneration confirmed that the moisture regime is a very important factor for the survival of beech seedlings even in the case of a rich seed crop. A suitable moisture regime and a canopy closure level of 70–75% provide suitable conditions for the biological survival of 4-years-old beech saplings without soil preparation. Soil preparation by cultivation (digging up) results in 4 times higher counts of 4-year-old beech saplings than any other experimental variant.

Key words: European beech (*Fagus sylvatica*, L.), natural regeneration, emergence and survival of seedlings

KVANTIFIKÁCIA VPLYVU PÔDOOCHRANNEJ FUNKCIE BREHOVEJ VEGETÁCIE V KOMPLEXE SPOLUPÔSOBIACICH FAKTOROV

Mariana JAKUBISOVÁ

Jakubisová, M.: Kvantifikácia vplyvu pôdoochranej funkcie brehovej vegetácie v komplexe spolupôsobiacich faktorov. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, LI, 2009, č. 1, s. 43–51.

Práca sa zaoberá hodnotením pôdoochranej funkcie brehovej vegetácie v komplexe faktorov, ktoré ovplyvňujú stupeň ohrozenia pôdy eróziou na brehoch vodného toku. Výskum bol uskutočnený na toku Hučava v geomorfologickom celku Poľana. Na 15. pokusných úsekoch bol vypočítaný stupeň ohrozenosti brehov eróziou (SOBE) podľa klasifikácie, ktorú publikovali Rosgen, Silvey (1996). Bolo uskutočnené porovnanie hodnôt SOBE v súvislosti s recentným a modelovým percentom pokrytia svahov vegetáciou, hĺbkou a percentom prekorenenia svahov. Rozdiely hodnôt SOBE pre jednotlivé prípady potvrdzujú pozitívny význam brehovej vegetácie v súvislosti s jej pôdoochranným pôsobením na svahoch koryta vodného toku.

Kľúčové slová: brehová vegetácia, pôdoochranná funkcia, erózia, stupeň ohrozenosti brehov eróziou

1. ÚVOD A PROBLEMATIKA

Jednou zo základných funkcií brehových porastov je pôdoochranná funkcia. Označenie pôdoochranná funkcia stotožnil s pojmom brehoochranná funkcia v ťažiskovej práci o brehových porastoch VALTÝNI (1981). Autor definuje pôdoochrannú funkciu brehovej vegetácie ako spevňovanie brehov koreňovými sústavami, bránenie eróznemu rozrušeniu a odnosu pôdy z brehov vodných tokov a nádrží. Význam brehovej vegetácie z hľadiska ochrany pôdy pred eróziou potvrdili vo svojich prácach viacerí autori. ROSGEN (2002) uvádza, že v niektorých prípadoch môžu tvoriť pôdne straty vyvolané eróziou brehov vodných tokov až 80 % z celkových ročných pôdnych strát v povodí. POLLEN et al. (2004) zistili, že tento podiel môže tvoriť aj viac ako 50 % z celkových ročných pôdnych strát v povodí. Tieto hodnoty citovaní autori uvádzajú v súvislosti s rôznou kvalitou brehových porastov. WYNN, MOSTAGHIMI (2006) uvádzajú, že zmenou bylinného brehového porastu na stromový brehový porast sa znížil odnos pôdy eróziou o 39 %. Problematika skúmania vplyvu brehovej vegetácie na erodibilitu brehov vodných tokov je jedným z aktuálnych problémov na zabezpečenie ochrany krajiny proti vodnej erózii. Problematikou vplyvu brehových porastov na rozširovanie koryt vodných tokov vplyvom odnosu pôdy

sa detailne zaoberali HESSON et al. 2003 a ALLMENDINGER et al. 2005. HEY (IN: THORNE et al. 2005) odvodil rovnice na výpočet skutočnej šírky koryta na základe percenta pokrytia svahov stromovou a krovitou vegetáciou. Z literatúry (MURGATROYD, TERNAN 1983, DARBY, THORN 1998, ROSGEN, SILVEY 1996, HUPP, OSTERKAMP 1996, WYNN, MOSTAGHIMI, 2006 a iní) je známy vplyv rôznych faktorov na brehovú eróziu pôdy. Intenzita brehovej erózie sa mení v závislosti od geomorfologických pomerov (tvar údolia, výškové rozdiely a sklony priľahlých svahov), charakteru trasy toku (pozdĺžny sklon a smerové vedenie), tvaru prietokového profilu, geologických pomerov, pedologických pomerov (druh pôdy, prítomnosť pôdnych vrstiev, skeletnosť, pôdna vlhkosť, saturácia), vegetačných pomerov (tráva, byliny, kry, dreviny, charakteristiky porastu), klimatických pomerov (procesy zamŕzania a rozmŕzania, vysušania, mikroklimatické charakteristiky), využívania krajiny a starostlivosti o krajinu atď. Z uvedených skutočností vyplýva, že vplyv pôdoochranej funkcie brehových porastov nie je možné hodnotiť izolovane od ostatných spolupôsobiacich faktorov.

V Slovenskej republike, na rozdiel od iných vyspelých štátov Európy a sveta, sa venovalo problematike a významu pôdoochranej funkcie brehovej vegetácie pomerne málo autorov a to prevažne v starších prácach (VALTÝNI 1974, VALTÝNI 1981, ZACHAR A KOL. 1984, RAPLÍK et al. 1989, VALTÝNI et al. 1990, V. MACURA et al. 1995, VALTÝNI, JAKUBIS 2000). Pozitívne pôsobenie brehovej vegetácie na stabilitu brehov vodných tokov je dokumentované vo viacerých vedeckých prácach zahraničných autorov (MURGATROYD, TERNAN 1983, GRAY, MACDONNOLD 1989, THORNE 1990, MASTERMANN, THORNE 1994, TRIMBLE 1997, WINWARD 2000, EASSON YARBROUGH 2002, MICHELI, KIRCHNER 2002a, MICHELI, KIRCHNER 2002b, HESSON et al. 2003, ALLMENDINGER et al. 2005, WYNN, MOSTAGHIMI 2006 a iní). Problematika pôdoochranej funkcie brehových porastov je zložitá z hľadiska správneho posúdenia recentných ekologických podmienok a širokého spektra spolupôsobiacich vplyvov v danom prostredí. Vo všeobecnosti platí, že stabilné brehové porasty významne znižujú náchylnosť k odnosu pôdy z brehov vodných tokov a nádrží.

2. CIEĽ PRÁCE A METODIKA

2.1 Cieľ práce

Cieľom predkladaného príspevku je overenie metódy stanovenia stupňa ohrozenia brehov eróziou (Bank Erosion Hazard Index – BEHI) na svahoch vodného toku Hučava v geomorfologickom celku Poľana. Hlavným zámerom výskumu je zhodnotenie účinkov brehovej vegetácie (pomer hĺbky koreňov vegetácie z celkovej výšky svahu, percento pokrytia plochy svahov vegetáciou a hustota koreňov) na stabilitu svahov koryta vodného toku v súvislosti s jeho ohrozením eróziou. Vo výskume bola použitá metóda výpočtu Bank Erosion Hazard Index (BEHI), ktorú zostavil ROSGEN (in: ROSGEN, SILVEY 1996). Zostavovateľ vychádzal z metódy, ktorú publikoval PFANKUCH (1975). Metóda sa zakladá na určení hodnoty Bank Erosion Hazard Index (BEHI), t. j. stupňa ohrozenia brehu eróziou (SOBE). Túto metódu overili a použili vo svojich prácach viacerí zahraniční autori (HARMEL et al. 1999, VAN EPS et al. 2004, PEROT et al. 2004, MOODY et al.

2004, CARTER 2005, COMP. AUTHORS 2007, JONES et al. 2007, HANIMAN 2009 a iní). Stanovenie BEHI/SOBE je založené na posúdení piatich základných a dvoch spresňujúcich vstupných charakteristík (pozri nasledujúci prehľad, tabuľku 1 a doplňujúci text). Medzi základné charakteristiky patria:

- pomer výšky svahu k výške prietokového profilu – H_s/H_{pp} ,
- pomer hĺbky prekorenenia k výške svahu – K_h/H_s ,
- % prekorenenia svahu vegetáciou – $K\%$,
- uhol sklonu svahu – S_a ,
- % pokrytia brehu vegetáciou – $Veg\%$.

Všetky geometrické charakteristiky koryta toku sa vzťahujú k plnému prietokovému profilu (bankfull geometric characteristics). Z prehľadu vstupných charakteristík vyplýva, že vegetácia, resp. niektoré jej charakteristiky (hĺbka a % prekorenenia svahov a % ich pokrytia) je zohľadnená až v troch parametroch. Z toho je možné usúdiť, že pre kvantifikáciu ohrozenia svahu koryta odnosom pôdy má zásadný význam.

2.2 Metodika

Na vodnom toku Hučava v geomorfologickom celku Poľana bolo založených 15 pokusných úsekov s 15. pokusnými profilmi. Charakteristiky povodia a toku Hučava sme publikovali v práci JAKUBIS et al. (2007). Merania boli vykonané na priamych úsekoch toku. Pokusné úseky (ďalej PÚ) a pokusné profily (ďalej PP) boli vybrané tak, aby vystihovali charakter jednotlivých úsekov po celej dĺžke vodného toku. Reprezentatívne pokusné profily boli zamerané bežnými geodetickými metódami in situ a vykreslené v mierke 1 : 100. Do pôdorysov vykreslených v teréne sme priamo na mieste vyznačili plochy pokryté vegetáciou a bez vegetácie, čo slúžilo na určenie percenta pokrytia svahov vegetáciou. Metódou nivelácie sme zamerali sklonové pomery prietokových profilov a príľahlých svahov koryta vodného toku. Výsledky meraní sme vykreslili do priečných profilov a pôdorysov brehov v mierke 1 : 100 a z týchto údajov sme stanovili charakteristiky potrebné pre výpočet ukazovateľa ohrozenosti brehov eróziou. Z vykreslených priečných profilov (priečných rezov) sme zistili uhly sklonu svahov, výšky svahov a výšky prietokových profilov. Hĺbku prekorenenia sme zistili priamym meraním v teréne na reprezentatívnych pokusných profiloch na odkrytých častiach svahov koryta vodného toku, prípadne odvodením na základe porovnania príľahlých odkrytých častí svahov nezmenenej vegetácie. Percento prekorenenia svahu vegetáciou sme vypočítali ako percentuálny podiel hĺbky prekorenenia z celkovej výšky svahu. Materiál (balvany, hrubý štrk, štrk/piesok atď.) a stratifikáciu brehov sme zaznamenali, posúdili a vyhodnotili pre každý pokusný úsek v rámci terénnych meračských prác. Na výpočet charakteristík SOBE/BEHI sme použili metodiku hodnotenia podľa tabuľky 1.

Tab. 1 Charakteristiky na určenie stupňa ohrozenosti brehov eróziou – SOBE (Rosgen 1996)
Table 1 The characteristics to determination of Bank Erosion Hazard Index BEHI (Rosgen 1996)

Stupeň ohrozenosti (kategória stupňa ohrozenosti) (SOBE)		Výška svahu /výška prietokového profilu H_s/H_{pp}	Hĺbka prekorenenia /Výška svahu K_h/H_s	Hustota koreňov v % $K\%$	Uhol sklonu svahu ($^\circ$) S_a	% pokrytia brehu vegetáciou Veg %	Súčet Σ
Veľmi nízky	Hodnota	1,0–1,1	1,0–0,9	100–80	0–20	100–80	
	Index	1,0–1,9	1,0–1,9	1,0–1,9	1,0–1,9	1,0–1,9	5–9,5
Nízky	Hodnota	1,11–1,19	0,89–0,5	79–55	21–60	79–55	
	Index	2,0–3,9	2,0–3,9	2,0–3,9	2,0–3,9	2,0–3,9	10–19,5
Stredný	Hodnota	1,2–1,5	0,49–0,3	54–30	61–80	54–30	
	Index	4,0–5,9	4,0–5,9	4,0–5,9	4,0–5,9	4,0–5,9	20–29,5
Vysoký	Hodnota	1,6–2,0	0,29–0,15	29–15	81–90	29–15	
	Index	6,0–7,9	6,0–7,9	6,0–7,9	6,0–7,9	6,0–7,9	30–39,5
Veľmi vysoký	Hodnota	2,1–2,8	0,14–0,05	14–5,0	91–119	14–10	
	Index	8,0–9,0	8,0–9,0	8,0–9,0	8,0–9,0	8,0–9,0	40–45
Extrémny	Hodnota	>2,8	<0,05	<5	>119	<10	
	Index	10	10	10	10	10	46–50

- Na adjustáciu BEHI/SOBE so zohľadnením materiálového zloženia a stratifikácie svahu boli použité dve doplnujúce charakteristiky – zloženie materiálu a stratifikácia (existencia vrstiev) svahu. Podľa zloženia materiálu na svahoch je hodnotenie doplnené opravnými bodmi podľa nasledujúceho prehľadu (ROSGEN 2002):
 - **skalné podložie** – veľmi nízky stupeň nebezpečenstva (± 0 bodov),
 - **balvany** – nízky stupeň nebezpečenstva (± 0 bodov),
 - **hrubý štrk** (okruhliaky) – (odčítať 10 bodov okrem frakcie štrk/piesok s podielom >50 %),
 - **štrk** – (pripočítať 5 až 10 bodov v závislosti od % piesku),
 - **piesok** – (pripočítať 10 bodov),
 - **prach/il** – (hodnota bez úprav).
 - Stratifikácia svahu: +5 až +0 bodov v závislosti od počtu a rozloženia vrstiev pôdy.
- Pri hodnotení BEHI/SOBE je použitá nasledovná klasifikačná stupnica podľa sumy pridelených bodov: (5–9,5) veľmi nízky; (10–19,5) nízky; (20–29,5) stredný; (30–39,5) vysoký; (40–45) veľmi vysoký; (46–50) extrémny.

2. VÝSLEDKY

V snahe o zoskúpenie príspevku sú výsledky zhrnuté v tab. 2. Z tabuľky vyplýva, že hodnoty BEHI/SOBE pre jednotlivé prietokové profile sa pohybujú v rozpätí od 14,3 (PÚ2), čo znamená nízky BEHI/SOBE, do 43,7 (PÚ15), čo podľa uvedenej

klasifikácie znamená veľmi vysoký BEHI/SOBE. Hodnotenie BEHI/SOBE stupňom veľmi vysoký na PÚ 15 vyplýva z nepriaznivých vegetačných pomerov ($Veg \% = 9 \%$, $K_h = 10 \%$, pomer $K_h/H_s = 0,12$) a nepriaznivých geometrických charakteristík svahu ($H_s/H_{pp} = 2,1$; $S_a = 61^\circ$). Zaujímavé je modelovanie týchto charakteristík a otázka akou váhou (dôležitosťou) sa podieľajú vegetačné charakteristiky na výslednom stupni brehovej ohrozenosti eróziou, čiže kvantifikácia vplyvu vegetačných charakteristík na celkovú hodnotu BEHI/SOBE. Modelovaním vstupných vegetačných charakteristík ($Veg \%$ – percento pokrytia svahu vegetáciou, K_h – hustota koreňov, K_h/H_s – pomer hĺbky prekorenenia k výške svahu) sme zistili, že hodnota BEHI/SOBE sa s použitím modelových najpriaznivejších vegetačných charakteristík na PÚ15 ($Veg \% = 100 \%$, $K_h = 100 \%$, pomer $K_h/H_s = 1,0$) znížila z hodnoty BEHI/SOBE = 43,7 (stupeň ohrozenia veľmi vysoký) na BEHI/SOBE = 20,1 (stupeň ohrozenia stredný). Uvedený rozdiel predstavuje podľa klasifikácie (pozri tabuľku 1) zníženie BEHI/SOBE o dva klasifikačné stupne. Uvedené zistenie potvrdzuje, že stromové a krovinové brehové porasty sa významne podieľajú na stabilite brehov vodných tokov a pozitívne ovplyvňujú stabilitu súvisiacich ekosystémov. Vegetačný kryt môže významnou mierou znižovať odnos pôdy (sedimentov) prostredníctvom svojej pôdoochranej funkcie a podieľať sa na stabilizácii svahov vodných tokov.

Tab. 2 Výpočet stupňa ohrozenia brehov eróziou (SOBE)
Table 2 Calculation of Bank Erosion Hazard Index (BEHI)

P. č.	Stan. (km)	B (m)	H_{pp} (m)	H_s (m)	H_s/H_{pp}	K_h	K_h/H_s	K %	S_a (°)	Veg%	M_{sv}	STR	Σ	SOEP
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0,15	9,9	1,15	1,15	1,0	1,0	0,87	100	25	92	+7	±0	14,7	N
2	0,44	9,7	1,10	1,10	1,0	1,0	0,91	100	25	95	+7	±0	14,3	N
3	1,01	9,0	1,10	1,10	1,0	1,0	0,91	90	30	85	+7	±0	15,5	N
4	1,75	8,8	1,10	1,25	1,14	0,8	0,64	90	32	81	+6	±0	17,8	N
5	2,40	8,7	1,05	1,20	1,14	0,8	0,67	90	30	82	+6	±0	17,5	N
6	3,01	8,7	1,05	1,30	1,24	0,5	0,38	80	35	77	+6	±0	22,2	S
7	3,50	8,5	1,0	1,40	1,4	0,5	0,36	80	32	72	+6	±0	23,6	S
8	4,25	8,3	1,0	1,30	1,3	0,5	0,38	75	32	70	+6	±0	23,2	S
9	4,73	8,0	0,95	1,20	1,2	0,4	0,33	65	40	61	+5	±0	24	S
10	5,41	8,0	0,90	1,50	1,7	0,5	0,33	65	42	64	+5	±0	26,3	S
11	5,95	7,8	0,90	1,50	1,7	0,3	0,20	50	40	47	+5	±0	30,5	V
12	6,51	7,6	0,90	1,50	1,7	0,3	0,20	50	40	41	+5	±0	30,9	V
13	7,02	6,8	0,85	1,60	1,9	0,2	0,13	30	45	23	+5	±0	36,4	V
14	7,64	6,6	0,85	1,60	1,9	0,2	0,13	25	51	17	+5	±0	38,1	V
15	8,07	6,0	0,80	1,70	2,1	0,2	0,12	10	61	9	+5	±0	43,7	VV

Vysvetlivky k tabuľke 2: B (m) – šírka koryta v brehoch; H_{pp} (m) – výška prietokového profilu; S_{pp} (m²) – plocha prietokového profilu; H_s (m) – výška svahu; K_h (m) – hĺbka koreňov; K % – percento prekorenenia; S_a (°) – sklon svahu v stupňoch; Veg % – percento pokrytia vegetáciou; M_{sv} – body podľa materiálu svahu; STR – stratifikácia svahu; SOEP – stupeň ohrozenia svahu eróziou: N – nízky, S – stredný, V – vysoký, VV – veľmi vysoký

Metodika stanovenia hodnôt BEHI/SOBE môže mať aj ďalšie dôležité využitie. Je súčasťou metodiky, pomocou ktorej je možné relatívne presne predikovať priemerný ročný odnos pôdy z brehov tokov. Táto grafická metóda (pozri napr. ROSGEN SILVEY 1996, VAN EPS et al. 2004 a iní) vychádza z priamych meraní ročného odnosu pôdy z brehov korýt tokov v konkrétnych regiónoch (oblastiach) a vyžaduje si okrem stanovenia hodnôt BEHI/SOBE a priamych meraní odnosu pôdy (ústupu brehov) aj výpočet tzv. blízkobrehového tangenciálneho napätia – BTN (Near Bank Stress – NBS). Na určenie tejto hodnoty existuje viac rovnocenných možností. Môže to byť napr. výpočet pomeru medzi maximálnou hĺbkou koryta v blízkosti posudzovaného brehu H_b (m) a priemernou hĺbkou koryta H_ϕ (m), stanovenie pomeru medzi pozdĺžnym sklonom v oblúku (pool) I_o (%) a v priamom úseku (riffle) I_p (%), prípadne určenie pomeru medzi polomerom smerového oblúka trasy R_s (m) a šírkou koryta v brehoch B (m). Na základe niektorého z uvedených pomerov sa NBS/BTN slovne ohodnotí (pozri tab. 3) a vynesie sa do grafu spoločne s nameraným odnosom pôdy z brehov tokov a kategórii BEHI/SOBE.

V blízkej budúcnosti plánujeme metódu BEHI/BTN overovať v niektorých geomorfologických celkoch SR. Na založených pokusných úsekoch prebiehajú od roku 2007 merania priemerného ročného odnosu pôdy z brehov vodných tokov. Po vyhodnotení meraní bude uskutočnené porovnanie nameraných hodnôt odnosu s odvodenými pomocou zostrojených grafov.

Tab. 3 Klasifikácia blízkobrehového tangenciálneho napätia (BTN)

Table 3 Classification of near bank stress (NBS)

NBS/BTN	H_b/H_ϕ	I_o/I_p	R_s/B
Veľmi nízke	<1,0	<0,4	>3,0
Nízke	1,0–1,5	0,41–0,60	2,21–3,0
Stredné	1,51–1,8	0,61–0,80	2,01–2,2
Vysoké	1,81–2,5	0,81–1,0	1,81–2,0
Veľmi vysoké	2,51–3,0	1,01–1,2	1,5–1,8
Extrémne	>3,0	>1,2	<1,5

4. ZÁVER

Na základe porovnania vypočítaných hodnôt BEHI/SOBE s recentným stavom brehovej erózie na vybraných pokusných úsekoch vodného toku Hučava bolo zistené, že použitá metóda dáva dobré výsledky pri posudzovaní erózneho ohrozenia brehov tokov. Vzhľadom na predbežné výsledky doporučujeme pokračovať v overovaní tejto metódy aj na iných vodných tokoch podľa ich kategórií (rieky, potoky, bystriny), a tiež v rôznych geomorfologických celkoch s odlišnými pedologickými a ďalšími charakteristikami. Na základe priamych meraní odnosu pôdy z brehov tokov a určenia hodnoty BTN/NBS plánujeme v budúcnosti overovať presnosť metódy v predikovaní poškodzovania pôdy na brehoch tokov. Výsledky posudzovania BEHI/SOBE a BTN/NBS môžu

služiť na lokalizáciu a mapovanie erózných procesov v krajine, na určovanie poradia naliehavosti pôdoochranných opatrení na svahoch vodných tokov. Metóda BEHI/SOBE a BTN/NBS je vcelku nenáročná na získavanie vstupných charakteristík, nevyžaduje si zložitú meračskú techniku a preto si môže nájsť uplatnenie v praxi.

Literatúra

- ALLMENDINGER, N. F., PIZUTTO, J. E., POTTER, N., JOHNSON, T. E. AND HESSON, C. W. 2005: Influence of riparian vegetation on stream width, eastern Pennsylvania, USA. *The Geological Society of America Bulletin*, Vol. 117, No. 1–2, p. 229–243.
- CARTER, M. D. 2005: Stream assessment and constructed stormwater wetland research in the North Creek Watershed. Raleigh: North Carolina State University, 470 pp.
- COMPOSITE AUTHORS 2007: Stream assessment for Chippewa Creek. Cleveland, Ohio: Wade Trim Ohio, Inc., 21 pp.
- DARBY, S. E., AND THORNE, C. R. 1998: Development and testing of riverbank – stability analysis. *Journal of Hydraulic Engineering*, 122, No. 8, p. 773–457.
- GRAY, D. H. AND MACDONALD, A. 1989: The role of vegetation in river bank erosion. In: Ports, M. A. (ed.): *Hydraulic engineering. Proceedings of the National Conference, American Society of Civil Engineers*, p. 218–223.
- EASSON, G., YARBROUGH, L. D., 2002: The effect of Riparian Vegetation on Bank Stability. *Environmental and Engineering Geoscience*, 8, No 4, p. 247–260.
- HANIMAN, E. 2009: Estimating Bank Erosion in the Wissahickon Creek Watershed. Philadelphia: Philadelphia Water Department, Office of Watersheds, 27 pp.
- HARMEL, R. D., HAAN, C. T., DUTNELL, R. C. 1999: Evaluation of Rosgen' streambank erosion potential assessment in Northeast Oklahoma. *Journal of the American Water Resources Association*, Vol. 35, No. 1, pp 113–121.
- HESSION, W. C., PIZZUTO, J. E., JOHNSON, T. E., HORWITZ, R. I. 2003: Influence of bank vegetation on channel morphology in rural and urban watersheds. *Geology*, 31, p. 147–150.
- HEY, R. D. 2005: Stable River Morphology. In: Thorne, C. R., Hey, R. D., Newson, M. D. (eds.) 2005: *Applied Fluvial Geomorphology for River Engineering and Management*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., p. 223–236.
- HUANG, H. Q., NANSON, G. C. 1997: Vegetation and channel variation – a case study of four small streams in southeastern Australia. *Geomorphology*, 18, p. 237–249.
- HUPP, C. R., OSTERKAMP, W. R. 1996: Riparian vegetation and fluvial geomorphic processes. *Geomorphology*, Vol. 14, p. 277–295.
- JAKUBIS, M. 2004: Hodnotenie brehových porastov bystrín k. ú. Zvolen z hľadiska ohrozenia krajiny povodňami. In: Benčat, T. (ed.): *Zborník referátov vedeckej konferencie: Krajinné štruktúry a mimolesná vegetácia Zvolenskej kotliny*. Zvolen: Partner, s. 62–69.
- JAKUBIS, M., JAKUBISOVÁ, M., DRENGUBIAK, M. 2007: Vplyv brehových porastov na ustálenosť bystrinného koryta. In: Kodrík, M., Hlaváč, P. (eds.): *Zborník referátov vedeckej konferencie: Ochrana lesa 2007*, Zvolen: TU vo Zvolene, s. 139–151.
- JONES, D., SACCO, P., HOLTZCLAW, E., TILLERY, J. 2007: Creative strategies for implementing projects to manage non-point source pollution: A case study from the McDaniel Farm Park stream restoration project. In: *Proceedings of the 2007 Georgia Water Resources Conference*, Atlanta: University of Georgia, 4 pp.
- JULIAN, J. P., TORRES, R. 2006: Hydraulic erosion of cohesive riverbanks. *Journal of the American Water Resources Association*, Vol. 42, Issue 1, p. 69–82.
- MACURA, V., SZOLGAY, J., KOHNOVÁ, S., 1995: *Úpravy tokov*. Bratislava: STU, Stavebná fakulta, 272 s.
- MASTERMANN, R. AND THORNE, C. R. 1994: Analytical approach to predicting vegetation effect on flow resistance. In: Kirkby, M.J. (ed): *Process Models and Theoretical Geomorphology*. Chichester: John Wiley and Sons Ltd., BERG Special Publication Series, p. 201–218.

- MICHELI, E. R. AND KIRCHNER, J. W. 2002a: Effect of wet meadow riparian vegetation on streambank erosion. 1. Remote sensing measurements of streambank migration and erodibility. *Earth Surface Processes and Landforms*, 27, p. 627–639.
- MICHELI, E. R. AND KIRCHNER, J. W. 2002b: Effect of wet meadow riparian vegetation on streambank erosion. 2. Measurements of vegetated bank strength and consequences for failure mechanics. *Earth Surface Processes and Landforms*, 27, p. 687–697.
- MOODY, T., WIRTANEN, M., YARD, S. 2004: Searching for an effective method for predicting streambank erosion. Flagstaff, Arizona: Natural Channel Design, Inc., 15 pp.
- MURGATROYD, A. L. AND TERNAN, J. L. 1983: The impact of afforestation on stream bank erosion and channel form. *Earth Surface Processes and Landforms*, 8, p. 357–369.
- PEROT, M., SCHREINER, S., ROTH, N. 2004: Assessment of the 2000 Maryland stormwater design manual for stream channel protection effectiveness in Frederick County, Maryland. Columbia, Maryland: Versar, Inc., 26 pp.
- PFANKUCH, D. J. 1975: Stream reach inventory and channel stability evaluation. Washington, D. C.: USDA Forest Service, R1-75-002, 26 pp.
- POLLEN, N., SIMON, A., AND COLLISON, A. J. C. 2004: Advances in Assessing the Mechanical and Hydrologic Effects of Riparian Vegetation on Streambank Stability, In: S. Bennet and A. Simon, eds *Riparian Vegetation and Fluvial Geomorphology*, *Water Science and Applications* 8, AGU, p. 125–139.
- ROSGEN, D. L., SILVEY, H. L. 1996: *Applied River Morphology*. Pagosa Spring, Colorado: Wildland Hydrology, 396 s.
- ROSGEN, D. L. 2001: A stream channel stability assessment methodology. In: *Proceedings of the 7th federal inter-agency sedimentation conference*, Vol. II, Pagosa Springs, CO: Wildland Hydrology, p. 18–26.
- ROSGEN, D. L. 2002: A practical method of computing streambank erosion rate. Pagosa Spring, Colorado: Wildland Hydrology, 10 pp.
- RAPLÍK, M., VÝBORA, P., MAREŠ, K. 1989: *Úprava tokov*. Bratislava: Alfa, 640 s.
- THORNE, C. R. 1990: Effect of vegetation on river-bank erosion and stability. In: Thorne, J. B. (ed.): *Vegetation and erosion*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., p. 125–144.
- TRIMBLE, S. W. 1997: Stream channel erosion and change resulting from riparian forest. *Geology*, 25, p. 467–469.
- VALTÝNI, J. 1974: *Vegetačné úpravy tokov*. Bratislava: Príroda, 178 s.
- VALTÝNI, J. 1981: *Vyčleňovanie, zakladanie a obhospodarovanie brehových porastov podľa ich funkcií*. Bratislava: Príroda, 41 s.
- VALTÝNI, J., KRÍŽOVÁ, E., MESSINGEROVÁ, V. 1990: Vplyv brehových porastov na stabilitu bystrinného ekosystému. Zvolen: VÚLH, Vedecké práce, s. 253–262.
- VALTÝNI, J., JAKUBIS, M. 2000: Analýza závislostí stanovištných podmienok brehových porastov od hydraulických charakteristik koryta. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, XLII, s. 367–376.
- VAN EPS, M. A., FORMICA, S. J., MORRIS, T. L., BECK, J. M., COTTER, A. S. : 2004: Using bank erosion hazard index (BEHI) to estimate annual sediment loads from streambank erosion in the West Fork White River watershed. Little Rock: Arkansas Department of Environmental Preservation Division, 2005, 26 s.
- WYNN, T., MOSTAGHIMI, S. 2006: The effect of vegetation and soil type on streambank erosion, Southwestern Virginia, USA. *Journal of the American Water Resources Association*, 42, p. 69–82.
- ZACHAR, D. A KOL. 1984: *Lesnícke meliorácie*. Bratislava: Príroda, 488 s.
-

Adresa autora:

Ing. Mariana Jakubisová
Katedra prírodného prostredia
Lesnícka fakulta TU vo Zvolene
Masarykova 24
960 53 Zvolen
Slovenská republika

e-mail: jakubis@vsld.tuzvo.sk

The quantification of influence of the soil-protection function of riparian vegetation within the complex of concurrent factors

Summary

The report deals with the assessment of the soil-protection function of the riparian vegetation on the banks of a water flow. The research was accomplished on the water flow Hučava in the geomorphologic unit Poľana. For fifteen experimental sections, Bank Erosion Hazard Index (BEHI) was calculated in accordance with Rosgen (1996). The evaluation of the values of BEHI in association with percentage cover of the banks by the vegetation, rooting density and depth was performed. The differences of values of BEHI for particular cases underlined the importance of bank vegetation in association with the soil-protection function on the banks of the bed of a water-flow.

VPLYV VYBRANÝCH PRIETOKOV NA GEOMETRICKÉ CHARAKTERISTIKY PRIRODZENÝCH PRIETOKOVÝCH PROFILOV

Matúš J A K U B I S

Jakubis, M.: Vplyv vybraných prietokov na geometrické charakteristiky prirodzených prietokových profilov. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, LI, 2009, č. 1, s. 53–64.

Práca sa zaoberá analýzou vzťahov medzi vybranými N-ročnými prietokmi – Q_1 , Q_2 , Q_3 ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) a geometrickými charakteristikami prirodzených prietokových profilov – šírkou koryta v brehoch B (m), hĺbkou prietokového profilu H (m) a plochou prietokového profilu S_{pp} (m^2). Výskum bol uskutočnený na 22. prirodzených pokusných úsekoch na bystrine Hučava (plocha povodia $S_p = 41,16 \text{ km}^2$) v geomorfologickom celku Poľana. Boli analyzované závislosti: $B = f(Q_1)$, $B = f(Q_2)$, $B = f(Q_3)$, $H = f(Q_1)$, $H = f(Q_2)$, $H = f(Q_3)$, $S_{pp} = f(Q_1)$, $S_{pp} = f(Q_2)$, $S_{pp} = f(Q_3)$. Štatistické vyhodnotenie potvrdilo tesné korelačné závislosti v rámci analyzovaných vzťahov.

Kľúčové slová: bystriny, prirodzené prietokové profile, geometrické charakteristiky, prietoky

1. ÚVOD

Široké spektrum vzájomných väzieb, ktoré súvisia s komplexnou starostlivosťou o krajinu, vyžaduje zintenzívnenie výskumu v oblasti integrovaného manažmentu povodí. Dôležitým faktorom je ochrana krajiny pred povodňami, eróziou a ďalšími negatívnymi javmi v krajine. Snahy o správne riešenie úloh integrovaného manažmentu povodí vychádzajú v prvom rade z poučení z mnohých pozitívnych príkladov zo sveta, ale aj z viacerých domácich skúseností. V procese integrovaného manažmentu povodí pociťujeme na jednej strane čoraz viac nevyhnutnosť aktívnej spolupráce odborníkov mnohých oblastí, na druhej strane je dôležitý kontinuálny a permanentný rozvoj všetkých súvisiacich vedných disciplín. Tento rozvoj sa musí uskutočňovať prostredníctvom vedeckého výskumu, ktorého výsledky by čo najskôr mohli nájsť uplatnenie v praxi. Na KLSM LF TU vo Zvolene sa v naznačených súvislostiach venujeme problematike komplexnej starostlivosti o vodné toky v malých povodiach. Cieľom nášho snaženia je získavanie základných východiskových podkladov pre prírode blízke opatrenia vo vodných tokoch v malých povodiach a to so zohľadnením regionálnych špecifik. Opodstatnenosť nášho výskumného zamerania je podčiarknutá viacerými dôležitými skutočnosťami. V súvislosti s negatívnymi dopadmi globálnej klimatickej zmeny sa vynárajú viaceré riziká, ktoré sa zvyšujú vplyvom nárastu

antropogenného zaťaženia krajiny. Väčšie problémy a riziká si vyžadujú vyššie investície do preventívnej ochrany krajiny. Veľmi dôležitá je ekonomická efektívnosť vynaložených investícií. Čoraz viac sa prihliada na ekologické a environmentálne aspekty a legislatíva EÚ nás k tomu priamo zaväzuje. V posledných desaťročiach sa vo svete uplatňujú v procese prírody blízkej starostlivosti o vodné toky postupy, ktoré vychádzajú z regionálnych analýz. Ich výhodou je zohľadňovanie reálnych prírodných podmienok záujmových území v riešení úloh ochrany krajiny pred povodňami, eróziou atď.

2. PROBLEMATIKA

Problematikou regionálnych aspektov v procese prirodzeného vývoja vodných tokov a možnosťami ich uplatnenia v praxi sa v zahraničí aj u nás zaoberali viacerí autori.

Ak sú vo svete už dlhodobo a u nás predovšetkým v posledných rokoch akceptované výsledky vedeckého výskumu regionálnych rovníc a kriviek, ktoré vychádzajú zo vzájomných závislostí napr. medzi šírkou koryta v brehoch prirodzeného prietokového profilu B (m) a plochou povodia S_p (km²) t. j. zo závislosti $B = f(S_p)$, prípadne medzi priemernou hĺbkou prirodzeného prietokového profilu H (m) a S_p (km²), t. j. zo závislosti $H = f(S_p)$, alebo medzi plochou prirodzeného prietokového profilu S_{pp} (m²) a S_p (km²), predpokladáme, že regionálne vzťahy medzi vybranými N -ročnými prietokmi a uvedenými geometrickými charakteristikami koryt prirodzených koryt tokov sú taktiež z viacerých hľadísk zaujímavé.

V tomto ohľade je potrebné rozlišovať regionálne rovnice, ktoré sa vzťahujú ku konkrétnym regiónom, resp. oblastiam a rovnice pre jeden tok, resp. jedno povodie, ktoré je možné označiť za rovnice a krivky povodí. Široký priestor vidíme v budúcnosti v riešení problematiky vzájomných vzťahov medzi regionálnymi rovnicami a krivkami a rovnicami a krivkami jednotlivých povodí v regióne, resp. ich komparácie a následného zisťovania absolútnych a relatívnych hodnôt ich diferencií.

V návrhoch úprav a revitalizácií vodných tokov, vrátane bystrín, sa na Slovensku pri návrhoch prietokových profilov už dlhodobo vychádza z klasického postupu, podľa stanovenia N -ročných prietokov (Q_{100} , Q_{50} , Q_{20} , Q_{10} atď.) na základe stupňov ochrany objektov a kultúr v okolí riešeného toku. Vo všeobecnosti ide o ekonomicky a technicky náročné návrhy, ktoré môžu mať opodstatnenie napr. v intravilánoch miest a obcí, prípadne pri ochrane dôležitých objektov a podobne. V rámci preventívnej starostlivosti o bystriny, ktoré sa v podmienkach Slovenskej republiky nachádzajú vo veľkoplošných chránených územiach, je klasický postup dimenzovania prietokových profilov neopodstatnený. V takýchto prípadoch väčšinou riešime len lokálne zásahy, týkajúce sa určitých, väčšinou kratších úsekov bystrín. Okrem toho je známe, že pre dva rôzne vodné toky môžu byť hodnoty prietokov Q_{100} alebo aj Q_{50} totožné, ale hodnoty prietokov Q_1 , Q_2 , Q_5 a pod. sa môžu významne líšiť. V mnohých prípadoch (extravilány, chránené územia) nie je potrebné a niekedy ani možné navrhovať lokálne úpravy, resp. revitalizačné opatrenia pre prietoky vyššie ako Q_{10} . Práve v takýchto prípadoch je vhodné z ekologického hľadiska vychádzať z nižších návrhových prietokov.

V Slovenskej republike sa problematike regionálnych rovníc a kriviek, napriek dôležitosti problematiky pre prírodu blízke zásahy do korýt vodných tokov, venovalo doteraz len málo autorov. Ako prví sa problematikou vo všeobecnej rovine zaoberali RAPLÍK, SZOLGAY (1987), neskôr MACURA et al. (1995). Na detailnej teoreticko-metodologickej úrovni sa problematikou zaoberali vo viacerých prácach pracovníci Geografického ústavu SAV v Bratislave (LEHOTSKÝ, GREŠKOVÁ 2003, LEHOTSKÝ 2004, LEHOTSKÝ, NOVOTNÝ 2004, GREŠKOVÁ, LEHOTSKÝ 2006). Výsledky vlastného terénneho výskumu v tejto problematike publikoval vo viacerých prácach JKUBIS (2003, 2005, 2006, 2007).

Problematikou regionálnych rovníc a kriviek a možnosťami využitia výsledkov takéhoto výskumu v praxi sa v zahraničí v ťažiskových prácach zaoberali KELLERSHALS et al. (1972), WILLIAMS (1978), IKEDA et al. (1988), JOHNSON, HEIL (1996), HUANG (1996), PETIT, PAUQUET (1997), PAGE (1998), HARMAN et al. (1999), CASTRO, JACKSON (2001), WOHL et al. (2001), RADECKI, PAVLIK (2002), MCCANDLES, EVERET (2002), HUANG et al. (2002), PYRCE (2003), SWEET, GERATZ (2003), DOLL et al. (2003), POWEL et al. (2004), WESTERGARD et al. (2004), METCALF (2004), MULVIHILL et al. (2005), RIEDEL et al. (2005), STEWARDSON (2005), KEATON et al. (2005), CHAPLIN (2005), MOHAMOUD, PARMAR (2006), LEE, JULIEN (2006), BENT et al. (2006), TENNAKOON, MARSH (2007), KRSTOLIC, CHAPLIN (2007), MULVIHILL, BALDIGO (2007), MULVIHILL et al. (2006), MULVIHILL et al. (2007), HOOD (2007), PUGH et al. (2008) a iní.

3. MATERIÁL A METODIKA

3.1 Prírodné pomery povodia

Modelové povodie vodného toku Hučava sa nachádza v strede geomorfologického celku Poľana. Hučava sa nachádza v povodí rieky Slatina. Pramení v nadmorskej výške 1 285 m medzi lokalitami Dudáš a Na Mesiac. Uzavierajúci profil povodia sme situovali v tesnej blízkosti limnigrafu vo vzdialenosti 14,258 km od prameňa v nadmorskej výške 525 m. K uvedenému uzavierajúcemu profilu má vodný tok Hučava charakter bystriny, (vypočítaný koeficient bystrinnosti povodia $K_b = 0,312$). Plocha povodia $S_p = 41,16$ km². Dĺžka hlavného toku je $L = 14,285$ km, dĺžka prítokov $L_p = 55,311$ km, celková dĺžka tokov v povodí $L_t = 69,569$ km. Hustota vodných tokov v povodí $H_t = 1,69$ km.km⁻². Dĺžka údolnice $L_u = 14,34$ km, stredná šírka povodia $B_p = 2,87$ km. Absolútny spád toku $H_t = 760$ m. Najvyššou kótou v povodí je vrchol Poľana, ktorý má nadmorskú výšku 1 458 m. Absolútny spád povodia $H_p = 933$ m. Priemerný sklon toku je 5,33 %, priemerný sklon údolnice je 5,63 %. Priemerný sklon svahov povodia $I_{svp} = 32,30$ %. V uzavierajúcom prietokovom profile je hodnota prietokov $Q_{100} = 57,00$ m³ . s⁻¹, $Q_1 = 8,00$ m³ . s⁻¹, $Q_{364d} = 0,050$ m³ . s⁻¹, $Q_a = 0,670$ m³ . s⁻¹. Lesnatosť povodia $l \% = 82,4$ %.

Geologické podložie kaldery (centrálnej a západnej časti) Poľany tvoria mladotret'ohorné vulkanity. Prevládajúcim typom hornín na stavbe vulkánu sú rôzne petrografické variety andezitov, menej sa vyskytujú ryodacity a diority (DUBLAN, JÁNOŠOVÁ 1991). Prevládajúcim pôdnym typom v kaldere sú kambizeme typické, ktoré sa v skúmanom povodí vyskytujú na ploche 33,63 km², t.j. až na 81,7 % plochy povodia. Do nadmorskej výšky

700–800 m sú to kambizeme eutrofné, vo vyšších nadmorských výškach kambizeme kyslé nenasýtené. Vo vrcholových polohách vnútra kaldery sa na ploche 6,34 km² (15,4 % plochy povodia) vyskytujú andozeme typické. V bezprostrednom okolí vodných tokov sa vyskytujú gleje typické (s rozlohou 0,68 km², t.j. 1,65 % plochy povodia). Najmenšie zastúpenie z pôvodných typov majú rankre (0,51 km², t.j. 1,25 % plochy povodia). Z pôdnych druhov výrazne prevládajú hlinité pôdy (40,83 km², t.j. 99,2 % plochy povodia), podstatne menej je ílovitých (0,185 km², t.j. 0,45 % plochy povodia) a piesočnato-hlinitých pôd (0,145 km², t.j. 0,35 % plochy povodia). Najnižšie časti povodia (na západnej strane) patria do klimatickej oblasti mierne teplej (M) s priemerne menej ako 50. letnými dňami za rok s denným maximom teploty vzduchu ≥ 25 °C a júlovým priemerom teploty vzduchu ≥ 16 °C a klimatického okrsku M6 – mierne teplého, vlhkého vrchovinového. Vyššie polohy CHKO BR Poľana patria do klimatickej oblasti chladnej (C) s júlovým priemerom teploty vzduchu < 16 °C, s okrskom C1 – mierne chladným, veľmi vlhkým, ktorý zaberá najrozsiahljšiu časť skúmanej oblasti. Najvyššie polohy spadajú do okrsku C2 – chladného horského, veľmi vlhkého. Ide o územie v najvyšších polohách – v okolí vrchu Poľana (1 458 m n. m.). Priemerný ročný úhrn zrážok pre povodie predstavuje od $\bar{Z} = 951$ mm. Priemerná ročná teplota v povodí je $\bar{T} = 5,3$ °C. Z hľadiska výskytu drevín prevládajú ihličnaté (62 %) nad listnatými (38 %). Lesné porasty sa vyskytujú v 3. až 7. lesnom vegetačnom stupni.

3.2 METODIKA

Z metodologického hľadiska je najdôležitejší výber pokusných úsekov a profilov a následné určenie ich reprezentatívnych geometrických a hydraulických charakteristík. Riešenie tohto problému vychádza z viacerých prác, ktoré publikovali zahraniční autori (WILLIAMS 1978, PAGE 1988, ROSGEN 1994, ROSGEN, SILVEY 1996, PETIT, PAUQUET 1997, HARMAN et al. 1999, CASTRO, JACKSON (2001), MC.CANDLERS, EVERET 2002, PYRCE 2003 a iní).

Na bystrine Hučava sme v rôznych vzdialenostiach od uzavierajúceho prietokového profilu založili v priamych úsekoch 22 pokusných úsekov (PÚ) s 22. pokusnými profilmi (PP). Dĺžka PÚ predstavovala minimálne trojnásobok šírky koryta v brehoch B (m). PÚ boli vyberané tak, aby svojimi geometrickými a hydraulickými charakteristikami reprezentovali určitý (dlhší) úsek toku, PP boli vyberané tak, aby uvedenými charakteristikami výstižne reprezentovali PÚ. Niveláciou boli zmerané geometrické charakteristiky prietokového profilu a údaje na výpočet pozdĺžneho sklonu dna PÚ. Vzorky splavenín na stanovenie rozmeru efektívneho zrna (a následné stanovenie stupňa drsnosti PP) metódou prof. Krešla (KREŠL 1982) boli odoberané na každom PP z pásu so šírkou $d_{\max}$, ktorý sme vytýčili kolmo na os toku pomocou drevených kolíkov a silonových laniek. Stupeň drsnosti bol stanovený pomocou tabuliek (STURM 2001).

Výber modelových prietokov vychádzal z výsledkov nášho predchádzajúceho výskumu (JAKUBIS 2007). V spomenutom výskume sme zistili, že prietokové kapacity prirodzených prietokových profilov v oblasti geomorfologického celku Poľana dosahujú priemernú hodnotu na úrovni $Q_{2,6}$ (t.j. na úrovni 2,6-ročného prietoku).

Hodnoty N-ročných prietokov sme získali na účely výskumu bezplatne od SHMÚ Bratislava, Regionálne stredisko Banská Bystrica. Vzhľadom na existenciu limnigrafu na bystrine Hučava v bezprostrednej blízkosti uzavierajúceho prietokového profilu je možné prietoky, zistené dlhodobými meraniami, považovať za presné.

Geometrické a hydraulické charakteristiky jednotlivých PP sú uvedené v tab. 1 a 2. N-ročné a m-denné prietoky k jednotlivým PP obsahuje tab. 3.

Tab. 1 Geometrické charakteristiky pokusných profilov
Table 1 Geometric characteristics of experimental profiles

P. č. PP	Sp (km ²)	Staničenie (km)	m n. m	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	11
1	41,158	0	523	10,3	1,15	9,4	7,1	4	11,1	0,847
2	39,048	1,434	554	9,9	1,15	9,1	7	3,8	10,8	0,843
3	38,153	2,027	568	9,7	1,1	8,8	7	3,4	10,4	0,846
4	37,582	2,532	575	9	1	8	6,9	3,3	10,2	0,784
5	37,307	2,831	582	8,8	1,1	7,7	6,5	3,6	10,1	0,762
6	36,651	3,3	602	8,7	1	7,3	6,4	3,3	9,7	0,753
7	36,085	3,765	620	8,7	1,05	7,3	6,3	3,7	10	0,73
8	35,304	4,204	625	8,7	1,1	7,1	5,8	3,6	9,4	0,755
9	34,575	4,607	640	8,5	1	7	5,8	3,7	9,5	0,737
10	32,901	5,069	656	8,6	1,05	6,9	5,7	3,3	9	0,767
11	32,207	5,349	662	8,2	1	6,7	5,5	3,5	9	0,744
12	31,763	5,751	670	8	0,95	6,1	5,4	3,3	8,7	0,701
13	30,534	6,165	681	7,9	1	6	5,3	3,5	8,8	0,682
14	29,1	6,652	695	8	0,95	6,1	5,5	3,4	8,9	0,685
15	27,033	7,095	711	7,8	0,9	5,6	5,3	3,	8,3	0,675
16	26,801	7,496	728	7,6	0,9	5,3	5	3,4	8,4	0,631
17	24,552	7,871	740	7,1	0,95	5	5	3,1	8,1	0,617
18	23,765	8,225	755	6,8	0,9	4,5	5	2,7	7,7	0,584
19	20,469	8,724	765	6,6	0,85	4,4	4,8	2,5	7,3	0,603
20	19,431	9,15	775	6	0,8	3,6	4,4	1,9	6,3	0,571
21	12,633	9,628	785	5,2	0,75	3,3	3,9	1,8	5,7	0,579
22	9,713	10,096	810	3,9	0,65	2,1	3	1,6	4,6	0,457

Vysvetlivky k tab. 1: B – šírka koryta v brehoch (m), H – výška prietokového profilu (m), S_{pp} – plocha prietokového profilu (m²), O₁ – čiastkový omočený obvod – dno (m), O₂ – čiastkový omočený obvod – svahy (m), O – omočený obvod (m), R – hydraulický rádius (m)

Tab. 2 Hydraulické charakteristiky pokusných profilov
Table 2 Hydraulic characteristics of experimental profiles

P. č. PP	Staničenie (km)	d_e (m)	n_1 (-)	n_2 (-)	n (-)	y (-)	c ($m^{0,5} \cdot s^{-1}$)	i (%)	v ($m \cdot s^{-1}$)	Q_K ($m^3 \cdot s^{-1}$)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0	0,09	0,032	0,05	0,0382	0,299	24,921	1,1	2,405	22,611
2	1,434	0,101	0,0321	0,05	0,0381	0,299	24,937	1,17	2,476	22,537
3	2,027	0,115	0,0328	0,05	0,0382	0,299	24,929	1,19	2,501	22,011
4	2,532	0,111	0,0326	0,05	0,038	0,3	24,489	1,5	2,655	21,245
5	2,831	0,12	0,033	0,05	0,0388	0,305	23,73	1,75	2,74	21,1
6	3,3	0,1	0,0324	0,05	0,0381	0,302	24,083	1,9	2,88	21,028
7	3,765	0,111	0,0326	0,035	0,0387	0,306	23,434	2	2,831	20,67
8	4,204	0,115	0,0328	0,05	0,0391	0,307	23,462	1,9	2,81	19,951
9	4,607	0,122	0,0331	0,05	0,0394	0,309	23,089	2,15	2,906	20,345
10	5,069	0,122	0,0331	0,05	0,039	0,306	23,62	1,95	2,888	19,932
11	5,349	0,125	0,0333	0,05	0,0395	0,309	23,091	2,1	2,886	19,338
12	5,751	0,112	0,0326	0,035	0,0335	0,281	27,006	2,05	3,237	19,748
13	6,165	0,125	0,0333	0,035	0,034	0,284	26,393	2,2	3,233	19,398
14	6,652	0,128	0,0335	0,0335	0,0335	0,282	26,831	2,01	3,148	19,205
15	7,095	0,125	0,333	0,333	0,0333	0,281	26,88	2,2	3,275	18,343
16	7,496	0,122	0,0331	0,035	0,0339	0,285	25,885	2,4	3,185	16,883
17	7,871	0,11	0,0325	0,035	0,0334	0,284	26,064	2,51	3,243	16,218
18	8,225	0,12	0,033	0,035	0,0337	0,286	25,44	3,3	3,531	15,892
19	8,724	0,125	0,0333	0,035	0,0339	0,287	25,524	3,22	3,556	15,649
20	9,15	0,135	0,034	0,034	0,034	0,288	25,022	3,63	3,602	12,968
21	9,628	0,13	0,0337	0,0337	0,0337	0,286	25,366	3,9	3,811	12,578
22	10,096	0,135	0,034	0,034	0,034	0,293	23,369	4,33	3,287	6,903

Vysvetlivky k tab. 2: d_e – rozmer efektívneho zrna (m), n_1 – čiastkový stupeň drsnosti – dno (-), n_2 – čiastkový stupeň drsnosti – svahy (-), n – celkový stupeň drsnosti prietokového profilu (-), y – premenlivý mocniteľ v Pavlovského rýchlostnom súčiniteli $(-y = 2,5 \cdot \sqrt{n} - 0,13 - 0,75 \cdot \sqrt{R}(\sqrt{n} - 0,11))$, 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 plným prietokovým profilom – bankfull discharge ($m^3 \cdot s^{-1}$)

Tab. 3 N-ročné a m-denné prietoky
Table 3 N-yearly and m-daily discharges

P. č. PP	S _p (km ²)	Staničenie (km)	Q _{30d} (m ³ .s ⁻¹)	Q _{364d} (m ³ .s ⁻¹)	Q ₁ (m ³ .s ⁻¹)	Q ₂ (m ³ .s ⁻¹)	Q ₅ (m ³ .s ⁻¹)	Q ₅₀ (m ³ .s ⁻¹)	Q ₁₀₀ (m ³ .s ⁻¹)
1	2	3	9	10	4	5	6	7	8
1	41,158	0	1,708	0,050	8,00	15,00	23,00	49,00	59,00
2	39,048	1,434	1,623	0,048	7,60	14,25	21,85	46,55	56,05
3	38,153	2,027	1,588	0,047	7,44	13,95	21,39	45,57	54,87
4	37,582	2,532	1,554	0,046	7,28	13,65	20,93	44,59	53,69
5	37,307	2,831	1,554	0,046	7,28	13,65	20,93	44,59	53,69
6	36,651	3,3	1,520	0,045	7,12	13,35	20,47	43,61	52,51
7	36,085	3,765	1,503	0,044	7,04	13,20	20,24	43,12	51,92
8	35,304	4,204	1,469	0,043	6,88	12,90	19,78	42,14	50,74
9	34,575	4,607	1,435	0,042	6,72	12,60	19,32	41,16	49,56
10	32,901	5,069	1,366	0,040	6,40	12,00	18,40	39,20	47,20
11	32,207	5,349	1,332	0,039	6,42	11,70	17,94	38,22	46,02
12	31,763	5,751	1,315	0,039	6,16	11,55	17,71	37,73	45,43
13	30,534	6,165	1,264	0,037	5,92	11,10	17,02	36,26	43,66
14	29,1	6,652	1,213	0,036	5,68	10,65	16,33	34,79	41,89
15	27,033	7,095	1,127	0,033	5,28	9,90	15,18	32,34	38,94
16	26,801	7,496	1,110	0,033	5,20	9,75	14,95	31,85	38,35
17	24,552	7,871	1,025	0,030	4,80	9,00	13,80	29,40	35,40
18	23,765	8,225	0,991	0,029	4,64	8,70	13,34	28,42	34,22
19	20,469	8,724	0,854	0,025	4,00	7,50	11,50	24,50	29,50
20	19,431	9,15	0,803	0,024	3,76	7,05	10,81	23,03	27,73
21	12,633	9,628	0,529	0,016	2,48	4,65	7,13	15,19	18,29
22	9,713	10,096	0,410	0,012	1,92	3,60	5,52	11,76	14,16

Vysvetlivky k tab. 3: Q₁, Q₂, Q₅, Q₅₀, Q₁₀₀ – N-ročné prietoky (m³ . s⁻¹), Q_{30d} – 30-dňový prietok (m³ . s⁻¹), Q₃₆₄ – 364-dňový priemerný dlhodobý ročný prietok (m³ . s⁻¹)

4. VÝSLEDKY

Výsledky sú z dôvodov stanoveného rozsahu článku a lepšej názornosti podrobne spracované v tab. 4. Zo zistených výsledkov považujeme za najdôležitejšie nasledovné:

- Analýzou získaných výsledkov bolo zistené a štatistickým testovaním potvrdené, že existujú tesné korelačné závislosti vzťahov $B = f(Q_1)$, $B = f(Q_2)$, $B = f(Q_5)$, $H = f(Q_1)$, $H = f(Q_2)$, $H = f(Q_5)$, $S_{pp} = f(Q_1)$, $S_{pp} = f(Q_2)$, $S_{pp} = f(Q_5)$.

- Hodnota indexu korelácie pre závislosti $B = f(Q_1)$, $B = f(Q_2)$, $B = f(Q_5)$ je $I_{yx} = 0,9816$, hodnota indexu determinácie $I_{yx}^2 = 0,9635$. Na vyrovnanie závislosti bola použitá regresná rovnica vo všeobecnom tvare:

$$Y_B = a_{B01} \cdot X_B^{Ba11} \quad (4.1)$$

ktorá pre známy prietok Q_1 ($m^3 \cdot s^{-1}$) po dosadení absolútneho a regresného koeficienta nadobudne tvar:

$$B = 2,7498 \cdot Q_1^{0,6067} \quad (m) \quad (4.2)$$

Pre známy prietok Q_2 ($m^3 \cdot s^{-1}$) po dosadení absolútneho a regresného koeficienta rovnica nadobudne tvar:

$$B = 1,8779 \cdot Q_2^{0,6067} \quad (m) \quad (4.3)$$

Pre známy prietok Q_5 ($m^3 \cdot s^{-1}$) po dosadení absolútneho a regresného koeficienta rovnica nadobudne tvar:

$$B = 1,4489 \cdot Q_5^{0,6067} \quad (m) \quad (4.4)$$

- Hodnota indexu korelácie pre závislosti $H = f(Q_1)$, $H = f(Q_2)$, $H = f(Q_5)$ je $I_{yx} = 0,9519$, hodnota indexu determinácie $I_{yx}^2 = 0,9060$. Na vyrovnanie závislosti bola použitá regresná rovnica vo všeobecnom tvare:

$$Y_H = a_{H01} \cdot X_H^{Ha11} \quad (4.5)$$

ktorá pre známy prietok Q_1 ($m^3 \cdot s^{-1}$) po dosadení absolútneho a regresného koeficienta nadobudne tvar:

$$H = 0,4984 \cdot Q_1^{0,3840} \quad (m) \quad (4.6)$$

Pre známy prietok Q_2 ($m^3 \cdot s^{-1}$) po dosadení absolútneho a regresného koeficienta rovnica nadobudne tvar:

$$H = 0,3915 \cdot Q_2^{0,3840} \quad (m) \quad (4.7)$$

Pre známy prietok Q_5 ($m^3 \cdot s^{-1}$) po dosadení absolútneho a regresného koeficienta rovnica nadobudne tvar:

$$H = 0,3322 \cdot Q_5^{0,3840} \quad (m) \quad (4.8)$$

- Hodnota indexu korelácie pre závislosti $S_{pp} = f(Q_1)$, $S_{pp} = f(Q_2)$, $S_{pp} = f(Q_5)$ je $I_{yx} = 0,9770$, hodnota indexu determinácie $I_{yx}^2 = 0,9545$. Na vyrovnanie bola použitá regresná rovnica vo všeobecnom tvare:

$$S_{pp} = a_{spp01} \cdot X_{spp}^{Sppa11} \quad (m) \quad (4.9)$$

ktorá pre známy prietok Q_1 ($m^3 \cdot s^{-1}$) po dosadení absolútneho a regresného koeficienta nadobudne tvar

$$S_{pp} = 0,8795 \cdot Q_1^{1,1090} \quad (m) \quad (4.10)$$

Pre známy prietok Q_2 ($m^3 \cdot s^{-1}$) po dosadení absolútneho a regresného koeficienta rovnica nadobudne tvar:

$$S_{pp} = 0,4380 \cdot Q_2^{1,1090} \quad (m) \quad (4.11)$$

Pre známy prietok Q_5 ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) po dosadení absolútneho a regresného koeficienta rovnica nadobudne tvar:

$$S_{pp} = 0,2726 \cdot Q_5^{1,1090} \quad (\text{m}) \quad (4.12)$$

Zistené výsledky sme overili štatistickým testovaním. Indexy korelácie I_{yx} , ktoré boli vypočítané pre všetky analyzované závislosti, sú náhodnými veličinami, preto je potrebné otestovať, či sa vypočítané výberové indexy korelácie I_{yx} významne líšia od nuly, teda či korelácia medzi jednotlivými vzťahmi skutočne existuje. Testovali sme nulovú hypotézu, že v základných súboroch sú indexy korelácie I_{yx} rovné nule (ŠMELKO 1991). Nulová hypotéza teda znie: $I_{yx} = 0$. Túto nulovú hypotézu sme testovali pre všetky analyzované závislosti pomocou testovacej charakteristiky:

$$t = \frac{I_{yx}}{s_r} \quad \text{kde} \quad (4.13)$$

$$s_r = \sqrt{\frac{1 - I_{yx}^2}{n - 2}} \quad (4.14)$$

Za predpokladu, že výber pochádza z približne normálneho súboru $I_{yx} = 0$, má Studentovo t rozdielne $sf = n - 2$ stupňami voľnosti. Hodnota s_r znamená odhad smerodajnej odchýlky (strednej chyby) rozdelenia všetkých možných výberových koeficientov. V prípade, že vypočítaná hodnota $t > t_{\alpha; f} = t_{0,01(20)} = 2,845$, čo znamená, že všetky vypočítané indexy korelácie I_{yx} sú významne rozdielne od nuly, nulovú hypotézu pre všetky analyzované vzťahy zamietame (podrobne pozri tab. 4).

Tab. 4 Štatistické vyhodnotenie a testovanie
Table 4 Statistical evaluation and testing

P. č.	Korelačná závislosť	Regresná rovnica	I_{yx}	I_{yx}^2	s_r	t	> = <	$t_{0,01(20)}$	Regresné koeficienty	
									a_0	a_1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	$B = f(Q_1)$	$y = a_0 \cdot x^{a_1}$	0,9816	0,9635	0,04272	22,98	>	2,845	2,7498	0,6067
2	$B = f(Q_2)$		0,9816	0,9635	0,04272	22,98	>	2,845	1,8779	0,6067
3	$B = f(Q_5)$		0,9816	0,9635	0,04272	22,98	>	2,845	1,4489	0,6067
4	$H = f(Q_1)$		0,9519	0,9060	0,06855	13,88	>	2,845	0,4984	0,3840
5	$H = f(Q_2)$		0,9519	0,9060	0,06855	13,88	>	2,845	0,3915	0,3840
6	$H = f(Q_5)$		0,9519	0,9060	0,06855	13,88	>	2,845	0,3322	0,3840
7	$S_{pp} = f(Q_1)$		0,9770	0,9545	0,04770	20,48	>	2,845	0,8795	1,1090
8	$S_{pp} = f(Q_2)$		0,9770	0,9545	0,04770	20,48	>	2,845	0,4380	1,1090
9	$S_{pp} = f(Q_5)$		0,9770	0,9545	0,04770	20,48	>	2,845	0,2726	1,1090

5. ZÁVER

Výskum regionálnych závislostí a postupná tvorba regionálnych rovníc a kriviek vytvára nové možnosti získavania relevantných poznatkov v oblasti torenčálnej morfológie. Tieto poznatky môžu byť, vzhľadom na rôzne výhody, využívané v procese integrovaného manažmentu bystrinných povodí, konkrétne v činnostiach, ktoré súvisia s preventívnou, prírodou blízkou ochranou krajiny pred škodlivými účinkami bystrín, t. j. predovšetkým pred lokálnymi povodňami a eróziou.

Práca vznikla s finančnou podporou grantovej agentúry MŠ SR VEGA v súvislosti s riešením vedeckého projektu č. 1/0691/09 Základné princípy regionálnej hydraulikkej geometrie vodných tokov v malých povodiach.

Literatúra

- BENT, G. C., 2006: Equations for estimating bankfull – channel geometry and discharge for streams in the northeastern United States. Proceedings of the Joint Federal Interagency Conference, Book of Abstracts, 3rd Federal Interagency Modeling Conference and 8th Federal Interagency Sedimentation Conference. Reno, Nevada: 2006, p. 314.
- 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: 1249–1262.
- DOOL, B. A., DOBBINS, A. D., SPOONER, J., CLINTON, D. R., BIDELESPACH, 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 p.
- DUBAN, L., JANOŠOVÁ, J., 1991: Geologická stavba kaldery Poľany. Zborník referátov Stredoslovenského múzea v Banskej Bystrici 10, p. 19–38.
- GREŠKOVÁ, A., LEHOTSKÝ, M., 2006: Stav plného koryta a jeho význam pre poznávanie manažment morfológie vodných tokov. Geografický časopis, 58, č. 4, s. 317–328.
- HARMAN, W. A., JENNINGS, G. D., PATTERSON, J. M., CLINTON, D. R., SLATE, L. O., JESSUP, A. G., EVERHART, J. R., SMITH, R. E., 1999: Bankfull Hydraulic Geometry Relationships for North Carolina Streams. In: Olsen, D. S., Potyondy, J. P. (eds.): AWRA Wildland Hydrology Symposium Proceedings, Bozeman, MT, 7 p.
- HOOD, W. G., 2007: Scaling tidal channel geometry with marsh island area: A tool for habitat restoration, linked to channel formation process. Water Resour. Res., 43, W03409.
- HUANG, H. Q., HANSON, G. C. and FAGAN, S. D.: Hydraulic geometry of straight alluvial channels and the variational principle of least action. Journal of Hydraulic Research, 40, 2002, 2: 153–160.
- HUANG, H. Q., 1996: Alluvial channel geometry: theory and applications. Journal of Hydraulic Engineering 122: 750–751.
- CHAPLIN J. J., 2005: Development of regional curves relating bankfull-channel geometry and discharge to drainage area for streams in Pennsylvania and selected areas of Maryland. Reston, Virginia: U. S. Geological Survey, Scientific Investigations Report 2005-5147, 34 p.
- IKEDA, S., PARKER, G., KIMURA, Y., 1988.: Stable width and depth of straight gravel rivers with heterogeneous bed materials. Water Resources Res. 24, 5: 713–721.
- JAKUBIS, M., 1999: Odtokové charakteristiky vodných tokov chránenej krajiny oblasti – Biosférickej rezervácie Poľana. Journal of Forest Science, 45, (10), s. 467–480.
- JAKUBIS, M., 2003: Vzťahy hydraulikkej geometrie v prirodzene ustálených úsekoch bystrín. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, XLV, s. 113–126.
- JAKUBIS, M., 2005: Analýza vývoja koryta bystriny metódou regionálnych kriviek. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, XLVII, s. 377–386.
- JAKUBIS, M., 2006: Analýza vzťahov regionálnej hydraulikkej geometrie vodných tokov CHKO BR Poľana. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, XLVIII, s. 395–409.

- JAKUBIS, M., 2007: Analýza kapacity prirodzených profilov a možnosti využitia výsledkov v procesoch preventívnej starostlivosti o bystriny. In: Klč, P. (ed.). Zborník referátov, vedeckej konferencie Lesnícké stavby a jejich perspektivy. Praha: ČZU, s. 29–36.
- JOHNSON, P. A., HEIL, T. M., 1996: Uncertainty in Estimating Bankfull Conditions. *Water Resources Bulletin Journal of the American Water Resources Association*, 32, 6: 1283–1292.
- KEATON, J. N., MESSINGER, T., DOHENY, E. J., 2005: Development and analysis of regional curves for streams in the non – urban valley and Ridge physiographic provinces, Maryland, Virginia and West Virginia. U. S. Geological Survey Scientific Report 2005-5076, 116 p.
- KELLERSHALS, R., NEIL, C. R., BRAY, D. I., 1972: Hydraulic and geomorphic characteristics of rivers in Alberta. *River Engineering and Surface hydrology Report*, 72-1, 52 p.
- KREŠL, J., 1982: Zrntostní rozbor hrubozrných splavenin pro potřeby hrazení bystřin. *Lesnictví*, 28, (8) p. 695–708.
- KRSTOLIC, J. L., CHAPLIN, J. J., 2007: Bankfull regional curves for streams in the non – urban, non – tidal Coastal Plain Physiographic Province Virginia and Maryland. U. S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2007-5136, 48 p.
- LEE, J-S., JULIEN, P. Y., 2006: Downstream Hydraulic Geometry of Alluvial Channels. *J. Hydr. Engrg.* Volume 132, Issue 12, pp. 1347–1352.
- LEHOTSKÝ, M., GREŠKOVÁ, A., 2003: Geomorphology, fluvial geosystems and riverine landscape (methodological aspects). *Geomorphologia Slovaca*, III., 2, s. 46–59.
- LEHOTSKÝ, M., 2004: Hodnotenie morfológie vodných tokov. *Geomorphologia Slovaca*, IV., 2, s. 36–47.
- LEHOTSKÝ, M., NOVOTNÝ, J., 2004: Morfológické zóny vodných tokov Slovenska. *Geomorphologia Slovaca*, IV., 2, s. 48–53.
- Mc. CANDLESS, 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 p.
- MACURA, V., SZOLGAY, J., KOHNŇOVÁ, S., 1995: Úpravy tokov. Bratislava: STU, 272 p.
- METCALF, CH., 2004: Regional Channel Characteristics for Maintaining Natural Fluvial Geomorphology in Florida Streams. Panama City, USA: U.S. Fish and Wildlife Service, 44 p.
- 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 p.
- MULVIHILL, C. I., ERNST., BALDIGO, B. P., 2006.: Regionalized equations for bankfull- discharge and channel characteristic of streams in New York State: hydrologic region 7 in western N.Y.: U. S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2006-5075, 14 p.
- MULVIHILL, C. I., FILOPOWITZ, A., COLEMAN, A., BALDIGO, B. P., 2007: Regionalized equations for bankfull discharge and channel characteristics of streams in New York State-hydrologic region 1 and 2 in the Adirondack region of northern New York: U. S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2007-5189, 18 p.
- MULVIHILL, C. I., BALDIGO, B. P., 2007: Regionalized equations for bankfull discharge and channel characteristics of streams in New York State- hydrologic region 3 east of the Hudson River: U. S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2007-5227, 15 p.
- MOHAMOUD, Y. M., PARMAR, R. S., 2006: Estimating streamflow and associated hydraulic geometry the Mid-Atlantic region USA. *Journal of the American Water Resources Association*, vol. 42, (3), pp. 755–768.
- PAGE, K. J., 1988: Bankfull discharge frequency for the Murrumbidgee River, New South Wales. In: Warner, R. F. (ed.): *Fluvial geomorphology of Australia*. Sydney: Academic Press: 267–281.
- PETTIT, F., PAUQUET, A., 1997: Bankfull discharge recurrence interval in gravel – bed rivers. *Earth Surface Processes and Landforms*, 22: 685–693.
- 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 p.
- PUGH, A. L., GARDAY, T. J., REDMAN, R., 2008: Geomorphic characterization of the Middle Fork Saline River: Garland, Perry and Saline Counties, Arkansas. U. S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2007–5152, 65 p.

- 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 p.
- RADECKI-PAWLIK, A., 2002: Bankfull discharge in mountain streams: theory and practice. *Earth Surface Processes and Landforms*, 27 : 115–123.
- RAPLÍK, M., SZOLGAY, J., 1987: Kvantitatívna hydromorfológia. Bratislava: SVŠT, 192 s.
- RIEDEL, M. S., VERRY, E. S., BROOKS, K. N., 2005: Impacts of land use conversion on bankfull discharge and mass wasting. *Journal of Environmental Management* 76, p. 326–337.
- ROSGEN, D., 1994: A classification of natural rivers. *Catena*, 22 : 169–199.
- ROSGEN, D., SILVEY, H. L., 1996: Applied River Morphology. Pagosa Spring, Colorado: Wildland Hydrology, 396 p.
- STEWARTSON, M., 2005: Hydraulic geometry of stream reaches. *Journal of Hydrology*, 306 (1–4), pp. 99–111.
- STURM, T. W., 2001: Open channel hydraulics. New York: McGraw-Hill, 493 p.
- ŠMELKO, Š., 1991: Štatistické metódy v lesníctve. Zvolen: VŠLD, 276 s.
- SWEET, W. V., GERATZ, J. W., 2003: Bankfull Hydraulic Geometry Relationships and Recurrence Intervals for North Carolina's Coastal Plain. *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)*, 39, (4), p. 861–871.
- TENNAKOON, S., MARSH, N., 2007: Regional hydraulic geometry models for Queensland streams. In: Wilson, A. L., Dehaan, R. L., Wats, R. J., Page, K. J., Bowmer, K. H., & Curtis, A. (eds.): Proceedings of the 5th Australian Stream Management Conference. Australian Rivers: making a difference. Thurgooona, New South Wales: Charles Sturt University, pp. 390–394.
- WESTERGARD, B. E., MULVIHILL, C. I., ERNST, A. G., 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 p.
- WILLIAMS, G. P., 1978: Bankfull Discharge of Rivers. *Water Resources Research*, 14, 6: 1141–1154.
- WOHL, E., HOWE, S., MERRITT, D., 2001: Downstream hydraulic geometry of channels in hydroclimatically extreme environments. Proceeding of GSA Annual Meeting, Boston: The geological society of America, Paper No. 133-0, 48 p.

Adresa autora:

Prof. Ing. Matúš Jakubis, PhD.
 Katedra lesníckych stavieb a meliorácií, Lesnícka fakulta
 Technická univerzita vo Zvolene
 T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen
 e-mail: jakubis@vsld.tuzvo.sk

The effect of selected discharges on geometric characteristics of natural flow profiles

Summary

The report deals with the analysis of relationships between selected N-year discharges – Q_1 , Q_2 , Q_5 , ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) and geometric characteristics of natural flow profiles – width of the bed inside the banks B (m), depth of the flow profile H (m) and flow profile area S_{pp} (m^2). This research was conducted on 22 natural experimental sections with experimental profiles on the torrent Hučava (watershed area $S_p = 41.16 \text{ km}^2$) in the geomorphologic unit Poľana (Central Slovakia). The following relationships were analyzed: $B = f(Q_1)$, $B = f(Q_2)$, $B = f(Q_5)$, $H = f(Q_1)$, $H = f(Q_2)$, $H = f(Q_5)$, $S_{pp} = f(Q_1)$, $S_{pp} = f(Q_2)$, $S_{pp} = f(Q_5)$. The analysis proved close correlations within the frame of mentioned relationships that was confirmed through statistical testing.

APLIKÁCIA TEÓRIE REGIONÁLNYCH ROVNÍC A KRIVIEK POVODIA NA PRÍKLADE VODNÉHO TOKU KÔPROVSKÝ POTOK

Míriam Z Á V A C K Á

Závacká, M.: Aplikácia teórie regionálnych rovníc a kriviek povodia na príklade vodného toku Kôprovský potok. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, LI, 2009, č. 1, s. 65–75.

V geomorfologickom celku Tatry, podcelku Západné Tatry bolo na vodnom toku Kôprovský potok založených 19 pokusných úsekov a priečných profilov, na ktorých sa posudzovali vzájomné vzťahy medzi základnou a najdôležitejšou charakteristikou povodia – plochou povodia S_p (km²) a základnými geometrickými a hydraulickými charakteristikami prirodzeného profilu: šírkou koryta v brehoch B (m) – závislosť $B = f(S_p)$, hĺbkou prietokového profilu H (m) – závislosť $H = f(S_p)$, plochou prietokového profilu S_{pp} (m²) – závislosť $S_{pp} = f(S_p)$ a prietokom plným prietokovým profilom „bankfull discharge“ Q_K (m³.s⁻¹) – závislosť $Q_K = f(S_p)$. Pre každú z vyššie uvedených skúmaných závislostí bola odvodená príslušná regionálna rovnica povodia, jej grafickým vyrovnaním regionálna krivka. Štatistická analýza potvrdila korelačné závislosti vo vyššie uvedených vzťahoch.

Kľúčové slová: regionálne rovnice, malé povodie, bystriny, Kôprovský potok

1. ÚVOD A PROBLEMATIKA

Základnou hydrologickou oblasťou, v ktorej môžeme sledovať zákonitosti obehu vody a vzťahy medzi jednotlivými prvkami tejto oblasti, je povodie. Je to územie po hydrologickej stránke uzatvorené, čo znamená, že všetky zrážky spadnuté na jeho povrch odtekajú jedným uzavierajúcim prietokovým profilom a nepreteká do neho žiadna iná voda ani po povrchu ani pod povrchom. Povodie povrchových vôd je, až na malé výnimky, určené jednoznačne uzavierajúcim profilom na hlavnom toku a ohraničené rozvodnicou. Každé povodie je špecifické svojimi morfológickými, geologickými, pedologickými, vegetačnými a ďalšími charakteristikami.

V povodí a v toku neustále prebiehajú dynamické procesy, ktoré sú ovplyvňované viacerými faktormi s rôznou intenzitou pôsobenia. Výsledkom týchto dynamických procesov je morfogéniza koryta čiže zmeny rozmerov, tvaru priečných profilov, pozdĺžneho sklonu koryta, ako aj zmeny v zložení materiálu, v ktorom sa modeluje vlastné koryto, ktoré vedú k ustáľovaniu koryta tohto vodného toku, čiže k hydraulickej rovnováhe (ideálny stav), ktorá sa nenarúša pri malých, priemerných a ani veľkých prietokoch.

Na základe sledovaní a skúmaní týchto procesov a dejov v povodiach v zahraničí, ale už aj na Slovensku (napr. RAPLÍK, M., SZOLGAY, J. 1987, MACURA et al. 1995, JAKUBIS 2003, 2005, 2006, LEHOTSKÝ 2004, 2005, LEHOTSKÝ, GREŠKOVÁ 2005, GREŠKOVÁ, LEHOTSKÝ 2006, ZÁVACKÁ 2007) boli odvodené závislosti medzi základnou a najdôležitejšou charakteristikou povodia – plochou povodia S_p (km²) a základnými geometrickými a hydraulickými charakteristikami prirodzeného profilu: šírkou koryta v brehoch B (m) – závislosť $B = f(S_p)$, hĺbkou prietokového profilu H (m) – závislosť $H = f(S_p)$, plochou prietokového profilu S_{pp} (m²) – závislosť $S_{pp} = f(S_p)$ a prietokom plným prietokovým profilom „bankfull discharge“ Q_K (m³.s⁻¹) – závislosť $Q_K = f(S_p)$. Pre každú z vyššie uvedených skúmaných závislostí bola odvodená príslušná regionálna rovnica povodia, jej grafickým vyrovnaním regionálna krivka.

Praktické a teoretické využitie poznatkov získaných odvodením regionálnych rovníc a kriviek pre jednotlivé vodné toky a ich povodia v rôznych geomorfologických celkoch Slovenska je mnohostranné. Podľa GREŠKOVEJ, LEHOTSKEHO (2006) sú vzťahy hydraulickej geometrie plného koryta cenné tak pre hydrológov a morfológov, ako aj inžinierov, biológov a ekológov zapojených do revitalizácie a ochrany vodných tokov. Veľký význam a využitie majú pre predikciu morfológických zmien a odhad dimenzií plného koryta a prietoku pre povodia bez hydrologických pozorovaní, napomáhajú napr. pri hodnotení stability dna a brehov koryta, poskytujú cenné podklady pre prírodu blízke úpravy vodných tokov, pre návrh prietokových profilov upravovaných vodných tokov a pre revitalizáciu korýt vodných tokov narušených extrémnymi hydrologickými javmi (povodňami), resp. eróznymi procesmi, ako aj nevhodne upravených a modifikovaných korýt vodných tokov.

JAKUBIS (2006) vidí uplatnenie výsledkov, ktoré získame odvodením regionálnych rovníc a kriviek v ekologickom projektovaní úprav, v protipovodňovej a protieróznej ochrane, v starostlivosti o neupravené toky (najmä bystriny) a tiež v určovaní poradia – naliehavosti zásahov v korytách tokov podľa predpokladaných prioritných funkcií.

2. MATERIÁL A METODIKA

2.1 Prírodné pomery oblasti

Vodný tok Kôprovský potok pramení v geomorfologickom celku Tatry, v podcelku Západné Tatry v nadmorskej výške 1 860 m. Patrí do povodia SVP-VIII-Váh a má hydrologické poradie 1-4-21-01-070-01. Plocha povodia je 31,20 km². Základné charakteristiky povodia a toku sú uvedené v tab. 1.

Geologickú stavbu väčšej časti skúmaného povodia tvoria hlbinné magmaty – biotitické tonality až granodiority. Južná časť povodia je tvorená horninami mezozoika, vrchnej kriedy a peleogénu vnútorných Karpát – pestré ílovité bridlice, pieskovce, dolomity, zlepenice, vápence a brekcie (KOLEKTÍV 2002).

V povodí Kôprovského potoka sa v severnej časti vyskytujú z pôdných typov litozem modálna silikátová a ranker, sprievodne kambizem podzolová, lokálne podzoly, v južnej časti povodia sú zastúpené podzoly a fluvizeme. Z pôdných druhov sú na väčšej časti povodia zastúpené piesčito-hlinité pôdy, ktoré sú silno kamenité (50 % – 75 %), pri severnej

rozvodnici až veľmi silno kamenité (75 % – 100 %). V južnej časti povodia sa vyskytujú piesčito-hlinité pôdy silno kamenité (50 % – 75 %).

Skúmané povodie sa nachádza v chladnej klimatickej oblasti (C) s júlovým priemerom teploty do 16 °C. V povodí sú zastúpené všetky tri klimatické okrsky C1 – C3, ktoré sú veľmi vlhké. Južná časť povodia sa nachádza v mierne chladnom okrsku C1, kde sa priemerná júlová teplota pohybuje v rozmedzí od 12 °C do 16 °C. Na mierne chladný okrskok C1 nadväzuje chladný horský okrskok C2 s priemerom teplôt v júli ≥ 10 °C až < 12 °C. Najvyššie – severné polohy v povodí patria do studeného horského klimatického okrsku C3 s priemerom teplôt v júli pod 10 °C (KOLEKTÍV 2002).

Priemerný ročný úhrn zrážok v povodí je 1 601 mm. Priemerný ročný prietok je 1,156 m³.s⁻¹. N-ročné prietoky sú pre sledovaný vodný tok nasledovné: $Q_1 = 10$ m³.s⁻¹, $Q_5 = 37$ m³.s⁻¹, $Q_{10} = 50$ m³.s⁻¹, $Q_{20} = 64$ m³.s⁻¹, $Q_{50} = 84$ m³.s⁻¹, $Q_{100} = 100$ m³.s⁻¹, $Q_{1000} = 160$ m³.s⁻¹. M-denné prietoky: $Q_{30d} = 2,878$ m³.s⁻¹, $Q_{90d} = 1,448$ m³.s⁻¹, $Q_{180d} = 0,689$ m³.s⁻¹, $Q_{270d} = 0,375$ m³.s⁻¹, $Q_{330d} = 0,227$ m³.s⁻¹, $Q_{355d} = 0,179$ m³.s⁻¹, $Q_{364d} = 0,125$ m³.s⁻¹. Priemerná ročná teplota sa mení v závislosti od nadmorskej výšky od 2 °C do 4 °C. V najvyšších polohách v povodí sa pohybuje okolo 0 °C.

V zastúpení drevín vyskytujúcich sa v povodí významne prevládajú ihličnaté dreviny: smrek obyčajný (*Picea abies*), borovica horská (*Pinus mugo*), smrekovec opadavý (*Larix decidua*), borovica sosna (*Pinus sylvestris*), jedľa biela (*Abies alba*), borovica limba (*Pinus cembra*). Z listnatých drevín sú zastúpené jarabina vtáčia (*Sorbus aucuparia*), breza plstnatá (*Betula pubescens*), v trúsene – javor horský (*Acer pseudoplatanus*), jelša lepkavá (*Alnus glutinosa*), jelša sivá (*Alnus incana*), topoľ osika (*Populus tremula*), vĺba sliezka (*Salix silesiaca*), buk obyčajný (*Fagus sylvatica*).

Tab. 1 Základné charakteristiky povodia a toku Kôprovský potok

Tab. 1 Basic characteristics of watershed and water flow of Kôprovský potok

Plocha povodia	S_p	(km ²)	31,20
Dĺžka hlavného toku	L	(km)	12,41
Dĺžka prítokov	L_p	(km)	24,36
Celková dĺžka tokov v povodí	L_c	(km)	36,77
Dĺžka rozvodnice	O	(km)	29,21
Hustota tokov	r	(km.km ⁻²)	1,19
Súčiniteľ členitosti rozvodnice	O_a	–	1,48
Súčiniteľ tvaru povodia	α	–	0,18
Stredná šírka povodia	B_p	(km)	2,38
Dĺžka údolnice	L_u	(km)	12,951
Miera asymetrie povodia	a	–	-0,084
Absolútny spád toku	ΔH_t	(m)	883,2
Priemerný sklon hlavného toku	$\varnothing I_t$	(%)	9,142
Absolútny spád povodia	ΔH_t	(m)	1516,9

Tab. 1 Pokračovanie

Tab. 1 Continued

Sklon údolnice	I_u	(%)	8,76
Priemerná nadmorská výška	$\bar{O}H$	(m n. m.)	1642,16
Zalesnená plocha povodia	S_l	(km ²)	15,29
Nezalesnená plocha povodia	S_b	(km ²)	15,53
Lesnatosť povodia	$I\%$	(%)	49,61
Stredný sklon svahov povodia	I_s	(%)	58,13

2.2 Metodika

Na vodnom toku Kôprovský potok sme v rámci terénnych prác vybrali a založili 19 reprezentatívnych pokusných úsekov (PÚ). Ako pokusné (reprezentatívne) úseky boli podľa odporúčania RAPLÍKA, SZOLGAYA (1987) vybrané úseky toku s usporiadanými prietokovými pomermi, bez zvláštnych nepravidelností, bez ostrých zákrut, bez stredových lavíc, pritom dostatočnej dĺžky s možnosťou spoľahlivého určenia sklonových pomerov. Pri výbere pokusných úsekov sme ďalej brali do úvahy vypočítaný stupeň prirodzenej ustálenosti koryta. Vhodná voľba reprezentatívneho úseku je dôležitá pre správne určenie geometrických a hydraulických charakteristík priečných profilov jednotlivých pokusných úsekov.

Pri posudzovaní prirodzeného stupňa ustálenosti vybraných pokusných úsekov sme použili vzťah pre výpočet súčiniteľa kvázivrovnomerného prúdenia, ktorý odvodil GRIŠANIN (1981) ex VALTÝNI, JAKUBIS (1998) v tvare:

$$M_{kp} = \frac{R \cdot (g \cdot B)^{0,25}}{Q_k^{0,5}} \quad (2.1)$$

Vo vzťahu (2.1) znamená:

M_{kp} – súčiniteľ kvázivrovnomerného prúdenia (–),

R – hydraulický rádius (m),

g – tiažové zrýchlenie (9,81 m.s⁻²),

B – šírka koryta v brehoch (m),

Q_k – kapacitný prietok (m³. s⁻¹), vzťahujúci sa k hodnotám R , B .

Získané hodnoty výpočtu M_{kp} sme porovnali so stupnicou ustálenosti korýt, ktorú vo svojej práci uvádzajú VALTÝNI, JAKUBIS (1998). Vybrané PÚ patria na základe výpočtu do II. až IV. kategórie ustálenosti korýt, t. j. do kategórie veľmi dobre ustálené korytá (kat. II.), čiastočne ustálené korytá (kat. III.) a mierne neustálené korytá (kat. IV.).

Na každom z vybraných PÚ sme založili pokusný prietokový profil (PP), ktorý sme podrobne zamerali a vyniesli na milimetrový papier v mierke 1 : 100. Na každom PÚ sme ďalej odmerali jeho dĺžku a prevýšenie medzi jeho začiatkom a koncom, z čoho sme následne vypočítali sklon PÚ. Každý PÚ sme podrobne popísali (stav koryta a svahov,

spevnenie svahov a pod.) a určili sme hodnotu efektívneho zrna. Na základe takto získaných výsledkov sme vypočítali kapacitný prietok plným prietokovým profilom Q_K ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$).

Základné geometrické a hydraulické charakteristiky prietokových profilov na jednotlivých pokusných úsekoch uvádza tab. 2.

3. VÝSLEDKY

Analýzou odvodených vzťahov regionálnych kriviek podľa metodiky, ktorú odvodil a overil pre pomery Slovenska JAKUBIS (2005, 2006) sme dospeli k nasledovným výsledkom:

- Vo všetkých skúmaných vzťahoch, t. j. $B = f(S_p)$; $H = f(S_p)$; $S_{pp} = f(S_p)$, $Q_K = f(S_p)$ bol zistený a štatisticky potvrdený tesný korelačný vzťah.

- Vypočítaný index korelácie pre skúmaný vzťah $B = f(S_p)$ s použitím regresnej rovnice

$$y = a_0 \cdot x^{a_1}, \text{ resp.:} \quad (3.1)$$

$$B = 2,770 \cdot S_p^{0,488} \quad (\text{m}) \quad (3.2)$$

je $I_{yx} = 0,988$, index determinácie $I_{yx}^2 = 0,976$.

- Hodnota vypočítaného indexu korelácie pre vzťah $H = f(S_p)$ s použitím regresnej rovnice:

$$H = 0,751 \cdot S_p^{0,173} \quad (\text{m}) \quad (3.3)$$

je $I_{yx} = 0,895$ a index determinácie $I_{yx}^2 = 0,802$.

- Index korelácie pre vzťah $S_{pp} = f(S_p)$ s použitím regresnej rovnice:

$$S_{pp} = 0,580 \cdot S_p^{0,962} \quad (\text{m}) \quad (3.4)$$

je $I_{yx} = 0,952$, index determinácie $I_{yx}^2 = 0,905$.

- Pre vzťah $Q_K = f(S_p)$ s použitím regresnej rovnice:

$$Q_K = 0,695 \cdot S_p^{1,332} \quad (\text{m}) \quad (3.5)$$

má vypočítaný index korelácie hodnotu $I_{yx} = 0,836$ a index determinácie $I_{yx}^2 = 0,699$.

Grafické znázornenie vyššie uvedených regresných závislostí, čiže regionálne krivky sú zobrazené na obr. 1 až 4.

Vyššie uvedené zistenia sme overili štatistickým testovaním. Indexy korelácie I_{yx} , ktoré boli vypočítané pre všetky analyzované závislosti, sú náhodnými veličinami, preto je potrebné otestovať, či sa vypočítané výberové indexy korelácie I_{yx} významne líšia od nuly, teda či korelácia medzi jednotlivými vzťahmi skutočne existuje. Stanovili sme nulovú hypotézu, ktorá hovorí, že sa indexy korelácie I_{yx} v základných súboroch rovnajú nule (ŠMELKO 1998), nulová hypotéza teda znie: $I_{yx} = 0$. Túto nulovú hypotézu sme testovali pre všetky analyzované závislosti pomocou testovacej charakteristiky:

$$t = \frac{I_{yx}}{\hat{S}_r} \quad \text{pričom} \quad (3.6)$$

Tab. 2 Geometrické a hydraulické charakteristiky pokusných profilov
Tab. 2 Geometric and hydraulic characteristics of experimental profiles

P. č.	Stanič. od ústia (km)	Sp (km ²)	B (m)	H (m)	S _{np} (m)	o ₁ (m)	o ₂ (m)	O (m)	R (m)	n ₁ (-)	n ₁ (-)	n _e (-)	y (-)	c (m ^{0.5} .s ⁻¹)	i (%)	v (m.s ⁻¹)	Q _k (m ³ .s ⁻¹)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,050	30,30	14,20	1,45	15,80	12,00	3,40	15,40	1,026	0,033	0,035	0,0334	0,274	30,11	0,0175	4,03	63,75
2	1,075	29,78	13,75	1,50	17,05	11,10	4,15	15,25	1,118	0,035	0,035	0,0350	0,281	29,48	0,0200	4,41	75,16
3	1,425	29,38	14,30	1,40	17,40	12,40	3,00	15,40	1,130	0,035	0,038	0,0356	0,283	29,08	0,0150	3,79	65,88
4	3,125	26,82	15,20	1,40	14,80	7,00	9,00	16,00	0,925	0,015	0,035	0,0272	0,247	36,06	0,0250	5,48	81,15
5	4,450	26,44	14,20	1,30	11,15	5,00	9,35	14,35	0,777	0,033	0,040	0,0376	0,291	24,69	0,0300	3,77	42,03
6	4,310	24,85	13,60	1,20	9,65	5,00	8,70	13,70	0,704	0,035	0,038	0,0369	0,288	24,48	0,0125	2,30	22,17
7	4,900	23,04	13,00	1,40	12,90	7,00	6,50	13,50	0,956	0,036	0,040	0,0377	0,291	26,18	0,0100	2,56	33,01
8	5,300	22,22	12,30	1,35	10,55	5,00	7,60	12,60	0,837	0,036	0,035	0,0352	0,281	27,03	0,0250	3,91	41,25
9	5,687	16,90	10,40	1,05	5,40	8,20	2,95	11,15	0,484	0,036	0,035	0,0357	0,284	22,78	0,0075	1,37	7,41
10	6,050	16,34	10,90	1,10	7,65	7,00	4,60	11,60	0,659	0,017	0,025	0,0204	0,214	44,93	0,0625	9,12	69,78
11	6,625	15,02	9,10	1,05	7,20	6,50	3,60	10,10	0,713	0,036	0,035	0,0356	0,283	25,49	0,0250	3,40	24,50
12	7,375	11,75	10,40	1,10	7,85	7,00	1,80	8,80	0,892	0,036	0,038	0,0364	0,286	26,58	0,0050	1,78	13,93
13	8,300	9,91	8,20	1,05	6,85	6,70	2,45	9,15	0,749	0,036	0,038	0,0365	0,287	25,19	0,0175	2,88	19,75
14	8,750	4,96	6,90	0,95	3,30	4,90	2,40	7,30	0,452	0,033	0,037	0,0343	0,278	23,35	0,0100	1,57	5,18
15	9,000	4,62	5,30	1,00	3,00	2,00	3,75	5,75	0,522	0,032	0,040	0,0373	0,290	22,19	0,0200	2,27	6,80
16	10,070	2,62	4,70	0,80	2,20	2,10	2,85	4,95	0,444	0,035	0,035	0,0350	0,281	22,76	0,0230	2,30	5,06
17	10,625	1,72	3,70	0,90	1,80	1,00	3,25	4,25	0,424	0,031	0,035	0,0341	0,277	23,13	0,0100	1,51	2,71
18	10,875	1,45	3,00	0,85	1,90	1,00	2,60	3,60	0,528	0,032	0,037	0,0356	0,283	23,14	0,0100	1,70	3,23
19	11,125	1,09	2,70	0,90	1,60	1,60	1,65	3,25	0,492	0,033	0,037	0,0351	0,281	23,38	0,0200	2,32	3,71

Vysvetlivky k tab. 2: S_p – čiastková plocha povodia, B – šírka koryta (m); H – priemerná hĺbka koryta (m); S_{np} – plocha prietokového profilu (m²); o₁, o₂ – čiastkové omeščené obvody (m); O – celkový omeščený obvod (m); R – hydraulický rádius (m); n₁, n₂ – čiastkové stupne drsnosti; n_e – celkový stupeň drsnosti; y – premenlivý mociteľ; c – rýchlostný súčiniteľ Pavlovského (m^{0.5}. s⁻¹); i – pozdĺžny sklon PU (%); Q_k – kapacitný prietok (m³.s⁻¹).

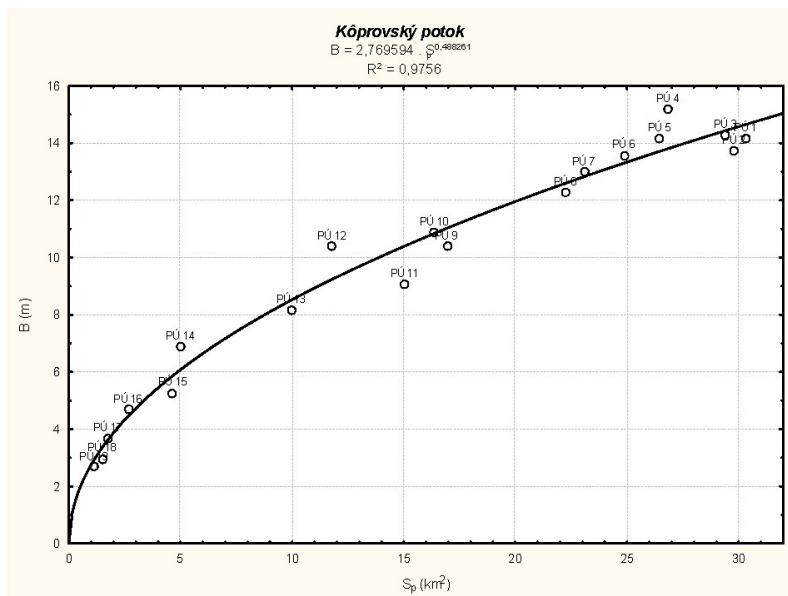
$$\hat{s}_r = \sqrt{\frac{1 - I_{yx}^2}{n - 2}} \quad (3.7)$$

Ak predpokladáme, že výber pochádza zo súboru s približne normálnym rozdelením s indexom korelácie $I_{yx} = 0$, má Studentovo t rozdielne $sf = n - 2$ stupňami voľnosti. Hodnota $\hat{s}_r$ vo vzťahu 3.7 znamená odhad smerodajnej odchýlky (strednej chyby) rozdelenia všetkých možných výberových koeficientov. V prípade, že vypočítaná hodnota $t > t_{\alpha/2}$, H_0 zamietame na α % hladine významnosti a považujeme s $P = 1 - \alpha$ % za dokázané, že I_{yx} sa významne líši od nuly, t.j., že korelácia medzi skúmanými znakmi skutočne existuje. Pre analyzované vzťahy platí $t_{\alpha/2} = t_{0,01; (17)} = 2,898$, čo znamená, že všetky vypočítané indexy korelácie I_{yx} sú významne rozdielne od nuly. Na základe vyššie uvedených skutočností nulovú hypotézu pre všetky analyzované vzťahy zamietame (podrobne pozri tab. 3).

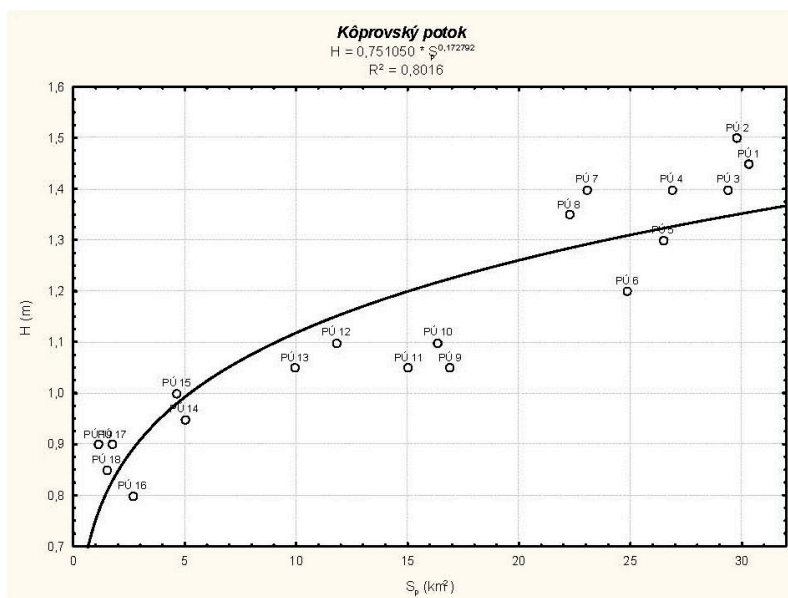
Tab. 3 Regresné rovnice a štatistické testovanie skúmaných vzťahov

Tab. 3 Regression equations and statistical testing of examined relations

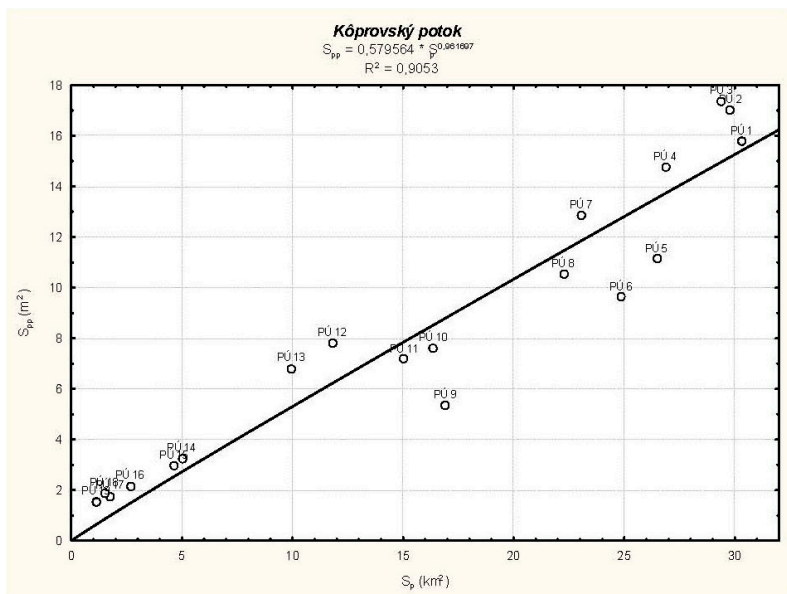
P. č.	Korelačná závislosť	Regresná rovnica	I_{yx}	I_{yx}^2	$\hat{s}_r$	t	> = <	$t_{0,01 (17)}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	$B = f(S_p)$	$B = 2,770 \cdot S_p^{0,488}$	0,988	0,976	0,040	24,503	>	2,989
2	$H = f(S_p)$	$H = 0,751 \cdot S_p^{0,173}$	0,895	0,802	0,115	7,786	>	2,989
3	$S_{pp} = f(S_p)$	$S_{pp} = 0,580 \cdot S_p^{0,962}$	0,952	0,905	0,080	11,972	>	2,989
4	$Q_K = f(S_p)$	$Q_K = 0,695 \cdot S_p^{1,332}$	0,836	0,699	0,142	5,901	>	2,989



Obr. 1 Regresná závislosť $B = f(S_p)$
 Fig. 1 Regression relation $B = f(S_p)$

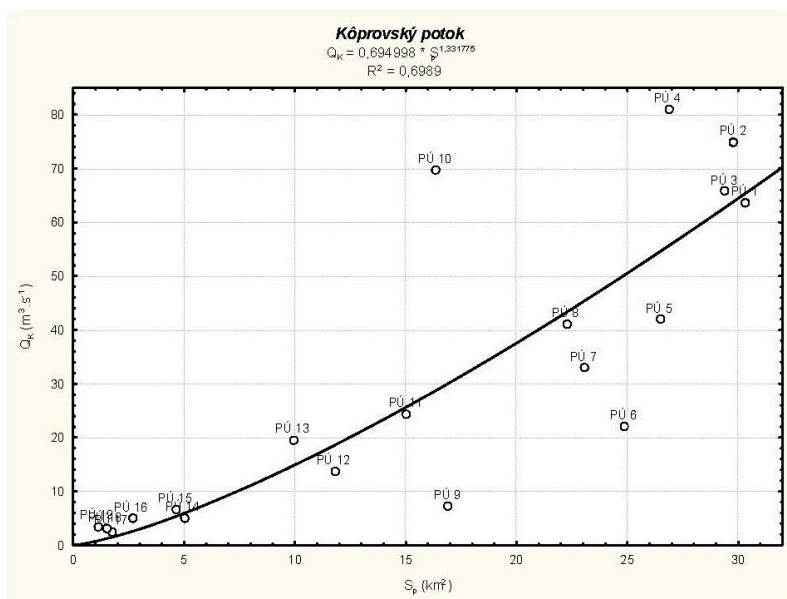


Obr. 2 Regresná závislosť $H = f(S_p)$
 Fig. 2 Regression relation $H = f(S_p)$



Obr. 3 Regresná závislosť $S_{pp} = f(S_p)$

Fig. 3 Regression relation $S_{pp} = f(S_p)$



Obr. 4 Regresná závislosť $Q_K = f(S_p)$

Fig. 4 Regression relation $Q_K = f(S_p)$

ZÁVER

Súčasný stav poznania riešenej problematiky regionálnych rovníc a regionálnych kriviek vedie k lepšiemu chápaniu vzájomných vzťahov, dejov a procesov, ktoré prebiehajú v povodiach jednotlivých vodných tokov. Zároveň poukazuje na významnosť riešenej problematiky vzhľadom na uplatnenie získaných výsledkov vo vedeckom výskume ale aj praxi vo viacerých odboroch ale najmä vzhľadom na zmeny v ekosystémoch vyvolané človekom a ich dopad na stav a vývoj jednotlivých základných prvkov, charakteristík a ich vzťahov v povodiach.

Článok vznikol s podporou grantovej agentúry VEGA v súvislosti s riešením projektu č. 1/3527/06 Regionálne krivky pre malé povodia.

Literatúra

- GREŠKOVÁ, A., LEHOTSKÝ, M.: Stav plného koryta a jeho význam pre poznávanie a manažment morfológie vodných tokov. *Geografický časopis*, 2006, 4, s. 317–328.
- JAKUBIS, M.: Vzťahy hydraulickej geometrie v prirodzene ustálených úsekoch bystrín. *Acta Facultatis Forestalis*, XLV, 2003, s. 113–126.
- JAKUBIS, M.: Analýza vývoja koryta bystriny metódou regionálnych kriviek. *Acta Facultatis Forestalis*, XLVII, 2005, s. 377–386.
- JAKUBIS, M.: Analýza vzťahov regionálnej hydraulickej geometrie vodných tokov CHKO BR Poľana. *Acta Facultatis Forestalis*, XLVIII, 2006, s. 395–409.
- KOLEKTIV: Atlas krajiny Slovenskej republiky. Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky, Bratislava, 2002, 342 s.
- LEHOTSKÝ, M.: River morphology hierarchical classification (RHMC). *Acta Universitatis Carolinae. Geographica*, 2004, XXXIX, No. 1, s. 33–45.
- LEHOTSKÝ, M.: Metodologické aspekty správania a zmien korytovo-nivných geosystémov. *Geomorphologia Slovaca*, 5, 1, 2005, s. 34–50.
- LEHOTSKÝ, M., GREŠKOVÁ, A.: 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, 2005, s. 718–729.
- MACURA, V., SZOLGAY, J., KOHNŇOVÁ, S.: Úpravy tokov. Bratislava: SF STU, 1995, 272 s.
- RAPLÍK, M., SZOLGAY, J.: Kvantitatívna hydromorfológia. SVŠT v Bratislave, 1987, 192 s.
- ŠMELKO, Š.: Štatistické metódy v lesníctve. Technická univerzita vo Zvolene, 1998, 276 s.
- VALTÝNI, J., JAKUBIS, M.: Lesnícke meliorácie a zahrádzanie bystrín. Technická univerzita vo Zvolene, 1998, 270 s.
- ZÁVACKÁ, M.: Aplikácia regionálnych rovníc pri posudzovaní morfológie koryta bystriny na príklade Jamnickeho potoka v Západných Tatrách. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, XLIX, 2007, č. 2, s. 123–136.
-

Adresa autora:

Ing. Miriam Závacká, PhD.

Katedra lesníckych stavieb a meliorácií

Lesnícka fakulta

Technická univerzita vo Zvolene

T. G. Masaryka 24

960 53 Zvolen

e-mail: zavacka@vsld.tuzvo.sk

Application of the regional equations theory and watershed curves on the example of the water stream Kôprovský potok

Summary

We established 19 sample sections and cross profiles on the Kôprovský potok stream in the geomorphologic unit Western Tatra Mts., where we investigated mutual relationships between the most important characteristics of watershed – watershed area S_p (km²) and the basic geometric and hydraulic characteristics of natural stream cross-sections: width of the bed in banks B (m) – the relationship $B = f(S_p)$, depth of stream cross-sections correlation $S_{pp} = f(S_p)$, and bank full discharge: Q_k (m³.s⁻¹) – the relationship $Q_k = f(S_p)$. For each of the mentioned relationships, a corresponding regional equation of watershed correlations was derived, along with a regional curve as a graphic adjustment of regional equation of watershed. Statistical analysis confirmed correlations between these characteristics.

INTERVAL OPAKOVANIA PRIETOKU PLNÝM PRIETOKOVÝM PROFILOM V PRIRODZENÝCH KORYTÁCH VODNÝCH TOKOV V MALÝCH POVODIACH

Matúš J A K U B I S

Jakubis, M.: Interval opakovania prietoku plným prietokovým profilom v prirodzených korytách vodných tokov v malých povodiach. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **LI**, 2009, č. 1, s. 77–88.

Článok sa zaoberá analýzou frekvencie výskytu prietoku plným prietokovým profilom v prirodzených korytách bystrín. Výskum bol uskutočnený na 25. pokusných úsekoch na 25. bystrinách v geomorfologickom celku Poľana. Plochy povodí sa pohybujú od $S_p = 0,384 \text{ km}^2$ do $S_p = 48,44 \text{ km}^2$, 100-ročné prietoky od $Q_{100} = 3,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ do $Q_{100} = 57,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, 1-ročné prietoky od $Q_1 = 0,30 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ do $Q_1 = 8,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Analýza preukázala, že pokusné prirodzené prietokové profily prevedú prietoky, ktoré sú v nich dosiahnuté alebo prekročené priemerne jedenkrát za rok ($Q_{N=1}$) až priemerne jedenkrát za 7,35 roka ($Q_{N=7,35}$), teda zodpovedajú prietokom na úrovni $Q_{N=1}$ až $Q_{N=7,35}$ s priemernou hodnotou prietoku na úrovni $Q_{N=2,63}$.

Kľúčové slová: bystriny, prirodzené prietokové profily, prietok plným prietokovým profilom, interval opakovania

1. ÚVOD A PROBLEMATIKA

Prietok plným prietokovým profilom (bankfull discharge) má v súvislosti s riešením úloh starostlivosti o vodné toky, projektovaním ich úprav a revitalizácií, protipovodňovou a protieróznou ochranou krajiny zásadný význam. DOYLE et al. (2007) uvádza, že tento prietok je základným kameňom pre revitalizáciu koryt vodných tokov. Identifikácia povodňami a eróziou najviac ohrozených úsekov vodných tokov je najdôležitejším východiskovým podkladom pre určenie minimálneho rozsahu úpravy alebo revitalizácie toku. Táto identifikácia vychádza z posúdenia kapacity prirodzených (neupravených) prietokových profilov. Metóda vychádza z predpokladu, že spravidla najčastejšie sú povodňami a eróziou ohrozené tie úseky toku, ktorých prietokové profily majú najnižšiu kapacitu. V takýchto úsekoch sa pri zvýšených prietokoch vylieva voda z koryta najskôr a aj najčastejšie. Okrem toho v zúžených prietokových profiloch dochádza podľa teórie rovnice kontinuity k zrýchleniu prúdenia vody v koryte, resp. k zvýšeniu priemernej profilovej rýchlosti, čo má za následok zvýšenie eróznej schopnosti vodného prúdu. Identifikovaním takto ohrozených úsekov bystrín a následným zvýšením ich prietokovej kapacity pomocou

prírode blízkych opatrení je možné uvedené škodlivé procesy eliminovať, alebo aspoň obmedziť. Stanovenie prietoku plným prietokovým profilom (bankfull discharge), ktorý je v literatúre spomínaný v súvislosti s pojmami prietok plným korytom, kapacitný prietok, efektívny prietok, dominantný prietok, korytotvorný alebo približne korytotvorný prietok je dôležité aj z iného hľadiska – predovšetkým v súvislosti s pretváraním koryt vodných tokov. Prietok plným prietokovým profilom (bankfull discharge) je blízky tzv. korytotvornému prietoku, t. j. prietoku, ktorý v porovnaní s inými prietokmi vykoná v určitom časovom intervale v danom prietokovom profile najväčšiu prácu. Definovaním uvedených základných pojmov a analýzou súvislostí sa podrobne zaoberal DOYLE et al. (2007). V súvislosti s prietokom plným prietokovým profilom úzko súvisí aj stanovenie geometrických charakteristík tohto profilu – šírky koryta v brehoch B (m), priemernej hĺbky H (m), plochy prietokového profilu S_{pp} (m²). Poznanie týchto charakteristík má zásadný význam pre ekologické návrhy zásahov do koryt vodných tokov prostredníctvom regionálnych rovníc a kriviek. Z predchádzajúcich úvah vyplýva cieľ výskumu – posúdenie priemernej frekvencie výskytu (opakovania) prietoku plným korytom, resp. stanovenie priemerného časového rozpätia, v ktorom je priemerne raz **dosiahnutý alebo prekročený prietok plným prietokovým profilom** (bankfull discharge) v prirodzených korytách vodných tokov. Problematikou stanovenia priemerného intervalu dosiahnutia alebo prekročenia prietoku plným prietokovým profilom sa vzhľadom na jeho širokospektrálny význam zaoberali viacerí autori. WILLIAMS (1978) zistil výskumom na 28. vodných tokoch v USA, že prietokové kapacity prirodzených prietokových profilov sa pohybujú v rozpätí od $Q_{1,01}$ do Q_{32} teda v relatívne širokom rozpätí. ANDREWS (1980) stanovil pre vodné toky v USA v štátoch Colorado a Wyoming kapacity prirodzených prietokových profilov riek v rozpätí $Q_{1,18}$ do $Q_{3,26}$. BRAY (1982) uvádza, že prietok plným prietokovým profilom sa opakuje priemerne jedenkrát za 1,5–2,5 roka. VALTÝNI et al. (1990) výskumom na malých vodných tokoch v Kremnických vrchoch (stredné Slovensko) zistil, že kapacita prirodzených prietokových profilov zodpovedá prietokom na úrovni Q_2 až Q_{10} , t. j. prietokom s frekvenciou dosiahnutia alebo prekročenia priemerne raz za dva až desať rokov. V USA sa zaoberal touto problematikou v jednej z ťažiskových prác LEOPOLD et al. (1992). Autor uvádza výsledky výskumu 19. vodných tokov, pre ktoré sa kapacity prirodzených prietokových profilov pohybovali na úrovni $Q_{1,07}$ až $Q_{4,0}$. MOSLEY, MC. KERCHAR (1993) zistili priemernú kapacitu prirodzených prietokových profilov väčších vodných tokov Nového Zélandu v rozpätí od $Q_{1,58}$ do $Q_{2,33}$. V Kanade sa problematikou zaoberal ALEXANDER et al. (1994), ktorý doporučuje uvažovať s priemernou kapacitou prirodzeného prietokového profilu v rozpätí od $Q_{1,5}$ do Q_2 . PETIT, PAUQUET (1997) skúmali 30 vodných tokov v Belgicku. Zistili, že frekvencia výskytu prietoku plným prietokovým profilom v malých štrkonosných tokoch s okrúhliakmi bola na úrovni prietoku $Q_{0,77}$, vo veľkých vodných tokoch sa pohybovala v rozpätí od $Q_{1,1}$ do $Q_{1,5}$ a vo vodných tokoch, ktorých korytá boli vrezané do mäkkých hornín, bol tento interval na úrovni $Q_{1,4}$ až $Q_{5,3}$. CASTRO, JACKSON (2001) analyzovali prietoky na 76. vodných tokoch v štátoch USA Oregon a Washington a uvádzajú dosiahnutie alebo prekročenie prietoku plným prietokovým profilom na úrovni $Q_{1,0}$ do $Q_{3,11}$. LEOPOLD (2003) uvažuje s frekvenciou výskytu prietoku plným prirodzeným prietokovým profilom v 42. vodných tokoch v štátoch USA Colorado, Wyoming, Pennsylvania a Idaho v rozpätí

od $Q_{1,00}$ do $Q_{2,5}$ s priemernou hodnotou $Q_{1,5}$. CINOTTO (2003) zistil na 14. vodných tokoch v štátoch Pennsylvania a Maryland opakovanie výskytu prietoku plným prietokovým profilom v rozpätí od 1,0 do 1,5 roka s priemerom 1,3 roka. LAWLOR (2004) sa zaoberal výskumom 41 vodných tokov v USA (štát Montana) a zistil, že interval výskytu prietokov plným prietokovým profilom sa pohybuje v rozpätí od $Q_{1,00}$ do $Q_{4,4}$ s priemernou hodnotou na úrovni $Q_{1,5}$. HEY (2005) doporučuje pre štrkonosné vodné toky uvažovať s priemernou prietokovou kapacitou prirodzených prietokových profilov na úrovni $Q_{1,5}$. SHERWOOD, HUTGER (2005) analyzovali kapacitu prirodzených prietokových profilov na 40. vodných tokoch v štáte Ohio (USA) a zistili, že tieto hodnoty sa pohybovali v rozpätí od $Q_{1,01}$ do $Q_{9,65}$, pričom priemerná hodnota dosahovala prietok na úrovni $Q_{1,77}$. WESTERGARD et al. (2005) výskumom na 16. vodných tokoch v štáte New York zistili frekvenciu výskytu prietoku plným prietokovým profilom v rozpätí od 1,11 do 3,40 roka s priemerom 1,51 roka. CROWDER, KNAPP (2005) hodnotili 23 vodných tokov v štáte Illinois (USA) a dospeli k výsledku, že frekvencia výskytu prietoku plným prietokovým profilom bola na úrovni 1,01 až 1,23 roka. POWEL et al. (2006) skúmal väčšie rieky v štáte Ohio a zistili frekvenciu výskytu prietokov v plných prietokových profiloch na úrovni od $Q_{0,3}$ do $Q_{1,4}$. Problematikou, ktorá sa venuje stavu plného koryta a jeho významu pre poznávanie a manažment morfológie vodných tokov sa u nás zaoberali GREŠKOVÁ, LEHOTSÝ (2006). Vysvetlili súvisiacu odbornú terminológiu, zhrnuli poznatky ťažiskových prác zahraničných autorov a zároveň upozornili na dôležitosť problematiky a rôzne možnosti využitia súvisiacich poznatkov v širokom spektre činností, ktoré sa týkajú vodných tokov v oblasti teórie výskumu a praxe. V citovanej práci autori uvádzajú interval výskytu prietoku plným prietokovým profilom na úrovni od $Q_{1,5}$ do $Q_{2,0}$.

2. MATERIÁL A METODIKA

2.1 Prírodné pomery oblasti

Chránená krajinná oblasť – Biosférická rezervácia Poľana sa nachádza z prevažnej časti v geomorfologickom celku Poľana, ktorý je súčasťou Slovenského stredohoria. Malá časť CHKO – BR na východnej strane zasahuje do geomorfologického celku Veporské vrchy, ktorý je súčasťou Slovenského Rudohoria.

V CHKO – BR Poľana sa nachádza 25 vodných tokov (povodí) s uzavierajúcimi prietokovými profilmi na hranici tejto oblasti: Hučava, ktorá tečie z vnútra kaldery smerom na západ; Skalica, Želobudský potok, Kamenná, ktoré sa nachádzajú na západnej, resp. juhozápadnej strane CHKO – BR Poľana, na juhozápad tečú Šiagiho potok, Hradná, Mačinová, Močilná a Detviansky potok. Na južnej strane oblasti sa nachádzajú a na juh tečú Jelšovský potok, Sečkárov potok, Bystrý potok, Riečka, Klatov potok, Hukava, Trkotský potok a Slatina. Na východnej strane sa nachádza Kamenistý potok, tečúci na severozápad. Na severovýchode oblasti sa nachádzajú Podtajchovský potok, Hronček, a Ostrý grúň. Na severnej strane oblasti sa nachádzajú vodné toky Hutná, Minca a Zolná. Všetky spomenuté toky patria do povodia rieky Hron. Plochy povodí uvedených tokov sa pohybujú od $S_{pmin} = 0,384 \text{ km}^2$ (Podtajchovský potok) do $S_{pmax} = 48,440 \text{ km}^2$ (Kamenistý potok). Hodnoty

$Q_{100} = Q_{max}$ sa pre jednotlivé toky pohybujú v rozpätí od $Q_{100} = 3,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (Podtajchovský potok a Klatov potok) do $Q_{100} = 57 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (Hučava). Skúmané vodné toky CHKO – BR Poľana majú v prevažnej miere charakter bystrín. Podrobné charakteristiky povodí sú uvedené v tab. 2.1.

Geologické podložie centrálnej časti (kaldera) a západnej časti Poľany tvoria mladotret'ohorné vulkanity. Prevládajúcim typom hornín na stavbe vulkánu sú rôzne pertografické variety andezitov, menej sa vyskytujú ryodacity a diority (DUBLAN, JANOŠOVÁ 1991). Geologickú stavbu juhovýchodnej časti oblasti tvoria biotický granodiorit až kremitý diorit – sihliansky typ, podstatne menej sa vyskytuje biotický granodiorit, až granit, najmä porfirovitý a veporský typ. V CHKO BR Poľana sú prevládajúcim typom pôd kambizeme typické. Do nadmorskej výšky 700–800 m sú to kambizeme eutrofné, vo vyšších výškach kambizeme kyslé nenasýtené a vo vrcholových polohách sú to andozeme typické. Z hľadiska výskytu drevín prevládajú ihličnaté (62 %) nad listnatými (38 %). Lesné porasty sa vyskytujú v 2. až 7. lesnom vegetačnom stupni. Najnižšie polohy CHKO BR Poľana v súvislom páse, ktorý sa nachádza na juhozápadnej strane územia nad Detvou a vybieha od Hriňovej v smere na severovýchod v údolí Slatiny patria do klimatickej oblasti mierne teplej (M) s priemerne menej ako 50. letnými dňami za rok s denným maximom teploty

Tab. 2.1 Základné charakteristiky pokusných povodí v CHKO – BR Poľana
Table 2.1 Basic characteristics of experimental watersheds in PLA – BR Poľana

P. č.	Názov toku	Stanič. od ústia (km)	S_p (km ²)	S_l (km ²)	l %	$H_{minp, t}$ (m n. m.)	H_{maxp} (m n. m.)	ΔH_p (m)	H_{maxl} (m n. m.)	ΔH_l (m)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Kamenná	0,700	4,472	3,353	75,0	480	1115	635	820	340
2	Želobudský p.	8,250	2,125	1,876	88,3	715	1115	400	903	188
3	Skalica	1,500	1,670	1,281	76,7	600	1027	427	733	133
4	Hučava	15,100	38,261	31,350	81,9	564	1458	894	1289	725
5	Zolná	30,050	5,936	4,610	77,7	741	1294	553	1118	377
6	Minca	0,400	0,823	0,462	56,1	725	1040	315	910	185
7	Hutná	10,250	9,432	7,210	76,4	707	1277	570	1112	405
8	Ostrý grúň	0,850	1,493	1,371	91,8	908	1277	369	1137	229
9	Osrblianka	11,150	8,524	8,120	95,3	707	1277	570	1050	343
10	Hronček	0,100	8,937	8,354	93,5	650	1271	621	1077	427
11	Kamenistý p.	11,400	48,440	44,100	91,0	655	1333	678	985	330
12	Podtajchovský	5,150	0,384	0,030	7,8	880	1012	132	962	82
13	Slatina	52,500	21,690	16,810	77,5	609	1333	724	1221	612
14	Trkotský p.	0,200	4,248	3,376	79,5	572	953	381	807	235
15	Hukava	0,100	10,540	9,720	92,4	577	1458	881	1301	724
16	Klatov potok	0,100	0,953	0,818	85,8	573	895	322	743	170

Tab. 2.1 Pokračovanie
Table 2.1 Continued

P. č.	Názov toku	Stanič. od ústia (km)	S_p (km ²)	S_l (km ²)	l %	$H_{min, t}$ (m n. m.)	H_{maxp} (m n. m.)	ΔH_p (m)	H_{maxl} (m n. m.)	ΔH_l (m)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
17	Riečka	4,950	1,075	0,725	67,4	790	1187	397	970	180
18	Bystrý potok	4,800	5,671	4,460	78,6	685	1458	773	1290	605
19	Sečkárov p.	0,950	1,447	1,036	71,6	674	1300	626	890	216
20	Jelšovský potok	4,200	2,538	1,678	66,1	671	1202	531	842	171
21	Detviansky p.	7,350	5,680	4,600	81,0	591	1367	776	1215	634
22	Močilná	1,750	1,279	0,517	40,4	546	781	235	612	66
23	Mačinová	0,200	5,610	4,376	78,0	527	1365	838	1270	743
24	Hradná	8,900	6,730	4,350	64,6	526	1251	725	902	376
25	Šiagiho potok	1,450	1,692	1,236	73,0	485	760	275	543	58

Vysvetlivky k tab. 2.1: S_p – plocha povodia (km²); S_l – zalesnená plocha povodia v km²; l – lesnatosť povodia (%); $H_{min, t}$ – minimálna výška povodia a toku – uzavierajúci profil povodia (m n. m.); H_{maxp} – maximálna nadmorská výška povodia (m n. m.); ΔH_p – absolútny spád povodia (m); H_{maxl} – výška prameňa (m n. m.); ΔH_l – absolútny spád toku (m)

vzduchu ≥ 25 °C a júlovým priemerom teploty vzduchu ≥ 16 °C a klimatického okrsku M6 – mierne teplého, vlhkého vrchovinového. Vyššie polohy CHKO BR Poľana patria do klimatickej oblasti chladnej (C) s júlovým priemerom teploty vzduchu < 16 °C, s okrskom C1 – mierne chladným, veľmi vlhkým, ktorý zaberá najrozsiahlejšiu časť skúmanej oblasti. Najvyššie polohy spadajú do okrsku C2 – chladného horského, veľmi vlhkého. Ide o územie v najvyšších polohách – v okolí vrchu Poľana (1458 m n. m.). Priemerné ročné zrážky pre jednotlivé povodia sa pohybujú od $\bar{Z} = 729$ mm (povodie Šiagiho potok) do $\bar{Z} = 970$ mm (povodie Ostrý grúň). Priemerné ročné teploty v povodiach sa pohybujú od $\bar{T} = 4,7$ °C (Ostrý grúň) do $\bar{T} = 7,0$ °C (Šiagiho potok).

2.2. Metodika

Z metodického hľadiska je najdôležitejším problémom správny výber a zároveň určenie geometrických a hydraulických charakteristík pokusných prietokových profilov, ktoré sa vzťahujú k plnému prietokovému profilu. Riešenie môže vychádzať z prác, ktoré publikovali viacerí autori (WILLIAMS 1978, PAGE 1988, ROSGEN 1994, ROSGEN, SILVEY 1996, JOHNSON, HEIL 1996, PETIT, PAUQUET 1997, HARMAN et al. 1999, CASTRO, JACKSON 2001, Mc.CANDLESS, EVERET 2002, PYRCE 2003, POWELL et al. 2004. GREŠKOVÁ, LEHOTSKÝ 2006) modifikovali a doplnili metódy identifikácie plného koryta (tab. 2.2) podľa práce, ktorú publikoval PYRCE (2003).

Na jednotlivých bystrinách (koeficient bystrinnosti povodia sa pohybuje od $K_b = 0,1$ (Šiagiho potok, Zolná) do $K_b = 0,66$ (Hučava)), sme založili na rovných úsekoch pokusné úseky (PÚ) s dĺžkami cca 5. B (šírka koryta v brehoch) a na nich pokusné profily (PP), tak aby PP vystihovali celkový charakter vybraného PÚ. Na PP (PÚ) sme niveláciou určili pozdĺžny sklon dna. Na každom PP sme odobrali z vytýčeného pruhu (kolmo na os toku) so šírkou d_{max} vzorku splavenín z povrchovej vrstvy (viac ako 50 kg) na zrnitostný rozbor a určenie stupňa drsnosti dna. 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 $O(m)$.

Tab. 2.2 Metódy identifikácie plného koryta modifikované a doplnené podľa PYRCE 2003 (GREŠKOVÁ, LEHOTSKÝ 2006)

Table 2.2 Methods of identification of full bank modified and complemented by PYRCE 2003 (GREŠKOVÁ, LEHOTSKÝ 2006)

Metódy	Spoľahlivosť	Poznámky
1. hrana brehu	vysoká	U plytko zarezaných koryt s malým sklonom môže byť úroveň plytkého koryta na úrovni hrany brehu.
2. inflexné body profilu brehu	vysoká	Pri zvýšených prietokoch prebieha vertikálna a laterálna erózia koryta s následkom vzniku zálomov v profile brehu, čo indikuje na stav plného koryta. Najlepšie sú rozpoznateľné na úsekoch bez brehovej vegetácie, resp. s riedkou vegetáciou.
3. zmeny v materiáli brehu	vysoká	Zmena fácie brehových sedimentov z jemnejších na hrubšie môže naznačovať stav plného koryta, musí sa ale zohľadniť zrnitostný charakter podložínych fácií. Prechod brehového materiálu môže byť od súdržného k nesúdržnému, alebo od organického k neorganickému.
4. vegetácia	stredná	Väčšina rastlín (najmä korene stromov a kríkov) buď vodu toleruje, alebo nie a stav plného koryta môžu indikovať odhalené korene. Určitým rastlinným druhom sa najlepšie darí nad stavom plného koryta. Hĺbka, do akej na brehu prenikajú korene je tiež jedným z indikátorov.
5. maximálna výška povrchu vrcholovej lavice	vysoká	Úroveň povrchu vrcholovej lavice, ktorá býva obvyčajne zaplavená iba pri prietoku plným korytom, môže byť spoľahlivým indikátorom plného koryta.
6. línia odpadu, usadené povlaky, suspenzie	nízka	Jemné zvyšky dreva, tráv a usadené povlaky suspenzie na povrchu vegetácie (kmeňov, listov) môžu slúžiť ako indikátory nedávnej hladiny toku, ale nemusia naznačovať stav plného koryta. Sú dobrým indikátorom povodňových stavov.
7. prítomnosť nôr alebo hniezd	stredná	Zvieratá majú sklon robiť si nory a hniezda tesne nad stavom plného koryta.

Hodnotu výšky PP – H (m) sme určili ako priemer hĺbok po každých 10 cm. Priemernú profilovú rýchlosť sme vypočítali Chezyho rovnicou s Pavlovského rýchlostným súčiniteľom. Kapacitný prietok sme vypočítali vzťahom $Q_k = S_{pp} \cdot v$ ($m^3 \cdot s^{-1}$). Geometrické a hydraulické charakteristiky prietokových profilov jednotlivých tokov sú podrobne uvedené v tab. 2.3.

Tab. 2.3 Geometrické a hydraulické charakteristiky pokusných profilov
Table 2.3 Geometric and hydraulic characteristics of experimental profiles

P. č.	Názov toku	B (m)	H (m)	S_{pp} (m^2)	O (m)	R (m)	n (–)	c ($m^{0.5} \cdot s^{-1}$)	i (%)	v ($m \cdot s^{-1}$)	Q_k ($m^3 \cdot s^{-1}$)
1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Kamenná	2,40	0,55	1,05	2,90	0,362	0,0349	21,088	2,40	1,965	2,063
2	Želobudský p.	1,80	0,50	0,95	2,40	0,396	0,0345	21,991	1,90	1,987	1,812
3	Skalica	1,60	0,45	0,58	1,25	0,283	0,034	20,105	3,02	1,858	1,078
4	Hučava	8,80	1,05	7,50	9,30	0,806	0,0391	23,965	0,75	1,863	13,974
5	Zolná	3,60	0,65	2,10	3,90	0,538	0,0348	23,918	1,55	2,184	4,586
6	Minca	0,85	0,35	0,25	1,30	0,192	0,034	17,744	6,99	2,055	0,513
7	Hutná	4,40	0,70	2,50	5,10	0,490	0,0390	20,413	1,17	1,545	3,864
8	Ostrý grúň	1,10	0,40	0,38	1,70	0,224	0,034	18,634	3,71	1,698	0,645
9	Osrblianka	3,60	0,65	1,70	3,90	0,436	0,0406	18,725	2,02	17,57	2,987
10	Hronček	4,30	0,70	2,20	4,90	0,449	0,0411	18,694	2,15	1,836	4,040
11	Kamenistý p.	9,30	1,10	8,20	10,00	0,820	0,0341	27,701	0,44	1,663	13,644
12	Podtajchovský	0,60	0,30	0,17	1,10	0,155	0,033	17,208	6,71	1,755	0,298
13	Slatina	6,00	0,90	4,70	7,00	0,671	0,0349	25,566	0,501	1,482	6,966
14	Trkotský p.	2,00	0,50	0,95	2,50	0,380	0,0340	22,074	2,24	2,036	1,934
15	Hukava	4,50	0,70	2,80	5,00	0,560	0,0373	22,462	0,92	1,612	4,514
16	Klatov potok	0,90	0,35	0,27	1,45	0,186	0,034	17,558	5,90	1,839	0,496
17	Riečka	1,10	0,35	0,34	1,60	0,213	0,034	18,331	6,09	2,087	0,709
18	Bystrý potok	3,10	0,55	1,20	3,55	0,338	0,034	21,276	3,17	2,202	2,642
19	Sečkárov p.	1,00	0,40	0,34	1,60	0,213	0,035	17,648	6,76	2,117	0,720
20	Jelšovský potok	2,00	0,45	0,85	2,50	0,340	0,035	20,582	4,40	2,517	2,139
21	Detviansky p.	2,60	0,60	1,10	3,15	0,349	0,0351	20,684	3,09	2,148	2,362
22	Močilná	1,20	0,40	0,40	1,70	0,235	0,0310	21,235	2,24	1,540	0,616
23	Mačinová	2,50	0,55	1,05	3,00	0,350	0,031	24,020	2,11	2,064	2,167
24	Hradná	3,60	0,65	2,20	3,90	0,564	0,0337	25,150	1,30	2,153	4,737
25	Šiagiho potok	1,50	0,45	0,75	2,25	0,333	0,0344	20,898	1,67	1,558	1,168

Vysvetlivky k tab. 2.3: B – šírka koryta v brehoch (m); H – priemerná hĺbka koryta (m); S_{pp} – plocha prietokového profilu (m^2); O – celkový omočený obvod (m); R – hydraulický rádius (m); n – celkový stupeň drsnosti; c – rýchlostný súčiniteľ Pavlovského ($m^{0.5} \cdot s^{-1}$); i – pozdĺžny sklon PU (%); v – priemerná profilová rýchlosť ($m \cdot s^{-1}$); Q_k – kapacitný prietok ($m^3 \cdot s^{-1}$).

N – ročné prietoky pre skúmané toky sú uvedené v tab. 2.4. Získali sme ich na účely výskumu od SHMÚ Bratislava, Regionálne stredisko Banská Bystrica.

Tab. 2.4 Prietoky v pokusných prietokových profiloch
Table 2.4 Discharges in experimental flow profiles

P. č.	Názov toku	Q_1 ($m^3 \cdot s^{-1}$)	Q_2 ($m^3 \cdot s^{-1}$)	Q_5 ($m^3 \cdot s^{-1}$)	Q_{10} ($m^3 \cdot s^{-1}$)	Q_{100} ($m^3 \cdot s^{-1}$)	Q_K ($m^3 \cdot s^{-1}$)	Q_{KN} (N-rokov)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Kamenná	1,4	2,0	3,0	4,5	13,5	2,063	2,17
2	Želobudský p.	0,8	1,1	1,7	2,5	7,5	1,812	5,5
3	Skalica	0,6	0,9	1,4	2,0	6,0	1,078	2,85
4	Hučava	8,0	14,0	23,0	30,0	57,0	13,974	2,0
5	Zolná	2,5	4,0	7,0	10,0	20,	4,586	2,5
6	Minca	0,5	0,7	1,0	1,5	4,5	0,513	1,1
7	Hutná	2,0	4,0	6,0	8,5	26,0	3,864	1,9
8	Ostrý grúň	0,5	0,7	1,0	1,5	4,5	0,645	1,75
9	Osrblianka	1,2	2,3	3,4	6,9	19,5	2,987	3,5
10	Hronček	2,0	3,0	4,6	6,6	20,0	4,040	3,6
11	Kamenistý p.	3,0	6,0	11,0	16,0	45,0	13,644	7,35
12	Podtajchovský	0,3	0,5	0,7	1,0	3,0	0,298	1,0
13	Slatina	5,0	7,0	12,0	16,0	35,0	6,966	2,0
14	Trkotský p.	1,5	2,0	3,0	4,5	14,0	1,934	1,93
15	Hukava	2,0	3,0	5,0	7,0	20,0	4,514	4,15
16	Klatov potok	0,3	0,5	0,7	1,0	3,0	0,496	2,0
17	Riečka	0,7	1,0	1,6	2,3	7,0	0,709	1,0
18	Bystrý potok	1,6	2,4	3,7	5,3	16,0	2,642	2,5
19	Sečkárov p.	0,7	1,0	1,6	2,3	7,0	0,720	1,0
20	Jelšovský potok	1,0	1,7	2,5	3,6	11,0	2,139	3,5
21	Detviansky p.	1,5	2,5	3,5	5,0	15,0	2,362	1,85
22	Močilná	0,5	0,8	1,2	1,7	5,0	0,616	1,4
23	Mačinová	1,5	2,3	3,5	5,0	15,0	2,167	1,8
24	Hradná	2,0	3,0	5,0	7,0	20,0	4,737	4,5
25	Šiagiho potok	0,7	1,0	1,6	2,3	7,0	1,168	2,8

Výsvetlivky k tab. 2.4: Q_{KN} – priemerná doba dosiahnutia alebo prekročenia prietoku plným prietokovým profilom (v rokoch).

3. VÝSLEDKY

Podľa výsledkov uskutočneného výskumu sme dospeli k nasledujúcim záverom:

- priemerné intervaly dosiahnutia alebo prekročenia (opakovania výskytu) prietoku plným prietokovým profilom pre jednotlivé PP sú uvedené v tab. 2.4, stĺpec 9.
- pokusné prirodzené prietokové profily na skúmaných vodných tokoch (bystrinách) CHKO BR Poľana sú schopné previesť prietoky na úrovni $Q_{N=1}$ až $Q_{N=7,35}$, čo znamená, že stav plného koryta môže byť v nich dosiahnutý alebo prekročený priemerne jedenkrát za rok až priemerne jedenkrát za 7,35 roka,
- priemerný časový interval, v ktorom je dosiahnutý alebo prekročený prietok plným prietokovým profilom zodpovedá prietoku $Q_{N=2,63}$,
- vo viac ako v polovici PP (13 PP, t.j. 52 %) je frekvencia priemerného dosiahnutia alebo prekročenia (opakovania sa) prietoku plným prietokovým profilom v rozpätí od 1,0 do 2,0 rokov,
- vo veľkej väčšine PP (18 PP, t.j. 72 %) je táto frekvencia v rozpätí od 1,0 do 3,0 rokov,
- na 7. PP (t.j. 28 %) je frekvencia dosiahnutia alebo prekročenia (priemerného opakovania sa) prietoku plným prietokovým profilom kratšia ako priemerne jedenkrát za 3 roky,
- samostatnou analýzou prietokových profilov vodných tokov s plochou povodia $S_p < 5,0 \text{ km}^2$ (13 povodí) sme zistili priemernú frekvenciu dosiahnutia alebo prekročenia prietoku plným prietokovým profilom zodpovedajúcu prietoku $Q_{N=2,15}$,
- samostatnou analýzou prietokových profilov vodných tokov s plochou povodia $S_p > 5,0 \text{ km}^2$ (12 povodí) sme zistili priemernú frekvenciu dosiahnutia alebo prekročenia prietoku plným prietokovým profilom zodpovedajúcu prietoku $Q_{N=3,14}$, čo znamená menej častý priemerný výskyt prietoku plným prietokovým profilom,
- zistené údaje vcelku korešpondujú s údajmi, ktoré publikovali citovaní autori,
- stanovené priemerné intervaly dosiahnutia alebo prekročenia prietokov plným prietokovým profilom sa môžu v jednotlivých tokoch po dĺžke toku meniť a to vplyvom viacerých vplývajúcich faktorov, najmä geomorfologických, hydrologických, hydraulických, vegetačných atď.

4. ZÁVER

Získané výsledky výskumu je potrebné naďalej dopĺňať 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 morfogénézy korýt vodných tokov. Využitím výsledkov 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. Výsledky, ktoré získame stanovením aktuálnej kapacity konkrétnych úsekov prirodzených tokov je možné využiť v procese prírode blízkej starostlivosti v rámci integrovaného manažmentu povodí. Z hľadiska praktického uplatnenia výsledkov máme na mysli tieto činnosti:

Protipovodňová ochrana. V tomto ohľade môžeme získané výsledky využívať na lokalizovanie tých úsekov toku (bystriny), ktoré sú v rámci existujúceho – prirodzeného stavu koryta kapacitne nevyhovujúce a v ktorých najskôr dochádza k vylievaniu vody z koryta a zaplaveniu priľahlého územia počas vyšších vodných stavov a povodní.

Protierózna ochrana. Vychádzame z predpokladu, že bystrina a jej prítoky sú významným (často najvýznamnejším) zdrojom erózie v malom povodí. Vymieľanie dna a podmieňanie svahov koryta je možné zaznamenať napríklad na miestach, v ktorých sa prietokový profil náhle zužuje. Tieto úseky v toku je možné exaktne určiť pomocou uvedenej metodiky.

Revitalizácia bystrín. Pre komplexné oživenie narušených ekosystémov vodných tokov má stanovenie prirodzenej kapacity prietokového profilu zásadný význam. Je kľúčovým podkladom pre návrhy revitalizačných opatrení a to predovšetkým vo veľkoplošných chránených územiach (chránené krajinné oblasti, národné parky).

Starostlivosť o neupravené toky (bystriny). Máme na mysli preventívne, prírode blízke opatrenia, v ktorých ide o zabezpečenie prietokovosti koryt, lokalizovanie nánosov (štrkové lavice, prirodzené prahy a stupne) výmoľov, zosuvov atď.

Určovanie priority a naliehavosti zásahov v korytách tokov (bystrín) v súvislosti so zvyšovaním ekologických environmentálnych hodnôt toku v krajine, v súvislosti s ÚSES, krajinným plánovaním a komplexným zlepšovaním životného a prírodného prostredia.

Práca vznikla v rámci vedeckého projektu VEGA č. 1/0691/09 Základné princípy regionálnej hydraulikkej geometrie vodných tokov v malých povodiach. Autor vyslovuje poďakovanie grantovej agentúre VEGA za financovanie projektu.

Literatúra

- ALEXANDER, L. J. D., BILABJIA, M. AND LAVESQUE, R. 1994: Rehabilitation of Little Etobicoke Creek a Natural Channel Design Case Study. In: Shrubsole, D. (ed.) 1994: Natural Channel Design: Perspective and Practice. Cambridge Ontario: Canadian Water Resources Association p. 465, pp. 311–321.
- ANDREWS, E. D. 1980: Effective and bankfull discharges of streams in the Yampa River Basin, Colorado and Wyoming. *Journal of Hydrology*, 46: 311–330.
- BRAY, D. I. 1982: Flow resistance in gravel – bed rivers. In: Hey, R, D. Bathurst, J.C., Thorn C. R. (eds): *Gravel Bed Rivers*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.: 109–133.
- CASTRO, J. M., JACKSON, P. L. 2001: Bankfull Discharge Recurrences Intervals and Regional Hydraulic Geometry Relationships. *Journal of the American Water Resources Association*, 37, 5: 1249–1262.
- CINOTTO, P. J. 2003: Development of Regional Curves of Bankfull-Channel Geometry and Discharge for Streams in the Non-Urban Piedmont Physiographic Province Pennsylvania and Maryland. New Cumberland, Pennsylvania: U. S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 03-4014, p. 33.
- CROWDER, D. W., KNAPP, H. V. (2005): Effective discharge recurrence intervals of Illinois streams. *Geomorphology*, Vol. 64, Issues 3–4: 167–184.
- DOYLE, M. W., SHIELDS, D., BOYD, K. F., SKIDMORE, P. B., DEWITT, D. 2007: Channel-Forming Discharge Selection in River Restoration Design. *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 133, No. 7: 831–837.
- DUBLAN, L., JÁNOŠOVÁ, J. 1991: Geologická stavba kaldery Poľany. Banská Bystrica: Stredoslovenské múzeum, Zborník referátov 10, s. 19–38.
- GREŠKOVÁ, A., LEHOTSKÝ, M. 2006: Stav plného koryta a jeho význam pre poznávanie a manažment morfológie vodných tokov. *Geografický časopis*, 58, 4: 317–328.
- HARMAN, W. A., JENNINGS, G. D., PATTERSON, J. M., CLINTON, D. R., SLATE, L. O., JESSUP, A. G., EVERHART, J. R., SMITH, R. E., 2005: Bankfull Hydraulic Geometry Relationships for North Carolina Streams. In: Olsen, D. S., Potyondy, J. P. (eds.): *AWRA Wildland Hydrology Symposium Proceedings*, Bozeman, MT, 1999, 7 p.

- HEY, R. D.: Stable River Morphology. In: Thorne, C. R., Hey, R. D., Newson, M. D. (eds.) 2005: Applied Fluvial Geomorphology for River Engineering and Management. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., p. 376, pp. 223–236.
- JAKUBIS, M. 2006: Analýza vzťahov regionálnej hydraulikkej geometrie vodných tokov CHKO BR Poľana. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, XLVIII, s. 395–409.
- JOHNSON, P. A., HEIL, T. M. 1996: Uncertainty in Estimating Bankfull Conditions. Water Resources Bulletin Journal of the American Water Resources Association, 32, 6: 1283–1292.
- LAWLOR, S. M. 2004: Determination of Channel-Morphology Characteristics, Bankfull Discharge and Various Design-Peak Discharges in Western Montana. Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, Scientific Investigations Report 2004-5263, p. 26.
- LEOPOLD, L. B., WOLMAN, M. G., MILLER, J. P. 1992: Fluvial Processes In Geomorphology. New York: Dover Publications Inc., p. 530.
- LEOPOLD, L. B. 2003: A View of the River. Cambridge: Harvard University Press, p. 298.
- MOSLEY, M. P., MCKERCHART, A. I. 1993: Streamflow. In: Maidment, D.R. (ed.) 1993: Handbook of Hydrology. New York: McGraw – Hill Inc., p. 1423, pp 8.1–8.39.
- 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 p.
- POWELL, R. O., MILLER, S. J., WESTERGARD, B. E., MULVIHILL, C. 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. New York: Troy, U. S. Geological Survey Open – File Report 03-92, 20 p.
- PAGE, K. J.: Bankfull discharge frequency for the Murrumbidgee River, New South Wales. In: Warner, R. F. (ed.): Fluvial geomorphology of Australia. Sydney: Academic Press, 1988: 267–281.
- PETTIT, F. PAUQUET, A. 1997: Bankfull discharge recurrence interval in gravel – bed rivers. Earth Surface Processes and Landforms, 22, No. 7: 685–693.
- POWELL, G. E., MECKLENBURG, D., WARD, A. 2006: Evaluating channel-forming discharges. St. Joseph, Michigan: Transaction of the ASAE, Vol.49, No 1: 35–46.
- 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, 7 p.
- ROSGEN, D. L. 1994: A classification of natural rivers. Catena, 22: 169–199.
- ROSGEN, D., SILVEY, H. L., 1996: Applied River Morphology. Pagosa Spring, Colorado: Wildland Hydrology, 396 p.
- SHERWOOD, J. M. AND HUITGER, C. A. 2005: Bankfull Characteristics of Ohio Streams and Their Relation to Peak Streamflows. Scientific Investigations Report 2005-5153, Columbus, OH: USDI Geological Survey, 39 p.
- WESTERGARD, B. E., MULVIHILL, CH. I., ERNST, A. G. and BALDIGO, B. P. 2005 : Regionalized Equations for Bankfull Discharge and Channel Characteristics of Stream in New York State: Hydrologic Region 5 in Central New York. U. S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2004-5247, 16 p.
- WILLIAMS, G. P. 1978: Bankfull discharge of rivers. Water Resources Research, 14, No 6: 1141–1153.
-

Adresa autora:

Prof. Ing. Matúš Jakubis, PhD.

Katedra lesných stavieb a meliorácií

lesnícka fakulta TU vo Zvolene

T. G. Masaryka 24

960 53 Zvolen

e-mail: jakubis@vsld.tuzvo.sk

The recurrence interval of bankfull discharge in natural beds of water flows in small watersheds

Summary

The study deals with the determination and assessment of bankfull discharges in natural cross-sections of torrents. The research was conducted on 25 torrents in the Protected Landscape Area – Biosphere Reserve Poľana. Watershed areas of these water flows range from $S_p = 0.384 \text{ km}^2$ to $S_p = 48.44 \text{ km}^2$, 100-year discharges from $Q_{100} = 3.0 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ to $Q_{100} = 57.0 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$, and 1-year discharges from $Q_1 = 0.30 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ to $Q_1 = 8.0 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$. The analysis proved that on average, the bankfull discharges of natural experimental flow profiles are attained or exceeded once a 1 year to once a 7.35 year, i.e. corresponding to N-year discharges ranging from $Q_N = 1$ to $Q_N = 7.35$, with an average of $Q_N = 2.63$.

OPTIMÁLNE SPÔSOBY VYTYČOVANIA HRANÍC LESNÝCH POZEMKOV

Štefan Ž Í H L A V N Í K – Daniel T U N Á K

Žihlavník, Š., Tunák, D.: Optimálne spôsoby vytyčovania hraníc lesných pozemkov. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **LI**, 2009, č. 1, s. 89–99.

Príspevok sa zaoberá posúdením vhodnosti rôznych spôsobov na určovanie lomových bodov pri vytyčovaní hraníc lesných pozemkov. Na tento účel boli vybraté štyri lesné porasty s rôznou štruktúrou a rastovou fázou porastu (drevinové zloženie, vekové a výškové členenie porastu, zápoj, zakmenenie). Z teoretických rozborov a z výsledkov meraní na testovacích lesných porastoch vyplýva, že optimálne spôsoby na vytyčovanie hraníc lesných pozemkov sú metódy polygónových ťahov a rájónov. Zároveň bola preukázaná vhodnosť kombinácie prístrojov GNSS (najmä na určenie počiatočných a koncových bodov na voľných priestranstvách pre polygónové ťahy bodov, resp. meranie rájónmi na voľnom priestranstve) a elektronických tachymetrov (na určenie lomových bodov hraníc polygónovým ťahmi vnútri porastu). Pre vytýčené body boli dosiahnuté presnosti v medziach 3. až 4. triedy, čo plne vyhovuje predpisom katastrálneho mapovania.

Kľúčové slová: vytýčenie hraníc lesných pozemkov, optimálne spôsoby, presnosť, vplyv lesného prostredia

1. ÚVOD A ROZBOR PROBLEMATIKY

Proces reprivatizácie lesov, t.j. prinavrátenie lesných pozemkov pôvodným vlastníkom rieši dva základné problémy: právny a technický. Tieto problémy sú navzájom prepojené.

Právny problém rieši prinavrátenie vlastníckych a užívacích práv k lesným pozemkom na základe preukázania sa relevantným dokladom o vlastníctve výpisom z pozemkovej knihy alebo z katastra nehnuteľností v spojení s grafickou a písomnou identifikáciou.

Technický problém rieši otázku konkrétneho vydávania pozemku priamo v teréne, spojenú s identifikáciou, vytyčovaním a stabilizáciou jeho hraníc. Ide prakticky o mapovacie práce, ktoré možno rozdeliť do týchto okruhov:

- a) Identifikácia hraníc z kartografických podkladov
- b) Terénne mapovacie práce
- c) Priestorové rozdelenie lesa a kritériá presnosti.

Problematiku mapovacích prác pri reprivatizácii lesných pozemkov komplikuje najmä tá skutočnosť, že pri súkromných lesoch, ktoré boli prevzaté pod r. 1948 do vlastníctva štátu, majetková podstata zostala nedotknutá (formálne zostali vo vlastníctve pôvodných

majiteľov) a dochádzalo teda aj k dedičským konaniam, ale tento stav nebol prenášaný do terénu. Ani hranice pôvodných vlastníkov neboli udržiavané a väčšinou nie sú už v teréne poznateľné. Najprv treba identifikovať hranice z kartografických podkladov a potom ich následne v teréne vytýčiť.

Práve vytýčenie identifikovaných hraníc lesných pozemkov je v súčasnosti najväčším problémom. Podstatne menej je takých pozemkov, kde lomové body hraníc sú stabilizované. V takýchto prípadoch pôjde len o overenie totožnosti bodov (príp. v priebehu hranice o ich doplnenie) podľa grafických podkladov. Väčšina lomových bodov hraníc pôvodných vlastníkov (najmä parcely s malými výmerami, ktoré vznikali pri dedičných konaniach) nebola prakticky v teréne stabilizovaná. Tu okrem samotného vytýčenia je pre zápis do katastra nehnuteľností potrebné aj vyhotovenie geometrických plánov, čo zvyšuje celkový objem kancelárskych i meračských prác.

Vytyčovací práce v procese reprivatizácie lesov komplikuje aj tá skutočnosť, že v priebehu posledných 10–12 rokov boli zavedené nové jednotky priestorového rozdelenia lesa (JPRL). V zmysle vyhlášky Ministerstva pôdohospodárstva SR č. 5/1995 Z. z. o hospodárskej úprave lesov zavedená nová jednotka priestorového rozdelenia lesa (JPRL) – časti podľa ich užívania (ďalej len „užívateľský celok“), ktorý určil orgán štátnej správy lesného hospodárstva s prihliadnutím na hranicu lesného hospodárskeho celku. Najmenšia výmera užívateľského celku bola 50 ha. Orgán štátnej správy lesného hospodárstva mohol určiť aj nižšiu výmeru užívateľského celku, ak si to vyžadovalo racionálne obhospodarovanie a ochrana lesov. Išlo o hospodársko-úpravnícku jednotku, pre ktorú sa vyhotovoval lesný hospodársky plán. Užívateľský celok bol vytvorený zo súboru lesných pozemkov jedného alebo viacerých vlastníkov, ktoré boli v spoločnom užívaní. Hranice užívateľského celku sa museli v teréne trvalo označiť a stabilizovať.

V súčasnosti od r. 2005 platí nový zákon NR SR č. 326/2005 Z. z. o lesoch a podľa novej vyhlášky MP SR č. 453/2006 Z. z. o hospodárskej úprave lesov a ochrane lesa na účely hospodárskej úpravy lesov sa členia lesné pozemky na nasledujúce jednotky priestorového rozdelenia lesa: lesné oblasti a podoblasti, lesné celky, vlastnícke celky, dielce, čiastkové plochy, porastové skupiny a ostatné lesné pozemky. Problematiku bližšie uvádza ŽIHĽAVNÍK, A. 2006, 2007, 2008.

Z týchto jednotiek priestorového rozdelenia lesa vlastnícke hranice pozemkov predstavujú hranice: lesných celkov a vlastníckych celkov.

Hranice ostatných JPRL nie sú vlastníckymi hranicami a patria do druhej skupiny.

Problematika tvorby a merania hraníc jednotiek priestorového rozdelenia lesa je značne zložitá. Z pohľadu mapovacích prác najvýraznejšou je reprivatizačný proces a s ním súvisiace právne i technické aspekty merania a vytyčovania vlastníckych hraníc lesných pozemkov. Tieto merania podľa požadovanej presnosti možno rozdeliť do dvoch skupín:

- prvú skupinu predstavujú vlastnícke hranice pozemkov, ktoré si vyžadujú meranie s presnosťou podľa katastrálneho mapovania, t.j. určenie polohy lomových bodov ako pevné body podrobného (polohového bodového) poľa v skratke PBPP minimálne v 4. triede presnosti,
- druhú skupinu predstavuje lesný detail, ktorý je podkladom pre tvorbu účelových lesníckych máp s nižšími požiadavkami na presnosť (5. trieda presnosti).

Vzhľadom na to, že hranice lesných celkov a vlastníckych celkov sú zároveň vlastníkmi hranicami, na ktoré sa vzťahujú kritériá presnosti katastrálneho mapovania, môže dochádzať pri ich vytyčovaní a stabilizácii z hľadiska predpísanej presnosti určenia polohy lomových bodov hraníc ku komplikáciám. Hranice doterajších jednotiek priestorového rozdelenia lesa sa zameriavali prevažne buzolovým meraním alebo fotogrametricky (samozrejme s výnimkou hraníc medzi poľnohospodárskym a lesným pôdnym fondom). V zmysle Inštrukcie na tvorbu Základnej mapy SR veľkej mierky I 74.20.73.21.00 ÚGKK SR, (984 211 I/1993), sa táto mapa vyhotovuje najviac do 4. triedy presnosti. Ide o mapy, ktoré v súbore geodetických informácií katastrálneho operátu sú katastrálnymi mapami a teda aj mapovacie práce a kritériá presnosti pre vlastnícke hranice musia byť v súlade s kritériami presnosti týchto máp. Buzolovým meraním, pri používaní súčasnej prístrojovej techniky a metód merania (napr. CHUDÝ – Kardoš 2005) a fotogrametrickým vyhodnotením v lesníctve používaných leteckých meračských snímok v mierkach 1 : 10 000 až 1 : 15 000, sa tieto kritériá nedajú v žiadnom prípade dodržať.

Podľa Inštrukcie na práce v polohových bodových poliach ÚGKK SR (984 121 1994), na určenie pravouhlých súradníc pevných bodov podrobného (polohového bodového) poľa (PBPP) pre 1. až 5. triedu presnosti možno použiť tieto spôsoby:

- a) polygónové ťahy s dlhými stranami meranými elektronickými diaľkomeri,
- b) pretínanie napred a kombinované pretínanie,
- c) pretínanie z dĺžok meraných elektronickými diaľkomeri,
- d) rajóny meranými elektronickými diaľkomeri,
- e) pomocou globálneho navigačného satelitného systému (GNSS),
- f) trojuholníkové reťazce,
- g) pretínanie nazad,
- h) polygónové ťahy s kratšími dĺžkami strán,
- i) fotogrametricky.

Pre body v jednotlivých triedach presnosti možno použiť:

- pre PBPP 1. triedy presnosti spôsoby a) až e),
- pre PBPP 2. triedy presnosti spôsoby a) až g),
- pre PBPP 3. a 4. triedy presnosti spôsoby d) až h),
- PBPP 5. triedy presnosti sa určujú prevažne fotogrametricky, nevylučuje sa však možnosť ich geodetického určenia.

Pri vytyčovaní vlastníckych hraníc lesných pozemkov je potrebné dosiahnuť presnosť 4. triedy presnosti. Podľa uvedeného prehľadu možno na určenie pravouhlých súradníc lomových bodov využiť spôsoby pod bodmi a) až h).

Pre fotogrametrické určenie PBPP 4. triedy presnosti by sa vyžadovali letecké meračské snímky v mierke cca 1 : 5 000–1 : 8 000. Uvedená 5. trieda presnosti platí pre letecké meračské snímky v mierke cca 1 : 10 000–1 : 15 000, ktoré sa v súčasnosti na fotogrametrické vyhodnotenie pri mapovaní lesov používajú.

Cieľom predloženého príspevku je na základe teoretických rozborov a experimentálnych meraní posúdiť vhodnosť týchto spôsobov pri vytyčovaní lomových bodov hraníc lesných pozemkov.

Príspevok vznikol v rámci riešenia vedeckého projektu VEGA MŠ a SAV č. 1/0560/09 s názvom „Racionalizácia lesníckeho mapovania“.

2. EXPERIMENTÁLNY MATERIÁL

Na riešenie danej problematiky bol použitý tento experimentálny materiál:

a) Hlavný polygónový ťah

Polygónový ťah v k. ú. Kováčová na VŠLP TU vo Zvolene – polesie Kováčová, ktorý bol založený medzi trigonometrickými bodmi 23 – Dibák, 47 – Trebuľa.

Vrcholové body polygónových ťahov boli stabilizované železnými rúrkami dlhými 50 cm o priemere 3,5 cm.

Priebeh polygónového ťahu spolu s testovanými porastmi (vložený do výseku leteckej snímky) je na obr. 1.

Pri zakladaní polygónových ťahov sa vychádzalo z dvoch základných požiadaviek:

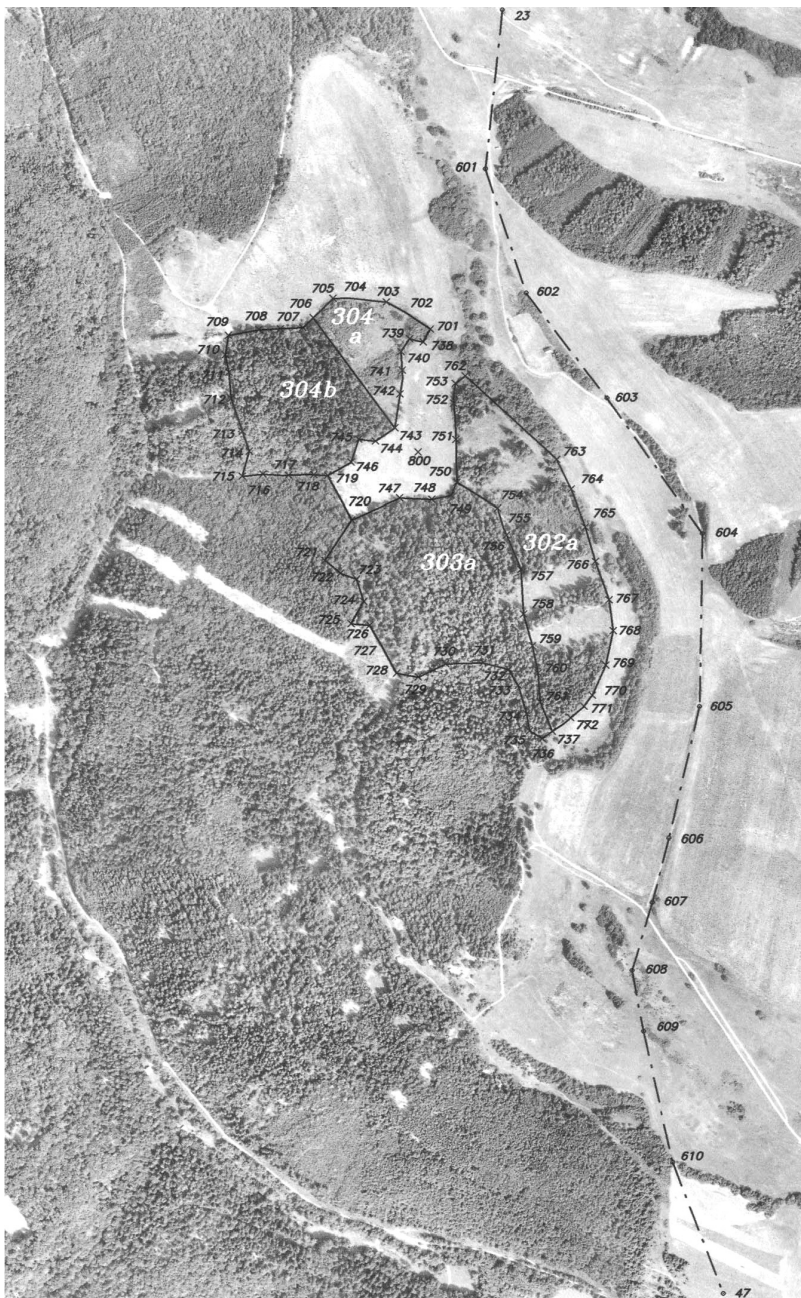
- dodržanie požadovanej presnosti merania,
- minimálne zásahy (priesečky) do lesných porastov.

Polygónový ťah prebieha cez pastviny a cez lesný porast popri lesnej ceste. Celková dĺžka ťahu je 1 745,87 m, počet strán ťahu je 15. Začiatkový bod ťahu je trigonometrický bod 23 – Dibák, orientácia na trigonometrický bod 24 – Sielnica. Koncový bod ťahu je bod 47 – Trebuľa s orientáciou na trigonometrický bod 30.

Na meranie potrebných prvkov (vrcholové uhly a dĺžky strán) pre určenie pravouhlých súradníc vrcholových bodov polygónových ťahov (body PPBP) sa použil elektronický tachymeter ELTA 4 s registráciou nameraných hodnôt pomocou registračného zariadenia PSION ORGANISER II a dvojfrekvenčný GNSS prijímač TOPCON Hiper GGD.

Vrcholové uhly sa merali v oboch polohách ďalekohľadu, dĺžky strán sa merali vždy dvakrát (tam aj nazad) a v ďalšom výpočte sa uvažovalo s aritmetickým priemerom z oboch meraní.

Meranie sa vykonalo pomocou trojpodstavcovej súpravy so závislou centráciou.



Obr. 1 Polohové bodové pole v záujmovom území
 Abb. 1 Das Lagefestpunktfeld im Interessengebiet

b) Testovacie porasty

V blízkosti hlavného polygónového ťahu boli vybraté porasty 304a, 304b, 302a, 303a, ktorých hranice boli určené predbežnou identifikáciou pomocou leteckej snímky a porastovej mapy. Tieto porasty boli v ďalšom využité ako testovacie porasty pre modelové vytýčenie vlastníckych hraníc rôznymi spôsobmi určovania PBPP.

Charakteristika porastov:

- porast 304a: mladý porast tvorený 3 porastovými skupinami, na 90 % zastúpený II. a III. porastovou skupinou s vekom do 20 r. V severnej a východnej časti I. porastovej skupiny s vekom 110 r. Veľmi rôznorodý porast zložený zo smreka, buka, jedle a hraba. Rozpracovaný obnovou, čím dochádza k zmene v zastúpení.
- porast 304b: jednoetážový 80 r. porast so zakmenením 0,8. Prevažne zastúpenie smreka, s prímiesou buka, rozpracovaný obnovou.
- porast 302a: trojetážový, 110 r. porast so zakmenením hornej etáže 0,6, strednej 0,1 a spodnej 0,2. Prevažne zastúpenie smreka, rozpracovaný obnovou.
- porast 303a: trojetážový, 110 r. porast so zakmenením hornej etáže 0,6, strednej 0,3 a spodnej 0,1. Prevažne zastúpenie smreka, rozpracovaný obnovou.

Lomové body hraníc týchto porastov boli zamerané metódou polygónových ťahov a časť pomocou rajónov. Na meranie sa použil elektronický tachymeter Elta 4 a časť prijímačom GNSS TOPCON Hiper GGD. Obmedzenie meraní s TOCONOM Hiper GGD bolo pre niektoré nevyhovujúce podmienky merania (budú uvedené v diskusii), ktoré neumožňovali dosiahnutie požadovanej presnosti.

c) Iné podkladové materiály

Porastová mapa a opisy porastov z lesného hospodárskeho plánu.

3. METODIKA SPRACOVANIA

Spracovanie experimentálneho materiálu sa rozdelilo do troch častí: kancelárske výpočtové a grafické práce, terénne geodetické práce a zovšeobecnenie výsledkov.

a) Kancelárske výpočtové a grafické práce

V prvom kroku boli vypočítané pravouhlé súradnice vrcholových bodov polygónového ťahu 23 – Dibák, 47 – Trebuľa. Výpočet bol vykonaný ako podľa zásad pre ťah obojstranne orientovaný a obojstranne súradnicovo pripojený (ŽÍHLAVNÍK, Š., 2004) výpočtovým programom Groma 6.

Geometrické parametre polygónového ťahu sa posudzovali podľa Inštrukcie 984 121 I/93, kde sú uvedené spolu s kritériami presnosti polygónových ťahov pre určenie bodov 1. až 4. triedy presnosti s rozdelením pre ťahy hlavné a pre ťahy vedľajšie.

Uvedená Inštrukcia predpisuje, že v prípade, v ktorom pri určovaní bodov polygónovým ťahom výnimočne nie je možné splniť niektoré geometrické parametre, je potrebné vykonať ďalší postup výpočtov a testovanie dosiahnutej presnosti podľa predpísaných zásad (BÖHM 1999). V ostatných výnimočných prípadoch, keď nemožno ani predpísané

zásady uplatniť, je potrebné dosiahnutú presnosť individuálne posúdiť podľa STN 730415 Geodetické body.

V založenom ťahu boli dodržané kritériá v rozpätí tried presnosti 1 až 4, s výnimkou dodržania kritéria – maximálny odklon strany ťahu od priamej spojnice s_{PK} začiatočného a koncového bodu ťahu. Pre takýto prípad je podľa Inštrukcie 984 121 I/93 potrebné dosiahnutú presnosť posúdiť podľa technickej normy STN 73 0415 Geodetické body (t.j. testovaním stredných súradnicových chýb). Testovaním hodnôt stredných chýb m_{xy} sa preukázalo, že všetky body sú v 1. a 2. triede presnosti podľa STN 73 0415 Geodetické body (0,02 m, 0,04 m), čo prekračuje požiadavku, ktorá pre vlastnícke hranice v lesných celkoch je 4. trieda presnosti (0,12 m). Preto v ďalšom bolo možné všetky vrcholové body polygónového ťahu využiť ako podklad pre ďalšie experimentálne merania lomových bodov hraníc záujmových lesných porastov.

V druhom kroku kancelárskych prác boli vo vhodnej mierke zobrazené všetky lomové body hraníc lesných porastov a následne vykonané teoretické rozboru najvhodnejšieho využitia niektorého z uvedených spôsobov určovaním PBPP. Už pri tomto teoretickom rozbere nebolo uvažované s polygónovými ťahmi s dlhými stranami a s trojuholníkovými reťazcami, ktoré vzhľadom na dĺžky strán (do 1 500 m) prakticky v lesnom teréne nie je možné využiť (neprehľadnosť a členitosť terénu, nutnosť priesekov pre zámery).

b) Terénne geodetické práce

Na základe grafického riešenia sa priamo v teréne posudzovala možnosť optimálneho využitia jednotlivých spôsobov pri zohľadnení a zosúladení troch rozhodujúcich kritérií: požadovaná presnosť, minimálne zásahy do porastu, hospodárnosť merania (doba merania). Merania bolo vykonané v týchto alternatívach:

- polygónový ťah č. 1: medzi bodmi 701–737 (v smere na body 702....719, 720...721),
- polárna metóda (rajóny) na rozhraní lesa a lúky od bodu 701 smer na bod 738, končiac bodom 762,
- polygónový ťah č. 2: medzi bodmi 762–737 (v smere na body 753....750, 754..761),
- polygónový ťah č. 3: medzi bodmi 762–737 (v smere na body 763....772).

c) Zovšeobecnenie výsledkov

V rámci zovšeobecnenia výsledkov sa posúdili jednotlivé lokality z hľadiska možnosti vykonania terénnych geodetických prác tak, aby boli splnené požadované kritériá a presnosť určenia bodov PBPP.

4. DISKUSIA A ZHODNOTENIE VÝSLEDKOV

Z porastovej mapy boli do záujmového územia vykreslené lomové body hraníc testovaných lesných porastov a časť polygónového ťahu Dibák 24 – Trebula 47. Následne boli naznačené grafické možnosti určenia polohy lomových bodov hraníc jednotlivých lesných porastov.

Z teoretického hľadiska optimálne riešenie pre všetky porasty by bolo využitie polárnej metódy pomocou rajónov tak, že približne v strede každého porastu by sa umiestnilo stanovisko prístroja. Pre túto metódu možno použiť buď elektronický tachymeter alebo meranie vykonať prijímačom GNSS metódou RTK (Real Time Kinematics). Pre obidva spôsoby je však potrebné voľné priestranstvo, čo pri praktickom terénnom meraní je nemožné. Zakmenenie všetkých porastov je pomerne vysoké (0,6–0,8) a pre zámery z jedného stanoviska prístroja by bolo nutné robiť priesečky s vyrúbaním v zámere prechádzajúcich drevín. Okrem toho doterajšie výsledky výskumu s prístrojmi GNSS preukázali značný vplyv lesného porastu na presnosť merania. Viaceré doteraz vykonané merania a rozbor terénnych meraní jednou z viacerých technológií GNSS metódou RTK (ŽIHĽAVNÍK, Š. – MELUŠ 2008) preukázali aktuálnosť využitia tejto metódy pri meraniach v zalesnených územiach pri zohľadnení špecifik lesného prostredia. Po vyhodnotení výsledkov získaných po zameraní vrcholových bodov polygónu na voľnom priestranstve boli dosiahnuté hodnoty stredných súradnicových aj výškových chýb, ktoré zodpovedali kritériám 1. a 2. triedy presnosti. Pri meraní polygónového ťahu na lesnom prieseku hodnoty stredných súradnicových chýb presahovali v čase vegetačného obdobia kritérií aj 5. triedu presnosti určovania bodov PBPP ($m_{xy} = 0,50$ m). Po zhodnotení výsledkov meraní metódou RTK sa vplyv hrúbky a vzdialenosti tieniacej dreviny od meraného bodu na polohovú presnosť (m_{xy}) štatisticky významne preukázal.

Priemerné hodnoty m_{xy} (ŽIHĽAVNÍK, Š. – MELUŠ 2008):

- voľná plocha $m_{xy} = 0,024$ m,
- lesný priesek $m_{xy} = 0,695$ m,
- ihličnatý porast $m_{xy} = 1,492$ m,
- listnatý porast $m_{xy} = 1,940$ m.

Na základe všetkých zhodnotených výsledkov, získaných poznatkov možno usudzovať, že na presnosť dosahovaných výsledkov pri zhusťovaní bodových polí metódou RTK v podmienkach lesných porastov a lesných priesekov vplývajú predovšetkým: zakmenenie, zápoj, druh dreviny, hrúbka dreviny $d_{1,3}$ (priemer dreviny vo výške 1,3 m) a vzdialenosť tieniacej dreviny a expozícia, použitý družicový systém, počet spoločne observovaných družíc a ich konštelácia, dĺžka observácie, vegetačné obdobie.

Konkrétne riešenie sa vykonalo kombináciou merania metódou polygónových ťahov a polárnou metódou pomocou rajónov takto (obr. 1):

- a) časť lomových bodov hraníc portov 304a, 304b bola zameraná polygónovým ťahom č. 1 pomocou elektronického tachymetra Elta 4 medzi bodmi 701–737. Body 701 a 737 boli určené pripojením na polygónové bod 602 a 606 ťahu 24 Dibák – 47 Trebula.
- b) časť lomových bodov hraníc porastov 304a, 304b, 303a, 302a (hraničné body porastu a lúky) bola zameraná zo stredu lúky (bod č. 800) elektronickým tachymetrom Elta 4 a kontrolne aj metódou RTK prijímačom GNSS TOPCON Hiper GGD (ide o voľný priestor) referenčným prístrojom na bode 24 Dibák.
- c) časť lomových bodov hraníc porastov 303a, 302a bola zameraná polygónovým ťahom č. 2 pomocou Elty 4 medzi bodmi 762–737. Bod 762 bol určený pripojením na polygónový bod 602. Bod 737 bol prevzatý z polygónového ťahu č. 1.

d) časť lomových bodov hraníc porastu 302a bola zameraná polygóновým ťahom č. 3 pomocou Elty 4 medzi bodmi 762–737, ktoré boli prevzaté z predchádzajúceho merania. Nakoľko išlo o časť medzi lesným porastom a lúkou boli vykonané aj merania metódou RTK prijímačom GNSS TOPCON Hiper GGD s referenčným prístrojom na bode 24 Dibák.

Vzhľadom na to, že konfigurácia terénu neumožňovala dodržať všetky geometrické parametre pri zakladaní polygóновých ťahov (najmä vybočenie ťahu a odklon strany) bolo vykonané testovanie stredných súradnicových chýb v zmysle Inštrukcie (1994).

Pre všetky lomové body hraníc lesných porastov boli dosiahnuté hodnoty stredných súradnicových chýb m_{xy} v rozpätí 2. až 4. triedy presnosti.

Tieto výsledky potvrdzujú, že presnosť elektronických tachymetrov a prístrojov GNSS do určitej miery eliminujú nepriaznivé podmienky a niektoré geometrické parametre by sa mohli upraviť.

Uvedené modelové riešenie poukázalo na tú skutočnosť, že pri vytyčovaní hraníc lesných pozemkov optimálne riešenie je kombinácia merania prístrojmi GNSS s elektronickými tachymetrami. Optimálne riešenie spočíva v predbežnom teoretickom grafickom riešení s využitím aktuálnej leteckej meračskej snímky a porastovej mapy. Vloženie identifikovaných hraníc lesných pozemkov do leteckej snímky umožní už vopred posúdiť vhodnosť jednotlivých spôsobov určovania PBPP interpretáciou daného územia na snímke. Najvýhodnejšie spôsoby pre meračské práce v zalesnených územiach pri vytyčovaní hraníc lesných porastov (vlastnícke hranice) sú polygóновé ťahy s krátkymi dĺžkami strán a polárna metóda (rajóny) a ich kombinácia v závislosti na prehľadnosti záujmového územia.

5. ZÁVER

Na určovanie PBPP pri vytyčovaní hraníc lesných pozemkov je podľa Inštrukcie na práce v polohových bodových poliach (1994) možno použiť viaceré spôsoby: polygóновé ťahy, rajóny, pretínanie napred, pretínanie nazad, GNSS. Pre posúdenie najvhodnejšieho spôsobu bolo pre vybrané lesné pozemky vykonané optimálne grafické riešenie a porovnané s možnosťou jeho aplikácie priamo v teréne. Vykonané teoretické rozbor, merania a analýza ich presnosti ukázali, že lesné prostredie a geomorfologické pomery výrazne ovplyvňujú výber jednotlivých metód. Pre vytyčovanie hraníc lesných pozemkov s požadovanou presnosťou pre katastrálne mapovanie (pre súvislé lesné celky 4. trieda presnosti) je voľba najvhodnejšej metódy závislá od prehľadnosti lesných porastov. Z uvedených metód pre členité a málo prehľadné územie (vyšší stupeň zakmenenia porastov) najvýhodnejší spôsob je metóda polygóновých ťahov s krátkymi stranami, ktoré sa merajú elektronickými tachymetrami. Táto metóda je vhodná najmä pre lesné pozemky, kde hustota porastu neumožňuje využiť polárne meranie na viaceré lomové body hranice z jedného stanoviska. Pre vytýčenie hraníc medzi lesným porastom a voľným priestranstvom (lúka, pastvina, role a pod.), je vhodné použiť polárnu metódu, najmä na územiach blížiacich sa ku kruhovému tvaru (možnosť umiestniť prístroj v strede

pozemku s dosahom na všetky lomové body). Pre tieto merania sú vhodné aj elektronické tachymetre aj prístroje GNSS (najmä metóda RTK).

Výsledky meraní na testovacích lesných porastoch preukázali vhodnosť kombinácie prístrojov GNSS (najmä určenie počiatočných a koncových bodov na voľných priestranstvách pre polygónové ťahy bodov, resp. meranie rajónmi na voľnom priestranstve) a elektronických tachymetrov pre určenie lomových bodov polygónovým ťahmi vnútri porastu. Pre vytýčené body boli dosiahnuté presnosti v medziach 3. a 4. triedy, čo plne vyhovuje predpisom katastrálneho mapovania pre lesné pozemky.

Literatúra

- BŮHM, J. a kolektív, 1990: Teorie chýb a vyrovnávacího počtu. GKP Praha, 416 s.
- CHUDÝ, F., Kardoš, M., 2005: Posúdenie polohovej presnosti zamerania línií vnútorného rozčlenenia lesa buzo-
lovým meraním. In: DPZ a lesnícke mapovanie, TU Zvolen, s. 14–23.
- ŽIHĽAVNÍK, A., 2006: Problematika priestorového rozdelenia lesa v súčasnom období vo väzbe na lesnícke mapo-
vanie. In: Geodézia v lesníctve. TU Zvolen, s. 99–105.
- ŽIHĽAVNÍK, A., 2007: Aktuálne zmeny a nové prvky v priestorovej úprave lesa. In: Aktuálne problémy lesníckeho
mapovania. TU Zvolen, s. 125–133.
- ŽIHĽAVNÍK, A., 2008: Hospodárska úprava lesov. VŠ učebnica. TU Zvolen, 388 s.
- ŽIHĽAVNÍK, Š., MELUŠ, J., 2008: RTK metóda merania GNSS v zalesnených územiach. In: Lesnícka geodézia
a fotogrametria – trendy. TU Zvolen, s. 37–54.
- ŽIHĽAVNÍK, Š., 2004. Geodézia, fotogrametria a mapovanie v lesníctve. Vysokoškolská učebnica. TU Zvolen.
29,93 AH (388 s).
- Inštrukcia na tvorbu Základnej mapy SR veľkej mierky I 74.20.73.21.00 ÚGKK SR, (984 211 I/1993).
- Inštrukcia na práce v polohových bodových poliach 984 121 I/93, ÚGKK SR, 1994.
- Pracovné postupy hospodárskej úpravy lesov. Lesoprojekt Zvolen, 1995, 175 s.
- STN 73 0415. Geodetické body.
- Vyhláška MP SR č. 5/1995 Z. z. o hospodárskej úprave lesov (119/2002 Z. z.). Vyhláška MP SR č. 453/2006 Z.
z. o hospodárskej úprave lesov.
- Zákon NR SR č. 326/2005 Z. z. o lesoch (novela č. 360/2007 Z. z.).
-

Adresa autorov:

Prof. Ing. Štefan Žihlavník, CSc.

Ing. Daniel Tunák

Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie

Lesnícka fakulta TU vo Zvolene

T. G. Masaryka 24

960 53 Zvolen

e-mail: zihlav@vsld.tuzvo.sk

tunak@vsld.tuzvo.sk

Die optimalen Methoden der Grenzenabsteckung der Waldgrundstücke

Zusammenfassung

Für die Bestimmung der Lagefestpunkte, die man bei der Grenzenabsteckung der Waldgrundstücke bestimmen muss, kann man nach der Instruktion für die Arbeiten den Lagefestpunktfeldern (1994) mehrere Methoden ausnutzen: die Polygonzüge, das polare Anhängen, das Vorwärtseinschneiden, das Rückwärtseinschneiden, die Methoden GNSS (Global Navigation Satellite System). Für die Beurteilung der richtigsten Methoden wurde für verschiedene Waldgrundstücke eine optimale graphische Lösung gefunden und mit den direkten Messungen im Gelände verglichen. Die durchgeführten theoretischen Lösungen und geodätischen Messungen und Analysen deren Genauigkeit zeigten, dass die Waldumwelt und die geomorphologischen Verhältnisse auf die Auswahl der einzelnen Methoden markant einwirken. Für die Grenzenabsteckung der Waldgrundstücke mit der verlangten Genauigkeit für die Katastervermessung (4. Klasse der Genauigkeit der Kartierung) ist die Methode der Polygonzüge mit den kurzen Seiten als die zweckmässige Methode.

Diese Methode ist sehr zweckmässig vor allen für die Waldgrundstücke, wo die Bestandsdichte keine Polaraufnahme für mehrere Knickpunkte der Grenze aus dem Instrumentenstandpunkt ermöglicht. Die Ausnutzung der GNSS Methode ist nur im freien Raum angebracht, wo die Methode RTK zweckmässig ist. Die optimale Lösung bei der Grenzenabsteckung der Waldgrundstücke ist eine Kombination der Methode GNSS mit der Methode der Polygonzüge, bzw. mit der Polaraufnahme.

NÁVRH NOVEJ KATEGORIZÁCIE HARVESTEROV NA ZÁKLADE ANALÝZY HMOTNOSTNÝCH A VÝKONOVÝCH PARAMETROV

Vladimír Š T O L L M A N N – Jozef S L U G E Ň

Štollmann, V., Slugeň, J.: Návrh novej kategorizácie harvesterov na základe analýzy hmotnostných a výkonových parametrov. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, LI, 2009, č. 1, s. 101–109.

Každý výrobca sa snaží zabezpečiť čo najväčšiu rôznorodosť svojich výrobkov, aby čo najlepšie uspokojil potreby svojich zákazníkov. Zároveň však musí brať do úvahy aj ekonomické ukazovatele, pretože len tak môže byť schopný konkurovať na trhu. Jedným z nástrojov na dosiahnutie týchto cieľov je vytvorenie optimálneho stavebného radu, t.j. veľkostná kategorizácia. Príspevok sa zaoberá určením veľkostnej kategorizácie harvesterov. Metodika je aplikovaná na aktuálnom štatistickom súbore vyrábaných strojov.

Kľúčové slová: harvester, viacoperačný stroj, veľkostná kategorizácia harvesterov, hmotnosť, výkon motora

1. ÚVOD

Vývoj harvesterov začal v 60. rokoch minulého storočia. Priekopníckymi krajinami boli Škandinávia, USA, Kanada a bývalý ZSSR. V ČSFR boli nasadené po prvý raz v 70 r. pri likvidácii imisných porastov v severných Čechách. Boli to ťažké harvestery LOGMA 310 a procesory VOLVO 900. Na prírodnom prostredí narobili veľké škody a tak si neurobili dobrú reklamu. Naviac technické parametre dosahované v tom čase nevyhovovali náročným terénnym a výrobným podmienkam v lesoch Slovenska. Preto išiel vývoj na Slovensku iným smerom. Ešte v 90 r. bol podiel harvesterov na celkovom objeme ťažby prakticky zanedbateľný. Dominovali motomanuálne technológie s výrobou sortimentov na manipulačno-expedičných skladoch. Situácia sa začala meniť až po kalamite v r. 2004. Na spracovaní kalamity pracoval v tom čase rekordný počet 59 ks harvesterov. V súčasnosti je podiel harvesterov na ťažbe dreva cca 3–4 %.

Vývoj vo svete išiel iným smerom ako na Slovensku, hlavne v krajinách s exploatačným charakterom lesného hospodárstva a vhodnými prírodnými podmienkami. Napr. v Škandinávii dosiahol podiel harvesterov na ťažbe dreva takmer 100 %. V súčasnosti už existuje vo svete veľké množstvo výrobcov tejto techniky a nepreberné množstvo vyrábaných typov s rôznymi hmotnostnými a výkonovými parametrami. Domácom výrobcom týchto strojov sú bývalé ZTS Trstená, dnes LKT s.r.o. Trstená.

Každý výrobca sa musí snažiť o určitú rôznorodosť svojich produktov – flexibilitu, aby čo najlepšie uspokojil požiadavky zákazníkov. V žiadnom prípade však nemôže vyrábať všetko, lebo v tom prípade by musel teoreticky vyrábať nekonečné množstvo typov strojov za cenu vysokých výrobných nákladov. Dôležitým nástrojom pre zefektívnenie výroby a zlepšenie ekonomických ukazovateľov je zadefinovanie typového radu s konečným množstvom kategórií strojov, ktorými dokáže čo najlepšie a efektívne naplniť potreby zákazníkov. V takom prípade môže plne uplatniť pri konštrukčnom návrhu metódu unifikácie, čo ešte viac prispieva k efektívnosti výroby a vyššej spokojnosti zákazníkov.

V článku je vykonaná kategorizácia harvesterov podľa celkovej hmotnosti stroja a inštalovaného výkonu motora, ktorá odpovedá súčasnému používateľskému trhu v tejto oblasti. Na obr. 1 je najmenší harvester dostupný na trhu od firmy VIMEK 404 TT.



Obr. 1 Harvester VIMEK 404 TT – ilustračné foto

Abb. 1 Harvester VIMEK 404 TT – Illustrationsfoto

2. METÓDY

Pre vytvorenie kategorizácie harvesterov bola použitá modifikovaná metóda navrhnutá v [1]. Postup pozostával z nasledovných dielčích krokov:

- Vytvorenia databázy v súčasnosti aktuálne vyrábaných typov harvesterov.
- Štatistického spracovania a analýzy databázového súboru. Vytvorenia závislosti výkon – hmotnosť a stanovenia regresnej krivky.
- Vytvorenia kritéria pre rozdelenie databázového súboru do kategórií K_1 až K_n .

Kritérium pre rozdelenie databázového súboru do kategórií K_1 až K_n bolo stanovené tak, aby integrovalo v sebe nasledovné parametre: výkon motora, hmotnosť stroja a počet vyrábaných kusov. Keďže informácie o počte vyrábaných kusov boli nedostupné, bolo pri stanovovaní kritéria vychádzané z predpokladu, že počet vyrobených kusov o danej hmotnosti a výkone motora je v okolí daného bodu regresnej krivky v korelácii s počtom vyrábaných typov.

Kritériálny postup spočíva z nasledovných krokov:

- Ortogálnej projekcie jednotlivých prvkov databázového súboru (typov harvesterov) na regresnú krivku a vytvorenia 12 ortogonálnych tried I. až XII.
- Stanovenia početností p_1 až p_{12} v jednotlivých ortogonálnych triedach a zostrojenia histogramu početností.

- c) Rozdelenia 12 tried na kategórie K_1 až K_n tak, aby:
- počet tried v jednej kategórii nepresiahol 3,
 - početnosti tried v kategórii mali stúpajúcu tendenciu,
 - sumárna početnosť v kategórii bola čo najväčšia.
- d) Z pravostranných hraničných hodnôt kategórií K_1 až K_n pomocou regresnej krivky výkon – hmotnosť stanoviť hmotnostné a výkonové parametre jednotlivých kategórií.

3. VÝSLEDKY

Bol vytvorený databázový súbor, ktorý obsahuje celkom 126 rôznych typov harvesterov vyrábaných v súčasnosti na svete. Zoradené sú vzostupne podľa hmotnosti v tab. č. 1.

Tabuľka 1 Databáza harvesterov
Tabelle 1 Datenbasis von Harvester

P. č.	Typ	Hmot. (t)	Výkon (kW)	P. č.	Typ	Hmot. (t)	Výkon (kW)
1	Vimek 404 T	4,1	44	64	Timberjack 1270 C	16,5	163
2	Biber	6,4	55	65	HSM 405 H1 6 WD	16,6	172
3	Rottne 2004	7,3	93	66	TBM 86	16,7	165
4	Prosilva 705	8,5	114	67	Rottne SMV RapidTGS	17,2	138
5	Rottne H-8	8,5	104	68	Logman 811 H-6	17,5	118
6	Sampo Rosenlew 1046 X	8,5	74	69	Eco Log 508B	17,8	166
7	Neuson MHT 8002 HV	8,7	46	70	Rottne H-14	18,0	165
8	TBM 84 - 4	9,3	88	71	Fabtek FT 153	18,0	121
9	Amkodor 2535	10,0	74	72	UTC F 3167	18,0	176
10	TBM 84 V.II	10,5	88	73	Caterpillar 571	18,5	165
11	Prosilva 810	10,8	151	74	Caterpillar 580 B	18,5	165
12	Timberjack 770	10,8	82	75	Highlander	18,5	169
13	Kaiser Forst 4x4	10,9	91	76	Timberjack 1270 D	18,5	160
14	Logset 4H	11,0	108	77	Valmet 921	18,6	159
15	Tigercat H09	11,0	134	78	Fabtek FT 663	19,0	125
16	Neuson MHT11002 HVT	11,1	74	79	HSM 405 H1 8 WD	19,0	172
17	Timberjack 770 D	11,3	86	80	Silvatec8266ThSleipner	19,1	205
18	Menzi Muck A 91 V2	11,5	104	81	Rottne H-20	19,5	187
19	Neuson MHT 9002 HV	11,5	74	82	FMG 1870	19,8	142
20	UTC F 1047	11,5	89	83	Logset Titan 6H	20,0	166
21	Prosilva 910	11,8	151	84	Timberjack 1470 D	20,0	180
22	Amkodor 2545	12,5	109	85	Valmet 911.1 X3M	20,0	140

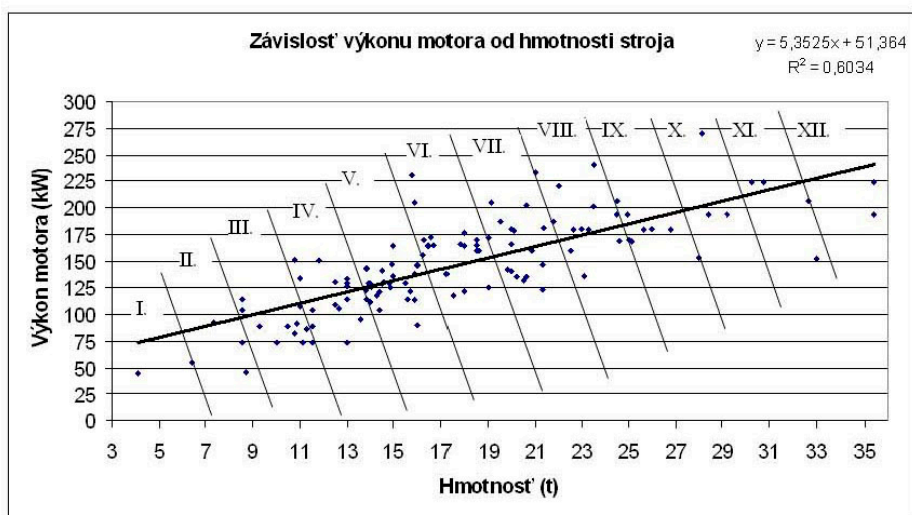
Tabuľka 1 Pokračovanie
Tabelle 1 Fortsetzung

P. č.	Typ	Hmot. (t)	Výkon (kW)	P. č.	Typ	Hmot. (t)	Výkon (kW)
23	Logman 801	12,5	130	86	Logset Titan 8H	20,1	179
24	Nokka Profi	12,7	105	87	Timberjack 608 B	20,2	135
25	NeusonMHT11002HVT+	13,0	74	88	Neuson 182 HVT	20,5	132
26	Prosilva 915	13,0	114	89	HSM 405 H2 8 WD	20,6	202
27	Sampo Rosenlew 1066	13,0	129	90	John Deere 703 G	20,6	135
28	Stefan Mini	13,0	127	91	Timbco 415	20,8	160
29	TBM 85 V.II	13,0	133	92	Eco Log 590C	21,0	233
30	Valmet 901.1	13,6	95	93	Caterpillar 550C7accert	21,3	147
31	Timberjack 870 B	13,8	114	94	NeusonMht18002HVT	21,3	123
32	Timberjack 1070	13,8	123	95	Tigercat H 16	21,4	181
33	Pinox 856	13,9	143	96	Rottne H - 20	21,8	187
34	Logset 5H	13,9	125	97	Logset 10H	22,0	220
35	Pinox 956	13,9	143	98	Valmet 415 EX	22,5	160
36	Gremo 650 HPV	14,0	129	99	Timberjack 608 S	22,6	180
37	Gremo HPV R	14,0	129	100	John Deere 753 G	23,0	180
38	UTC FS 2665	14,0	111	101	John Deere 703 JH	23,1	135
39	Valmet 901.2/4	14,1	125	102	John Deere 753 JH	23,3	180
40	Logman 811 H-4	14,3	118	103	Ponsse BEAR a	23,5	240
41	Fabtek FT 133	14,4	121	104	Valmet 941	23,5	201
42	Neuson 132 HVT	14,4	104	105	Tigercat H 822	24,5	206
43	Valmet 911.1/4	14,5	129	106	Timbco EX 10	24,5	194
44	Valmet 901.3	14,5	140	107	Timbco 425 EXL	24,5	194
45	Ponsse Beaver	14,6	130	108	Neuson MHT 242 HVT	24,6	168
46	Gremo 950 HPVR	14,8	129	109	Timbco 425 EX	25,0	194
47	Valmet 901.2/6	14,9	125	110	Valmet 911.3 X3M	25,0	170
48	Rottne 5005	14,9	147	111	Neuson MHT 242 HV	25,1	168
49	Gremo 1050H	15,0	164	112	Timberjack 608 L	25,6	180
50	Timberjack 1070 D	15,0	136	113	John Deere 759 G	26,0	180
51	Valmet 911.1/6	15,5	129	114	John Deere 759 JH	26,8	180
52	Belarus MLH 434	15,6	114	115	Impex Königstiger	28,0	153
53	Caterpillar 550	15,7	122	116	Stefan Elefant	28,1	270
54	Stefan Bavaria	15,8	230	117	Timbco 445 EXL	28,4	194
55	Belarus MLH 424	15,9	114	118	Timbco 445 EX	28,4	194
56	Ponsse ERGO a	15,9	205	119	Valmet EX10	29,2	194

Tabuľka 1 Pokračovanie
Tabelle 1 Fortsetzung

P. č.	Typ	Hmot. (t)	Výkon (kW)	P. č.	Typ	Hmot. (t)	Výkon (kW)
57	Rottne SMV Rapid TGS	15,9	138	120	Valmet 425 EXL	29,2	194
58	Impex Mini Königstiger	16,0	90	121	Timbeo 475 EX	30,2	224
59	Ponsse HS 10 cobra	16,0	145	122	Timbeo 475 EXL	30,8	224
60	Rottne SMV Rapid EGS	16,0	147	123	Tigercat LH 830	32,7	206
61	Timberjack 1270 B	16,2	156	124	Impex Hanibal	33,0	152
62	Valmet 911.3	16,3	170	125	Valmet 445 EXL	35,4	194
63	Caterpillar 570 B	16,5	165	126	Valmet 475 EXL	35,4	224

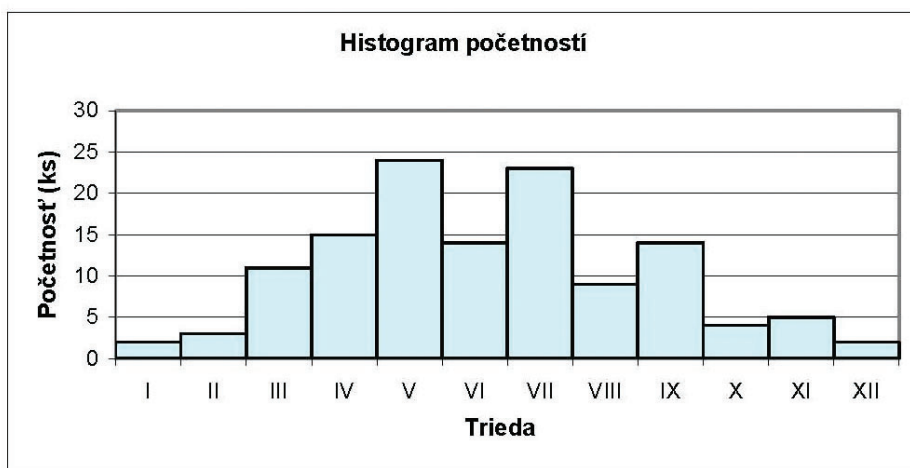
Údaje z databázového súboru boli spracované do závislosti výkon – hmotnosť, ktorá je uvedená na obr. 2 a preložené regresnou priamkou. Aktuálna oblasť na regresnej priamke bola rozdelená na 12 tried s ekvidištantným krokom.



Obr. 2 Závislosť hmotnosť – výkon s vynesenu regresnou priamkou

Abb. 2 Abhängigkeit Gewicht – Motorleistung mit Regressionsgerade

Boli stanovené počty typov harvesterov v jednotlivých triedach a vynesené do histogramu početností, ktorý je uvedený na obr. 3.



Obr. 3 Histogram početností
Abb. 3 Staffeldiagramm

Aplikovaním kritériálneho postupu z kap. 2, bod c), bol histogram početností rozdelený do 7 kategórií K_1 až K_7 pozostávajúcich z nasledovných tried:

$$\begin{aligned}
 K_1 &= I + II \\
 K_2 &= III + IV \\
 K_3 &= V \\
 K_4 &= VI + VII \\
 K_5 &= VIII + IX \\
 K_6 &= X + XI \\
 K_7 &= XII
 \end{aligned} \tag{1}$$

V každej z kategórií K_1 až K_7 boli stanovení reprezentanti R_1 až R_7 . Reprezentanti kategórií boli stanovení tak, že najskôr boli určené pravostranné hmotnostné hranice kategórií, pomocou ktorých z regresnej priamky boli určené prislúchajúce výkonové parametre.

Výsledkom sú nasledovné charakteristiky:

$$\begin{aligned}
 R_1 &= [8 \text{ t}; 93 \text{ kW}] \\
 R_2 &= [13,5 \text{ t}; 123 \text{ kW}] \\
 R_3 &= [16 \text{ t}; 138 \text{ kW}] \\
 R_4 &= [21,5 \text{ t}; 165 \text{ kW}] \\
 R_5 &= [26,5 \text{ t}; 193 \text{ kW}] \\
 R_6 &= [32 \text{ t}; 220 \text{ kW}] \\
 R_7 &= [35,5 \text{ t}; 270 \text{ kW}]
 \end{aligned} \tag{2}$$

Na základe reprezentantov (2) môžeme následne stanoviť charakteristiky jednotlivých kategórií. V prehľadnej forme sú uvedené v tab. č. 2.

Tabuľka 2 Veľkostné kategórie harvesterov
Tabelle 2 Größenklassen des Harvester

Ukazateľ	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Hmotnosť [t]	$\langle 4; 8 \rangle$	$\langle 8; 13,5 \rangle$	$\langle 13,5; 16 \rangle$	$\langle 16; 21,5 \rangle$	$\langle 21,5; 26,5 \rangle$	$\langle 26,5; 32 \rangle$	$\langle 32; 35,5 \rangle$
Výkon motora [kW]	$\langle 44; 93 \rangle$	$\langle 93; 123 \rangle$	$\langle 123; 138 \rangle$	$\langle 138; 165 \rangle$	$\langle 165; 193 \rangle$	$\langle 193; 220 \rangle$	$\langle 220; 270 \rangle$

4. DISKUSIA

Realizovaním navrhutej metodiky sa harvestery dajú rozdeliť do 7 kategórií. Za relevantné pre výrobcov týchto strojov považujeme kategórie K_2 až K_6 . Tieto kategórie sú v lesníckej praxi najviac používané.

Kategórie K_1 a K_7 predstavujú kategórie s malým počtom aplikácií a teda aj vyrábaných kusov. Harvestery týchto kategórií budú prakticky vyrábané len na základe špeciálnej objednávky lesníckej praxe.

Stanovené kategórie sú z hľadiska diapazónu hmotností takmer rovnaké. Najvyššou je kategória K_3 , o ktorú je v lesníckej praxi najväčší záujem. Predstavuje kategóriu s najväčšou početnosťou vyrábaných kusov a tým je pre výrobcov harvesterov najzaujímavejšia.

Získané výsledky boli konfrontované s kategorizáciou uvádzanou v [5] a [6] a môžeme konštatovať určité rozdiely. Tie sa dotýkajú hlavne počtu kategórií. Porovnávacie údaje sú uvedené v tab. 3 a 4.

Tabuľka 3 Kategorizácia podľa ULRICHA, 2003
Tabelle 3 Kategorisierung ULRICH zufolge 2003

Ukazateľ	Malý harvester	Stredný harvester	Veľký harvester
Hmotnosť [t]	4–8	9–13	13–15
Výkon motora [kW]	<70	70–140	>140

Tabuľka 4 Kategorizácia podľa návrhu STN
Tabelle 4 Kategorisierung dem Vorschlag zufolge STN

Ukazateľ	Malý harvester	Stredný harvester	Veľký harvester
Hmotnosť [t]	<13	13–17	>17
Výkon motora [kW]	<110	110–150	>150

5. ZÁVER

Na základe objektívnej metódy boli harvestery rozdelené do 7 veľkostných kategórií K_1 až K_7 na základe hmotnosti a výkonu motora. Pomocou pravostranných hraničných hodnôt sú tieto kategórie definované nasledovne: $R_1 = [8t; 93kW]$, $R_2 = [13,5t; 123 kW]$, $R_3 = [16t; 138kW]$, $R_4 = [21,5t; 165kW]$, $R_5 = [26,5t; 193kW]$, $R_6 = [32t; 220kW]$, $R_7 = [35,5t; 270kW]$. Z týchto 7 kategórií bolo vybratých 5 relevantných kategórií K_2 až K_6 pre realizáciu výrobcom strojov.

Výkonaná kategorizácia odráža požiadavky lesníckej praxe po typorozmeroch harvesterov a môže predstavovať pre výrobcov strojov pomoc pri stanovovaní optimálneho stavebného radu harvesterov. Pokryť požiadavky trhu s čo najmenším počtom typov je pre výrobcu dôležité najmä z ekonomického hľadiska a z hľadiska unifikácie konštrukcie.

Táto práca vznikla za podpory MŠ SR v rámci riešenia vedeckých projektov „Transformácia vývojových dielní a laboratórií ...“ KEGA 3/6448/08 a „Výskum nových technických a technologických princípov pre sústreďovanie dreva“ VEGA 1/3523/06.

Literatúra

- BUKOVECZKY, J. a kol.: Určenie veľkostného radu skupiny mobilných pracovných strojov. In: zborník MVK Mobilné energetické prostriedky – Hydraulika – Životné prostredie – Ergonómia mobilných strojov, Zvolen: FEVT, 2007. Str. 16–22.
- IRWIN, R., D.: Tolls and Methods for the Improvement of Quality. Library of congress Cataloging-in-Publication Data, Cambridge, ISBN 0-256-05680-3, USA, 1986.
- LUKÁČ, T.: Viacoperačné stroje v lesnom hospodárstve. Zvolen: ES TU, 2005, ISBN 80-228-1348-6.
- RAO, S., S.: Reliability-Based Design. School of Mechanical Engineering Purdue University, Printed and bound by R. R. Donnelley and Sons Company, USA, 1992, ISBN 0-07-051192-b.
- ULRICH, R. a kol.: Použití harvesterové technologie v probírkách. Brno: MZLU, 2002, ISBN 80-7157-631-X. Str. 98.
- STN Viacoperačné stroje. Návrh normy, 2008-03-15.
- STANOVSKÝ, M., MESSINGEROVÁ, V., 2006: Harvesterové technológie v podmienkach lesného hospodárstva SR. In: Perspektívy vývoja ťažbovo-dopravného procesu a využitia biomasy v lesnom hospodárstve, Zvolen, ISBN 80-228-1661-2: 207–211.
- MESSINGEROVÁ, V., ŠAJÁNEK, V., 2006: Teória a prax integrovaných ťažbovo-dopravných technológií výroby dreva v lesníctve. In: Użytkowanie maszyn leśnych: badania naukowe i dydaktyka: Str. 15–16.

Adresa autorov:

Doc. Ing. Vladimír Štollmann, CSc., PhD.

Ing. Jozef Slugeň, PhD.

Technická univerzita vo Zvolene

Lesnícka fakulta

Katedra lesnej ťažby a mechanizácie

T. G. Masaryka 24

960 53 Zvolen

e-mail: stollman@vsld.tuzvo.sk

slugenl@hotmail.com

Entwurf einer neuen Kategorisierung von Harvester aufgrund der Analyse der Gewichts- und Leistungs-Parameter

Zusammenfassung

Jeder Hersteller bemüht sich eine möglichst grösste Vielfaltigkeit seiner Produkte zu gewährleisten, um die Bedürfnisse seiner Kunden am besten zu befriedigen. Gleichzeitig muss er aber auch die ökonomischen Kriterien betrachten, weil er nur so auf dem Markt die Konkurrenzfähigkeit aufweisen kann. Einer der Mittel für die Erfüllung diese Ziele ist die Schaffung einer Baureihe, d.h. die Kategorisierung nach der Grösse. Dieser Beitrag befasst sich mit der Beurteilung der Grössen-Kategorisierung der Harvester. Die Methodik wird an der aktuellen statistischen Gesamtheit der produzierten Harvester angewendet.

VPLYV VYBRANÝCH FAKTOROV NA VÝSKYT A VEĽKOSŤ KVALITATÍVNEHO ZNAKU HRČ NA DREVINE BUK A DUB

Jozef S U C H O M E L – Miloš G E J D O Š

Suchomel, J., Gejdoš, M.: Vplyv vybraných faktorov na výskyt a veľkosť kvalitatívneho znaku hrč na drevine buk a dub. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **LI**, 2009, č. 1, s. 111–122.

Práca sa zaoberá hodnotením výskytu a vplyvu vybraných faktorov na výskyt kvalitatívneho znaku hrč na drevinách buk a dub. Kvalitatívny znak bol zmeraný a analyzovaný na 969 výrezoch buka a duba na území Vysokoškolského lesníckeho podniku TU vo Zvolene. Na základe maximálneho a minimálneho výskytu v konkrétnom lesnom obvode sa vykonala porovnávacia analýza výskytu vybraných faktorov a ich možného vplyvu. Na základe štatistických porovnaní boli určené konkrétne faktory, ktoré majú vplyv na výskyt hrč a na základe týchto záverov boli navrhnuté opatrenia pre minimalizáciu výskytu kvalitatívneho znaku hrč.

Kľúčové slová: hrče, kvalitatívne znaky, limitujúce faktory, technické podmienky

1. ÚVOD

Tržby za predaj dreva tvoria najpodstatnejšiu zložku príjmov lesného hospodárstva SR, a táto skutočnosť sa v dohľadnej dobe nezmení. Lesné hospodárstvo sa preto musí snažiť o optimálne (maximálne) zhodnotenie dopestovaných drevín a výrobu sortimentov surového dreva. V praxi sa tak nedeje pre celý rad príčin (lobistické tlaky, netransparentné obchody, absentujúce marketingové analýzy, komplikovaná prísna, navzájom si odporujúca legislatíva, vetrové a podkôrníkové kalamity). Podiel najkvalitnejších sortimentov v I. a II. akostnej triede klesol zo 6,99 % v roku 1990, na 1,5 % v roku 2006. Na tomto poklese má okrem spomenutých príčin zásluhu aj chýbajúci systém adekvátnej motivácie (pozitívnej, negatívnej) pracovníkov. Tým, že podiel najkvalitnejších akostných tried klesá, prichádza lesné hospodárstvo o nemalé finančné prostriedky. Aj napriek tomu, že stále existujú značné rezervy pre zlepšenie v uvedených oblastiach, je potrebné hľadať stále nové prístupy pre možné zlepšenie kvality sortimentovej štruktúry.

Kritériá pre hodnotenie akosti dreva sa musia opierať o sústavu akostných znakov. Pretože doposiaľ nedokážeme hodnotiť drevo jednoduchým spôsobom, podľa kladných akostných znakov, používajú sa negatívne znaky akosti, t.j. hodnotenie sa vykonáva podľa množstva a rozsahu znakov (chýb), resp. podľa množstva a rozsahu normálnych javov, abnormalít, chorôb a poškodenia dreva, ktoré zhoršujú jeho zhodnotenie a využitie.

Vplyv hlavných kvalitatívnych znakov je rozhodujúci pre výrobu sortimentov surového dreva podľa konkrétnych technických podmienok, a tým dosiahnutie maximálneho zisku z ich odpredaja. Napriek tejto skutočnosti sa výskumom príčin vzniku, a vplyvom kvalitatívnych znakov na výsledné zhodnotenie sortimentov nezaobera príliš veľa autorov. Pomerne málo literatúry sa zaoberá závislosťou príčin vzniku a možnosťami ich obmedzenia pri rozhodujúcich kvalitatívnych znakoch, ktoré rozhodujúcou mierou ovplyvňujú výslednú kvalitu sortimentov. (KOLENKA, TRENČIANSKY, 2006 sa zaoberali hodnotením závislosti vzniku nepravého jadra a veku).

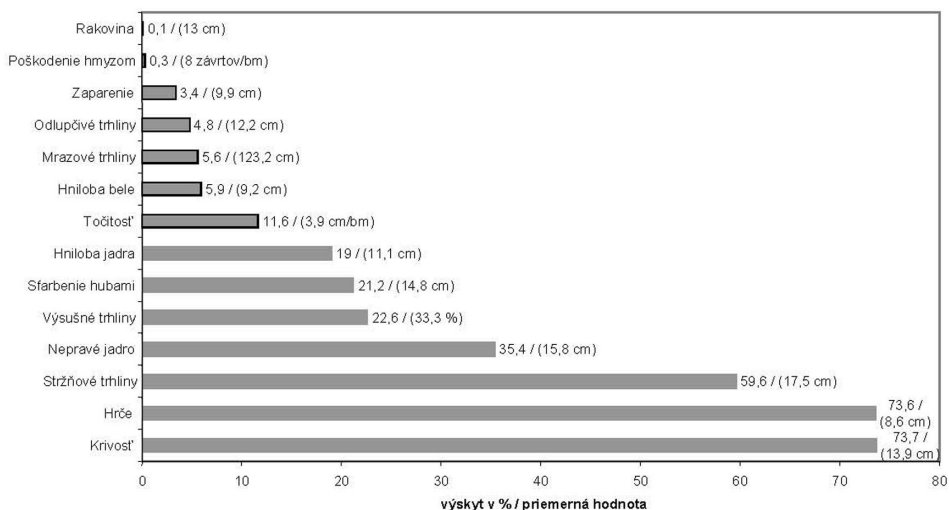
Príspevok sa zaoberá analýzou faktorov, ktoré môžu ovplyvňovať vznik a veľkosť kvalitatívneho znaku hrče na drevine buk a dub. Výskum bol uskutočnený na území Vysokoškolského lesníckeho podniku TU Zvolen a výsledky sú aplikované na podmienky tohto podniku (niektoré len vo forme hypotézy), v širšom kontexte je však možné aj ich globálnejšie uplatnenie.

2. PROBLEMATIKA

Hrče patria popri krivosti k najčastejšie sa vyskytujúcim negatívnym kvalitatívnym znakom, čo potvrdil aj výskum na štyroch druhoch drevín, pričom skúmaná vzorka predstavovala vyše 1 000 výrezov (obrázok 1). Preto sú dôležitým kvalitatívnym znakom, ktorý určuje podľa technických podmienok výslednú kvalitu sortimentov surového dreva. Preto ak chceme kvalitu sortimentov zlepšiť, je potrebné hľadať nové prístupy, ako tento kvalitatívny znak čo najviac minimalizovať, prípadne zabrániť jeho výskytu.

Hrča, je podľa STN EN 844-8, časť konára zarastená do dreva. Hrče sú prirodzeným javom – kvalitatívny znak, vznikajúci zarastaním konárov, funkčného orgánu stromu, v kmeni. Hrčami je prerušovaný normálny priebeh letokruhov, súbežný s pozdĺžnou osou stromu. Na povrchu kmeňa, predovšetkým v hornom ohybe konára, sa pritom vytvára vplyvom hrubnutia kmeňa a konára zvrásnená kôra v tvare paraboly, nazývaná fúzy, alebo čínske fúzy (typické pre listnaté dreviny, najmä buk).

Pre toto štádium zarastania konára je charakteristický ostrejší tvar paraboly. V stave živého konára sa javí hrča na priečnom reze ako zrastená a zdravá. Ak prestane konár z akýchkoľvek príčin rásť a kambium konára zastaví svoju činnosť, tak konár začne vysychať a zahŕňvať a neskôr odpadne. Zvyšok po odpadnutom, odumretom konári nemôže už zrasť s letokruhmi kmeňa. V ďalšej fáze nastáva s rastom letokruhov kmeňa, postupné zavaľovanie miesta (rany) po odpadnutom konári. V tomto štádiu sa hrča javí na priečnom reze ako čiastočne zrastená alebo nezrastená, prípadne podľa zdravotného stavu ako nahnitá, alebo zhnitá. S rastom kmeňa ďalej nastáva postupné zavaľovanie hrče. Po jeho úplnom zavalení zostáva na obľej ploche kmeňa vyvýšenina, ktorej výška sa ďalším rastom kmeňa zmenšuje, až nakoniec splynie s priebehom obľej plochy kmeňa. V tomto štádiu sa tieto hrče nazývajú zarastené. Zároveň s vyvýšeninou pozorujeme v mieste po zarastenej hrči ranovú plôšku, vytvorenú novou kôrou závalu. Pritom pre fúzy je charakteristické, že pri zarastaní hrče sa ich uhol zväčšuje, t.j. že majú tvar stále plochejšej paraboly (KLÍR, 1981).



Obrázok 1 Priemerný percentuálny výskyt evidovaných kvalitatívnych znakov na výberovom súbore listnatých drevín (buk, dub, javor, jaseň) (GEJDOŠ, 2007)

Fig. 1 Average percentage appearance for registered qualitative marks onto selective file of hardwood species (beech, oak, maple, ash) (GEJDOŠ, 2007)

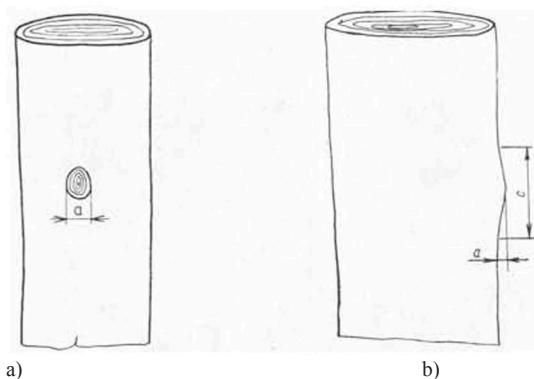
Hodnotenie hrče (KLÍR, 1981): Hrče sú jedným z najpodstatnejších znakov dreva. Ich negatívny vplyv na ďalšie spracovanie je podstatný, hlavne pokiaľ ide o pevnosť v ťahu, ohybe a pri dynamickom namáhaní.

Rozdelenie hrče na surovom dreve (STN EN 844-8):

- a) nezarastené hrče – hrče, ktoré vidno na oblom povrchu dreva, a ktoré sa ďalej delia podľa zdravotného stavu na:
 - aa) zdravé hrče – hrče bez známok hniloby,
 - ab) nezdravé hrče – hrče poškodené hnilobou,
- b) zarastené hrče – hrče ktoré nevidno na oblom povrchu dreva, a ktoré sa ďalej delia podľa typu na:
 - ba) vypukliny – miestna vydutina na oblom povrchu dreva,
 - bb) ruže – sústredené zvrásnenie kôry, ktoré označuje vnútorný znak, zvyčajne hrču,
 - bc) čínske fúzy – znak na oblom povrchu listnatej guľatiny s tenkou kôrou v tvare oválneho oblúka, ktorý označuje vnútorný znak, zvyčajne hrču.

Meranie hrče (STN 48 0204):

- a) Otvorená zdravá hrča, nahnutá hrča a zhnutá hrča: v mieste najmenej hrúbky a rozmer sa uvádza v celých cm so zaokrúhlením na najbližší nižší cm (obr. 2a). Závitková zóna vlákien okolo hrče sa do rozmeru hrče nezapočítava. Podiel zhnutého dreva sa stanoví vizuálne.
- b) Zarastená hrča: výškou vyvýšeniny (obr. 2b – rozmer a), ktorá ho zakrýva nad povrchom guľatiny. Dovoľené je meranie aj iných parametrov, napr. dĺžky a šírky vyvýšeniny.



Obrázok 2 Spôsoby merania hŕč (STN 48 0204)
Fig. 2 Measurement method's for knot's

3. MATERIÁL A METODIKA

Zisťovanie a kvantifikácia hŕč na drevinách buk a dub

Skúmané územie predstavuje oblasť Vysokoškolského lesníckeho podniku Technickej univerzity vo Zvolene (VšLP). Skúmaný materiál predstavujú vybrané sortimenty surového dreva drevín buk a dub.

Rozsah výberu bol podľa skúseností z obdobných výskumov určený podľa vzorca (ŠMELKO, WOLF, 1977):

$$n = 4 \cdot \left(\frac{s_y \%}{E \%} \right)^2 \quad (1)$$

kde: $\sigma_y \%$ – je variačný koeficient veličiny, bol určený podľa dostupnej literatúry (PRIESOL, ŠMELKO), a podľa výsledkov predchádzajúcich výskumov. Za $\sigma_y \%$ bola zobrahaná hodnota 45 %.

$E \%$ – je zvolená chyba odhadu, určená podľa obdobných výskumov na úrovni 5–7 %.

Na základe uvedeného výpočtu, pri zvolenej 95 % hladine významnosti, vychádza ako potreba zhodnotiť 165–324 kmeňov pre každú drevinu. Pri buku to bolo (567 ks) a dube (402 ks).

Príslušnosť konkrétnych výrezov do konkrétneho LO resp. porastu bola určená na základe čísla ciachy príslušného lesného obvodu a časti LHE – zostava č. 2723 ťažba dreva podľa obvodov, ds, porastov, druhov ťažby a drevín. Neidentifikovaných zostalo 18 výrezov duba, buď pre chýbajúcu, alebo nečitateľnú ciachu, alebo pre chýbajúcu evidenciu. Meranie hŕč bolo vykonané podľa STN 480204. Táto norma síce už bola zrušená (v roku

2005) a nahradená STN EN 1310, ale táto nová norma udáva spôsob merania hrč v milimetroch, kým STN 48 0055, 56 hodnotia veľkosť hrč podľa veľkosti v centimetroch. Preto sme zvolili spôsob merania podľa „starej normy“ a druhým dôvodom bola menšia prácnosť a náročnosť na presnosť meraní. Hrče boli merané na celých surových kmeňoch bez špecifického zamerania na prízemkovú, stredovú, alebo vrcholovú časť kmeňa a merania boli proporcionálne rozdelené do všetkých troch častí surových kmeňov. Surové kmene boli následne rozpílené na jednotlivé kvalitatívne výrezy. Prevažne išlo o surové kmene z rubnej ťažby (len veľmi malá časť z ťažby výchovnej).

Metodika určovania závislostí hrč na rozličných faktoroch

Na základe lesných obvodov s maximálnym a minimálnym výskytom hrč, boli porovnané a zhodnotené jednotlivé faktory v porastoch, z ktorých pochádzali vyťažené sortimenty surového dreva. K základným faktorom, uvedeným v LHP, patria: terénny typ, prevádzkový súbor, lesný typ, kategória lesa, tvar lesa, rubná doba, vek porastu, zakmenenie, obnovná doba, expozícia, sklon, lesná oblasť, pôda, prikrývka, drevinové zloženie, bonita, fenotypová kategória, hospodársky spôsob, výchovná ťažba, obnovná ťažba, podiel náhodných ťažieb, sila a intenzita zásahu, použité ťažbovo-dopravné technológie.

Skúmanie závislostí medzi hrčami a všetkými uvedenými faktormi by bolo časovo a rozsahovo náročné. Preto boli do úvahy brané len tie faktory, medzi ktorými je zjavný rozdiel v LO s maximálnym a minimálnym výskytom hrč, a preukáže sa relevantná závislosť medzi nimi a kvalitatívnym znakom hrč. Zameranie bolo hlavne na faktory rastových podmienok (pôda, podložie, expozícia, sklon, nadmorská výška, zakmenenie, zastúpenie, zápoj), fytotechniky (výchovné ťažby, obnovné ťažby, náhodné ťažby, sila, intezita, koncentrácia zásahu), ťažbovo-dopravné prostriedky a technológie (ťažba, sústreďovanie, odvoz dreva). Bola vyhodnotená aj závislosť výskytu a veľkosti hrč na hrúbke čela.

Hodnotením závislosti napr. nepravého jadra od veku porastu sa už zaoberali (KOLENKA, TRENČIANSKY, 2006). Autori použili na vyjadrenie závislosti medzi vekom porastu a tvorbou nepravého jadra Pearsonov koeficient korelácie r_{xy} , ktorý môžeme vyjadriť vzorcom (ŠMELKO, WOLF, 1977):

$$r_{xy} = \frac{1}{n} \sum \frac{x_i - \bar{x}}{s_x} \cdot \frac{y_i - \bar{y}}{s_y} \quad (2)$$

kde: r_{xy} – korelačný koeficient,

n – rozsah súboru,

$x_i - \bar{x}$; $y_i - \bar{y}$ – odchýlky veličín od aritmetického priemeru,

s_x , s_y – smerodajné odchýlky veličín.

Hodnoty r_{xy} sa pohybujú v intervale $[-1; 1]$, pričom záporné hodnoty predstavujú nepriamú závislosť (keď jedna veličina rastie, druhá zároveň klesá a naopak), a kladné hodnoty predstavujú závislosť priamou (obe veličiny sa pohybujú rovnakým smerom). Ak je hodnota korelačného koeficientu 0, znamená to úplnú lineárnu nezávislosť. V prípade, že $r_{xy} = \pm 1$ ide o úplnú funkčnú závislosť.

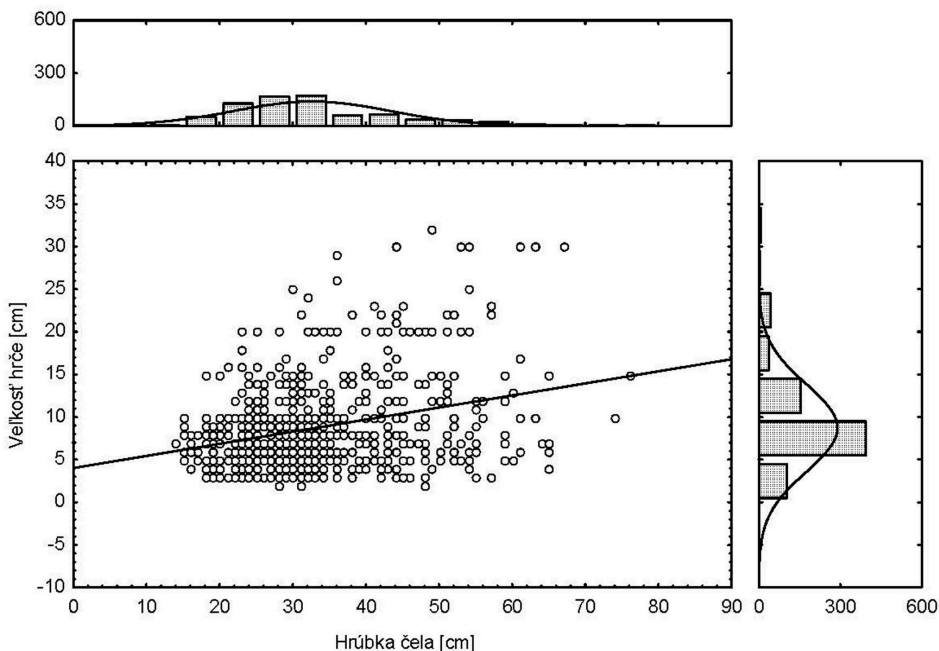
Druhým koeficientom, ktorý bol použitý na hodnotenie závislosti, bol Cramerov V koeficient, ktorého hodnota podľa Cohenovej škály predstavuje určitú mieru závislosti (Cohenova škála: Cramerov V koeficient $>0,5$ – veľká závislosť, $0,5-0,3$ stredná závislosť, $0,3-0,1$ malá závislosť a $<0,1$ triviálna závislosť). Bolo vykonané aj zistenie jeho významnosti χ^2 testom na hladine významnosti $\alpha = 0,05$. Pre výpočty a grafickú interpretáciu bol využitý MICROSOFT EXCEL a STATISTICA 6.0.

Informácie o jednotlivých faktoroch v lesných porastoch, z ktorých sortimenty pochádzali, boli prebraté z LHP, spätne z histórie (30 rokov). Vierohodnosť údajov je mierne znížená tým, že dochádzalo k zmene JPRL, ich výmery a hraníc. Taktiež pri niektorých LHP, ktoré boli vytvorené pre JPRL ešte vo vlastníctve bývalého LZ Krupina (delimitácia na VŠLP v roku 1998), majú inú zročnosť, ako LHP v pôvodnom ŠLP. Napriek týmto skutočnostiam, sa podarilo získať vierohodné údaje, ktoré zodpovedajú záujmovým porastom.

4. VÝSLEDKY

Priemerná veľkosť hŕč v celom skúmanom súbore listnatých drevín buka a duba (969 výrezov), bola 8,6 cm (vrátane veľkých hŕč po konároch), so 73,6 % výskytom. Na obr. 3 je znázornená závislosť veľkosti hŕč na hrúbke čela, spolu s polygónmi početnosti. Možno konštatovať, že so stúpajúcou hrúbkou čela, stúpa aj veľkosť hŕč, pričom však najväčší počet evidovaných hŕč pripadol na hrúbku čela 30 až 35 cm, takže toto konštatovanie je trochu skreslené. Maximálna početnosť hŕč, bola v intervale veľkosti od 5 do 10 cm.

Paersonov koeficient korelácie (r_{xy}) predstavuje hodnotu 0,3 a Cramer V koeficient 0,298, takže v oboch prípadoch vyšla podobná závislosť hrúbky čela k veľkosti hŕč, pričom podľa Cramer V koeficientu môžeme konštatovať, že ide o strednú závislosť. Na obrázku 4 sú znázornené percentuálne podiely výskytu hŕč v jednotlivých lesných obvodoch VŠLP TU Zvolen.



Obrázok 3 Závislosť veľkosti hrče na hrúbke čela a polygóny početnosti výskytu hrče a evidovaných hrúbok čela na drevinách buk a dub(STATISTICA 6.0)

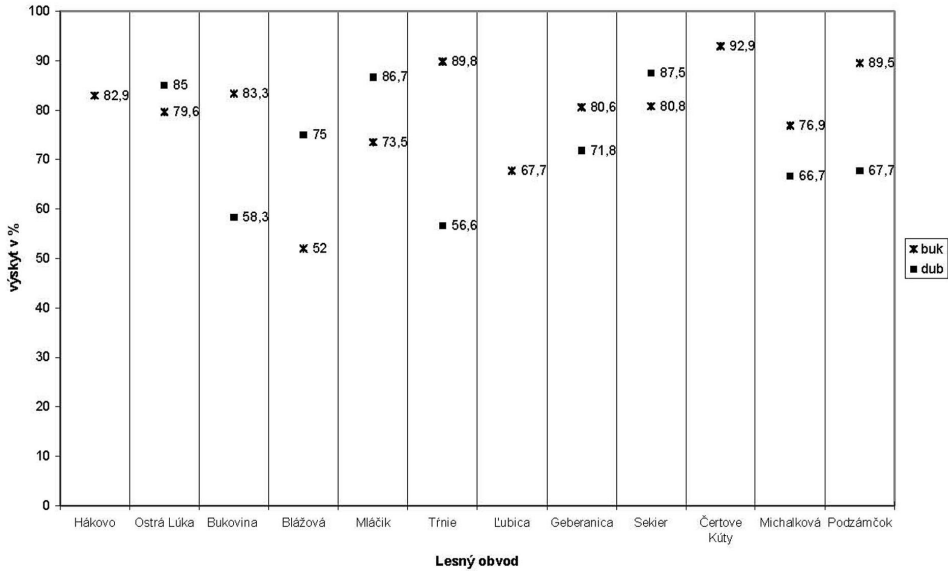
Fig. 3 Relation the knot's size onto small-end diameter and frequency polygons for knot's occurrence and filed small-end diameter's onto beech and oak(STATISTICA 6.0)

4.1 Hrče na buku

Najmenší percentuálny výskyt hrče (obr. 4) bol v LO Blážová (52 % – 9,5 cm) a maximálny výskyt hrče bol v LO Čertove Kúty (92,9 %). Pretože v LO Čertove Kúty bolo analyzovaných len 14 výrezov buka, do úvahy pre porovnávaciu analýzu boli zobrazené porasty z LO Tŕnie s percentuálnym výskytom hrče 89,8 % – 9,9 cm (49 kusov). Obidva LO (Blážová, Tŕnie) patria pod lesnú správu Budča (LHC Zvolen), takže majú v podstate rovnaké prírodné podmienky. Obidva LO patria k celku Kremnické vrchy.

V LO Tŕnie prevažujú rankrové pôdy a ilimerizované pôdy (andosolová rankrová pôda a ilimerizovaná pôda), a v LO Blážová je to mezotrofná hnedá lesná pôda humózná. Z uvedeného vyplýva, že na mierne kyslej a skeletnej a skalnej andosolovej a ilimerizovanej pôde s pH 4,5–5,0, je väčšia náchylnosť na tvorbu hrče, ako na humóznej hnedej lesnej pôde. Pri hodnotení rozdielov je zrejmé, že v LO Tŕnie sa jedná o staršie obnovné porasty (stredne ohrozené), kým v LO Blážová ide o porasty (mierne ohrozené), kde by ešte mala prebiehať výchovná ťažba. Vplyv veku na počet a veľkosť hrče je však známy. Výchovnými zásahmi sa v LO Tŕnie znížilo riziko ohrozenia porastov, z veľmi

ohrozených na mierne ohrozené. V LO Blážová boli vykonávané prebierky, a taktiež porasty prešli zo stredne ohrozených na mierne ohrozené. V porastoch LO Tŕnie, bola obnovená vykonávaná okrajovým clonným rubom a v LO Blážová boli vykonané prebierky a prerezávky, pričom intenzita zásahov bola približne rovnaká (výška výchovnej ťažby bola porovnateľná). Výchovou teda môžeme ovplyvniť tvorbu veľkých hŕč, a je potrebné sa zamerať aj na vyvetvovanie. Závislosť veľkosti hŕč na ostatných faktoroch, ktoré je možné číselne vyjadriť bola posúdená štatisticky Pearsonovým koeficientom korelácie r_{xy} a Cramerovým V koeficientom, so zistením jeho významnosti χ^2 testom na hladine významnosti $\alpha = 0,05$ (tabuľka 1). Z tabuľky je zrejmé, že najväčšia závislosť veľkosti hŕč je na bonite (kvalitnejšia bonita – menší podiel hŕč).



Obrázok 4 Percentuálny výskyt hŕč na buku a dube v jednotlivých LO
 Fig. 4 Percentage of knot's occurrence onto beech and oak in single forest district's

Tabuľka 1 Štatistické závislosti veľkosti hŕč buka na ostatných faktoroch vo vybraných LO
 Table 1 Statistical dependencies beech knot's size onto other factors in selected forest district's

Hŕče	Zakmenenie	Zastúpenie	Sklon	Terénny typ	Výška	Bonita
r_{xy}	-0,02	0,16	0,12	0,12	0,12	0,25
Cramer V	–	0,53	0,54	0,58	0,56	0,56
χ^2	–	115,8	51,1	57,6	71,3	42,3

Expozícia je v LO Blážová prevažne východná, a v LO Tŕnie prevažne západná, takže možno vysloviť hypotézu, že z hľadiska tvorby hŕč je východnejšia expozícia priaznivejšia

pre prírodné podmienky, v ktorých bol výskum realizovaný. Na V expozícii je teda predpoklad menšieho výskytu hŕč. Ťažbovo-dopravné technológie nemôžu mať žiadny vplyv na výskyt hŕč. Navyše drvivá väčšina sústredovania je vykonávaná ŠLKT, ojedinele pásovým traktorom (KOMPLEXNÝ ROZBOR VŠLP, 2006).

4.2 Hŕče na dube

Dub je známy dobrou čistiacou schopnosťou od odumretých konárov pri vykonávaní dobrých a správne umiestnených pestovateľských zásahov čo platí všeobecne aj pre buk. Najmenší percentuálny výskyt hŕč (obr. 4) bol v LO Tŕnie (56,6 % – 5,6 cm), a maximálny výskyt hŕč bol v LO Sekier (87,5 % – 8,9 cm). Keďže v LO Sekier bolo len 8 kusov analyzovaných výrezov, do úvahy bol vzatý druhý maximálny výskyt (85 % – 6,9 cm) v LO Ostrá Lúka. LO Ostrá Lúka patrí pod lesnú správu Budča (bývalé LHC Dobrá Niva) a Sekier pod lesnú správu Sekier (LHC Zvolen). V LO Tŕnie v záujmových porastoch prevládala hnedá lesná pôda mezotrofná, typicky slabohumózna až humózna. V LO Ostrá Lúka je to rankrová typická slabo humózna a mezotrofná typická humózna hnedá pôda, v oboch LO ide približne o zrovnateľnú pôdu, takže možno predpokladať, že pôda nemala rozhodujúci vplyv na výskyt hŕč. Podlozie je v oboch prípadoch andezitové. V LO Tŕnie ide o staršie porasty, z ktorých väčšina sa nachádza v obnovnej fáze, kým v LO Ostrá Lúka ide o porasty vo veku 80 r., v ktorých je plánovaná prebierka. Porasty LO Tŕnie (stredne ohrozené) boli obhospodarované maloplošným clonným rubom pásovým a okrajovým clonným rubom a boli prakticky bez náhodných ťažieb, výchovná ťažba bola vykonávaná intenzívnejšími prebierkami ako v porastoch v LO Ostrá Lúka. V porastoch LO Ostrá Lúka (stredne ohrozené) bola výchova realizovaná prerezávkami a prebierkami. Porasty sa postupne zmenili z málo ohrozených, na stredne ohrozené. Negatívnym faktorom boli náhodné ťažby, a v 70-tych rokoch vyskytujúca sa grafióza duba. Možno teda konštatovať, že výskyt grafiózy a náhodných ťažieb, ktorý nevhodne zasiahol do výchovy, mal vplyv na zväčšenie tvorbu hŕč na dube, a taktiež aj menej intenzívnejšia výchova. Vyvetvovanie má menší význam ako pri buku, pre lepšiu samočistiacu schopnosť. Závislosť veľkosti hŕč na ostatných faktoroch, ktoré je možné číselne vyjadriť bola posúdená štatisticky Pearsonovým koeficientom korelácie r_{xy} a Cramerovým V koeficientom, so zistením jeho významnosti χ^2 testom na hladine významnosti $\alpha = 0,05$ (tabuľka 2). Z tabuľky je zrejmé, že najväčší vplyv na výskyt a veľkosť hŕč má terénny typ, avšak štatistický význam testu je pomerne nízky. Väčšina faktorov má len nepriamu závislosť na výskyt hŕč na dube. Expozícia je v LO Tŕnie prevažne západná v LO Ostrá Lúka prevažne severná, až severo-západná, čo znamená, že dub je viac náchylný na tvorbu hŕč, na severných expozíciách.

Z ostatných škodlivých činiteľov na stojacich porastoch mohol mať mierny vplyv na výskyt hŕč (vlkatosť, rázcochaté kusy) len odhryz zverou, čomu je však možné predísť vhodnou ochranou kultúr.

Tabuľka 2 Štatistické závislosti veľkosti hrč duba na ostatných faktoroch vo vybraných LO
Table 2 Statistical dependencies oak knot's size onto other factors in selected forest district's

Hrče	Zakmenenie	Zastúpenie	Sklon	Terénny typ	Výška	Bonita
r_{xy}	-0,21	-0,19	0,14	0,21	-0,2	-0,07
Cramer V	–	0,43	0,46	0,52	0,47	0,43
χ^2	–	46,25	40,16	17,8	43,2	35,1

Tabuľka 3 Faktory vplývajúce na výskyt hrč a možnosti minimalizácie ich výskytu
Table 3 Factors that are influented onto knot's occurrence and decision's for theirs occurrence minimalization

Znak	Buk		Dub	
	Limitujúci faktor výskytu	Možnosti minimalizácie výskytu	Limitujúci faktor výskytu	Možnosti minimalizácie výskytu
Hrče	Kyslá a skeletnatá pôda, vyvetvovanie počas výchovy porastov, bonita, zastúpenie drevin, vek, expozícia	Vyvetvovanie, kvalitnejšie hnedé lesné pôdy s lepšou bonitou, miernejšia intenzita zásahov, východnejšie expozície	Náhodná ťažba, grafióza, expozícia, odhryz zverou, expozícia	Ochrana porastov, stabilné porasty, zdravotný výber, mimo S expozície

5. DISKUSIA A ZÁVER

Hrče patria k najrozšírenejším kvalitatívnym znakom na surovom dreve. Ich obmedzenia pre stanovenie kvality sortimentov surového dreva sa nachádzajú v každých technických podmienkach. Vytváranie hrč patrí k biologickým vlastnostiam každej dreviny, preto je nemožné obmedziť ich výskyt úplne. (RICHTER, 2007) uvádza názor, že hrčiam sa nedá zabrániť, nanajvýš obmedziť ich výskyt. Pre strom znamená veľa zelených konárov veľkú asimilačnú plochu. To ako sú tieto konáre rozložené na kmeni, či sú hrubé, alebo tenké, je závislé od rastovej dynamiky stromu. Čiastočne však je možné tento výskyt zmierniť, príp. zmenšiť veľkosť hrč, pretože práve početnosť a veľkosť hrč rozhoduje o kvalite sortimentu. Aj napriek obmedzenému rozsahu výberu a popísaným problémom pri spätnej analýze LHP, výsledky výskumu poukázali na opatrenia, ktoré môžu výskyt hrč zmierniť, príp. zmenšiť ich veľkosť na drevinách buk a dub (tabuľka 3).

Výsledky platia pre podmienky Vysokoškolského lesníckeho podniku TU Zvolen, avšak globálne je možné ich uplatniť aj v širšom meradle. Výskum by bolo potrebné rozšíriť ešte aj na iné typy podložia a pôd. Taktiež zrážkové pomery by mohli byť veľmi dôležitým meradlom, avšak dostať sa k potrebným údajom spätne za obdobie min. 30 rokov by bolo značne komplikované, priam až nemožné.

Napriek dôležitosti tejto problematiky, sa podobným výskumom zaoberalo len veľmi málo autorov. A práce v tejto oblasti absentujú. Vo väčšine prípadov ide len o kvantifikáciu výskytu daných znakov, príp. určenie faktorov, ktoré ich zapríčiňujú. Chýbajú návrhy

pre možnosti minimalizácie ich výskytu. Je potrebné však podotknúť, že niektoré negatívne kvalitatívne znaky (napr. niektoré druhy sfarbenia) sú na trhu žiadané a vysoko cenené. **(RICHTER, 2007) uvádza, ako možné obmedzenia výskytu hrč, tesný zápoj a rozostupy stromov pri zakladaní kultúr a v mladinách, taktiež zmiešané dreviny v porastoch a využívanie fenotypov s tenkými konármi. Ďalšími opatreniami sú vhodne a včas zvolené pestovateľské zásahy (vyvetvovanie, výchova porastov). Dôraz treba klásť na stabilitu porastov a druhovú rôznorodosť spolu so stabilitou lesných porastov.**

V budúcnosti bude potrebné pokračovať s podobnými výskumami, pretože podiel najkvalitnejších akostných tried klesá a musia sa hľadať nové možnosti pre jeho opätovné zvyšovanie, pretože to môže znamenať zvýšený prílev finančných prostriedkov do lesného hospodárstva.

Literatúra

- GEJDOŠ, M., 2007: Vývoj cien a porovnanie technických podmienok vybraných sortimentov ihličnatých a listnatých drevín. Dizertačná práca, Zvolen: Technická univerzita 2007, 138 s., 12 príloh
- KLÍR, J., 1981: Vady dťeva, SNTL Praha, 232 s.
- KOLENKA, I., TREŇČIANSKY, M. 2006: Rubná doba porastov a trhové zhodnotenie bukového dťeva, Priebežná správa II. (2006) FL-01-10, TU Zvolen, 19 s.
- KOMPLEXNÝ ROZBOR VŠLP za rok 2005, VŠLP TU Zvolen, 2005, 65 s.
- LHP 1973–1982, LHC Zvolen II, Plán hospodárskych opatrení, všeobecná časť a LHE.
- LHP 1974–1983, LHC Zvolen, LHC Dobrá Niva, LZ Krupina, Plán hospodárskych opatrení, LHE.
- LHP 1983–1992, LHC Zvolen II, Plán hospodárskych opatrení, všeobecná časť a LHE.
- LHP 1985–1989, LHC Zvolen, LHC Dobrá Niva, LZ Krupina, Plán hospodárskych opatrení, LHE.
- LHP 1990–1999, LHC Zvolen, LHC Dobrá Niva, LZ Krupina, Plán hospodárskych opatrení, všeobecná časť a LHE.
- LHP 1992–2001, LHC Zvolen II, Plán hospodárskych opatrení, všeobecná časť a LHE.
- LHP 2002–2011, LHC Zvolen II, Plán hospodárskych opatrení, všeobecná časť a LHE.
- RICHTER, CH. 2007. Holzmerkmale – Beschreibung der Merkmale – Ursachen – Vermeidung Auswirkungen auf die Verwendung des Holzes – Technologische Anpassung, DRW-Verlag Weinbrenner GmbH & Co. KG, Leinfelden-Echterdingen, ISBN 978-3-87181-061-9, 82 s.
- STN 48 0204. 1982 Surové dťevo. Guľatina. Meranie chýb.
- STN EN 844-8: 1999 Guľatina a rezivo. Názvoslovie. Časť 8: Termíny pre znaky guľatiny.
- ŠMELKO, Š., WOLF, J., 1977: Štatistické metódy v lesníctve, Vydavateľstvo Príroda Bratislava, 330 s.

Adresa autorov:

Doc. Ing. Jozef Suchomel, CSc.

Ing. Miloš Gejdoš, PhD.

Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta,

T. G. Masaryka 24

960 53 ZVOLEN

e-mail: suchomel@vsld.tuzvo.s

gejdos@vsld.tuzvo.s

The influence of selected factors on the occurrence and size of knots as a qualitative character of beech and oak wood

Summary

The study analyses the appearance of knots and evaluates specific factors which influence the occurrence of knots in beech and oak wood. Knots as a qualitative character of wood were measured and analyzed on 969 logs of beech and oak, originating from the area of the University Forest Enterprise of the Technical University in Zvolen. Based on the maximal and minimal occurrence in particular forest districts, a comparative analysis of the appearance and influence of factors affecting knot formation was performed. Based on statistic evaluations, factors determining the occurrence of knots were identified, and preventive measures to minimize the occurrence of knots were proposed.

Keywords: knots, qualitative characters of wood, limiting factors, technical conditions

ACTA FACULTATIS FORESTALIS LI – 2009 č. 1

Prvé vydanie – Vydala Technická univerzita vo Zvolene v roku 2009 – Počet strán 123
Náklad 300 výtlačkov – Tlač a grafická úprava Vydavateľstvo TU vo Zvolene – Vydanie
publikácie schválené Edičnou radou TU vo Zvolene dňa 26. 1. 2009, číslo EP 136/2009
– Registračné číslo 3155/2004

ISSN 0231-5785