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 FORĚTS DE L´UNIVERSITÉ TECHNIQUE DE ZVOLEN**

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

ACTA FACULTATIS FORESTALIS ZVOLEN Slovakia

XLVIII – 2006
č. 1

2006
VYDALA TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE

Redakčná rada:

Prof. Ing. Štefan Žíhlavník, CSc. – predseda
Doc. Ing. Pavel Dvorščák, CSc.
Prof. Ing. Peter Garaj, CSc.
Doc. Ing. Juraj Gregor, CSc.
Prof. Ing. Ivan Kolenka, DrSc.
Prof. Ing. Tibor Lukáč, PhD.
Prof. Ing. Ladislav Paule, PhD.
Prof. Ing. Milan Saniga, DrSc.
Prof. Ing. Anton Žíhlavník, CSc.

Vedecký redaktor:

Doc. Ing. Dušan Gömöry, CSc.

© Technická univerzita vo Zvolene
ISBN 80-228-1706-6
ISSN 0231-5785

OBSAH – CONTENTS – INHALT

Pirchala, M.: Ekologická charakteristika a zdravotný stav spoločenstiev prirodzeného výskytu tisa obyčajného (*Taxus baccata* L.) vo Veľkej Fatre na území LHC Turčianske Teplice 11
Ecological characterization and health conditions of the communities of natural yew-tree (*Taxus baccata* L.) occurrence in the Veľká Fatra mountains in the working plan area of Turčianske Teplice 11
Ökologische Charakteristik und Gesundheitszustand der Gesellschaften mit dem natürlichen Vorkommen der Eibe (*Taxus baccata* L.) im Veľká Fatra Gebirge auf dem Gebiet der Forstplanungseinheit Turčianske Teplice 11
Vaško, Ľ.: Fytocenologicko-ekologická charakteristika výskytu tisa obyčajného (*Taxus baccata* L.) v Starohorských vrchoch 25
A phytosociological and ecological characteristics of yew (*Taxus baccata* L.) occurrence in Starohorské vrchy Mts. 25
Phytozönologische und ökologische Charaketristik des Vorkommens der Eibe (*Taxus baccata* L.) im Starohorské-Gebirge 25
Lukáčik, I., Jaloviarová, V.: Hodnotenie výškového a hrúbkového rastu proveniencií smreka obyčajného (*Picea abies* Karst.) v ABH TU Zvolen 43
Assessment of the height and diameter growth of Norway spruce (*Picea abies* Karst.) provenances in the Arboretum Borová hora of the Technical University in Zvolen 43
Die Auswertung des Höhen- und Baumstärkewachstums der Fichtenprovenienzen (*Picea abies* Karst.) im Arboretum Borová hora der Technischen Universität in Zvolen 43
Gömöryová, E., Střelcová, K.: Mikrobiálne pomery pôd na vybraných lokalitách v regióne Spiša 59
Microbial characteristics of soil on selected localities in the Spiš region 59
Mikrobielle Bodencharakteristiken auf ausgewählten Lokalitäten im Spiš-Region 59
Slížiková, M., Capuliak, J., Jaloviarová, V., Pichler, V., Gregor, J.: Dynamika vlhkosti a teploty stromovej nekromasy v PR Pod Dudášom 73
The dynamics of moisture and temperatures of coarse woody debris in the Nature Reserve Pod Dudášom 73
Die Moderholzfeuchtigkeitsdynamik im Naturreservat Pod Dudášom 73
Brezina, L.: Vplyv mesačných úhrnov zrážok na produkčnú schopnosť smreka 85
Influence of monthly precipitation on production power of spruce (*Picea abies* L.) 85
Einfluss der monatlichen Niederschläge auf die Produktionseigenschaften der Fichte 85

Pittner, J., Saniga, M.: Štruktúra, nekromasa a regeneračné procesy bukového prírodného lesa v NPR Vtáčnik 95
The structure, coarse woody debris volume, and regeneration processes of a beech natural forest in the National Nature Reserve Vtáčnik 95
Struktur, Nekromasse und Regenerationsprozesse des Buchenurwaldes im Naturreservat Vtáčnik 95
Klimáš, V.: Analýza štrukturálnej diverzity vybraných štádií zmiešaného dubového pralesa v NPR Boky 111
The analysis of structural diversity in the development stages of the mixed oak virgin forest in the National Nature Reserve Boky 111
Analyse der strukturellen Diversität ausgewählter Stadien eines gemischten Eichenurwaldes im Naturreservat Boky 111
Jaloviar, P., Kucbel, S.: Vybrané morfologické znaky prirodzenej obnovy smreka na moderovom dreve a a minerálnej pôde ich vzájomné vzťahy 127
Selected morphological traits of natural regeneration of Norway spruce on decaying stems and mineral soil and their mutual relationships 127
Ausgewählte morphologische Parameter der Naturverjüngung der Fichte auf dem Mineralboden und auf dem Moderholz und deren Beziehungen 127
Perniš, S., Gubka, K.: Analýza rastových a regeneračných procesov v poraste pod hornou hranicou lesa na lokalite Smrekovica 139
Analysis of growth and regeneration processes in a forest stand below the upper tree limit at the locality Smrekovica 139
Die Analyse der Wachstums- und Regenerationsprozesse unter der oberen Waldgrenze auf der Lokalität Smrekovica 139
Olšavská, Z., Saniga, M.: Vplyv rôznej drevinovej štruktúry na produkciu a regeneračné procesy výberkového lesa v LHC Smolník 155
The influence of species structure of a selection forest on growing stock and natural regeneration in forest management unit Smolník 155
Einfluss unterschiedlicher Artenstruktur auf die Produktion und Regenerationsprozesse in der Forstplanungseinheit Smolník 155
Vencúrik, J.: Dynamika výškového vzťahu stromov dolnej vrstvy vo výberkovom lese v orografickom celku Volovské vrchy 171
Dynamics of height growth of lower-layer trees in a selection forest in Volovské vrchy 171
Die Dynamik des Höhenwachstums der Bäume in der Unterschicht des Plenterwaldes in der orographischen Ganzheit Volovské vrchy 171

Gubka, K., Sklenár, P.: Porovnanie niektorých znakov štruktúry porastov duba červeného (*Quercus rubra* L.) a duba zimného (*Quercus petraea* (Mattusch.) Liebl. 183
Comparison of selected structural traits of red oak (Quercus rubra L.) and sessile oak (*Quercus petraea* (Mattusch.) Liebl.) stands..... 183
Vergleich einiger Strukturmerkmale der Bestände der Roteiche (*Quercus rubra* L.) und der Traubeneiche (*Quercus petraea* (Mattusch.) Liebl.)..... 183
Repáč, I., Gajdoš, M.: Testovanie mykoríznych húb a typov hubového inokula pri pestovaní semenáčikov borovice lesnej (*Pinus sylvestris* L.)..... 197
Testing of mycorrhizal fungi and inoculum types at cultivation of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings. 197
Das Testen der Mykorrhizapilze und Inokulum-Typen beim Anbau der Sämlinge der gemeinen Kiefer (*Pinus sylvestris* L.)..... 197
Kodrík, M.: Vplyv deformácie koreňového systému vysádzaných sadeníc na vývoj ich zdravotného stavu..... 209
Impact of root system deformation of plants on their development and health condition..... 209
Einfluss der Deformation des Wurzelsystems der Pflanzen auf die Entwicklung ihres Gesundheitszustands 209
Galko, J.: Vyhodnotenie frekvencie podkôrnika dubového ako vektora ophiostomálnych húb na LZ Trenčín, LS Dubodiel 221
Assessment of the frequency of oak bark beetle as a vector of ophiostomal fungi at the Forest Enterprise Trenčín, District Dubodiel 221
Überwachung der Häufigkeit des Eichensplintkäfers als Vektors von ophiostomatischen Pilzen an dem Forstbetrieb Trenčín, Forstverwaltung Dubodiel..... 221
Gubka, A.: Dopad klimatických zmien na letovú aktivitu lykožrúta smrekového..... 231
Impact of weather changes to soldering movement of spruce bark-beetle 231
Einfluss der Klimaänderung auf die Flugaktivität des Fichtenborkenkäfers 231
Danček, I.: Negatívny vplyv náhodných ťažieb na prirodzenú obnovu lesa na príklade vybraného lesného užívateľského celku..... 237
Negative influence of incidental felling on natural regeneration in chosen forest user unit..... 237
Negativer Einfluss der Zufallsnutzung auf die natürliche Verjüngung auf dem Beispiel einer ausgewählten Forstbenutzungseinheit..... 237
Žíhlavník, A.: Využitie prirodzenej obnovy buka pri riešení ťažbovej úpravy lesa 255
Utilization of natural regeneration of beech at solving the cutting control..... 255
Ausnutzung der natürlichen Verjüngung der Buche bei der Nutzungskontrolle des Waldes..... 255

Žíhlavník, A., Balogh, P., Bahýľ, J.: Problematika náhodných rubných ťažieb vo väzbe na obhospodarovanie lesa....269
Issue of incidental felling in connection with the forest management....269
Problematik der Zufallsnutzung im Bezug zur Waldbewirtschaftung....269
Majoroš, Š., Marušák, R.: Vývoj následných bukových porastov počas prirodzenej obnovy a v jej pokročilej fáze....281
Development of succession beech stands during natural regeneration and in advanced phase....281
Entwicklung der Buchennachfolgebestände während der natürlichen Verjüngung und in derer fortgeschrittenen Phase....281
Balogh, P.: Regulácia výšky ťažby podľa modifikovanej metódy matematických modelov a teórie náhodných procesov....297
Regulation of cutting by modified method of mathematical models and theory of random processes....297
Regulierung der Nutzung nach der modifizierten Methode der mathematischen Modelle und der Theorie der Zufallsprozesse....297
Vaculčiak, T., Sedmák, R.: Matematické modelovanie rozličného stupňa podúrovňovej prebierky v rovnorodých bukových porastoch....311
Modelling of thinning from below of different grade in unmixed beech stands....311
Mathematische Modellierung verschiedener Graden der Niederdurchforstung in reinen Buchenbeständen....311
Žíhlavník, Š., Tunák, D.: Posúdenie vhodnosti fotogrametrického určovania hraníc lesných pozemkov....327
Assessment of the appropriatedness of the photogrammetric determination of forest plot boundaries....327
Die Beurteilung der Zweckmässigkeit der photogrammetrischen Grenzenbestimmung der Waldgrundstücke....327
Chudý, F., Kardoš, M., Tomaštík, J.: Nové metódy buzolového merania lesného detailu....339
New methods of compass measurement of the forest detail....339
Neue Methoden der Busolenmessung des Walddetails....339
Chudý, F., Kardoš, M., Chocholík, M.: Vplyv DMT na tvorbu výškopisu a mozaikovanie ortofotosnímok....353
Influence of DMT on hypsometry generation and orthoimage mosaicking....353
Einfluss von DMT auf die Bildung der Hypsometrie und Mosaizierung der Orthophotobilder....353

Sačkov, I.: Vplyv náhodnej ťažby na sústreďovanie dreva technológiou lesníckych lanoviek 365
Effect of incidental felling on timber extraction using the forest skyline technology 365
Einfluss der Zufallsnutzung auf das Konzentrieren des Holzes mit der Technologie der forstlichen Seilbahnen 365
Štollmann, V.: Odvodenie vzťahu pre výpočet stupňovitej prekážky v závislosti na polomere kolesa 377
Determination of the relationship for the calculation of a barrier depending from wheel radius 377
Die Ableitung der Formel von Kletterfähigkeit an Halbmesser von Rädern 377
Štollmann, V., Slugeň, J., Ferenčík, M.: Svahová dostupnosť harvesterov na kolesovom podvozku 383
The climbing ability of the wheeled harvesters 383
Hangfahrtfähigkeit der Radharvester 383
Jakubis, M.: Analýza vývoja regionálnej hydraulickej geometrie vodných tokov CHKO Poľana 395
Analysis of the relationships of regional hygraulic geometry of water flows of Landscape Protected Area – Biosphere Reserve Polana 395
Analyse der Entwicklung der regionalen hydraulischen Geometrie der Flüsse im Biosphärereservat Polana 395
Kadlec, V., Drengubiak, M.: Modelovanie zmien lesnatosti malého povodia a ich vplyv na odtok 411
Modelling of the changes of forest cover in a small catchment and their effect on drainage 411
Modellierung der Änderungen des Waldanteils in einem kleinen Abflussgebiet und ihr Einfluss auf den Abfluss 411
Balážová, E.: Nákladovo-produkčná analýza zisku v lesnom podniku 421
Cost-production analysis of the forest enterprise profit 421
Kosten- und Produktionsanalyse des Profits eines Forstbetriebes 421
Hajdúchová I.: Modelovanie majetkovej a kapitálovej štruktúry podniku 433
Model of capital structure of an enterprise 433
Modellierung der Gut- und Kapitalstruktur eines Unternehmens 433
Kolenka, I. : Teoretické problémy hodnotenia výkonnosti firiem hospodáriacich na lesnom majetku 441
Theoretical problems of efficiency evaluation of forest management firms 441
Theoretische Probleme der Leistungsbewertung der Forstunternehmen 441

Trenčiansky, M., Kolenka, I.: Analýza vplyvu rubného veku na vznik a vývoj nepravého jadra bukového dreva 453
Analysis of the effect of rotation age on the formation and development of false core of beech timber 453
Einflussanalyse vom Hiebsalter auf die Entstehung und Entwicklung von Kernbildung beim Buchenholz 453
Homolák, M., Pichler, V., Capuliak, J., Gregor J., Pichlerová, M.: Inovácia lesných náučných chodníkov ako nástroja práce s verejnosťou 467
Innovation of forestry education trails as a public relations tool 467
Innovation von Waldlehrpfaden als Instruments der Arbeit mit der Öffentlichkeit 467

ACTA FACULTATIS FORESTALIS XLVIII
ZVOLEN – SLOVAKIA 2006

EKOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA A ZDRAVOTNÝ STAV SPOLOČENSTIEV PRIRODZENÉHO VÝSKYTU TISA OBYČAJNÉHO (*TAXUS BACCATA* L.) VO VEĽKEJ FATRE, NA ÚZEMÍ LHC TURČIANSKE TEPLICE

Martin P I R C H A L A

Pirchala, M.: Ekologická charakteristika a zdravotný stav spoločenstiev prirodzeného výskytu tisa obyčajného (*Taxus baccata* L.) vo Veľkej Fatre, na území LHC Turčianske Teplice. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLVIII**, 2006, s. 11–23

Predložená práca sa zaoberá mapovaním výskytu, fytocenologickou a ekologickou charakteristikou fytocenóz, pedologickou charakteristikou stanovišťa, vyhodnotením základných taxačno-dendrometrických charakteristík, zdravotného stavu (poškodenia kmeňov a korún), zhodnotením prirodzeného zmladenia tisa obyčajného vo Veľkej Fatre, na území LHC Turčianske Teplice.

Z rozboru výsledkov vyplýva, že výskyt tisa v tejto oblasti je viazaný predovšetkým na spoločenstvá edaficko-trofického radu D, zriedkavejšie aj v spoločenstvách ďalších edaficko-trofických radov A/B, B/C, C. V rámci týchto edaficko-trofických radov sa vyskytoval v spoločenstvách skupín lesných typov *Fagetum dealpinum* vst., *Fageto-Abietum* nst., *Fageto-Aceretum* nst. a *Fagetum tiliosum*, ktorých výskyt je viazaný predovšetkým na rendzinové pôdy.

Zdravotný stav nie je veľmi priaznivý, pretože hlavne kmene sú výrazne poškodzované ohryzom a lúpaním jeleňou zverou.

Kľúčové slová: NP Veľká Fatra, lesné spoločenstvá s výskytom tisa obyčajného (*Taxus baccata* L.), ekologické a stanovištné podmienky tisa obyčajného, zdravotný stav tisa obyčajného (poškodenie kmeňa a kvalita koruny).

Key words: NP Veľká Fatra, forests cocommunities yew-tree (*Taxus baccata* L.), ecological and site condition of yew tree, health conditions of the yew-tree (demage of stem and condition of crown)

1. ÚVOD A PROBLEMATIKA

Súčasné rozšírenie tisu obyčajného na Slovensku nezodpovedá jeho pôvodnému výskytu v minulosti. Tis ustúpil v celom rade pohorí s jeho prirodzeným výskytom v dôsledku uplatňovania intenzívneho hospodárenia bez prihliadnutia na jeho ekologické nároky a podmienky regenerácie a zachoval sa iba na niektorých lokalitách. Kmene dospelých jedincov aj napriek tomu že sú jedovaté trpia ohryzom kôry a semenáčiky sú spásané vysokou zverou. Na mnohých lokalitách boli jedince tisa vyrúbané pre jeho vzácne drevo, ktoré sa vyznačuje mimoriadnou pružnosťou a trvanlivosťou.

Z tohto dôvodu je tis obyčajný chránenou drevinou. Pre možnosti rozšírenia tejto vzácnej dreviny na pôvodné lokality, ako aj jeho ochrany, je potrebné dôkladné zhodnotenie jeho ekologických nárokov na prírodné prostredie a lesných spoločenstiev v lokalitách jeho prirodzeného výskytu.

V súčasnosti sa zvyšuje záujem lesných hospodárov ako aj ochranárov o drevinu tis, pričom ich cieľom je jeho zachovanie v tých ekosystémoch, ktorých je jeho výskyt prirodzený.

Tis obyčajný je drevinou výrazne oceánskej klímy, zriedkavo sa vyskytuje v klíme prechodnej a nenájdeme ho v oblastiach s kontinentálnou klímou. Je citlivý na nízke teploty a poškodzujú ho dlhotrvajúce mrazy. Preto nerastie na hrebeňoch alebo stanovištiach, kde prevládajú vysúšajúce vzdušné prúdy. Jeho výskyt viazaný na podhrebeňové stanovištia, svahy orientované do vlhších údolí, chladnejšie miesta s dostatkom vlahy, východné a západné expozície. Výskyt tisa je často viazaný na ťažko prístupné miesta, kde sa nedali realizovať holoruby (Korpeľ 1985).

V nárokoch na svetlo tis zaraďujeme medzi polotieňomilné až tieňomilné dreviny. Má veľkú schopnosť znášať dlhotrvajúce intenzívne zatienenie, čo sa nepriaznivo prejavuje na jeho raste, tvorbe koruny, plodnosti, vysokej mortalite semenáčikov a iných biologických prejavoch. Veľmi citlivo reaguje na zmenu osvetlenia a náhle bočné osvetlenie môže podmieniť tvorbu výhonkov na kmeni zo spiacich púčikov. Pri celkovom náhlom osvetlení chradne a hynie (Pagan 1997).

Tis obyčajný nikdy netvorí rovnorodé porasty. Keďže sa jedná o tieň znášajúcu drevinu nižšieho vzrastu, rastie predovšetkým v zmiešaných porastoch, v nadmorských výškach približne od 600–1000 m, prevažne na dolomitových, vápencových, ale aj na flyšových podložiach. V členitom teréne, na skalných miestach a vo vlhších údoliach, sa vyskytuje jednotlivo alebo vtrúsene, kde hlavnú korunovú úroveň tvorí hlavne buk s prímesou javora, bresta, jaseňa, lipy, mukyne, jedle a smreka. Najväčšie percentuálne zastúpenie a najkvalitnejšie jedince sa nachádzajú v skupinách lesných typov vápencových bučín (*Fagetum dealpinum*). Najväčší plošný výskyt porastov s tisom je viazaný na slt holých bučín (*Fagetum pauper*). Okrem toho sa porasty nachádzajú aj v slt typických bučín (*Fagetum typicum*), v slt jedľových bučín (*Abieto-Fagetum*) a v slt bukových jedlín *(Fageto-Abietum*) (Gross 1960).

Centrom rozšírenia tisa obyčajného na Slovensku je oblasť Veľkej Fatry, hlavne okolie Harmanca a to výlučne na vápencovom a dolomitovom podloží. Najvýznamnejšia lokalita výskytu tisu u nás je v Harmaneckej doline, kde rastie na ploche 860 ha vyše 160 000 dospelých jedincov (Svoboda 1947). Až 80 % všetkých jedincov tisa obyčajného v harmaneckej oblasti sa nachádza v slt *Fagetum dealpinum*, *Fagetum pauper* a v slt *Tilieto-Aceretum*. Ostatných 20 % je roztrúsených v týchto slt *Fagetum typicum*, *Fageto-Aceretum*, *Pinetum dealpinum*. Pôdy týchto lesných typov sú prevažne rendziny, ktoré sa vyznačujú pomerne vysokou vodnou kapacitou, avšak ich schopnosť dlhšie podržať vodu sa znižuje

plytkosťou profilu (pri slt *Fde*), strmými sklonmi svahov, priepustnosťou a výhrevnosťou podložia (Pitko 1960).

2. CIEĽ A METODIKA PRÁCE

Cieľom práce bolo mapovanie výskytu tisa obyčajného v záujmovom území, fytocenologická a ekologická charakteristikou fytocenóz, pedologická charakteristikou stanovišťa, obnovenie starších typologických plôch, inventarizácia výskytu tisu vo vybraných lokalitách, vyhodnotenie základných taxačno-dendrometrických charakteristík, zdravotného stavu (poškodenia kmeňov a korún), zhodnotením prirodzeného zmladenia tisa obyčajného vo Veľkej Fatre, na území LHC Turčianske Teplice.

V spoločenstvách s charakteristickým výskytom tisa boli vypracované a obnovené staršie typologické zápisy, vyhotovené podľa zásad metodiky lesníckej typológie. Na všetkých jedincoch tisa sa zmerala výška a hrúbka d1,3, sledovalo sa prirodzené zmladenie a posúdil sa zdravotný stav (typ kmeňa, poškodenie kmeňa a koruny). Pre hodnotenie uvedených kvalitatívnych charakteristík sa použilo nasledovné hodnotenie podľa uvedenej klasifikácie (Pirchala 2005):

Typ kmeňa:

S – strom,
SK – strom nízko sa vetviaci, výška nasadenia koruny do 1,3 m,
K – ker.

Poškodenie kmeňa:

1 – kmeň zdravý a nepoškodený,
2 – kmeň slabo poškodený, do ¼ obvodu,
3 – kmeň čiastočne poškodený, ¼ až ½ obvodu,
4 – kmeň z veľkej časti poškodený, viac ako ½ obvodu.

Poškodenie koruny:

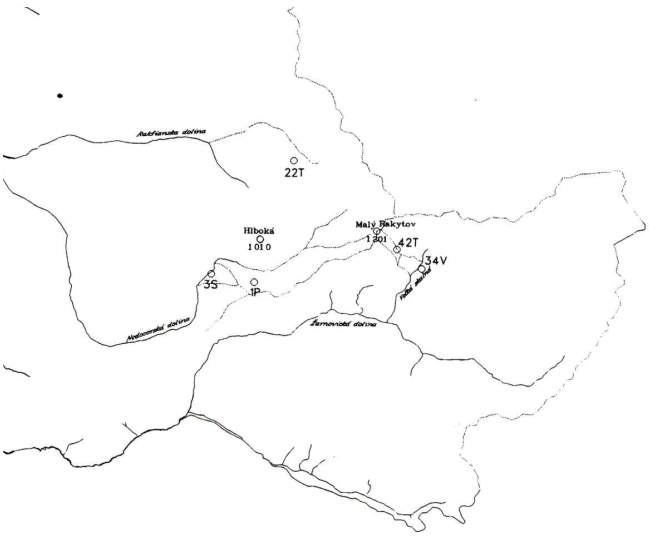
1 – koruna zdravá bez viditeľného poškodenia,
2 – koruna s čiastočne uschýnajúcimi konármi, preschýnajúca menej ako 50 %,
3 – koruna riedka so žltnúcimi ihlicami, preschýnajúca viac ako 50 %,
4 – koruna veľmi silne preriedená, s výraznou stratou asimilačných orgánov, preschýnajúca viac ako 90 %, odumierajúca.

Na základe fytocenologických zápisov boli lesné spoločenstvá zatriedené do príslušných jednotiek lesníckej typológie (skupín lesných typov a lesných typov) podľa Hančinského (1972). Za účelom posúdenia celkového obrazu ekologického spektra spoločenstiev s výskytom tisa obyčajného bola vyhotovená ekologická analýza spoločenstiev podľa Ellenberga (1992). Pôdne typy boli zatriedené do príslušných pôdnych jednotiek podľa Morfogenetického klasifikačného systému pôd Slovenska (MKSP 2000), ako aj v zmysle klasifikácie pôd Lesoprojektu (Kolektív 1988).

3. VÝSLEDKY

Na území LHC Turčianske Teplice bolo v septembri 2005 založených celkovo 5 typologických plôch, na ktorých sa vyskytoval tis, pričom 4 plochy boli obnovené. Tieto typologické reprezentatívne plochy boli založené v roku 1968 v rámci podrobného stanovištného prieskumu. Ich topografickú polohu na základe súradníc WGS 84 znázorňuje orientačná mapka na obrázku 1.

V sledovanom území tis obyčajný rastie v nadmorských výškach od 740 do 1030 m, na svahoch so sklonom okolo 35° a s rôznymi expozíciami. V drevinovom zložení porastov s výskytom tisa prevláda *Fagus sylvatica*, ku ktorému pristupujú *Picea abies*, *Acer pseudoplatanus, Ulmus glabra, Sorbus aria* a *Fraxinus excelsior*. Tis tu rastie vždy ako primiešaná drevina v spodnej časti porastu. Fytocenologické zloženie je znázornené v tabuľke 1. Na geologické podložie a pôdne charakteristiky poukazuje tabuľka 2.



Obr. 1 Typologické plochy s výskytom tisa obyčajného (*Taxus baccata* L.) v prostredí jeho prirodzeného výskytu na území LHC Turčianske Teplice (orientačná mapka 1 : 70 000)

Plocha 34V sa nachádzala v doline Veľká skalná, na pretiahlom kamenitom svahu, so sklonom 35–40°, s bralnatými útvarmi na povrchu, v nadmorskej výške 840 m, expozícia bola JZZ. Najzastúpenejšou drevinou tu bol buk (95 %), s prímesou javora (5 %), jaseňa, mukyne a smreka. Zakmenenie porastu bolo 0,6 a zápoj 70 %, vek 110–130 rokov.

Plocha 42T bola založená na širokom zbiehajúcom hrebeni od kóty Malý Rakytov do doliny Veľká skalná, s mierne zvlneným a kamenitým povrchom, so sklonom 35°, v nadmorskej výške 1030 m, s V expozíciou. Jednalo sa o veľmi rôznoveký (80–140 rokov), prevažne výmladkový porast buka so zakmenením 0,5 a zápojom 60 %. Drevinové zoženie bolo podobné ako na predchádzajúcej ploche 34V. Spoločenstvá zachytené na týchto plochách mali trávovitý vzhľad s celkovou pokryvnosťou 90–100 %, s dominanciou, alebo hojným výskytom kalcifilných tráv (*Calamagrostis varia*), dealpínske a prealpínske druhy (*Carex alba* a *Sesleria varia*). Spoločenstvá boli zaradené do slt *Fagetum dealpinum* vst a v rámci tejto slt do lesných typov 5602 – Sutinová vápencová bučina vyšší stupeň (plocha 34V) a 5603 – Trávovitá vápencová bučina vvyšší stupeň (plocha 42T). Pôdnym typom bola rendzina litozemná (plocha 42T) a rendzina sutinová (plocha 34V) (MKSP 2000).

Plocha 22T sa nachádzala na strmom svahu v závere Rakšianskej doliny, so sklonom 35–40°, s kamenitým a balvanitým povrchom, v nadmorskej výške 940 m, na SSV expozícii. Zakmenenie porastu bolo 0,8 a zápoj 80 %, vek porastu bol stanovený na 90 rokov. Najzastúpenejšou drevinou bol smrek (70 %) a buk (30%). Spoločenstvo tejto plochy bolo zaradené do slt *Fageto-Abietum* nst., a do lesného typu 5210 – Vápencová buková jedlina nižší stupeň. Celková pokryvnosť do 10 % poukazovala na nudálny vzhľad. Charakteristickými druhmi boli kalcifilné trávovité druhy (*Calamagrostis varia*), dealpínske druhy (*Carex alba*) a bučinové druhy (*Viola reichenbachiana*, *Hacquetia epipactis*, *Asarum europaeum*). Pôdnym typom bola rendzina modálna (MKSP 2000).

Plocha 3S sa nachádzala na báze svahu v Nedožerskej doline, so sklonom 35°, s kamenitým povrchom, miestami so skalnými terasami, v nadmorskej výške 760 m. Zakmenenie porastu na tejto ploche bolo 0,8 a zápoj porastu 80 %, vek 100–120 rokov, expozícia bola SZ. Jednalo sa o hrúbkovo diferencovaný, zmiešaný porast smreka (zastúpenie 80 %), javora horského (15 %), buka (5 %), s prímesou bresta a jaseňa. V synúzii podrastu s celkovou pokryvnosťou 70–80 %, boli hojné až dominantné bučinové druhy (*Galium odoratum*, *Galeobdolon luteum*) a nitrofilné druhy (*Mercurialis perennis*) a podhorské euryekné druhy (*Oxalis acetosella*). Spoločenstvo bolo zaradené do slt *Fageto-Aceretum* nst., do lesného typu 5403 – Kamenitá buková javorina nižší stupeň. Toto spoločenstvo sa vyskytovalo na sutinovej rendzine, pričom geologickým podložím bol vápenec.

Plocha 1P sa nachádzala na pravidelne zvlnenom svahu v Nedožerskej doline, so sklonom 25–30°, s kopčekovitým povrchom, v nadmorskej výške okolo 860 m a na SSZ expozícii. Dreviny boli zastúpené v nasledujúcom poradí: buk (50 %), smrek (35 %) a javor horský (15 %). Fytocenóza mala bylinný vzhľad s celkovým krytom 50–60 %. Hojnými až dominantnými druhmi boli nitrofilné druhy (*Mercurialis perennis*), bučinové druhy (*Galium odoratum, Asarum europaeum*). Toto spoločenstvo sa vyskytovalo na rendzine modálnej (MKSP 2000) a bolo zaradené do slt *Fagetum tiliosum* a do lesného typu 4402 – Marinkovo-bažanková lipová bučina.

Kvalitatívne charakteristiky sa hodnotili na 197 živých jedincoch tisa. Okrem toho bolo zaevidovaných aj 21 odumretých jedincov, čo predstavuje 9,6 % z celkového počtu.

Z toho bolo 160 jedincov tisa (81,2 %) stromovitých, 22 jedincov (11,2 %) rástlo ako trs a 15 jedincov (8,6 %) bolo hodnotených ako strom nízko sa vetviaci.

Z posudzovania zdravotného stavu (poškodenia kmeňa a koruny) vyplynulo, že iba 4,5 % kmeňov a 59,1 % korún malo stupeň poškodenia 1, to znamená, že neniesli žiadne známky poškodenia. 31,8 % kmeňov bolo slabo poškodených, do ¼ obvodu kmeňa (stupeň 2), 40,9 % kmeňov bolo čiastočne poškodených, od ¼ až do ½ obvodu kmeňa (stupeň 3), 22,7 % kmeňov bolo z veľkej časti poškodených, viac ako ½ obvodu kmeňa (stupeň 4). 29,5 % korún bolo s čiastočne uschýnajúcimi konármi, preschýnajúcich menej ako 50 % (stupeň 2), 9,1 % jedincov malo koruny riedke so žltnúcimi ihlicami, preschýnajúce viac ako 50 % (stupeň 3). Koruny veľmi silne preriedené, s výraznou stratou asimilačných orgánov a preschýnajúce viac ako 90 %, pomaly odumierajúce malo 2,3 % jedincov tisa obyčajného.

Výšková štruktúra bola charakterizovaná rozpätím od 2 do 11 m, pričom priemerná výška jedincov bola 6,30 m. Hrúbkové rozpätie sa pohybovalo od 6 do 28 cm a priemerná d1,3 bola 16,27 cm.

Ako vyplýva z výsledkov ekologickej analýzy rastlinných spoločenstiev vyjadrené hodnotami priemerného ekologického čísla $\overline{x}$ vo vzťahu k jednotlivým faktorom (svetlo, teplota, kontinentalita, vlhkosť, reakcia, dusík) na oboch plochách 34V aj 42T, v slt *Fagetum dealpinum* vst., prevládali polotieňomilné až polosvetlomilné druhy, čo bolo spôsobené nižším zakmenením a zápojom. Vo vzťahu k teplote to boli druhy indikujúce chlad, suboceanické, druhy suchých až čerstvo vlhkých pôd, s neutrálnou reakciou a s chudobnou zásobou minerálneho dusíka v pôde počas vegetačného obdobia.

Na ploche 22T v slt *Fageto-Abietum* nst. prevládali druhy tieňomilné, čo vyplýva z vyššieho zakmenenia a zápoja. Vo vzťahu k teplote to boli indikátory chladu až mierneho tepla (vysokohorské až horské druhy) a suboceanické. Tieto druhy neznášajú mrazy a vysoké extrémne teploty, v kontinentálnej klíme sa nevyskytujú (prípadne iba na lokálne priaznivých miestach), s ťažiskom výskytu v strednej Európe. Podobne ako v predchádzajúcej slt sa aj tomto spoločenstve nachádzali druhy suchých až čerstvo vlhkých pôd, sú to druhy vyskytujúce sa na mierne kyslých pôdach, so stredene bohatou zásobou minerálneho dusíka.

Na plochách 3S (slt *Fageto-Aceretum* nst.) a 1P (slt *Fagetum tiliosum*) sa vyskytovali polotieňomilné až tieňomilné druhy, vo vzťahu k teplote to boli indikátory chladu až mierneho tepla, oceanické až suboceanické vyskytujúce sa v prevažnej časti strednej Európy. Tieto druhy sa vyskytujú na suchých až čerstvo vlhkých pôdach, sú to druhy vyskytujúce sa na mierne kyslých až neutrálnych pôdach, so stredene bohatou zásobou minerálneho dusíka.

Tab. 1 Fytocenologická tabuľka lesných spoločenstiev s výskytom tisa obyčajného (*Taxus baccata* L.)
Table 1 Phytocenolgical table of forest communities with the presence of yew-tree (*Taxus baccata* L.)

	Plocha				
	34V	**42T**	**22T**	**3S**	**1P**
Skupina lesných typov	*F de vst.*	*F de vst.*	*FA nst.*	*FAc nst.*	*F til*
Lesný typ	5602	5603	5210	5403	4402
Calamagrostis varia	+3–4	+4–5	+	+÷1	
Carex alba	±2	±2	+÷1	+	
Carex montana	+÷1		+		
Carex sylvatica			+		+÷1
Hordelymus europaeus			+	+÷1	
Melica nutans				+÷1	+÷1
Poa stiriaca	+÷1		+÷1		
Sesleria varia	+÷1	1–2			
Ajuga reptans	+	+	+	1	
Asarum europaeum			+÷1	+–2	+–2
Athyrium filix–femina			+	+	+
Carduus glaucinus	+÷1	+			
Cyclamen purpurascens	+÷1		1		
Daphne mezereum	+	+	+		
Dentaria bulbifera		+		+	+
Dryopteris filix–mas	+		+	±2	+
Fragaria vesca	+	+÷1			+÷1
Galeobdolon luteum				+2	
Galium odorarum				+2–3	–3
Galium schultesii		+	+	+÷1	
Geranium robertianum				+2	
Gymnocarpium dryopteris	+–2		+		
Hacquetia epipactis		+	1	+	
Majanthemum bifolium	+÷1	+÷1	+	+	+÷1
Mercurialis perennis	+÷1	1	+1	1+2–3	+2–3
Mycelis muralis	+	+	+	1	+÷1
Oxalis acetosella		+÷1	1	+2–3	+2
Paris quadrifolia	+		+	+	
Polygonatum verticillatum	+	+	+	+÷1	+
Prenanthes purpurea	+	+	+	+	+÷1

Tab. 1 Pokračovanie
Table 1 Continued

	Plocha				
	34V	**42T**	**22T**	**3S**	**1P**
Skupina lesných typov	*F de vst.*	*F de vst.*	*FA nst.*	*FAc nst.*	*F til*
Lesný typ	5602	5603	5210	5403	4402
Sanicula europaea		+		+÷1	
Senecio nemorensis			+	+÷1	+
Tithymalus amygdaloides	+	+	+		+
Vaccinium myrtyllus	+	+÷1	+		
Valeriana tripteris	1	+÷1			

Na plochách sa vyskytovali druhy s ojedinelým výskytom: *Aconitum variegatum* (34V), *Actaea spicataea* (3S), *Aegopodium podagraria* (3S), *Antriscus sp*. (3S), *Asplenium viride* (34V, 3S), *Astrantia major* (34V), *Campanula rapunculoides* (22T), *Cephalantera damasonium* (34V), *Epilobium montanum* (3S), *Campanula trachelium* (34V, 42T, 3S), *Heracleum sphondilium* (42T), *Hieracium murorum* (34V, 42T), *Hypericum maculatum* (3S), *Laserpitium latifolium* (34V, 42T), *Lathyrus vernus* (42T, 3S), *Rubus saxatilis* (34V, 42T), *Scrophularia nodosa* (3S), *Senecio fuchsii* (42T), *Solidago virgaurea* (34V), *Thymus serpillum* (34V), *Urtica dioica* (3S), *Veronica montana* (42T), *Vincetoxicum hirundinaria* (34V), *Pimpinella major* (42T), *Pimpinella saxifraga* (34V), *Melittis melissophyllum* (42T), *Petasites albus* (3S), *Pulmonaria officinalis* (3S), *Salvia glutinosa* (3S), *Senecio jacquinianus* (3S), *Rubus ideus* (3S, 1P).

Tab. 2 Prehľad pôdnych charakteristík na plochách s výskytom tisa obyčajného *(Taxus baccata* L.)
Table 2 View of the soils parameters on the plots with yew-tree (*Taxus baccata* L.) occurance

	34V	**42T**	**22T**	**3S**	**1P**
Materská hornina	dolomit	dolomit	dolomit	vápenec	vápenec
Podiel povr. Skeletu	30	0	20	40	20
Veľkosť povr. Skeletu	kamene	0	balvany, kamene	kamene	kamene
Humusová forma	Rendzinový moder	Typický mull	Typický moder	Typický mull	Mulový moder
Klasifikácia pôdy Lesoprojekt	Rendzina sutinová moderová	Rendzina plytká mullová	Rendzina typická moderová	Rendzina sutinová mullová	Rendzina typická mullová
Klasifikácia pôdy MKSP 2000	Rendzina sutinová	Rendzina litozemná	Rendzina modálna	Rendzina sutinová	Rendzina modálna

Tab. 2 Pokračovanie
Table 2 Continued

	34V	**42T**	**22T**	**3S**	**1P**
Materská hornina	dolomit	dolomit	dolomit	vápenec	vápenec
Pokryvný humus					
Hrúbka Ool	1,5 cm	1,5 cm	2,0 cm	1,5 cm	1,5 cm
Hrúbka Oof	1,0 cm	3,0 cm	1,5 cm	1,0 cm	0,5 cm
Hrúbka Ooh	0,5 cm	1,0 cm	1,0 cm	0	0
Horizont					
Označenie	Amc	Amc	Am	Amc	Amc1
HÍbka od do	0–(60+) cm	0–30 cm	0–(45+) cm	0–(70+) cm	0–25 cm
Farba	sivočierna	čiernohnedá	svetlosivá	čiernohnedá	čierna
Zrnitosť	hlinitá pôda	hlinitá pôda	Hlinitá pôda	hlinitá pôda	hlinitá pôda
Skelet %	60	40	50–60	50–60	40
Skelet veľkosť	hrubý štrk, kamene, jemný štrk	stredný štrk, hrubý štrk	hrubý štrk, kamene	kamene	kamene, hrubý štrk
Konzistencia	kyprá	kyprá	kyprá	kyprá	kyprá
Štruktúra	jemne odrobinková	jemne odrobinková	hrubo odrobin-ková	jemne odrobinková	stredne odrobinková
Horizont					
Označenie		A/Cc		Cc	Amc2
HÍbka od do		30–(60+) cm			25–(60+) cm
Farba					čiernohnedá
Zrnitosť					hlinitá pôda
Skelet %					50
Skelet veľkosť					kamene
Konzistencia					kyprá
Štruktúra					hrudkovitá

Tab. 3 Výsledky ekologickej analýzy rastlinných spoločenstiev vyjadrené hodnotami priemerného ekologického čísla($\tilde{x}$) vo vzťahu k jednotlivým faktorom (svetlo, teplota, kontinentalita, vlhkosť, reakcia, dusík)
Table 3 Results of ecological analysis of the plant communities expressed in values of average ecological number($\tilde{x}$) in relation to single ecological factors (light, temperature, continentality, moisture, reaction, nitrogen)

Plocha	Svetlo	Teplota	Kontineta-lita	Vlhkosť	Reakcia	Dusík
34V	6,06	3,64	4,49	4,67	7,68	3,11
42T	6,16	3,47	4,27	4,29	7,64	3,29
22T	3,60	4,44	4,05	4,97	5,85	5,13
3S	2,92	4,86	3,11	5,00	6,06	5,71

4. DISKUSIA A ZÁVER

Výsledky práce potvrdili doteraz publikované údaje, že tis obyčajný sa vyskytuje predovšetkým na dolomitových a vápencových podložiach a to predovšetkým v slt *Fagetum dealpinum*. Jeho výskyt môže byť charakteristický aj v ďalších slt, v tomto prípade *Fageto-Aceretum* nst., *Fageto-Abietum* nst., a *Fagetum tiliosum*. Výskyt tisa je tu viazaný prevažne na podhrebeňové stanovištia, sutinové, strmé ako aj na skalnaté svahy a vlhšie údolia.

Taktiež sa potvrdilo, že výskyt týchto spoločenstiev je viazaný predovšetkým na minerálne bohaté rendzinové pôdy s vysoko nasýteným sorpčným komplexom (tab. 2), ktoré sa vyznačujú vysokou skeletnatosťou, dobrou prevzdušnenosťou, silnou priepustnosťou, slabou vododržnosťou a vysychavosťou. Tieto pôdy v suchých ročných obdobiach značne presychajú, bývajú náchylné na eróziu, takže vyžadujú trvalý vegetačný kryt. Spoločenstvá vyskytujúce sa na týchto pôdach patria prevažne do D radu a sú zaradené medzi ochranné lesy.

Ekologická analýza spoločenstiev na založených plochách poukázala na určité rozdielnosti medzi založenými plochami. Je to predovšetkým vzťah k svetlu, reakcii pôdy a obsahu dusíka v pôde. Na plochách 34V s 42T, so zníženým zakmenením a zápojom, sú priemerné hodnoty svetelného spektra výrazne vyššie, v porovnaní s ostatnými plochami, kde sú zakmenenie a zápoj vyššie. V spoločenstvách slt *Fagetum dealpinum* poukazuje hodnota priemerného ekologického čísla na neutrálnu reakciu pôdy s nízkym obsahom dusíka. Pri spoločenstvách slt *Ftil*, *FAc* nst. je situácia opačná.

Porovnanie výsledkov ekologickej analýzy s inými autormi (Lukáčik, Nič 1997) poukazuje v rámci lesného typu 5603 určité rozdielnosti a to najmä vo vzťahu k zásobe minerálneho dusíka v pôde, menšie rozdiely sú vo vzťahu k svetlu, teplote a pôdnej rekcii. Spoločenstvá sú zhodné vo vzťahu ku kontinentalite a k vlhkosti pôdy. V PR Jedlie (Strážovské vrchy) v slt *Fde* vst., v lesnom type 5603 prevládali polotieňomilné druhy, indikátory chladu až mierneho tepla, druhy suboceanické, druhy čerstvo vlhkých až vlhkých pôd, s rekciou mierne kyslou až neutrálnou, druhy stredne bohatých pôd.

V rámci slt *Ftil* a lesného typu 4402 sú tieto spoločenstvá podobné vo vzťahu k pôdnej vlhkosti a teplote. Iba mierne odchýlky poukazujú na určitú rozdielnosť vo vzťahu k ostatným faktorom (svetlo, kontinentalita, reakcia, dusík). V PR Pavelcovo (Starohorské vrchy) prevládali druhy tieňomilné, indikátory chladu až mierneho tepla, druhy oceanické až suboceanické, druhy čerstvo vlhkých pôd a mierne kyslých pôd, so stredne bohatou až bohatou zásobou minerálneho dusíka.

Z posudzovania zdravotného stavu vyplynulo, že len 4,5 % kmeňov a 59,1 % korún bolo nepoškodených. V záujmovej oblasti tis obyčajný poškodzuje predovšetkým vysoká zver. Napriek tomu, sa vyznačuje veľkou regeneračnou schopnosťou. Na lúpanie a ohryz reaguje veľmi citlivo a väčšina silne poškodených jedincov postupne odumiera. Jelenia zver intenzívne ničí aj semenáčiky. Tie sa tu nachádzali len sporadicky a to hlavne na miestach pre zver neprístupných.

V porovnaní s vyššie uvedenými autormi, ktorí uvádzajú 34 % nepoškodených kmeňov a 28 % nepoškodených korún, v záujmovej lokalite je tis viac poškodzovaný lúpaním a ohryzom kôry, avšak koruny sú menej poškodené. Tieto rozdiely môžu byť spôsobené vyššími stavmi jelenej zvery ako aj dostupnosťou potravy a terénom.

Na to aby sa tis obyčajný zachoval v rámci jeho prirodzeného rozšírenia na Slovensku je potrebné zosúladenie záujmov lesníkov a ochranárov, tam kde to stanovištné podmienky dovoľujú používať predovšetkým prírode blízke hospodárske opatrenia a udržiavať normované kmeňové stavy zveri. Prioritou ochrany tisa obyčajného by malo byť obmedzenie škôd zverou, človekom a hospodárením.

Poďakovanie

Práca bola podporená finančnými prostriedkami grantovej agentúry VEGA, grant č. 1/3524/06.

Literatúra

Ellenberg, SR., H., 1992: Zeigerwerte der Gefässpflanzen Mitteleuropas. Scripta Geobotanica, Göttingen, 97 p.

Gross, L.,1960: Tis v Harmanecké oblasti. Lesnická práce, 3, s. 99–101.

Hančinský, L., 1972: Lesné typy Slovenska. Príroda, Bratislava, 307 pp.

Kolektív 2000: Morfogenetický klasifikačný systém pôd. Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy v Bratislave, 76 s.

Kolektív 1988: Príručka pre prieskum lesných pôd. Lesoprojekt, ÚHÚL, Zvolen 94 s.

Korpeľ, Š., 1985: Zachovanie výskytu a zlepšenie stavu tisa v prirodzených lesoch Slovenska. Čiastková záverečná správa etapy výskumnej úlohy VI-6-3/01-2, Zvolen, 20 s.

Lukáčik, I., Nič, J., 1997: Ekologická charakteristika prirodzeného výskytu tisa obyčajného (*Taxus baccata* L.), jeho rastové pomery a zdravotný stav. Acta Facultatis Forestalis 38: 9–20.

Pagan, J., 1997: Lesnícka dendrológia. Vydavateľstvo TU vo Zvolene, 378 s.
Pirchala, M., 2005: Ekologická charakteristika a zdravotný stav spoločenstiev tisa obyčajného (*Taxus baccata* L.) vo Veľkej Fatre. Projekt dizertačnej práce, 53 s.
Pitko, J., 1960: Výskyt tisu (*Taxus baccata* L.) v lesných typoch v Harmaneckej oblasti. Lesoprojekt Zvolen, 340–352.
Svoboda, P., 1947: Největší evropské nalezište tisů. Ochrana prírody, ročník II., č. 5-6, s. 65–70.

Adresa autora
Ing. Martin Pirchala
Národné lesnícke centrum
– regionálne stredisko Žilina
Pri Rajčianke 40
010 01 Žilina

e-mail: mpirchala@yahoo.co.uk

Ecological characterisation and health conditions of the communities of natural yew-tree (*Taxus baccata* L.) occurence in Veľká Fatra mountains in the working plan area of Turčianske Teplice

Summary

Yew-tree (*Taxus baccata* L.), a rare Tertiary relict, belongs in the present changing ecological conditions to tree species which are more and more in the centre of interest of scientists and conservationists. Although it is a strictly protected woody plant, its representation in our forests declines. It is most likely because its protection is passive in general. The decrease of yew occurence in spite of protective and legal measures is visible not only in areas of its abundant occurrence but also on sites which are protected.

The aim of this work is monitoring the occurence of yew within selected area of the Veľká Fatra mountains and especially in the working plan area Turčianske Teplice, phytocenological and soil characterization, ecological analysis of the plant communities. Other pieces of information are about diameter and height structure and evaluation of its state of health and damage.

The territory of the working plan area Turčianske Teplice is situated in the south-western part of mountains Veľká Fatra. Geological bedrock is limestone and dolomit on which a thin soil layer has been created, often covered by a thick layer of beech leaves.

From the results analysis it is visible that phytocenoses occurring in the territory belong especially to calciphile order D, to the group of forest types *Fagetum dealpinum*. These phytocenoses are grassland where the grass species *Calamagrostis varia*, *Carex alba*, *Sesleria varia* are dominant. Other species such as *Dentaria bulbifera*, *Daphne mezereum*, submountain species *Prenanthes purpurea*, *Polygonatum verticillatum* and nitrophile species *Mercurialis perennis* occur as scattered. There are also phytocenoses from other groups of forestry types *Fageto--Aceretum*, *Fageto-Abietum*, *Fagetum tiliosum*. These communities grow on rendzina soils, which are rich on nutrients, with favourable physical conditions, but it's shallow and drying.

Within the whole area 197 individuals of yew-tree were measured, out of which 160 were one-stem individuals and 22 individuals grow as a bunch with more stems and 15 individuals had low-putted crown. The mean diameter of all measured stems has been 16.27 cm.

From interpretation of health condition it is evident that only 4.5% stems and 59.1% crowns are intact. The majority of intact yew-trees grows in extreme conditioms. There are well protected against game browsing and mechanical damage.

The natural regeneration is relatively low in the investigated area. It occurs only on small ridges and rocky, elevated spots. In consequence of a thin layer of roof humus, biological factors (animals) and often of unsuitable conditions in dense stands it dies soon.

For protectiom of the yew-tree synchronising of interests of the foresters and nature protectors is necessary. The priority of the yew-tree protection could be limitation of the damage caused by game, man and forestry management.

ACTA FACULTATIS FORESTALIS XLVIII
ZVOLEN – SLOVAKIA 2006

FYTOCENOLOGICKO-EKOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA VÝSKYTU TISA OBYČAJNÉHO (*TAXUS BACCATA* L.) V STAROHORSKÝCH VRCHOCH

Ľudovít V A Š K O

Vaško, Ľ.: Fytocenologicko-ekologická charakteristika výskytu tisa obyčajného (*Taxus baccata* L.) v Starohorských vrchoch. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLVIII**, 2006, s. 25–42.

Práca sa zaoberá rozšírením a ekologickými podmienkami výskytu tisa v oblasti Starohorských vrchov. Najhojnejšie rozšírenie bolo zaznamenané v okolí obce Tajov, kde sa nachádzajú viaceré lokality s počtom väčším ako 1000 jedincov (Pavelcovo, Tanečnica, Králická tiesňava, Hodíkovo, Košiar). Celkový počet tisových jedincov v Starohorských vrchoch, ktorý je väčší ako 21 000, radí toto územie medzi najvýznamnejšie oblasti výskytu tisa na Slovensku.
Výskyt tisa bol výlučne zaznamenaný na karbonátových horninách, najmä na extrémnych stanovištiach v skupine lesných typov *Fagetum dealpinum*, *Fagetum tiliosum*, *Fagetum typicum* a *Fagetum pauper*.

Kľúčové slová: tis obyčajný (*Taxus baccata* L.), Starohorské vrchy, bukové lesy, ochrana prírody

ÚVOD

Medzi ohrozené a vzácne druhy drevín na Slovensku patrí aj treťohorný relikt tis obyčajný (*Taxus baccata* L.). V minulosti bolo jeho zastúpenie v lesoch oveľa väčšie ako dnes. Ešte v stredoveku sa hojne vyskytoval v lesoch väčšiny európskych krajín. Jeho postupný ústup, ktorý bol spôsobený hlavne ľudskou činnosťou, pretrváva dodnes. Pre kvalitné vlastnosti bolo tisové drevo v minulosti intenzívne vyhľadávané a využívané na rôzne účely. Najväčšiu katastrofu pre tis však znamenalo holorubné hospodárstvo a pestovanie rozsiahlych rovnovekých porastov smreka. Tieto negatívne javy spôsobili, že z väčšiny lesných porastov vymizol a v súčasnosti je zaradený medzi chránené druhy.

METODIKA

Mapovanie rozšírenia tisa v Starohorských vrchoch bolo vykonané na základe dostupných údajov z literárnych prameňov, údajov z lesných hospodárskych plánov a dotazníkovej ankety z lesných správ a správ chránených území.

Za účelom zachytenia stanovištných podmienok a popísania spoločenstiev s výskytom tisa bol v každom type spoločenstva v ktorom rástol tis uložený fytocenologický zápis.

Zápis sa vyhotovil podľa metodiky lesníckej typológie (Križová 1995) a klasifikoval do jednotiek lesníckej typológie (Zlatník 1959, Hančinský 1972) a Curyšsko-montpelliérskeho (C-M) systému. Podkladom pre klasifikáciu spoločenstiev do C-M systému boli výsledky numerickej klasifikácie v programe TWINSPAN (Hill 1979). Názvy rastlín sú uvádzané podľa práce Marhold & Hindák (1998), nomenklatúra syntaxónov podľa práce Mucina & Maglocký (1985). Na posúdenie celkového obrazu ekologického spektra spoločenstiev, v ktorých sa tis vyskytuje bola vykonaná ekologická analýza (Ellenberg 1992).

Rozšírenie tisa v rôznych stanovištných podmienkach (nadmorská výška, expozícia, slt...) a ich potencionálnu vhodnosť sa vyhodnotila pomocou transformovaného relatívneho zastúpenia tisa podľa vzťahu:

$$A_i = \frac{\sum_{j=1}^{pk} \ln(n_{ij} + 0,5)}{\sum_{i=1}^{k} \sum_{j=1}^{pk} \ln(n_{ij} + 0,5)} .100$$

A_i – % transformované zastúpenie tisa v kategórii i,
n_{ij} – počet jedincov tisa na lokalite v kategórii „a_i“
k – počet kategórií,
p – počet lokalít.

Charakteristika územia sa získala z podkladov digitálnych mapových vrstiev Atlasu krajiny SR (Kolektív 2002).

Charakteristika územia

Geologické podložie Starohorských vrchov je tvorené najmä vápencami a dolomitmy (45 % z územia). Veľmi rozšírenými horninami sú aj kremence, pieskovce, bridlice a zlepence, ktoré zaberajú 41 % z územia. V menšej miere sa vyskytujú pararuly (8 %), andezity (3 %) a granodiority (3 %).

Po klimatickej stránke prevažná časť územia patrí do mierne chladného, veľmi vlhkého klimatického okrsku s priemernou júlovou teplotou 12 až 16 °C. Menšia časť územia patrí do mierne teplého, veľmi vlhkého, vrchovinového klimatického okrsku s júlovou teplotou vyššou ako 16 °C. Na väčšine územia (54 %) priemerná ročná teplota je od 2 do 4 °C a na 22 % územia je od 4 do 6 °C. Priemerný ročný úhrn zrážok je od 1000 do 1200 mm na 52 % časti územia a na 47 % územia je od 1200 do 1600 mm.

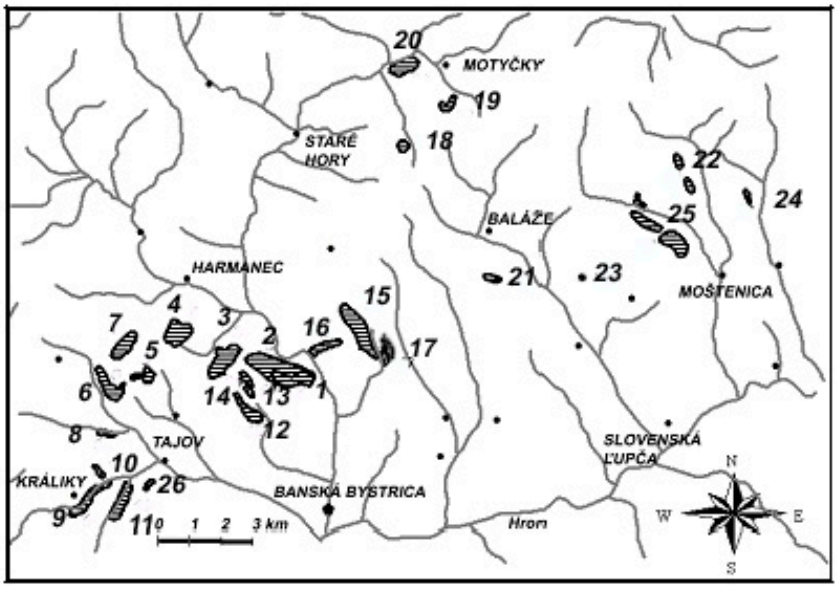
Rozšírenie tisa

V súčasnosti možno územie Starohorských vrchov na základe rozšírenia tisa rozdeliť na:

1. územie s hojnejším a súvislejším výskytom nachádzajúce sa v juhozápadnej časti pohoria, oblasť Králiky – Tajov – Riečka – Harmanec,

2. územie s roztrúseným výskytom nachádzajúce sa v strednej a severovýchodnej časti pohoria, a to oblasť Horného dielu, okolie Starých Hôr a oblasť Moštenice.

Medzi najvýznamnejšie lokality patria PR Pavelcovo, Tanečnica a Hodíkovo. Na týchto lokalitách rastie tis v podúrovni zmiešaných 60 až 85 ročných porastov, v ktorých miestami vytvára súvislú spodnú etáž. Ďalšou významnou lokalitou je Košiar s odhadnutým počtom jedincov 3500 (Jasík 1996). Tisy tu rastú v podúrovni 160 ročného pralesovitého porastu. Na lokalite Lackov grúň rastie tis v podúrovni 60 ročného porastu, kde miestami vytvára súvislú druhú etáž. Početnosť možno odhadnúť na 800 jedincov, prevažne hrubších dimenzií (20–40 cm). Na lokalite Ostrý vrch početnosť tisa bola výrazne znížená vyťažením pôvodného materského porastu. Podobne je to aj na lokalite Stará siatina, kde na vyrúbaných pásoch po holoruboch zostalo približne len 30 % živých tisov. V blízkosti tejto lokality sa nachádza PR Uňadovo (3,58 ha), ktorá predstavuje fragment z pôvodne rozsiahlejšieho lesného porastu s výskytom tisa. V tejto rezervácii bolo zistených 239 živých jedincov (Burkovský 1985). Medzi významné lokality patrí aj PP Králická tiesňava, kde na ploche 20,29 ha rastie 1405 tisov. Tisy tu rastú prevažne v hornej časti východného svahu v okolí skál, kde miestami vytvárajú súvislú spodnú etáž. V blízkosti tejto rezervácie rastie ďalších približne 200 jedincov. Väčšie množstvo tisov s rozptýleným výskytom sa nachádza na lokalitách Mútňanská dolina (400 ks) a Tajovský potok (100 ks).



Obr. 1 Rozšírenie tisa obyčajného v Starohorských vrchoch (názvy lokalít podľa čísel sú uvedené v tab. 1)
Fig. 1 Distribution of *Taxus baccata* L. in the Starohorské vrchy Mts. (The name of localites are listed in the table 1)

Významné lokality s tisom sa nachádzajú aj v strednej časti Starohorských vrchov – oblasť Horného dielu. V severnej a hornej časti PR Baranovo rastie približne 300 tisov. Na východnom svahu Horného dielu, najmä v blízkosti skalnatých miest rastie 94 jedincov. Významnou lokalitou v tomto území je aj Hrádok (835,8 m), kde koncentrovane rastie 220 jedincov tisa.

Tab. 1 Zoznam lokalít s výskytom tisa v Starohorských vrchoch
Tab. 1 The list of the localities with the occurence of yew in the Starohorské vrchy Mts.

	Lokalita	**Zem. dĺžka**	**Zem. šírka**	**Počet tisov**
1	Pavelcovo	48°46´15´	19°07´25´´	6000*
2	Horné a Dolné Cigárovo	48°46´29´	19°06´50´´	600
3	Ostrý vrch	48°46´25´´	19°05´35´´	400*
4	Košiar	48°46´55´´	19°04´35´´	3500*
5	Hodíkovo	48°46´05´´	19°03´40´´	4000*
6	Sokolie	48°45´55´´	19°03´15´´	300*
7	Lučivno	48°46´40´´	19°03´15´´	400*
8	Tanečnica	48°45´11´´	19°02´53´´	2000*
9	Králická tiesňava	48°44´10´´	19°02´30´´	1405
10	Tajovský potok	48°44´35´´	19°02´40´´	100*
11	Mútňanská dolina	48°43´55´´	19°03´12´´	400*
12	Lackov grúň	48°45´45´´	19°06´15´´	800*
13	Uňadovo	48°46´03´´	19°06´15´´	290
14	Stará siatina	48°46´10´´	19°06´02´´	800*
15	Horný diel	48°47´15´´	19°08´50´´	94
16	Baranovo	48°46´47´´	19°07´00´´	300
17	Hrádok	48°47´05´´	19°08´20´´	220

* početnosť udaná podľa práce (Jasík 1996)

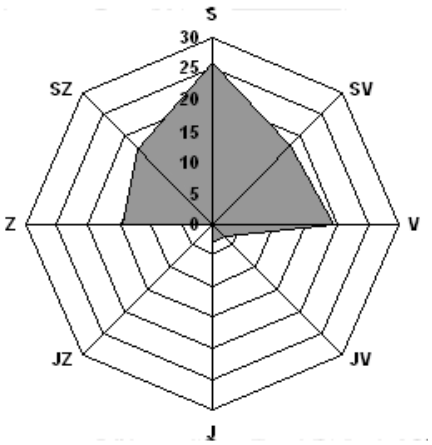
V okolí Starých Hôr a Motyčiek sa tis rozptýlene v malých počtoch vyskytuje na viacerých miestach. Najvýznamnejšou lokalitou je skalnatý svah medzi Jelencom a Motyčkami (lokalita Jelenská jaskyňa), kde na ploche 30 ha rastie 70 tisov. Okrem tohto územia tis ojedinele rastie na viacerých miestach v Bukovskej doline, Jelenskej doline, pod Japeňom a na západných svahoch vrchu Stará hora.

Pomerne významná skupina tisových lokalít sa nachádza aj v severovýchodnej časti pohoria v blízkosti obce Moštenica. Najvýznamnejším výskytom tisa v tomto území sú severné svahy vrchu Vysoká (960,5 m), kde rozptýlene rastie 81 tisov. Ich výskyt je prevažne sústredený do strednej časti svahu. Ďalej tis rastie v počte 26 jedincov na lokalite Holé kopce. Podľa starších údajov (Procházka & Pilát 1928) väčšina tisov na tejto

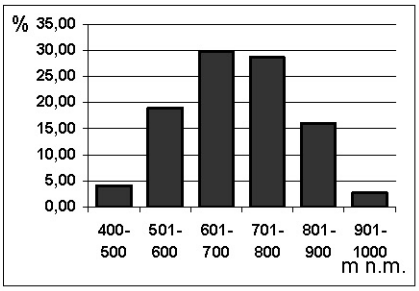
lokalite bola v minulosti vyrúbaná a zdevastovaná. Tis sa v mnohých prípadoch vymladil z pňov. Podobne je to aj na lokalite Rovne, kde rastie 17 jedincov tisa. Kmene týchto tisov sú z veľkej časti suché, netvárne, trsovitého vzhľadu a často napadnuté hnilobou.

Ekologické podmienky

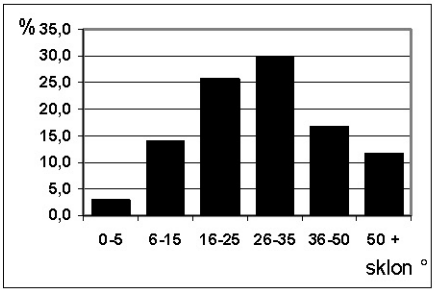
V dannej oblasti je v súčasnosti tis takmer výlučne viazaný na lesné ekosystémy bukového (4.) a jedľovo-bukového (5.) vegetačného stupňa nachádzajúce sa na vápencovom a dolomitovom podloží. Rozšírený je od nadmorskej výšky 460 do 1025 m. Ťažisko výskytu má v 600–800 m (obr. 3). Rastie najmä na svahoch so severnou, menej s východnou a západnou expozíciou (obr. 2). Okrajovo sa môže vyskytovať aj na južných expozíciách (Hodíkovo, Drndáč, Tajovský potok). Najčastejšie rastie na vypuklých reliéfnych tvaroch, a to najmä na strmých až veľmi strmých svahoch, bočných hrebienkoch a na úpätiach a hranách brál, často aj na samotných skalných bralách. Prevládajú strmé svahy so sklonom od 26° do 35° (obr. 4).



Obr. 2. Transformované relatívne zastúpenie tisa (A) na rôznych expozíciách
Fig. 2. Transformed relative abundance of yew (A) depending on exposure



Obr. 3. Transformované relatívne zastúpenie tisa (A) podľa stupňov nadmorskej výšky
Fig. 3. Transformed relative abundance of yew (A) depending on elevation



Obr. 4. Transformované relatívne zastúpenie tisa (A) podľa sklonitosti reliéfu
Fig. 4. Transformed relative abundance of yew (A) depending on slope

Prehľad zistených syntaxonomických jednotiek s výskytom tisa:

Querco-Fagetea Br.-Bl. et Vlieger in Vlieger 1937
Fagetalia Pawłowski in Pawłowski et.al. 1928
Tilio-Acerion Klika 1955 em. Husová in Moravec et al. 1982
Aceri-Carpinetum Klika 1941
Fagion Luquet 1926
Eu-Fagenion Oberd. 1957 em R.Tx. in Oberd. et R.Tx.1958
Dentario enneaphylli-Fagetum Oberd. Ex W. et A. Matuszkiewicz 1960
Cephalanthero-Fagenion R.Tx. in R.Tx. et Oberd. 1958
Carici albae-Fagetum Moor 1952
Seslerio-Fagetum Moor 1952
Clematido alpinae-Fagetum /Sill. 1933/ Fajmonová et Šimeková 1981

Aceri-Carpinetum

Porasty tejto asociácie sa nachádzajú na silne skeletnatých stanovištiach. V stromovej vrstve sa spoludominantne vyskytuje *Fagus sylvatica*, *Acer platanoides* a *A. pseudoplatanus*. Hojne sa tiež vyskytuje *Tilia cordata*, *Ulmus glabra* a *Carpinus betulu*s, vzácnejšie *Fraxinus excelsior* a *Cerasus avium*. Ojedinele v týchto spoločenstvách rastie *Taxus baccata*.

V bylinnej vrstve prevláda *Melica uniflora* spolu s druhmi heminitrofilnými až nitrofilnými *Mercurialis perennis*, *Alliaria petiolata*, *Geranium robertianum* a bučinovými druhmi *Galium odoratum* a *Dentaria bulbifera*.

Dentario enneaphylli-Fagetum

Porasty tejto asociácie zaberajú stanovištia v nadmorskej výške 580–840 m na pravidelných, málo členitých svahoch s väčšou hĺbkou pôdneho profilu. V stromovej vrstve silne dominuje *Fagus sylvatica*, hojne býva zastúpený *Acer pseudoplatanus*. Ojedinele pristupuje *Fraxinus excelsior*, *Picea abies* a *Abies alba*. Na vápencových stanovištiach sa v spodnej etáži môže hojne vyskytovať *Taxus baccata*.

Bylinná vrstva má nízko bylinný vzhľad. Oproti ostatným uvádzaným asociáciám je negatívne diferencovaná. Dominuje *Galium odoratum*, *Dentaria bulbifera*, *Mercurialis perennis*. Hojne sú zastúpené *Actaea spicata*, *Asarum europaeum*, *Mycelis muralis* a *Prenanthes purpurea*. Ojedinele, na miestach s plytkou pôdou môžu pristupovať aj *Carex alba*. Pod hustým zápojom tisa, ktorý prepúšťa len veľmi málo svetla, bylinná vrstva nadobúda nudálny vzhľad.

Carici albae-Fagetum

Porasty, ktoré boli začlenené do tejto asociiácie sa nachádzajú na strmých, mierne členitých svahoch a viažu sa na plytké až stredne hlboké skeletnaté vápenaté pôdy (rendziny). V stromovej vrstve prevláda *Fagus sylvatica*, hojne je zastúpený *Acer pseudoplatanus*, *Sorbus aria* a *Picea abies*. Pristupovať môže *Fraxinus excelsior* a *Abies alba*. V tejto asociácii má *Taxus baccata* najväčší výskyt.

V bylinnej vrstve dominujú dealpínske a kalcifylné druhy *Carex alba*, *Calamagrostis varia*, hojné sú bučinové druhy *Viola reichenbachiana*, *Asarum europaeum*, *Sanicula europaea* a *Hedera helix*.

Seslerio-Fagetum

Spoločenstvá tejto asociácie sú viazané na extrémne reliéfne tvary s vystupujúcou materskou horninou a plytkou pôdou. V stromovej vrstve, ktorá je rozpojená a má nižší vzrast je hojne zastúpený *Fagus sylvatic*a, *Acer pseudoplatanus*, *Sorbus aria* a *Picea abies*. Pristupovať môže *Larix decidua* a *Pinus sylvestris*. Vhodné podmienky má aj *Taxus baccata*.

V bylinnej vrstve dominuje *Sesleria varia*, *Carex alba*, *Calamagrostis varia*. Charakteristická je prítomnosť svetlomilných a teplomilných druhov *Bellidiastrum michelii*, *Phyteuma orbiculare*, *Epipactis atrorubens*, *Peucedanum cervaria* a *Brachypodium pinnatum*. Oproti predchádzajúcej asociácii chýba alebo len vzácne sa vyskytuje *Viola reichenbachiana*, *Asarum europaeum*, *Hedera helix*, *Mycelis muralis*.

Clematido alpinae-Fagetum

Táto asociácia zahŕňa montánne jedľobučiny, v ktorých v stromovej vrstve prevláda *Fagus sylvatica*, *Acer pseudoplatanus*, *Picea abies* a *Abies alba*. Hojne sa vyskytuje *Sorbus aria*, miestami aj *Taxus baccata*.

V bylinnej vrstve sú hojne zastúpené *Dentaria bulbifera*, *Viola reichenbachiana*, *Prenanthes purpurea*, *Dentaria enneaphyllo*s, *Calamagrostis varia*, *Carex alba*, *Valeriana tripteris* a *Cyclamen fatrense*. Od asociácie *Carici albae-Fagetum* sa odlišuje diferenciálnymi druhmi *Poa stiriaca*, *Gentiana asclepiadea*, *Soldanella hungarica* a *Ranunculus platanifolius*.

Z oblasti Švajčiarskej Jury a severozápadných okrajových častí Alp bolo popísané spoločenstvo bohaté na tis ako *Taxo-Fagetum*. Toto spoločenstvo sa vyskytuje na strmých rebrovitých svahoch s nedostatočne vyvinutými pôdami, na hranici stanovíšť vhodných pre buk. Je blízke *Carici albae-Fagetum* a *Seslerio-Fagetum* (Willner 2002). Je možné, že časť uvedených zápisov môže patriť práve tejto asociácii, ale jej ohraničenie je ale veľmi ťažké, lebo chýbajú vhodné diferenciačné a charakteristické druhy. Z tohto dôvodu mnohí autori považujú túto asociáciu len ako subasociáciu rozličných lesných spoločenstiev (Eichberger & Heiselmayer 1995).

Prehľad skupín lesných typov (Zlatník 1959) s výskytom tisa:
Querceto-Fagetum: Drndáč
***Fagetum pauper* vst:** Ostrý vrch, Košiar, Hodíkovo, Sokolie, Tanečnica, Rovne, Bukovská dolina, Stará siatina
Fagetum typicum: Ostrý vrch, Sokolie, Králická tiesňava, Tanečnica, Hrádok, Hradište
Querceto-Fagetum tiliosum: Horný diel
Fagetum tiliosum: Pavelcovo, Košiar, Hodíkovo, Sokolie, Tanečnica, Hradište, Hrádok, Baranovo, Horný diel, Králická tiesňava
***Fageto-Aceretum* nst:** Horný diel
***Tilieto-Aceretum* vst:** Baranovo
***Fraxineto-Aceretum* nst:** Jelenská dolina
***Fagetum dealpinum* nst:** Pavelcovo, Ostrý vrch, Košiar, Tanečnica, Tajovská kopa, Vysoká, Holé kopce, Hrádok, Stará siatina, Uňadovo, Králická tiesňava
***Fagetum dealpinum* vst:** Jelenská jaskyňa, Vysoká

Tab. 2. Transformované relatívne zastúpenie tisa (A) podľa skupín lesných typov
Tab. 2. Transformed relative abundance of yew (A) depending on groups of forest types (Zlatník 1959)

slt	A	lt	% ln
QF	0,2	3304	0,2
QFtil	1,3	3402	1,3
Fp	13,0	4308	13,0
Ft	20,0	4316	11,7
		4317	8,3
Ftil	20,8	4402	10,7
		4404	10,1
Fde nst	34,9	4601	7,9
		4603	5,8
		4604	13,3
		4605	7,9

Tab. 2. Pokračovanie
Tab. 2. Continued

slt	A	lt	% ln
AF nst	1,4	5308	1,4
FrAc nst	2,0	5502	2,0
Fde vst	6,4	5601	4,1
		5604	2,3

Na základe výsledkov ekoanalýzy spoločenstiev (tab. 3) vyhotovenej podľa Ellenberga (1992) možno povedať, že v spoločenstvách s výskytom tisa prevládajú druhy náročné na živiny, najmä na obsah vápnika. V skupinách lesných typov patriacich do mezotrofného, heminitrofilného a nitrofilného edaficko-trofického radu prevládajú druhy mierne kyslých až neutrálnych pôd (rozmedzie ekočísel 6,32 až 6,8). Výnimkou sú len spoločenstvá patriace do skupiny lesných typov *Fagetum tiliosum* (ekočíslo 7,14–7,28) a *Fagetum pauper* (ekočíslo 7,05), kde prevládajú druhy indikujúce neutrálne pôdy. Najvyššiu pôdnu reakciu indikujú druhy rastúce v skupine lesných typov *Fagetum dealpinum* (ekočíslo 7,01–7,64).

Vo vzťahu k ekofaktoru svetlo uvedené spoločenstvá majú široké spektrum (2,70–5,63). Nízke hodnoty ekočísla pre svetlo (2,70–3,26) poukazujúce na silne zatienené stanovištia boli zistené v skupinách lesných typov *Fagetum typicum*, *Fagetum pauper* a *Fagetum tiliosum*. Tieto spoločenstvá sa nachádzajú na relatívne málo členitých, mierne strmých svahoch, prevažne na stredne hlbokých až hlbokých pôdach a len ojedinele s vystupujúcou materskou horninou. V týchto spoločenstvách vysoko dominuje v stromovej vrstve *Fagus sylvatica*, ktorý tu dosahuje rastové optimum, vytvára porasty s hustým zápojom a silne zatieňuje spodné vrstvy porastu. Najvyšie hodnoty ekočísla pre svetlo boli zistené v skupine lesných typov *Fagetum dealpinum* (4,17–5,63). V tejto skupine lesných typov najnižšia hodnota ekočísla (4,17), indikujúca stanovištia tienne až polotienne, bola zistená v lesnom type 4605 (Živná vápencová bučina nst), ktorý sa vyskytuje na mierne členitých, pravidelných až mierne vypuklých svahoch s hlbšou pôdou. Najvyšia hodnota (5,63), indikujúca stanovištia polotienne, bola zistená v lesnom type 4601 (Extrémna vápencová bučina nst). Je to spôsobené pribúdajúcou členitosťou reliéfu, zväčšovaním sklonitosti svahov, pribúdaním povrchovej kamenitosti a zmenšovaním hĺbky pôdy. Vďaka tomu bývajú porasty rozpojenejšie, nižšieho vzrastu a do spodných vrstiev porastu potom preniká viac svetla.

Vo vzťahu k vlhkosti v uvedených spoločenstvách nie sú výrazné rozdiely. Vo všetkých skupinách lesných typov priemerné ekologické číslo 4,84–5,03 indikuje stanovištia suché až čerstvo vlhké. Mierne suchšie stanovištia sú len v skupine lesných typov *Fagetum dealpinum*, kde priemerné ekologické číslo je 4,37 až 4,89.

Tab. 3. Výsledky ekologickej analýzy (Ellenberg 1992) spoločenstiev s tisom
Tab. 3. Result of ecological analysis (Ellenberg 1992) of the plant communities

lt	Priemerné ekočíslo pre faktor			
	Svetlo	**Vlhkosť**	**Reakcia**	**Dusík**
3304	3,11	5,01	6,32	6,02
4308	3,26	4,89	7,05	5,66
4317	2,81	4,99	6,63	5,72
4316	2,72	5,03	6,80	5,96
5308	4,19	4,84	6,73	4,79
3402	3,63	4,97	6,66	6,51
4404	3,18	4,91	7,28	5,79
4402	2,70	5,03	7,14	6,33
5502	3,87	5,01	6,73	5,97
4601	5,63	4,37	7,64	3,68
4604	4,63	4,56	7,36	3,75
4603	4,82	4,39	7,01	3,71
4605	4,17	4,41	7,49	4,05
5604	5,03	4,89	7,20	4,33
5601	5,23	4,51	7,72	3,42

Vo vzťahu k obsahu dusíka spoločenstvá s tisom majú široké ekologické spektrum (ekočíslo 3,68–6,51), čo poukazuje na indiferentnosť tisa k tomuto faktoru. Najnižšie hodnoty sú v skupine lesných typov *Fagetum dealpinum* (3,68–4,42), čo indikuje stanovištia chudobných až stredne bohatých pôd na dusík. Stredne bohaté pôdy sú indikované v skupinách lesných typov *Fagetum pauper* (5,66) a *Fagetum typicum* (5,72–5,96). Stredne bohaté až bohaté pôdy sú indikované pre *Fagetum tiliosum* (5,79–6,33), *Fraxineto-Aceretum* nst (5,97), *Querceto-Fagetum* (6,02) a *Querceto-Fagetum tiliosum* (6,51).

DISKUSIA A ZÁVER

V súčasnosti tis patrí medzi vzácne dreviny väčšiny európskych krajín. Výskyt väčšieho počtu jedincov ako tisíc v jednotlivých populáciách v celej Európe je veľmi vzácny. Za centrum rozšírenia tisa na Slovensku, ale aj v Európe sa považuje oblasť Veľkej Fatry (Korpeľ & Paule 1975, Burkovský 1985, Korpeľ 1995), a to najmä Harmanecká dolina so 160 000 jedincami (Svoboda 1947) a Gaderská dolina s viac ako 17 000 tismi (Hofman 1953). Početný výskyt tisa v oblasti Starohorských vrchov s odhadnutým počtom jedincov väčším ako 21 000 radí toto územie medzi najvýznamnejšie oblasti výskytu

tisa na Slovensku, ale aj v celej Európe. Môžeme sa domnievať, že v minulosti tu tis rástol dokonca hojnejšie. Barták (1929) uvádza, že tis bol kedysi veľmi rozšírenou drevinou po celej lesnej správe Staré Hory, ale v súčasnosti zostali len nepatrné zbytky.

Najväčší ústup tisu z lesných ekosystémov bol v minulosti spôsobený najmä používaním holorubnej ťažby (Korpeľ 1985). Aj lesné ekosystémy Starohorských vrchov boli v minulosti intenzívne využívané najmä pre potreby baníctva a hutníctva (Barták 1929), v dôsledku čoho nastal postupný ústup tisa v celej oblasti a zachoval sa len v porastoch v extrémnych reliéfnych podmienkach, ktoré neboli intenzívne hospodársky využívané (Korpeľ 1985). Na jeho ústup z lesných porastov poukazuje aj lokalita Stará siatina, kde po použití holorubného spôsobu obnovy v nedávnej dobe zostalo na vyťažených plochách približne iba 30 % živých tisov. Zavedením clonných rubov sa zlepšili podmienky pre tis. Podľa niektorých autorov (Korpeľ & Paule 1975, Korpeľ 1995, Saniga 2000) porasty s vysokou koncentráciou tisa boli v minulosti obhospodarované maloplošnými clonnými rubmi s dlhšou obnovnou dobou. Toto potvrdzujú aj lokality s najväčšou koncentráciou tisa v Starohorských vrchoch, t. j. Pavelcovo, Tanečnica, Hodíkovo. Pre tieto lokality je charakteristické, že v 60 až 85 ročných porastoch tvorí tis, ktorého vek je približne ako vek materského porastu, súvislú spodnú etáž s úzkym variačným rozpätím hrúbok, čo je dôsledkom jeho hromadnej prirodzenej obnovy.

V oblasti Starohorských vrchov sa tis nachádza výlučne na karbonátovom podloží. To sa zhoduje s názormi, ktoré uvádzajú mnohí autori (Paule et al. 1993, Korpeľ 1995, Lukáčik & Nič 1997), že rozšírenie tisa je silne viazané na vápencové podložie. Výsledky ekologickej analýzy potvrdili, že tis patrí medzi dreviny náročné na obsah živín, najmä na obsah vápnika.

Najčastešie tis rastie na strmých svahoch, bočných hrebeňoch a skalných bralách a len ojedinele sa vyskytuje na úpätiach svahov, veľmi výnimočne v dolinkách. Ťažisko jeho výskytu je v nadmorskej výške 600–800 m, čo sa zhoduje s údajmy autorov Blatný & Šťastný (1958), podľa ktorých optimum rozšírenia na Slovensku má vo výške 660–1000 m. Prevažujúci výskyt tisa na severných expozíciách, ale aj vysoký priemerný ročný úhrn zrážok v danej oblasti poukazuje na jeho náročnosť na vzdušnú vlhkosť. To sa zhoduje s údajmi Svobodu (1953), ktorý považuje tis za drevinu oceanickej klímy.

Ťažisko výskytu tisa je najmä v skupine lesných typov *Fagetum dealpinum*, ale pomerne často rastie aj v skupine lesných typov *Fagetum tiliosum*, *Fagetum typicum* a *Fagetum pauper*. Podľa viacerých autorov (Pitko 1960, Lukáčik & Nič 1994, 1997) tis na Slovensku nachádza najoptimálnejšie podmienky v slt *Fagetum dealpinum*.

S výsledkov uvedenej práce vyplynulo, že tis v uvedenej oblasti patrí najmä v ochranných porastoch medzi významné porastotvorné dreviny. Veľký vplyv na jeho zachovanie má lesné hospodárstvo, a to najmä použitie vhodného hospodárskeho spôsobu. Len uplatňovanie jemnejších, prírode bližších hospodárskych zásahov v oblastiach, kde tis nie je chránený v rezerváciách a jeho ochrana pred poškodzovaním jeleňou zverou môžu zabezpečiť jeho zachovanie aj do budúcnosti.

Poďakovanie

Za cenné informácie o rozšírení tisa obyčajného v danej oblasti by som sa chcel poďakovať pracovníkom štátnej ochrany prírody, najmä Ing. Ivanovi Rybárovi a Ing. Marianovi Jasíkovi. Príspevok vznikol s podporou grantovej agentúry VEGA, grant č. 1/3524/06.

Literatúra

Barták, J., 1929: Z minulosti štátneho lesného hospodárstva v okolí Banskej Bystrice a Starých hôr. Banská Bystrica, 208 pp.

Blatný, T. & Šťastný, T., 1959: Prirodzené rozšírenie drevín na Slovensku. SVPL, Bratislava, 402 pp.

Burkovský, J., 1985: Uňadovo nové chránené nálezisko tisu obyčajného. *Chránené územia Slovenska* 5: 16–18.

Eichberger, CH. & Heiselmayer, P., 1995: Die Eibe (*Taxus baccata* L.) in Salzburg Versuch einer monographie. Sauteria 7.

Ellenberg, H., 1992: Zeigerwerte der Gefässpflanzen Mitteleuropas. *Scr. Geobot., Götting*. 9: 1–97.

Hančinský, L., 1972: Lesné typy Slovenska. Príroda, Bratislava, 307 pp.

Hill, O. M., 1979: TWINSPAN. A FORTRAN Program for Arranging Multivariate Data in an Ordered Two-way Table by Classification of the Individuals and Attributes. Cornell Iniv., Ithaca.

Hofman, J., 1953: Tisy v Gaděrské dolině. *Práce vyzkumných ústavů lesníckych* 3: 183–203.

Jasík, M., 1996: Rozšírenie a ochrana tisu obyčajného (*Taxus baccata*) v okrese Banská Bystrica. *Chránené územia Slovenska* 27: 15–17.

Kolektív, 2002: Atlas krajiny Slovenskej republiky. Slovenská agentúra životného prostredia, Banská Bystrica 2002, 344 s.

Korpeľ Š. & Paule L. 1975: Chránené územie Malé Plavno. *Československá ochrana prírody* 16: 153–171.

Korpeľ, Š., 1985: Zachovanie výskytu a zlepšenie stavu tisa v prirodzených lesoch Slovenska. Čiastková záv. Správa, etapy VÚ VI-6-3/01-02, Zvolen, VŠLD, 20 pp.

Korpeľ, Š., 1995: Význam tisu v lesných ekosystémoch Slovenska a možnosti zlepšenia jeho stavu. ENCY, B. Bystrica, 68 pp.

Križová, E., 1995: Fytocenológia a lesnícka typológia. (*Učebné texty*). TU Zvolen, 203 pp.

Lukáčik, I. & Nič, J.,1994: Stanovištné podmienky a zdravotný stav tis obyčajného (*Taxus baccata* L.) v skupine lesných typov *Fagetum dealpinum*. In: Dendrologické dni, Nitra 190–195.

Lukáčik, I., Nič, J., 1997: Ekologická charakteristika prirodzeného výskytu tisa obyčajného (*Taxus baccata* L.), jeho rastové pomery a zdravotný stav. *Acta Facultatis Forestalis* 38: 9–20.

Marhold, K. & Hindák, F. (eds). 1998: Zoznam nižších a vyšších rastlín Slovenska. Bratislava, Veda, 688 p.

Mucina, L. & Maglocký, Š., et al. 1985: A list of vegetation units of Slovakia. *Documents phytosociologiques*, *Camerino*, NS 9: 175–220.

Paule, L., Gömöry, D. & Longauer, R., 1993: Present distribution and ecological conditions of the English yew (*Taxus baccata* L.) in Europe. International Yew Resources Conference, Berkeley, CA, March 12–13, 1993: 189–196.

Pitko, J., 1960: Výskyt tisu (*Taxus baccata* L.) v lesných typoch v Harmaneckej oblasti. Lesoprojekt Zvolen, 340–352.

Procházka, J. S. & Pilát, A., 1928: O tisu zvláště vzhledem k zemím Československých. *Sbor. čs. akadémie zem*. **3**: 299–383.

Saniga, M., 2000: Vplyv pestovných opatrení a jelenej zveri na štruktúru a regeneračné procesy Tisu obyčajného (*Taxus baccata* L.) v chránenom areáli Pavelcovo. *Folia oecologica* **27**: 55–70.

Svoboda, P.; 1947: Největší europské naleziště tisu. *Ochrana přírody* 2: 65–71.

Svoboda, P., 1953: Tis obecný – *Taxus baccata* L. In: Lesní dreviny a její porosty, SZN Praha, 337–347.

Zlatník, A., 1959: Přehled slovenských lesů podle skupin lesních typů. Spisy Vědecké laboratoře biocenologie a typologie lesa, LF VŠZ v Brně **3**, 195 pp.

Willner, W., 2002: Syntaxonomische Revision der südmitteleuropäischen Buchenwälder. *Phytocenologia* 32: 337–453.

Adresa autora:
Ing. Ľudovít Vaško
Katedra fytológie
Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen

A phytosociological and ecological charcteristics of yew (*Taxus baccata* L) occurence in Starohorské vrchy Mts.

Resume

The actual frequency of yew distribution is very uneven in Starohorské vrchy Mts. There was observed widespread of yew in southwestern part of mountains – around villages Králiky – Tajov – Riečka – Harmanec.

Here are several localities which include more than 1000 individuals (Pavelcovo, Tanečnica, Králická tiesňava, Hodíkovo, Košiar). The yew occures very scarce in rest parts of the territory. A larger amount of yews growth only northerly of Banská Bystrica in area Horný diel, near the villages Staré Hory and Moštenice.

There the yew growth almost exlusively in beech and fir-beech forest, which are located on limestone and dolomite bedrock. The yew is distributed from 460 m to 1025 m of altitude, mainly from 600 m to 800 m. The localities are frequently situated on northerly slopes, fewer on west and east slope orientation, on the steep slope till very steep slope , on the sideway edges and on the cliffs.

The yew occurence was recorded mainly in extremly sites of forest type group (Zlatník 1959) Fagetum dealpinum, fewer *Fagetum tiliosum*, *Fagetum typicum* and *Fagetum pauper*.

This article describes 5 associacions with the yew occuring : *Aceri-Carpinetum*, *Dentario enneaphylli-Fagetum*, *Carici albae-Fagetum*, *Seslerio-Fagetum* a *Clematido alpinae-Fagetum* in the terms of Zürich-Montpellier approach.

Tab. 4 Fytocenologické zápisy spoločenstiev s tisom obyčajným (*Taxus baccata* L.) v Starohorských vrchoch. (*Ac.-C Aceri-Carpinetum, Cl.-F Clematido alpinea-Fagetum*).

Číslo zápisu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Nadmorská výška	715	770	730	800	790	680	680	780	800	600	800	840	820	580	580	870	560	510	750	600	570	580	840	560	640	680	735	790	870	890
Expozícia	J	JV	Z	SV	S	S	S	V	V	Z	V	JV	V	S	SV	S	V	SV	SV	S	S	SV	Z	S	Z	S	S	S	Z	SZ
Sklon	22	30	15	25	30	25	27	22	25	22	28	30	36	25	0	35	5	21	32	35	25	30	43	35	36	37	35	35	50	30
Zapoj	85	80	80	80	90	95	80	95	90	90	90	85	70	90	70	90	80	80	90	80	65	70	60	60	70	60	70	70	60	80
Pokryvnosť E1	60	75	70	5	20	10	15	60	40	70	40	45	20	25	60	50	75	50	50	50	50	70	50	75	80	90	90	90	50	25
Asociácia	*A c.-C*			*Dentario enneaphylli-Fagetum*												*Carici albae-Fagetum*							*Seslerio-Fagetum*						*Cl.-F*	
Lesný typ (Zlatník 1959)	3304	3402	4402	4308	4308	4308	4316	4402	4317	4316	4316	4402	4317	4317	4404	5502	4605	4605	4604	4604	4604	4603	4601	4603	4604	4601	4601	5601	5604	5308
Clematis vitalba	+												r								+									
Carpinus betulus (E3)	-2	1																												
Carpinus betulus (E2)	1	+																												
Cerasus avium	+	+																												
Stellaria holostea	+	1																												
Melica uniflora	3	3	1															+												
Alliaria petiolata	1	2	1																											
Geranium robertianum		1	1										r																+	
Glechoma hirsuta		+	+																											
Urtica dioica		+																											r	
Ribes uva-crispa		+														+														
Tilia cordata (E3)		2														1														
Lunaria rediviva		+	+													+														
Acer campestre (E3)	1		+																											
Acer campestre	-2		+																					+						
Acer platanoides (E3)		3	-2					1	1																					
Acer platanoides	+	1	-2						+					+																
Ulmus glabra (E3)			+							+					1															
Ulmus glabra(E2)		1	+											+									+							
Lonicera xylosteum(E2)		+	+																		+									
Campanula trachelium			+			+										+														
Brachypodium sylvaticum													r										1							
Corylus avellana			+				+																							
Ajuga reptans							+	+		+					+				+					r						
Senecio nemorens agg	+		1									+			+		+	+				+								
Carex sylvatica										r											r									
Taraxacum species	r																						+	r						
Galeobdolon luteum			1					+		1																				
Galium odoratum	2	-2	-3		+	1	r	1	2	-3	1		2	+	-2						1		+					+	+	
Dentaria bulbifera	1		-2	+	1	1	-2	1	-2	2	-3	-3	1	-2	-2				1		r		+				+		1	1

Tab. 4 Pokračovanie

Actaea spicata			1				1	-2	1	1	+			+		+			+												
Fagus sylvatica (E3)	4	2	4	4	5	5	5	3	4	5	5	5	4	5	-2	-3	-3	4	4	4	4	-3	4	3	4	-3	3	3	3	3
Fagus sylvatica (E2)	1		-2		1		+		1	-2	+	+	-2	1	-2	+	-2	-2	1	+	2	1	1		+	-2	1	1	-2	1
Fagus sylvatica	-2		1		1	+	1	1	-2	-2	1		1	-2	+			1	1	+	-3	1	-2	+	+	+	1	+	-2	+
Acer pseudoplatanus(E3)		1	1	-2	1	+	1	1	-2	-2	1	-2	1	-2	-2	2		-2	-2	-2	-2	1	1	-2		1	-2	1	-2	-2
Acer pseudoplatanus(E2)				+											+	+	+		1		+									
Acer pseudoplatanus				+	1	1	-2	2	2	1	-2	-2	-2	-2	+	-2		1	-2	+	2	1	+	+	+	1	1	+	2	1
Mercurialis perennis	+	2	3	+	1	1	-2	2	+	2	-2	3	-2		-3	-2	+	2	-2	1	-2	-2	-2	1	-2	1	1	-2	1	1
Viola reichenbachiana	-2				+	1	1	1	1	+	+		+	+	2		-2	1	1	1	1			1	1			+	1	1
Asarum europaeum	1		1		+	+	1	-2	2	-2	1	-2	+	+	1	1	1	-2	1		+	+		+			+			
Prenanthes purpurea			1		1	1	+	+	1	1	1	-2	+	+		1	-2	+	1	-2	1	1	1	+	-2	1	1	1	1	1
Taxus baccata (E3)				1		+									2		4	1		1				+	+					
Taxus baccata (E2)	+	+	1	3	+		+	+	-2	+	2	1	2	-3	-2	1	-2		+	3	2	3	-2	1	1	1	1	+	1	+
Taxus baccata							+	+			+		+	+	+	1	-2		+	+	+	1	1	+	+	+	1	+	+	
Epipactis helleborine			r	r		r	r	+			+	+			+				+	r	r			+	+					
Hedera helix		+	1	+	+	1	+	+	+	1	+	1	1	+	-2		+	+		+	+	1		1						+
Melittis melissophyllum		+			r	r	+	+	+			+					+	1	+	+	+	+		+	1	+	+	+		
Sanicula europaea	+		1			+			1	1				r	1		1		r		+			r						1
Polygonatum multifloru			+			+	+			+								+			+									
Lilium martagon		+	+			r	+		+	+		+		+				+	1	+	1	+		1	+	+	+	+	+	r
Daphne mezereum					+					+						+	+	+	+	+	+	+	+	r		+	+	+	+	
Dryopteris filix-mas		1	1		r		+	1	1	1	+		1	r		-2		+		+				r					+	
Mycelis muralis		1			+		r	1	+	1				r	+	+	+		+	+	+	+	-2		1			+	+	1
Tithymalus amygdaloides							+					+	+		+		1	1	+	+	+		1	+	+	+	+	+	+	1
Pulmonaria obscura	+	+	+					+	r	1		+	+			+		+	r									+		
Fraxinus excelsior(E3)						+	1	-2	1		+	1	-2					-2	-2			-2								
Fraxinus excelsior(E2)																					+							+		
Fraxinus excelsior	+	+	+		+		+	+	1	+	+	-2	+	+				+	+	+	+	+	+						+	
Picea abies (E3)	1		2					-2	-2					1		-3		1	1	1		1	1	1	2	-2	2	-2	2	2
Picea abies (E2)								+	+					+					1				+	+		1	1	+		
Picea abies														+									+	+		+	+		+	
Abies alba (E3)	1		1			+				-2					+													-2	-2	
Abies alba (E2)								+		+						1							+	+	+	1	+	+	+	
Abies alba			+		r	+	+			+						+							+					r	+	+
Senecio ovatus			1						+	+			+			1				1	r		1	r				+	+	+
Epilobium montanum																									r				r	
Lathyrus vernus		+									+						+	1			+			+				+		
Salvia glutinosa			+										+			+			+			r					r	+	r	+
Oxalis acetosella										1				+		+													1	1
Polygonatum verticillatum					+	+										+			+				+						+	1
Carex digitata								+	+	+						+		+	+	1	1	+	+	1	+		+		+	+
Hordelymus europaeus	+	1	+								+		r		+												+			
Primula elatior	r					r											+	+		+		+					+			
Dentaria enneaphyllos					1											2			+								r	+	-2	+
Petasites albus										+									r				+					+		
Dryopteris dilatata																+													+	
Moehringia muscosa													r																+	
Polystichum aculeatum							r									+													+	
Cephalanther damasonium	+															r			r											r

Tab. 4 Pokračovanie

Milium effusum															+														r	
Viola riviniana																											+	+		
Rubus idaeus																					+								+	
Rubus hirtus		+						r											+											
Neottia nidus-avis	r													+			+	r	r								r	+	+	
Hieracium murorum								+							1	1	+	1	1	-2		+	-3	1	+			+		1
Bromus benekenii		+															+			+					+					
Galium schultesii		+	+					+						+	1	+	1	1	1	2	+	1	-2	1	1	1	1	-2	1	+
Platanthera bifolia						r									r		+	+		+		r	+		+	r				r
Melica nutans											+					+	1	+	+	+	+	+	r	+	+			1		
Convallaria majalis											+						+	1	1		1	+	+	1	1	+		1	+	
Carex alba				+			+						1	+	+	-3	-3	2	2	2	-3	1	1	3	-2	-2		-3	1	1
Calamagrostis varia														+	-2	1	+	+	-2	-2	-2	2	1	2	-3	2		-3	2	+
Cirsium erisithales										+	r				+		+	1	+	+	+	+	+		+	1		1	r	r
Carduus glaucinus															r						+	+			+					
Cephalanthera rubra																+	r		r	r		+	+		+	r				
Heracleum sphondylium										1							r		r			+								
Laserpitium latifolium																		1	+						1	2		1		
Valeriana tripteris															1			+	1		1	-2	+	1	+	1		1	1	1
Pimpinella major																		1		1	1	1	1		1	-2		1		
Rubus saxatilis																									1			-2		
Solidago virgaurea															r		+	+				+	r		+	r				+
Carex montana																					-2		3			+				
Hacquetia epipactis																	+	+			-2		-2	1	1	+		+		
Phyteuma spicatum								+										+				+		+		+		+	+	+
Larix decidua (E3)														-3				1							1	1				
Sorbus aria (E3)	1	1		1												-2	1	-2	1	+	+		-2	1	2	-2		-2	1	1
Sorbus aria (E2)																		+	+	2		+		1		-2		1		
Sorbus aria				+							+										+	+	+	+						
Hieracium bifidum																	1				1	1		1	+	1		1	+	
Campanula rapunculoides	1									+				+	+		+	+	1	1	+	1	2	1	+	1		1		
Maianthemum bifolium																	1	+			+		+			+		+	+	+
Astrantia major																		-2							+	1		1		+
Rosa pendulina																		1						+				+	+	
Pyrethrum clusii																	+	r		+	+		1	1	+	+		r		
Vincetoxicum hirundinaria																+	+				-2		r	+	+	r				
Quercus petraea														1			+			+		+	r	+						
Sorbus aucuparia														+						+			+					+	+	
Viburnum lantana																	+	+		+			1		+					
Asplenium viride															+				+			r							+	+
Primula vulgaris																				1			1							
Cornus sanguinea		+															+	+		+										
Crataegus laevigata																				+			+							
Fragaria vesca																					+	+						+	+	
Aquilegia vulgaris																				r	r									
Cardaminopsis arenosa																				r		+		+	+	+				
Eupatorium cannabinum																					+	+						r		
Viola collina																	+				+				+					

Tab. 4 Pokračovanie

Inula conyza																			r							+		+		
Cornus mas																						+		1						
Sesleria albicans																				-2		+	2	2	-2	-3	-3	2		
Cotoneaster integerrimus																					+	1	+	+	+	+	+	+		
Bellidiastrum michlii																						1	1	1	1	1		+		+
Pinus sylvestris (E3)																						-3				+				-2
Brachypodium pinnatum																							1	3		-2	2			
Galium anisophyllon																								r		r				
Fragaria moschata																								1			+			
Polygonatum odoratum															+									+						
Genista tinctoria																								r						
Phyteuma orbiculare																							+		+	1		+		
Euphorbia polychroma																									+	+				
Orthilia secunda																									+					
Peucedanum cervaria																										+		r		
Cyanus mollis																										+	1	1		
Polygala amara																							r	+		r	r			
Epipactis atrorubens																								r		+	r		r	r
Vaccinium vitis-idaea																										+	+			
Melampyrum sylvaticum																										1	+	+		
Vaccinium myrtillus																									+		r		-2	
Aconitum moldavicum						+																						1	+	
Poa stiriaca																												+	1	+
Cyclamen fatrense																													1	1
Gymnocarpium robertianum																													+	+
Soldanella hungarica																													+	r
Gentiana asclepiadea																			r											r

Druhy vyskytujúce sa v jednom zápise:
Galium aparine 1: r, *Ligustum vulgare* 1: +, *Cardamine impatiens* 2: +, *Digitalis grandiflora* 2: 1, *Chelidonium majus* 2: + , *Lapsana comunis* 2: +, *Sambucus nigra* 2: +, *Veronica chamaedrys* 2: +, *Parietaria officinalis* 3: r, *Paris quadrifolia* 3: +, *Phyllitys scolopendrium* 16: +, **Cystopteris fragilis** 16: r, *Sanguisorba minor* 18: +, *Thalictrum aquilegifolium* 19: r, *Cypripedium calceolus* 22: r, *Poa nemoralis* 23: +, *Cruciata glabra* 24: +, *Inula ensifolia* 24: +, *Sorbus torminalis* 24: 1, *Teucrium chamaedrys* 26: +, *Atropa bella-dona* 29: r, *Athyrium filix femina* 29: +, *Cortusa matthioli* 30: r, *Ranunculus platanifolius* 30: r.

Lokality zápisov:
1 Drndáč, 2 Horný diel, 3 Hrádok, 4, 12 Hodíkovo, 5 Rovne, 6 Stará siatina, 7 Ostrý vrch, 8 Hradište, 10, 25 Králická tiesňava, 11 Sokolie, 13, 23 Košiar, 14, 20 Tanečnica, 15, 17 Pavelcovo, 16 Jelenská dolina, 18 Lackov grúň, 19, 27 Holé kopce, 21, 24 Tajovská kopa, 22 Uňadovo, 26, 28 Vysoká, 29 Jelenská jaskyňa, 30 Buková dolina.

ACTA FACULTATIS FORESTALIS XLVIII
ZVOLEN – SLOVAKIA 2006

HODNOTENIE VÝŠKOVÉHO A HRÚBKOVÉHO RASTU PROVENIENCIÍ SMREKA OBYČAJNÉHO (*PICEA ABIES* (L.) KARST.) V ARBORÉTE BOROVÁ HORA TECHNICKEJ UNIVERZITY VO ZVOLENE

Ivan L U K Á Č I K – Veronika J A L O V I A R O V Á

Lukáčik, I., Jaloviarová, V.: Hodnotenie výškového a hrúbkového rastu proveniencií smreka obyčajného (*Picea abies* (L.) Karst.) v Arboréte Borová hora Technickej univerzity vo Zvolene. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLVIII**, 2006, s. 43–57.

Práca sa zaoberá hodnotením výškového a hrúbkového rastu proveniencií smreka obyčajného severského (*Picea abies* septentrionalis (SVOB.) a smreka obyčajného horského (*Picea abies* montana (SVOB.) vysadených v Arboréte Borová hora.

Jednotlivé proveniencie sa hodnotili v rámci vylíšených klimatypov z rôznych oblastí bývalého ZSSR (klimatyp ruský, obský, severský, laponský, uralský a baltický) a z hercýnskej oblasti (Šumava, Český les, Novohradské hory). V priemere najlepší výškový rast má proveniencia 112 z ruského klimatypu zo Psovskej oblasti, najhorší proveniencia 117 (ruský klimatyp, Kaliningradská oblasť) a proveniencie 130 a 132 vylíšené v rámci laponského klimatypu. Z porovnávania priemernej hrúbky proveniencií vyplynula zaujímavá skutočnosť, keď najväčšiu aj najmenšiu hodnotu dosiahli proveniencie 133 a 134 pochádzajúce z Tomskej oblasti vylíšené v rámci obského klimatypu.

Z výsledkov práce tiež vyplynulo, že závislosť oboch sledovaných taxačných veličín od severnej zemepisnej šírky je tesnejšia ako od východnej zemepisnej dĺžky.

Kľúčové slová: smrek obyčajný, *Picea abies*, proveniencia, výškový a hrúbkový rast

ÚVOD

Arborétum Borová hora Technickej univerzity vo Zvolene sa začalo budovať v polovici 60-tych rokov minulého storočia. Odborná orientácia arboréta na autochtónnu dendroflóru, s osobitým zameraním na dendroflóru Slovenska mu dala punc jedinečnosti a originálnosti. Jednou z významných oblastí obsahového zamerania zbierok je aj štúdium geografickej premenlivosti drevín. Pre tento účel sa v začiatkoch budovania arboréta založili proveniečné pokusy s rôznymi drevinami, o. i. aj so smrekom obyčajným (*Picea abies* (L.) Karst.). Ich cieľom bolo získať základné informácie o geografickej a genetickej premenlivosti jednotlivých populácií, poukázať na predpokladané rozdiely v ich morfologických znakoch, biologických prejavoch a v rastových schopnostiach v závislosti od geografickej polohy miesta pôvodu (Lukáčik 2000).

PROBLEMATIKA

Geografická premenlivosť druhu je ovplyvňovaná viacerými faktormi. Sú to predovšetkým veľkosť a diskontinuita prirodzeného areálu a diverzita prostredia. Vylúčiť nemožno ani komplex neznámych faktorov. Je známe, že druhy s rozsiahlymi a diferencovanými areálmi majú väčší podiel genetickej diverzity ako druhy s menšími areálmi. Zatiaľ čo veľkosť prirodzeného areálu ovplyvňujú najmä globálne klimatické zmeny, nadmorská výška môže ovplyvniť lokálne zmeny klímy (Paule 1992). Dôležité informácie o geografickej a genetickej premenlivosti, ako aj o vývojových trendoch v závislosti na podmienkach prostredia s vyústením do stanovenia hraníc pre možný prenos semena a získania materiálu pre následné šľachtenie poskytujú výstupy z proveniencných výskumov. Doterajšie výsledky z týchto výskumov, ktoré sa v Európe uskutočňujú v podstate od začiatku minulého storočia umožnili zovšeobecniť niektoré základné trendy geografickej premenlivosti najmä trendy severo-južný, výškový a trend sucho-vlhko. Na malých územiach s veľkou diferenciáciou nadmorskej výšky akým je napr. aj Slovensko je naviac nutné uvažovať aj s tzv. náhodnou geografickou premenlivosťou (Paule 1992).

Smrek obyčajný (*Picea abies* (L.) Karst.) má rozsiahly areál, ktorý sa rozprestiera na veľkej časti Euroázie. Zaberá takmer celý Škandinávsky poloostrov (zasahuje po 69º 40´ severnej zemepisnej šírky), odkiaľ hranica jeho prirodzeného rozšírenia pokračuje cez poloostrov Kola po južný Ural, severnou hranicou černozemí prechádza do pohorí Pirin a Rhodope na juhu Bulharska a končí na západnom okraji Álp. V tejto rozsiahlej oblasti je veľmi premenlivý a to nielen v morfologických znakoch, ale aj ekologicky (Pagan 1996). V celej oblasti prirodzeného rozšírenia sa preto vzhľadom k odlišným podmienkam prostredia vylíšili dve základné oblasti:

– oblasť smreka obyčajného severského (*Picea abies septentrionalis* SVOB.), ktorá zaberá územie od Škandinávskeho poloostrova po Ochotské more, južný Ural po severnú hranicu černozemí medzi Moskvou a Tulou a končí v Gdaňskej zátoke,
– oblasť smreka obyčajného horského (*Picea abies montana* SVOB.), ktorá je viazaná na horské sústavy strednej Európy.

Hranicu medzi uvedenými oblasťami tvorí bez smrekové pásmo široké 50–150 km medzi riekou Vislou a Varšavou. Kým areál smreka severského je takmer súvislý a viazaný na nížinné oblasti, jednotlivé výskyty smreka horského sú často izolované a výškovo diferencované podľa jednotlivých pohorí, kde sa smrek vyvíjal samostatne. Vznikli rôzne populácie, ktoré sa rôznia nielen morfologickými znakmi, t. j. habitom, typom zakonárenia, formami šišiek, ale aj fyziologickými prejavmi a tvorbou rôznych spoločenstiev (Pagan 1996).

Podľa viacerých autorov (Svoboda 1953, Holubčík 1968, 1980, 1982, Schmidt – Vogt 1977, Pagan 1996 ai.) sa smrek severský v porovnaní so smrekom horským prejavuje celkove nižším vzrastom, čo sa potvrdilo aj porovnaním výnosových tabuliek pre smrek horský v severnom Nemecku a Poľsku a smrek severský v južnom Fínsku (Schwappach 1902, Ilvessalo 1920, Wiedemann 1937 ex Svoboda 1953).

Aj v hercýnskej a karpatskej oblasti je oblasť prirodzeného rozšírenia smreka obyčajného rozsiahla a tomu zodpovedajú aj rozličné podmienky prostredia, v ktorých rastie. Kým na svetlo a teplo nie je náročný, na pôdnu a vzdušnú vlhkosť má zvýšené nároky. Zle rastie v podmienkach, kde je priemerné ročné množstvo zrážok nižšie ako 600 mm. Na Slovensku sa vyskytuje prevažne od 5. po 7. lesný vegetačný stupeň s optimom rastu v nadmorských výškach okolo 800 metrov. Boli tu vylíšené tri ekotypy: tatranský, rudohorský a beskydský, pričom každý z nich má výškové varianty submontánny, montánny a almontánny, ekotyp tatranský aj variant subalpínsky. Medzi jednotlivými ekotypmi ako aj výškovými variantmi sa prejavujú zreteľné rozdiely v rastových vlastnostiach a morfologických znakoch (Holubčík 1981).

MATERIÁL A METODIKA

Materiál pre predkladanú prácu sa získal z hodnotenia proveniencií smreka obyčajného vo veku 45 rokov vysadených v Arboréte Borová hora. Išlo o hodnotenie výškového a hrúbkového rastu 26 proveniencií smreka obyčajného severského a 8 proveniencií smreka obyčajného horského. Jednotlivé proveniencie sú vysadené v radoch v spone 2 x 2 m v nadmorskej výške 335 metrov na svahu so SSZ expozíciou a sklonom 3º–5º. Pôdotvorný substrát je tvorený sprašovou hlinou v podloží s kaolinizovaným andezitovým tufom alebo tufitom. Ide o illimerizovanú, stredne hlbokú pôdu, vo vrchných vrstvách mierne, v spodných slabo humóznu. V celom profile sú extrémne nízke zásoby P_2O_5, dostatočné zásoby ľahko prístupného K_2O (Obr 1974). Plocha patrí do skupiny lesných typov *Querceto-Fagetum*. Na každom jedinci sa merala výška pomocou výškomera VERTEX III, s presnosťou na 0,1 m, hrúbka kovovou priemerkou vo výške 1,3 m v dvoch na seba kolmých smeroch s presnosťou na 0,1 cm. Počty meraných stromov podľa proveniencií sú uvedené v tabuľke 2.

Významnosť rozdielov v priemerných výškach a hrúbkach v skúmaných provenienciách sa hodnotila pomocou jednofaktorovej analýzy variancie, odlišnosť, resp. príbuznosť jednotlivých proveniencií a klimatypov sa testovala Duncanovým testom.

Tabuľka 1 Prehľad základných údajov o provenienciách smreka obyčajného vysadených v Arboréte Borová hora
Tabelle 1 Grundzahlen der Fichtenherkünfte im Arboretum Borova Hora

Štát, oblasť[1)]	**Nadm. výška[2)] (m)**	**Klimatyp[3)]**	**Proveniencia[4)]**	**Porast[5)]**
Rusko, Kaliningradská oblasť	25	baltický	108	8e
Litva, Salčininkajská oblasť	175		109	8e
Litva, Salčininkajská oblasť	175		110	8e
Litva, Salčininkajská oblasť	175		111	8e

Tabuľka 1 Pokračovanie
Tabelle 1 Fortsetzung

Štát, oblasť[1)]	**Nadm. výška[2)] (m)**	**Klimatyp[3)]**	**Proveniencia[4)]**	**Porast[5)]**
Litva, Moskovská oblasť	19		126	8f
Litva, Moskovská oblasť	24	balticlý	127	8f
Estónsko, Moskovská oblasť	90		128	8f
Rusko, Psovská oblasť	150		112	8e
Rusko, Psovská oblasť	150		113	8e
Rusko, Psovská oblasť	179		114	8e
Rusko, Kaliningradská oblasť	200		116	8e
Rusko, Kaliningradská oblasť	220		117	8e
Rusko, Jaroslavská oblasť	89		118	8e
Rusko, Jaroslavská oblasť	89		119	8e
Rusko, Moskovská oblasť	225	ruský	129	8f
Rusko, Leningradská oblasť	200		115	8e
Rusko, Archangelská oblasť	62	severský	121	8e
Rusko, Volgogradská oblasť	117		122	8e
Rusko, Kostromská oblasť	174		123	8e
Rusko, Archangelská oblsť	33		120	8e
Rusko, Karelofinska oblasť	10	laponský	130	8f
Rusko, Karelofinska oblasť	110		131	8f
Rusko, Karelofinska oblasť	10		132	8f
Rusko, Tomská oblasť	80	obský	133	8f
Rusko, Tomská oblasť	48		134	8f
Rusko, Permská oblasť	450	uralský	123	8e
Česko, Šumava	930		136	8g
Česko, Šumava	930		137	8g
Česko, Šumava	930		138	8g
Česko, Šumava	930	smrek horský	139	8g
Česko, Šumava	930		140	8g
Česko, Šumava	930		141	8g
Česko, Novohradské hory	750		144	8g
Česko, Český les	670		45	8g

[1]Staat, Gebiet, [2]Seehöhe, [3]Klimatyp, [4]Herkunft, [5]Abteilung

VÝSLEDKY

Výškový rast

Údaje o priemernej výške jednotlivých proveniencií a ich variabilite aj v rámci vylíšených klimatypov sú uvedené v tab. 2. Z tabuľky vidieť, že najväčšiu priemernú výšku zo všetkých proveniencií vykazuje proveniencia 112 (ruský klimatyp, Psovská oblasť) – 24,42 m. Naopak najnižšie priemerné výšky má proveniencia 117 (ruský klimatyp, Kalingradská oblasť) a proveniencie 130 a 132 vylíšené v rámci laponského klimatypu z Moskovskej oblasti. Pri porovnávaní priemernej výšky medzi klimatypmi vidieť, že najvyššie hodnoty dosahujú klimatypy ruský (22,48 m) a baltický (22,34 m), naopak najhorší výškový rast majú obský (17,64 m) a laponský (17,85 m) klimatyp. Priemerná výška proveniencií vylíšených v rámci smreka horského je 22,04 m. Pri provenienciách smreka horského nie sú vylíšené klimatypy.

Aj keď rozdiely v priemernej výške medzi jednotlivými provenienciami v rámci klimatypov nie sú veľké (veľkosť variačných koeficientov sa pohybuje v rozpätí 4,51 –21,37 %, priemer 9,1 %), ich štatistickú významnosť sme overili pomocou jednofaktorovej analýzy variancie. Z výsledkov, uvedených v tabuľke 3 vidieť, že v rámci každého klimatypu existujú proveniencie, ktoré sa štatisticky významne (na hladine významnosti $\alpha = 0,01$) odlišujú od ostatných. V rámci baltického klimatypu je to proveniencia 126 (Litva, Moskovská oblasť), v ruskom klimatype proveniencia 112 (Psovská oblasť) a 117 (Kaliningradská oblasť), v severskom proveniencia 115 (Rusko, Leningradská oblasť), laponskom proveniencia 131 (Rusko, Moskovská oblasť) a v obskom klimatype obidve vysadené proveniencie, t. j. 133 a 134 z Tomskej oblasti. Uralský klimatyp bol zastúpený len jednou provenienciou. Rozdiely v priemernej výške medzi provenienciami smreka horského nie sú štatisticky významné.

Jednofaktorovou analýzou variancie sa hodnotili aj rozdiely v priemerných výškach klimatypov. Na základe výsledkov Duncanovho testu (tab. 4) možno usudzovať na tri homogénne skupiny, ktoré sa medzi sebou navzájom štatisticky významne odlišujú. Prvú skupinu tvoria klimatypy baltický, ruský a smrek horský, druhú klimatypy severský a uralský a tretiu skupinu klimatypy obský a laponský.

Na posúdenie odlišnosti, resp. príbuznosti jednotlivých proveniencií podľa priemernej výšky sme použili Duncanov test, na základe ktorého sa vylíšili homogénne skupiny. Z výsledkov uvedených v tabuľke 5 vidieť, že proveniencia 134 z Tomskej oblasti s najmenšou priemernou výškou sa odlišuje od všetkých ostatných proveniencií. Ďalšiu homogénnu skupinu tvoria proveniencie 117 (Kaliningradská oblasť), 120 (Archangelská oblasť), 130 a 132 (obe Moskovská oblasť). Najväčšiu homogénnu skupinu tvoria všetky ostatné proveniencie.

Hrúbkový rast

Priemerná hrúbka jednotlivých proveniencií aj sumárne podľa klimatypov je spolu so základnými štatistickými charakteristikami uvedená v tabuľke 6. Z tabuľky vidieť, že najväčšiu priemernú hrúbku má proveniencia 133 a najmenšiu proveniencia 134 obe z Tomskej oblasti. Je samozrejmé, že tieto proveniencie sa štatisticky významne odlišujú nielen v rámci daného klimatypu (obský), ale aj medzi klimatypmi. Štatisticky významnú odlišnosť (hladina významnosti $\alpha = 0{,}01$) vykazuje aj proveniencia 131 z Moskovskej oblasti zaradená do laponského klimatypu (tab. 7).

Tabuľka 2 Vyhodnotenie výškového rastu smreka obyčajného v ABH podľa proveniencií a klimatypov
Tabelle 2 Höhenwachstum der Fichte im Arboretum Borova Hora, unterteilt je nach Herkunft und Klimatypen

Klimatyp[5)]	Proveniencia[6)]				
	číslo	**n**[1)] (ks)	[2)] (m)	s_x[3)]	s_x%[4)]
baltický	108	19	22,06	1,81	8,20
	109	13	23,06	2,04	8,85
	110	21	22,03	2,85	12,94
	111	19	23,45	2,39	10,19
	126	20	20,95	1,50	7,16
	127	20	22,74	1,68	7,39
	128	19	22,53	2,03	9,01
∑/x	–	**131**	**22,34**	**2,18**	**9,76**
ruský	112	15	24,42	2,10	8,60
	113	19	23,44	2,30	9,81
	114	23	23,79	1,55	6,52
	116	21	22,60	2,35	10,40
	117	8	16,42	1,77	10,78
	118	19	22,84	1,32	5,78
	119	21	21,90	1,49	6,80
	129	25	21,57	4,61	21,37
∑/ x	–	**151**	**22,48**	**3,04**	**13,52**
severský	115	19	22,58	2,06	9,12
	121	18	20,31	1,62	7,98
	122	22	20,58	1,35	6,56
	123	19	20,11	1,28	6,02
∑/x	–	**78**	**20,89**	**1,89**	**9,18**

Tabuľka 2 Pokračovanie
Tabelle 2 Forsetzung

Klimatyp[5)]	Proveniencia[6)]				
	číslo	n[1)] (ks)	[2)] (m)	sx[3)]	sx%[4)]
laponský	120	18	17,32	1,98	11,43
	130	17	16,42	2,08	12,67
	131	19	20,92	1,65	7,89
	132	19	16,43	2,22	13,51
∑/ x	–	73	17,85	2,72	15,23
obský	133	13	22,45	1,56	6,95
	134	15	13,17	1,94	14,73
∑/x	**–**	**28**	**17,64**	**5,03**	**28,51**
uralský	**124**	**19**	**21,26**	**1,28**	**6,02**
smrek horský	136	19	22,37	1,01	4,51
	137	17	21,58	1,46	6,77
	138	18	21,70	1,22	5,62
	139	15	21,34	1,66	7,78
	140	12	22,48	2,09	9,30
	141	17	21,73	2,69	12,38
	144	19	22,55	1,45	6,43
	145	20	22,46	1,51	6,72
∑/x	**–**	**137**	**22,04**	**1,80**	**8,11**

[1)] počet meraných stromov, [2)]aritmetický priemer, [3)] smerodajná odchýlka, [4)] variačný koeficient – [1)]Anzahl der gemessenen Bäume, [2)]Durchschnittswert, [3)]Standardabweichung, [4)]Variationskoeffizient, [5)]Klimatyp, [6)]Herkunf

Tabuľka 3 Výsledky analýzy variancie pre vnútroklimatypovú variabilitu výšky
Tabelle 3 Die Ergebnisse der Varianzanalyse der Baumhöhen innerhalb der Klimatypen

Klimatyp	**MS_{klim}**	**df_{klim}**	**$MS_{rezidual}$**	**$df_{rezidual}$**	**F**	**p-level F**	**Významnosť rozdielov[1)]**
baltický	12,19	6	4,36	120	2,79	0,0139	126
ruský	61,97	7	6,61	140	9,37	0,00001	117, 112
severský	24,79	3	2,70	74	9,15	0,00003	115
laponský	84,27	3	3,97	67	21,20	0,00001	131
obský	579,91	1	3,14	25	184,69	0,00001	133, 134
horský	9,14	8	2,90	140	3,14	0,00264	135

[1)]hladina významnosti rozdielov
[1)]Signifikanzniveaus der Unterschiede, [2]Klimatyp

Tabuľka 4 Prehľad homogénnych skupín podľa priemernej výšky klimatypov, Duncanov test
Tabelle 4 Übersicht der homogenen Gruppen der Herküngte nach der Baumhöhen (Duncan´sche Test)

Klimatyp[1)]	**Priemerná výška (m)** [2)]	**Homogénna skupina**[3)]		
baltický	22,34	A		
ruský	22,48	A		
severský	22,19	A		
laponský	20,89		B	
uralský	21,16		B	
obský	17,64			C
horský	17,86			C

[1)]Klimatyp, [2)]durchschnittliche Baumhöhe, [3)]homogene Gruppe

Tabuľka 5 Prehľad homogénnych skupín podľa priemernej výšky proveniencií, Duncanov test
Tabelle 5 Die homogenen Gruppen nach den durchschnittlichen Baumhöhen der Provenienzen, Duncan´sche Test

Prov.[1)]	**Homogénnaskupina**[2)]						**Prov.**	**Homogénnaskupina**						**Prov.**	**Homogénnaskupina**				
112	A						**140**	E	D	G	C	F		**124**	H	J	G	I	F
114	B	A	C				**133**	E	D	G	C	F		**126**	H	J	G	I	
111	B	D	A	C			**136**	E	D	G	C	F		**131**	H	J	G	I	
113	B	D	A	C			**108**	E	H	D	G	F		**122**	H	J	I		
109	E	B	D	A	C		**110**	E	H	D	G	F		**121**	J	I			
118	E	B	D	A	C	F	**119**	E	H	D	G	I	F	**123**	J				
127	E	B	D	C	F		**144**	E	H	J	G	I	F	**120**	K				
116	E	B	D	G	C	F	**138**	E	H	J	G	I	F	**132**	K				
115	E	B	D	G	C	F	**137**	E	H	J	G	I	F	**117**	K				
145	E	B	D	G	C	F	**129**	E	H	J	G	I	F	**130**	K				
128	E	B	D	G	C	F	**139**	H	J	G	I	F		**134**	L				
141	E		D	G	C	F													

[1)]Provenienz

[1)]Herkunft, [2)]Homogene Gruppe

Tabuľka 6 Vyhodnotenie hrúbkového rastu smreka obyčajného v ABH podľa proveniencií a klimatypov
Tabelle 6 Grundzahlen des Stärkenwachstums je nach Herkünften und Klimatypen im Arboretum Borova Hora

Klimatyp[5)]	Proveniencia[6)]				
	číslo	**n**[1)] (ks)	**x** [2)] (m)	**s_x**[3)]	**s_x%**[4)]
baltický	108	19	23,15	5,23	22,59
	109	13	22,72	5,01	22,05
	110	21	20,70	5,06	24,44
	111	19	21,79	6,26	28,73
	126	20	22,20	5,44	24,50
	127	20	20,65	3,72	18,01
	128	19	19,99	4,04	20,1
∑/x	–	**131**	**21,53**	**5,02**	**23,32**
ruský	112	15	23,82	4,51	18,93
	113	19	21,51	6,10	28,36
	114	23	22,29	5,64	25,30
	116	21	23,91	4,69	19,62
	117	8	16,93	2,84	16,77
	118	19	23,39	5,09	21,76
	119	21	21,91	4,57	20,86
	129	25	21,29	6,62	31,09
∑/ x	–	**151**	**22,20**	**5,08**	**22,89**
severský	115	19	20,72	5,86	28,28
	121	18	21,51	4,38	20,36
	122	22	20,52	5,56	27,10
	123	19	19,83	4,78	24,10
∑/x	–	**78**	**20,63**	**8,86**	**42,95**
laponský	120	18	17,87	4,12	23,06
	130	17	17,18	4,76	27,71
	131	19	23,98	5,09	21,23
	132	19	17,72	3,11	17,55
∑/x	–	**73**	**19,31**	**5,13**	**26,57**
obský	133	13	29,20	5,82	19,93
	134	15	14,53	3,79	26,08
∑/x	–	**28**	**21,59**	**5,11**	**23,67**

Tabuľka 6 Pokračovanie
Tabelle 6 Fortsetzung

Klimatyp[5)]	Proveniencia[6)]				
	číslo	**n**[1)] (ks)	**x** [2)] (m)	s_x [3)]	s_x**%**[4)]
uralský	**124**	**19**	**21,91**	**5,45**	**24,87**
smrek horský	136	19	21,98	3,58	16,29
	137	17	22,53	4,56	20,24
	138	18	23,49	5,02	21,37
	139	15	23,11	5,69	24,62
	140	12	23,50	5,93	25,23
	141	17	22,42	5,76	25,69
	144	19	23,41	5,36	22,90
	145	20	23,74	4,79	20,18
∑/x	–	**137**	**23,01**	**5,02**	**23,13**

[1)]počet meraných stromov, [2)]aritmetický priemer, [3)]smerodajná odchýlka, [4)]variačný koeficient
[1)]Nummer der gemessten Bäumen, [2)]Durchschnittswert, [3)]Quadratfehler, [4)] Variationskoeffizient, [5)]Klimatyp, [6)]Herkunft

Pri porovnaní priemernej hrúbky medzi klimatypmi vidieť (tab. 6), že táto je najväčšia pri smreku horskom (23,01 cm), najnižšia pri laponskom klimatype (19,31), čo predstavuje rozdiel 3,70 cm.

Rozdiely v priemernej hrúbke medzi všetkými provenienciami sme podobne ako pri priemernej výške testovali Duncanovým testom. Na základe získaných výsledkov sme jednotlivé proveniencie zoradili do homogénnych skupín, ktoré poskytujú lepší prehľad o skutočných rozdieloch medzi provenienciami (tab. 9). Z tabuľky vidieť, že samostatné skupiny tvoria proveniencie 133 a 134, ktoré sa nachádzajú na opačných koncoch hrúbkového rozpätia hoci sú zaradené v rovnakom (obskom) klimatype. Ďaľšiu veľkú skupinu tvoria všetky ostatné proveniencie.

Tabuľka 7 Výsledky analýzy variancie pre vnútroklimatypovú variabilitu hrúbky
Tabelle 7 Die Ergebnisse der Varianzanalyse von BHD innerhalb den Klimatypen

Klimatyp[2])	**MS_{klim}**	**df_{klim}**	**$MS_{rezidua}$l**	**$df_{rezidua}$**	**F**	**p-level F**	**Významnosť rozdielov[1)]**
baltický	25,59	6	25,23	124	1,01	0,418	–
ruský	54,31	7	28,5	140	1,90	0,074	–
severský	8,89	3	27,07	74	0,33	0,804	–
laponský	190,23	3	18,77	67	10,13	0,0001	131
obský	14449,48	1	23,75	25	61,02	0,0001	133, 134
horský	82,69	8	26,70	140	3,09	0,003	135

[1)]štatistická významnosť rozdielov na hladine významnosti α = 0,01
[1)]Signifikanzniveaus der Unterschieden für α = 0,01, 2) Klimatyp

Tabuľka 8 Prehľad homogénnych skupín podľa priemernej hrúbky klimatypov, Duncanov test
Tabelle 8 Übersicht der homogenen Gruppen den Klimatypen nach der Baumstärke (Duncan´sche Test)

Klimatyp[1)]	**Priemerná hrúbka (cm)[2)]**	**Homogénna skupina[3)]**		
horský	20,63	A		
ruský	22,20	A	B	
uralský	21,91	A	B	
obský	21,59	A	B	
baltický	21,53	A	B	
severský	19,31		B	C
laponský	23,56			C

[1)]Herkunf, [2)]Durchschnittliche Baumhöhe, [3)]Homegene Gruppe

Tabuľka 9 Prehľad homogénnych skupín podľa priemernej hrúbky proveniencií, Duncanov test
Tabelle 9 Übersicht der homogenen Gruppen der Herkünfte nach der Baumstärke (Duncan´sche Test)

Prov.[1)]	**Homo-génna skupina[2)]**	**Prov.**	**Homogénna skupina**		**Prov.**	**Homogénna skupina**			
133	A	144	B		115	C	E	B	D
131	B	114	B		127	C	E	B	D
116	B	126	B		122	C	E	B	D
112	B	109	B		110	C	E	B	D
140	B	136	C	B	128	C	E	B	D
141	B	124	C	B	123	E	B	D	

Tabuľka 9 Pokračovanie
Tabelle 9 Fortsetzung

Prov.[1)]	Homo-génna skupina[2)]	Prov.	Homogénna skupina			Prov.	Homogénna skupina			
138	B	**119**	C	B		**120**	C	E	F	D
145	B	**121**	C	B	D	**132**	E	F	D	
118	B	**113**	C	B	D	**130**	E	F		
108	B	**111**	C	B	D	**117**	E	F		
139	B	**129**	C	B	D	**134**	F			
137	B									

[1)]proveniencia, [2]homogénna skupina
[1)]Herkunft, [2)]homogenen Gruppe

Závislosť výšky a hrúbky proveniencií od geografickej polohy

Na posúdenie závislostí hodnotených taxačných veličín od geografickej polohy sme použili regresnú a korelačnú analýzu. Z veľkostí hodnôt korelačných koeficientov vyplynulo, že závislosti priemernej výšky ani priemernej hrúbky proveniencií od východnej zemepisnej dĺžky nie sú vysoké, keď pri výške má hodnotu – 0,46, pri hrúbke – 0,24. Záporné znamienko poukazuje na pokles priemerných hodnôt oboch taxačných veličín so stúpajúcou východnou dĺžkou.

Podobné uzávery možno vysloviť aj pri posudzovaní závislostí výšky a hrúbky jednotlivých proveniencií od severnej zemepisnej šírky. V tomto prípade sme použili zemepisnú šírku modifikovanú nadmorskou výškou podľa vzorca L modif. = L + H/100 + (Wiersma 1963).

Korelačný koeficient sa pri obidvoch závislostiach štatisticky významne odlišuje od nuly a má tiež záporné hodnoty. Možno teda konštatovať, že závislosti priemernej výšky aj hrúbky proveniencií od modifikovanej severnej zemepisnej šírky sú tesnejšie ako od východnej zemepisnej dĺžky a s pribúdajúcou zemepisnou šírkou sa ich hodnoty zmenšujú. Závislosti priemernej výšky a hrúbky proveniencií od geografickej polohy sú znázornené na obrázku 1.

DISKUSIA A ZÁVER

Smrek obyčajný je zaraďovaný k drevinám s veľkou vnútrodruhovou aj geografickou premenlivosťou. Z hľadiska ekologických nárokov sa vo väčšine prípadov hodnotí ako drevina plastická, schopná prispôsobiť sa konkrétnym podmienkam prostredia, o čom

svedčia výsledky viacerých proveniečných pokusov z Rakúska, Nemecka, Švajčiarska, Dánska, Švédska, Fínska, Ruska, ale aj Slovenska (Holubčík 1980).

Okrem dobre rastúcich proveniencií, vhodných na širšie využitie, ktoré bez väčších ťažkostí znesú výškový prenos o 400–600 m, resp. prenos o 8°–12° zemepisnej šírky sú známe aj proveniencie, ktoré sa ťažšie aklimatizujú a ich prenos sa na takéto vzdialenosti neodporúča (Lesnícke aktuality 1970 ex Pagan 1996). Ide predovšetkým o proveniencie z nižších a južnejších polôh, ktoré sú vo vyšších a severnejších polohách náchylnejšie na kalamitné poškodenie. Na overenie týchto a ďalších poznatkov bolo v druhej polovici minulého storočia založených viacero proveniečných pokusov v 13 krajinách (Paule 1980). Aplikácia rozsiahlejších proveniečných výskumov reprezentujúcich väčšie geografické areály a odlišné podmienky prostredia umožňuje nestranné odhady smerov a hraníc prenosu semena oveľa presnejšie s väčšou výpovednou hodnotou ako u proveniečných pokusov založených na malom počte proveniencií a naviac ekologicky nie veľmi odlišných podmienok (Paule 1992).

Niektoré dielčie poznatky sa získali aj z hodnotenia proveniečného pokusu smreka obyčajného severského a horského založeného v Arboréte Borová hora. Na základe hodnotenia z viacerých rokov vyplynulo, že v daných podmienkach zo severských proveniencií najvyššie priemerné hodnoty výšky aj hrúbky dosahujú proveniencie patriace prevažne ku klimatypu baltickému a ruskému (Galajda 1968, Dudas 1974, Krištof 1983). Naše výsledky meraní oboch taxačných veličín vo veku 45 rokov tieto skutočnosti v plnom rozsahu potvrdili v prípade priemernej výšky proveniencií. Najvyššiu priemernú hrúbku mali proveniencie smreka horského a proveniencie z klimatypu ruského.

V priemere najslabšie rastúce boli proveniencie zo severných oblastí (klimatypy severský a laponský) čo potvrdil aj Krištof (1983) a Pagan (1990), ale aj proveniencia 134 zaradená ku obskému klimatypu. Spomínaná proveniencia dosiahla absolútne najnižšie hodnoty oboch taxačných veličín zo všetkých hodnotených proveniencií.

Pozoruhodné sú však rozdiely vo výškovom a hrúbkovom raste proveniencií 133 a 134 pochádzajúce z Tomskej oblasti vylíšené v rámci obského klimatypu. Rozdiel vo výškovom raste predstavuje hodnotu 9,28 m, v hrúbkovom raste 14,67 cm. Vzhľadom k tomu, že geografické súradnice miesta zberu semien sa líšia len nepatrne (východná dĺžka totožná, v severnej šírke rozdiel 1°30´, v nadmorskej výške 32 m) a v minulých hodnoteniach tento rozdiel nebol tak markantný, táto skutočnosť bude pravdepodobne úzko súvisieť s tzv. náhodnou geografickou premenlivosťou. Absolútne vylúčiť však nemožno ani zámenu dodaného materiálu, resp. iné zlyhanie ľudského faktora.

Záverom možno konštatovať, že pri hodnotení závislostí priemernej výšky a hrúbky proveniencií smreka severského (nížinného) pochádzajúceho zo širokej oblasti rozšírenia (dnešné územie Litvy, Estónska a Ruska po Ural) od geografickej polohy sa zistilo znižovanie hodnôt od západu k východu a od juhu k severu. Tým sa istým spôsobom potvrdili

známe základné trendy geografickej premenlivosti najmä trend severo-južný a sucho vlhko (severská pahorkatina - Karelská jazerná pahorkatina). Aj keď vysoká variabilita hodnôt neumožňuje formulovať jednoznačnejšie závery, výsledky práce môžu byť vhodným podkladovým a doplňujúcim materiálom pri riešení podobnej problematiky z iných oblastí.

Práca bola spracovaná v rámci riešenia grantového projektu VEGA č. 1/3514/06.

Literatúra

Dudas, J., 1974: Vyhodnotenie rôznych pôvodov smreka obyčajného *Picea abies* (L.) Karst. v Arboréte Borová hora. *Diplomová práca*. Technická univerzita, Zvolen, 88 s.

Galajda, M., 1968: Vyhodnotenie proveniencií severského smreka v Arboréte Borová hora. *Diplomová práca*. Technická univerzita, Zvolen, 56 s.

Holubčík, M., 1968: Otázky premenlivosti a proveniencie smreka obyčajného (*Picea abies* (L.) Karst.) z hľadiska produkcie. *In*: Zvyšovanie prírastkov lesov. Slovenská akadémia vied, Bratislava: 213–237.

Holubčík, M., 1980: Vplyv prostredia na výškový rast domácich a poľských proveniencií smreka obyčajného (*Picea abies* (L.) Karst.). *In: Folia dendrologica*, VEDA, Bratislava: 1-35.

Holubčík, M., 1982: Rast smreka obyčajného (*Picea abies* (L.) Karst.) v rôznych podmienkach. *Lesnícky časopis* **27** (5): 337–351.

Krištof, M., 1983: Vyhodnotenie rastu a fenologických prejavov archívu pôvodov smreka obyčajného (*Picea abies* (L.) Karst.) v Arboréte Borová hora. *Diplomová práca*. Technická univerzita, Zvolen, 61 s.

Lukáčik, I., 2000: Arborétum Borová hora - významný objekt pre štúdium premenlivosti drevín. *In*: Arboréta, premenlivosť a introdukcia drevín. Lesnícky výskumný ústav, Zvolen: 15–18.

Obr, F., 1974: Pôdne pomery Arboréta Borová hora VŠLD. *In*: pagan, J. a kol.: Arborétum Borová hora 1965–1975. Vysoká škola lesnícka a drevárska, Zvolen, 330 s.

Pagan, J., 1990: Premenlivosť sortimentu drevín v Arboréte Borová hora VŠLD. Správa pre oponentúru výskumnej úlohy VI-6-2/01.02. Vysoká škola lesnícka a drevárska, Zvolen, 67 s.

Pagan, J., 1996: Lesnícka dendrológia. *Učebný text*. Technická univerzita, Zvolen, 378 s.

Paule, L., 1980: Provenienčné pokusy hlavných drevín na ŠLP, etapa: smrek obyčajný. Technická univerzita, Zvolen, 43 s.

Paule, L., 1992: Genetika a šľachtenie lesných drevín. Príroda, Bratislava, 304 s.

Schmidt-Vogt, H., 1977: Die Fichte. Band 1. Paul Parey Verlag, Hamburg u. Berlin: 281–406.

Svoboda, P., 1953: Lesné dřeviny a jejich porosty I. SZN Praha, 411 s.

Wiersma, J., H., 1963: A New Method of Dealing with Results of Provenance Tests. Silvae Genet. **12**: 200–205.

Adresy autorov:
Doc. Ing. Ivan Lukáčik, CSc.
Katedra pestovania lesa
Ing. Veronika Jaloviarová
Katedra prírodného prostredia
Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen

Die Auswertung des Höhen - und Baumstärkenwachstums der Fichtenprovenienzen (*Picea abies* (L.) Karst) im Arboretum Borova hora der Technischen Universität in Zvolen

Zusammenfassung

Die Arbeit wertet das Höhen – und Baumstärkenwachstums der Fichtenherkünfte Arboretum Borova hora aus. Es handelt sich um die Herkünfte der europäischen Fichte (*Picea abies montana* Svob.) und der *Picea abies septentrionalis* (Svob.). Auf Grund der gewonnenen Ergebnisse wurden die einzelnen Ekotypen aus den Gebieten der ehemaligen UdSSR (Klimatypen aus Russland, vom Fluβ Ob, aus Nordeuropa, Lappland, Ural und Baltikum) und aus Mitteleuropa (Riesengebirge, Böhmer Wald, Neuburger Gebirge) untereinander verglichen. Die gröβte durchschnittliche Baumhöhe erreichte die Herkunft 112 (Klimatyp aus Russland, Gebiet von Psovsk), die kleinste durchschnittliche Baumhöhe dagegen haben die Herkunft 117 (Klimatyp aus Russland, Gebiet von Kaliningrad) und 130 und 132 (Klimatypen aus Lappland) ereicht. Der Vergleich der durchschnittlichen BHD zeigte eine interessante Erscheinung: den groβten und den geringsten Wert erreichten die Herkünfte 133 und 134, die aus dem Gebiet von Tomsk stammen (der Klimatyp von Ob – Fluss). Die Analyse der Daten zeigte weiter, dass die Abhängigkeit der Baumhöhe und – Stärke von der modifizierten nördlichen geographischen Breite enger ist als diejenige von der östlichen geographischen Länge.

Schlusswörter: die Rotfichte, *Picea abies*, Herkunft, Höhenwachstum, Stärkenwachstum

ACTA FACULTATIS FORESTALIS XLVIII
ZVOLEN – SLOVAKIA 2006

MIKROBIÁLNE POMERY PÔD NA VYBRANÝCH LOKALITÁCH V REGIÓNE SPIŠA

Erika G Ö M Ö R Y O V Á – Katarína S T Ř E L C O V Á

Gömöryová, E., Střelcová, K.: Mikrobiálne pomery pôd na vybraných lokalitách v regióne Spiša. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLVIII**, 2006, s. 59–71.

Cieľom práce bolo charakterizovať mikrobiálne pomery pôd na troch lokalitách v regióne Spiša (odumretý smrekový porast, smrekový a bukový porast bez známok poškodenia). V odobratých pôdnych vzorkách sme stanovili bazálnu a potenciálnu respiráciu pôdy, N-mineralizáciu, aktivitu katalázy a celulázy. Zistili sme významné rozdiely v mikrobiálnej aktivite pôd medzi sledovanými plochami. Najnižšiu mikrobiálnu aktivitu sme pozorovali v odumretom smrekovom poraste, o niečo vyššiu v smrekovom a najvyššiu v bukovom poraste.

Kľúčové slová: smrek, mikrobiálna aktivita pôd, pôdna respirácia, aktivita enzýmov, N-mineralizácia

ÚVOD

Klasické práce z oblasti ochrany lesa poukazujú na súvislosti medzi intenzitou odumierania lesa odklonom od prirodzených porastových charakteristík (Stolina, 1985). Tieto poznatky potvrdzuje aj súčasný priebeh žltnutia smrečín a ich hromadného odumierania. V oblastiach, kde sa pestoval smrek po viacero generácii na nepôvodných stanovištiach, je intenzita odumierania najväčšia (Jakuš et al., 2003). Kľúčovú úlohu na zhoršovaní zdravotného stavu lesov zohrávalo aj narastajúce znečistenie ovzdušia. Input polutantov do lesných ekosystémov znamenal narušenie fyziologických procesov, najmä fotosyntézy lesných drevín (Kmeť et Ditmarová, 2003) a signifikantné zmeny chemických vlastností lesných pôd (Sitková et al. 2002, Kunca 2003, Minďáš et al. 2003). Jednou z najpo-stihnutejších oblastí na Slovensku je región Spiša. Popri známych a dobre opísaných typoch poškodenia a rozpadu smrekových porastov sa v niekoľkých regiónoch Slovenska (Spiš, Kysuce, Javorina) objavuje odumieranie, ktoré postihuje smrečiny rôzneho veku, na rôznych stanovištiach, a na základe symptómov a ekologických okolností ho nie je možné zaradiť do žiadnej zo známych disturbančných schém. Kľúčovou úlohou výskumu poškodenia porastov v súčasnosti i v nasledujúcich rokoch je objasňovanie vplyvu stanovištných podmienok na fyziologické procesy lesných drevín a následne na produkčný a funkčný potenciál lesných ekosystémov (Minďáš et al. 2003).

Pôdne mikroorganizmy sú dôležitým prvkom terestriálnych ekosystémov. Zohrávajú kľúčovú úlohu pri dekompozícii organickej hmoty a kolobehu živín. Pretože citlivo reagujú na zmeny prostredia, čoraz častejšie sa používajú pri biodiagnostike kvality, zmien a antropogénnej záťaže prostredia. Mikrobiálne spoločenstvo môže poskytovať predbežné informácie o jemných zmenách v pôde už dlhú dobu predtým, ako ich možno zaznamenať zmenami iných pôdnych vlastností (Schloter et al. 2003, Arias et al. 2005, Avidano et al. 2005).

V súčasnosti je riešených niekoľko vedeckých projektov (v rámci APVV a VEGA Slovenkej republiky) zameraných na multidisciplinárny výskum tohto typu odumierania smrečín, pre ktorý bol prijatý predbežný pracovný názov „nešpecifické odumieranie smrečín". V práci sme sa zamerali na posúdenie a porovnanie mikrobiálnej aktivity pôd pod porastami s mimoriadne výrazným výskytom poškodenia a rozpadu smrekových porastov a pod porastami bez viditeľných známok poškodenia v oblasti „Hliníky" na Spiši.

MATERIÁL A METÓDY

Výskumné plochy sa nachádzajú v oblasti Spiša, lokalita Hliníky, v nadmorskej výške 950 m n. m. Ide o 5. lesný vegetačný stupeň, skupinu lesných typov Abieto-Fagetum. Priemerné ročné zrážky predstavujú 700 mm, priemerná ročná teplota 6,8 °C. Ide o mierny svah s JJZ expozíciou a sklonom 10 %, ktorý je budovaný prevažne zlepencami. Pôdnym predstaviteľom je kambizem podzolová, s humusovou formou mor (so zastúpením opadu Ool, drviny Oof a meliny Ooh). Priemerné hodnoty vybraných chemických vlastností (pH/H_2O, pH/KCl a výmenných katiónov K, Ca, Mg a Na) pôdnych vzoriek z A-horizontu sú uvedené v tab.1. Na jar r. 2004 sme na troch plochách – a) na ploche (SmP), kde už došlo k rozpadu a vyťaženiu poškodeného smrekového porastu, b) v 80-ročnom smrekovom poraste bez viditeľných známok poškodenia (SmN) a c) v 80-ročnom bukovom poraste (Bk) odobrali pôdne vzorky z jednotlivých subhorizontov nadložného humusu a humusového Aup-horizontu. Vzorky sme odobrali na tranzektoch z piatich odberných miest, pričom jednotlivé odberné miesta boli od seba vzdialené 5 m.

Vo vzorkách nadložného humusu sme stanovili výdaj CO_2 pôdnymi mikroorganizmami (pôdnu respiráciu), vo vzorkách z A-horizontu sme okrem momentálnej vlhkosti pôdy (Vm) a sušiny, stanovených gravimetricky po vysušení pri 105 °C, zisťovali nasledovné mikrobiálne charakteristiky – bazálnu pôdnu respiráciu (Re) Isermeyerovou metódou (in Alef 1991), potenciálnu respiráciu (SIR) – po pridaní glukózy k pôdnej vzorke Isemeyerovou metódou (in Alef 1991), N-mineralizáciu (Nmin) podľa Kandelera (in Alef 1991), aktivitu katalázy (Akat) podľa Kurbatova a Dvojnišnikovej (in Chazijev 1976), celulolytickú aktivity (Acel) ako % rozloženej celulózy počas 6-tich týždňov.

Tab. 1 Priemerné hodnoty vybraných chemických vlastností pôdy v A-horizonte na jednotlivých lokalitách
Tab. 1 Averages of selected soil chemical properties in the A-horizon of the study plots

Plocha	pH/H_2O	pH/KCl	Ca (mg.kg^{-1})	Mg (mg.kg^{-1})	Na (mg.kg^{-1})	K (mg.kg^{-1})
SmP	3,67	2,8	67,05	74,03	24,31	86,39
SmN	3,7	3	105,72	72,27	20,84	84
Bk	3,69	2,96	193,84	86,06	14,66	107,74

VÝSLEDKY

V tab. 2 a 3 uvádzame základné štatistické charakteristiky vybraných mikrobiálnych charakteristík na jednotlivých lokalitách. Mikrobiálne charakteristiky sa vyznačovali vo všeobecnosti pomerne nízkymi hodnotami (na voľnej ploche sme na troch z piatich miest namerali takmer nulové hodnoty pôdnej respirácie a celulolytickej aktivity) a ich značnou variabilitou v rámci jednotlivých lokalít a horizontov. Najmenšou variabilitou sa vyznačovala aktivita katalázy, najväčšou respirácia pôdy (bazálna i potenciálna) a celulolytická aktivita.

Tab. 2 Základné štatistické charakteristiky vybraných pôdnych charakteristík podľa jednotlivých subhorizontov nadložného humusu (Ool, Oof, Ooh) na vybraných lokalitách r.2004
Tab. 2 Summary statistics of the assessed soil characteristics according to organic horizons (Ool, Oof, Ooh) on the study plots in 2004

horizont	Vm (hmotn. %)			Re (µg CO_2.g^{-1}.d^{-1})		
	$\bar{x}$	Sx	min–max	$\bar{x}$	Sx	min–max
SmP						
Ool	29,02	15,57	21,75–56,87	186,06	71,15	117,98–293,02
Oof	111,92	24,67	88,85–153,53	219,69	125,11	11,84–428,77
Ooh	106,40	12,72	93,47–127,41	84,38	56,41	25,11–159,95
SmN						
Ool	44,95	5,86	24,71–89,67	176,66	122,05	52,49–378,15
Oof	117,79	32,96	77,83–155,67	230,55	105,54	135–385,29
Ooh	57,71	26,96	23,29–84,34	43,00	41,34	9,54–11,93
Bk						
Ool	28,17	5,24	21,52–34,62	104,58	63,93	21,02–196,43
Oof	134,80	16,23	110,28–152,15	359,87	89,31	250,31–470,79
Ooh	61,91	9,19	50,08–72,29	37,32	4,52	31,41–42,55

Tab. 3 Základné štatistické charakteristiky vybraných pôdnych charakteristík v A-horizonte na vybraných lokalitách r. 2004

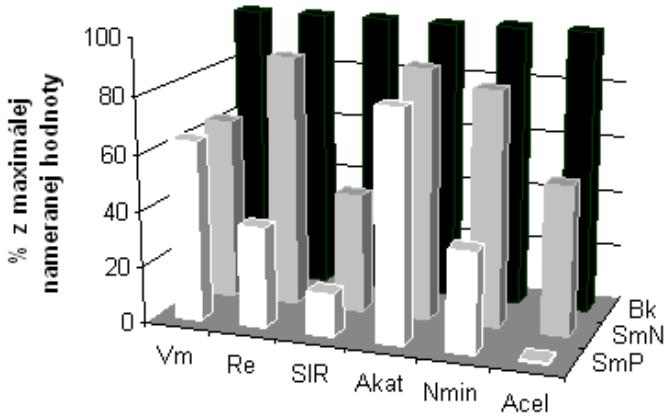
Tab. 3 Summary statistics of the assessed soil characteristics in the A-horizon on the study plots in 2004

plocha	**Vm (hmotn. %)**			**Re (µg CO_2.g^{-1}.d^{-1})**			**SIR (µg CO_2.g^{-1}.h^{-1})**		
	$\bar{x}$	**Sx**	**Min – max**	$\bar{x}$	**Sx**	**Min – max**	$\bar{x}$	**Sx**	**Min – max**
SmP	27,8	4,28	22,7–33,93	4,34	5,75	0–11,71	1,03	0,99	0,14–2,36
SmN	28,1	5,51	23,14–37,39	10,78	3,65	6,23–14,45	2,83	5,41	0,07–12,49

plocha	**Akat (ml O2.g-1.min-1)**			**Nmin (µgNH4-N.g-1.7d-1)**			**Acel (%).**		
	$\bar{x}$	**Sx**	**Min-max**	$\bar{x}$	**Sx**	**Min-max**	$\bar{x}$	**Sx**	**Min-max**
SmP	0,77	0,08	0,66-0,86	0,52	0,31	0,22-1,05	0,60	1,34	0,00-3,00
SmN	0,84	0,06	0,76-0,90	1,21	1,21	0,33-3,31	28,00	20,49	10,00-50,00
Bk	0,94	0,13	0,74-1,07	1,45	0,87	0,44-2,51	53,00	9,75	40,00-65,00

Priemery hodnôt vlhkosti pôdy a mikrobiálnych charakteristík sa na všetkých troch lokalitách odlišovali. Na obr. 1 sú znázornené priemerné hodnoty sledovaných charakteristík v A-horizonte, vyjadrené v percentách z maximálnej zistenej hodnoty v rámci všetkých troch lokalít. V tab. 4 uvádzame výsledky analýzy variancie sledovaných parametrov podľa vybraných lokalít, následne v tab. 5 Duncanove testy rozdielov výberových priemerov medzi plochami.

Zo zistených údajov vyplýva, že najnižšiou mikrobiálnou aktivitou sa vyznačovala pôda na voľnej ploche, o niečo vyššiu mala pôda v smrekovom poraste a najvyššiu jednoznačne pôda v poraste bukovom. Na lokalitách sa štatisticky významne okrem aktivity katalázy (na hladine významnosti $\alpha<0,05$) odlišovali najmä vlhkosť pôdy a celulolytická aktivita (na hladine významnosti $\alpha<0,001$). Vzorky pôdy z voľnej plochy i smrekového porastu mali takmer o 40 % nižšiu momentálnu vlhkosť ako vzorky pôdy z porastu bukového. Ešte výraznejšie rozdiely sme zaznamenali pri celulolytickej aktivite, kde na voľnej ploche bola Acel o 99,5 % (takmer nulová) a v smrekovom poraste takmer o 50 % nižšia ako v poraste bukovom. I keď pri aktivite katalázy sme nezaznamenali až také veľké rozdiely, predsa sme aj tu zistili významne vyššie hodnoty Akat v bukovom poraste ako na voľnej ploche. Pri ostatných sledovaných parametroch sme nezistili štatisticky významné rozdiely, nakoľko ich hodnoty boli v rámci samotných lokalít značne rozkolísané. Napriek tomu, aj pri týchto sa ukazuje podobný trend – najnižšie hodnoty na voľnej ploche nedosahujúce ani 30 % z hodnôt zistených pod bukovým porastom.



Obr. 1 Priemerné hodnoty sledovaných mikrobiálnych parametrov v A-horizonte na jednotlivých lokalitách, vyjadrené v percentách maximálnej zistenej hodnoty

Fig. 1 Averages of selected microbial characteristics in the A-horizon on the study plots, expressed as percentage of the maximum observed values on plots

Tab. 4 Analýza variancie pôdnych charakteristík podľa vybraných plôch

Tab. 4 Analysis of variance of the assessed soil characteristics among plots

Zdroj variancie	Stupne voľnosti	Suma štvorcov	Stredný rozptyl	F-test	P	Komponent variancie
Ool						
			Vm			
medzi plochami	2	860,00	429,90	1,37	0,2902	6,96
reziduál	12	3754,79	312,90			93,04
			Re			
medzi plochami	2	19869,41	9934,71	1,24	0,3241	4,57
reziduál	12	96185,74	8015,48			95,43
Oof						
			Vm			
medzi plochami	2	1411,84	705,92	1,08	0,3700	1,60
reziduál	12	7833,59	652,80			98,46
			Re			
medzi plochami	2	60814,67	30407,33	2,62	0,1134	24,51
reziduál	12	139078,42	11589,87			74,49

Tab. 4 Pokračovanie
Tab. 4 Continued

Zdroj variancie	Stupne voľnosti	Suma štvorcov	Stredný rozptyl	F-test	P	Komponent variancie
Ooh						
			Vm			
medzi plochami	2	7279,09	3639,55	11,22**	0,0018	67,15
reziduál	12	3892,72	324,39			32,85
			Re			
medzi plochami	2	6598,32	3299,16	2,01	0,1760	16,87
reziduál	12	19648,01	1637,33			83,13
A						
			Vm			
medzi plochami	2	795,90	397,95	10,83**	0,0020	66,30
reziduál	12	440,77	36,73			33,70
			Re			
medzi plochami	2	170,94	85,47	3,32	0,0712	31,69
reziduál	12	308,96	25,75			68,31
			SIR			
medzi plochami	2	83,79	41,89	2,45	0,1280	22,50
reziduál	12	205,06	17,09			77,50
			Akat			
medzi plochami	2	0,07	0,04	3,89*	0,0498	36,62
reziduál	2	0,11	0,01			63,38
			Nmin			
medzi plochami	2	0,03	0,02	1,23	0,3256	4,43
reziduál	12	0,15	0,01			95,57
			Acel			
medzi plochami	2	6869,20	3434,60	19,94***	0,0002	79,12
reziduál	12	2067,20	172,27			20,89

Tab. 5 Duncanove testy rozdielov výberových priemerov medzi plochami
Tab. 5 Duncan's test of the differences in the means among plots

	Vm	**Re**	**SIR**	**Akat**	**Nmin**	Acel
			Ool			
SmN	29,02a	186,06a				
SmP	44,95a	176,66a				
BkP	28,77a	104,58a				
			Oof			
SmN	111,92a	219,69a				
SmP	117,79a	230,55a				
BkP	134,80a					
			Ooh			
SmN	106,40a	84,38a				
SmP	57,71b	43,00a				
BkP	61,91b	37,32a				
			A			
SmN	27,80b	4,32	1,03a	0,766b	0,52a	0,60c
SmP	28,10b	10,78a, b	2,84a	0,836a,b	1,21a	28,00b
BkP	43,40a	12,054a	6,70a	0,936a	1,45a	53,00a

V tab. 6 uvádzame analýzu variancie sledovaných pôdnych charakteristík podľa horizontov pre vlhkosť pôdy a pôdnu respiráciu a v tab. 7 Duncanove testy rozdielov výberových priemerov podľa horizontov. Spravidla najvyššiu mikrobiálnu aktivitu pozorovať v nadložnom humuse, čo súvisí aj s prísunom čerstvého organického materiálu. Aj v našom prípade sa potvrdilo, že nadložný humus sa vyznačoval čulejšou aktivitou mikroorganizmov ako A-horizont. Na jar r. 2004 sme ale pri pôdnej respirácii zaznamenali na všetkých troch lokalitách situáciu, kedy v najvrchnejšom horizonte (vrstva opadu) bol výdaj CO_2 mikroorganizmami menší ako v nižšie ležiacom horizonte (vrstva drviny). Pôdna respirácia je v značnej miere ovplyvňovaná vlhkosťou pôdy, čo sa prejavilo aj v tomto prípade, kedy vrstva opadu (Ool) bola podstatne suchšia ako vrstva drviny (Oof). Rozdiely vo vlhkosti pôdy a taktiež pôdnej respirácie medzi horizontmi na všetkých lokalitách boli vysoko významné.

Tab. 6 Analýza variancie pôdnych charakteristík podľa horizontov
Tab. 6 Analysis of variance of the assessed soil characteristics among horizons

Zdroj variancie	Stupne voľnosti	Suma štvorcov	Stredný rozptyl	F-test	P	Komponent variancie
SmP						
Vm						
medzi horizontmi	3	32682,78	10894,26	42,26***	0,0001	89,19
reziduál	16	4125,03	257,81			10,81
Re						
medzi horizontmi	3	144476,30	48158,77	8,05***	0,0017	58,50
reziduál	16	95726,65	5982,92			41,50
SmN						
Vm						
medzi horizontmi	3	22850,73	7616,91	12,13***	0,0002	69,00
reziduál	16	10048,84	652,80			31,00
Re						
medzi horizontmi	3	165991,48	55330,49	7,97***	0,0018	58,24
reziduál	16	111034,57	6939,60			41,76
Bk						
Vm						
medzi horizontmi	3	33204,76	11068,25	101,31**	0,0001	95,25
reziduál	16	1748,01	109,25			4,75
Re						
medzi horizontmi	3	379882,88	126627,63	41,81**	0,1760	89,09
reziduál	16	48459,91	3028,74			10,91

Tab. 7 Duncanove testy rozdielov výberových priemerov medzi horizontmi
Tab. 7 Duncan's test of the differences in the means among horizons

	Vm	Re
SmP		
Ool	29,02 b	186,06 a, b
Oof	111,92 a	219,69 a
Ooh	106,40 a	84,38 b, c
A	27,80 b	4,34 c
SmN		
Ool	44,95 b	176,66 a
Oof	117,79 a	230,55 a
Ooh	57,71 b	43,00 b
A	28,10 b	10,78 b
Bk		
Ool	28,768 d	104,58 b
Oof	134,80 a	359,87 a
Ooh	61,91 b	37,32 b, c
A	43,40 c	12,05 c

DISKUSIA

Jednou z možných príčin odumierania smrekových porastov je znečistenie ovzdušia, jeho nepriame pôsobenie na lesné ekosystémy prostredníctvom pôd. Je však veľmi ťažké identifikovať oblasti a lesné komplexy, ktoré by neboli zasiahnuté účinkami znečistenia, pretože znečisťovanie ovzdušia nadobudlo globálny charakter. Okrem toho štruktúra škodlivín je pestrejšia, čo neobyčajne sťažuje objasňovanie kauzality poškodzovania porastov a dezintegrácie lesných ekosystémov (Stolina 1985). Druhou možnou príčinou môže byť nevhodné drevinové zloženie, druhotne zmenené v prospech smreka. Tieto skutočnosti sú umocnené tým, že smrek sa pestuje v monokultúrach alebo v zmiešaných porastoch s minimálnym zastúpením iných drevín. Všetky tieto faktory vedú k postupnému rozpadu ekosystémov, ktoré sa najvýraznejšie prejavuje vo vyšších vekových triedach (Jakuš et al. 2003).

Už niekoľko rokov prebieha pedologický výskum u nás aj v zahraničí s cieľom zistiť prípadné súvislosti medzi odumieraním smrekových porastov a vlastnosťami pôdy. Väčšinou sa zisťujú fyzikálno-chemické charakteristiky pôdy (Nellemann et al. 1998, Hruška et al. 2001), podstatne menej prác je venovaných štúdiu mikrobiálnych pomerov pôd takýchto plôch (Uhrínová et al. 2002). Pritom so zmenami v lesných ekosystémoch

sa dá očakávať i zmena pôdnej mikroflóry, ktorej početnosť, biomasa a aktivita sú citlivým indikátorom zmien pôdneho prostredia (Lettl 1985). Napríklad Lettl et Hýsek (1994) zisťovali mikrobiálne pomery pôd pod odumretým a pod zdravým smrekovým porastom v Severných Čechách. Zistili, že pod odumretým porastom sa znížil počet heterotrofných baktérií a naopak vzrástol počet mikromycétov dôsledkom vplyvu kyslých zrážok. Celkove však biochemická aktivita pôdnych mikroorganizmov sa pod odumretým porastom znížila.

Cieľom našej práce bolo zistiť a porovnať mikrobiálne parametre pôdy z troch lokalít v oblasti, kde dochádza k výraznému odumieraniu smrekových porastov. Plochy sme vybrali tak, aby pôdy boli vytvorené z rovnakého materského substrátu, išlo o rovnaký pôdny typ a aby plochy boli v rovnakej nadmorskej výške, s rovnakou expozíciou. Predpokladali sme, že potom rozdiely vo fyzikálnych a fyzikálno-chemických vlastnostiach nebudú veľké a vzhľadom na rovnaké klimatické podmienky, pôdne ani klimatické faktory nebudú určujúcim faktorom v rozdieloch mikrobiálnej aktivity medzi jednotlivými plochami.

Najnižšiu mikrobiálnu aktivitu pôd sme zaznamenali na ploche s odumretým smrekovým porastom, vyššia mikrobiálna aktivita bola v smrekovom poraste bez viditeľnejších známok poškodenia a najvyššia v pôde pod bukovým porastom.

Jedným zo zisťovaných parametrov bola respiračná aktivita pôdy, ktorá patrí medzi najčastejšie zisťované pôdne mikrobiálne charakteristiky, pretože sa považuje za ukazovateľa celkovej aktivity mikrobiálneho spoločenstva v súvislosti s rozkladom organickej hmoty. Vplyv stresových faktorov a toxických látok sa často odráža práve v poklese dekompozičnej aktivity mikroorganizmov. Vyššie hodnoty sú pozitívne z hľadiska cyklu organického materiálu, i keď v niektorých prípadoch môžu indikovať aj negatívne procesy v mikrobiálnom spoločenstve ako indikátor zvýšených energetických požiadaviek mikroorganizmov v pôde. Preto je vhodné popri bazálnej respiračnej aktivite stanoviť aj potenciálnu respiráciu (SIR), pod ktorou rozumieme okamžitú respiračnú odpoveď mikroorganizmov na pridaný organický substrát (napr. glukózu). Jej vyššie hodnoty sú opäť pozitívnym javom v pôde, pretože indikujú vyšší podiel aktuálne metabolicky aktívnych mikroorganizmov. Na našich plochách sme najvyššie hodnoty bazálnej aj potenciálnej respirácie zaznamenali v bukovom poraste, najnižšie v odumretom smrekovom poraste. Tu nedosahovali ani 30 % z hodnôt pôdnej respirácie pod bukovým porastom. To, že rozdiely nie sú štatisticky významné vyplýva pravdepodobne aj z toho, že pôdna respirácia je jedným z tých parametrov pôdy, ktoré sa vyznačujú značnou priestorovou a časovou variabilitou (Vanhala 2002, Gömöryová 2004).

Pri hodnotení stavu mikrobiálnych pomerov sa často využíva posúdenie aktivity pôdnych enzýmov (Kinzel 1991, Renella et al. 2005). Práce poukazujú na zníženie aktivity enzýmov v prostredí s vyšším obsahom polutantov. V našom prípade opäť najnižšiu aktivitu enzýmov sme zaznamenali pod odumretým smrekovým porastom, najvyššiu pod

porastom bukovým. Treba však poznamenať, že vzhľadom na to, že všetky tri lokality sa nachádzajú blízko pri sebe, ťažko v tomto prípade uvažovať s rozdielnym prísunom škodlivín na jednotlivých lokalitách. Za zlým zdravotným stavom porastov a nízkou mikrobiálnou aktivitou pôd musíme hľadať pravdepodobne iné vysvetlenie. Jednu z možných príčin by mohla byť tzv. únava pôdy. V lesníckej literatúre sa s týmto pojmom nestrátavame často, termín je známy skôr z oblasti poľnohospodárstva v súvislosti s opakovaným pestovaním plodín na tej istej ploche. Predpokladá sa, že únava pôdy má biologickú povahu. Na jednej strane môže ísť o nahromadenie toxických látok mikrobiálneho pôvodu, na druhej strane o patogénne pôsobenie mikroorganizmov. Dlhodobé pestovanie smrekových monokultúr na nepôvodných stanovištiach by sa teoreticky mohlo odraziť aj tu v únave pôdy, o čom by svedčila aj veľmi nízka mikrobiálna aktivita pôd pod odumretým smrekovým porastom. Na základe nami zistených údajov však nie je možné konštatovať, či rozdiely v mikrobiálnej aktivite pôd sú skutočne dôsledkom tzv. únavy pôd alebo iných faktorov.

ZÁVER

Napriek tomu, že existujú len malé rozdiely v chemických a fyzikálno-chemických vlastnostiach pôd na sledovaných lokalitách, ukázali sa rozdiely v mikrobiálnej aktivite medzi jednotlivými plochami. Najnižšia bola mikrobiálna aktivita na voľnej ploche, t. j. na ploche, kde už došlo k rozpadu značne poškodeného smrekového porastu, o niečo vyššia bola v smrekovom poraste bez viditeľných známok poškodenia, najvyššia v poraste bukovom. Doterajšie analýzy však neumožňujú odpoveď na to, či uvedené rozdiely sú skutočne dôsledkom nejakých inhibičných faktorov napr. nahromadenia toxínov rastlinného alebo mikrobiálneho pôvodu a s tým súvisiaca tzv. biologická únava pôdy. V ďalšom výskume by bolo potrebné zistiť aj druhové, resp. funkčné zloženie pôdnych mikroorganizmov, ich diverzitu, zistiť, či výrazne nedominuje jedna skupina mikroorganizmov a nepotláča funkciu iných skupín, a pod. Pokiaľ totiž pôdny ekosystém neplní dostatočne svoje funkcie, má to za následok aj zmenu rovnováhy vyšších trofických úrovní.

Poďakovanie

Táto práca bola vypracovaná v rámci riešenia grantových úloh APVT 51-019302 a VEGA 1/2357/05 a 1/2383/05.

Literatúra

Alef, K., 1991: Methodenhandbuch Bodenmikrobiologie. Aktivitäten, Biomasse, Differenzierung. Ecomed, Landsberg, 284 pp.

Arias, M. E., González-Perez, A., González-Vila, F. J., Ball, A. S., 2005: Soil health – a new challenge for microbiologists and chemists. International Microbiology, 8:13–21.

Avidano, L., Gamalero, E., Cossa, G.P., Carraro, E., 2005: Characterization of soil health in an Italian polluted site by using microorganisms as bioindicators. Applied Soil Ecology, 30:21–33.

Gömöryová, E., 2004: Small-scale variation of microbial activities in a forest soil under a beech (*Fagus sylvatica* L.) stand. Polish Journal of Ecology, 52(3):311–321.

Chazijev, F. CH., 1976: Fermentativnaja aktivnosť počv. Metodičeskoe posobje, Moskva, 262 pp.

Jakuš, R., Schlyter, F., Zhang, Q. H., Blaženec, M., Vaverčák, R., Grodzki, W., Brutovský, D., Lajzová, E., Turčáni, M., Bengsson, M., Blum, Z., Gregoiré, J. C., 2003: Overview of development of an anti-attractant based technology for spruce protection against Ips typographus: From past failures to future success. Anz. Schädlingskunde / J. Pest Science 76:89–99.

Hruška, J., Cudlin, P., Kram, P., 2001: Relationships between Norway spruce status and soil water base cations/aluminium ratios in the Czech Republic. Water, Air and Soil Pollution, 130(1-4):983–988.

Kinzel, H., 1991: Bodenbiologische Parameter als Hilfsmittel der Bioindikation. VDI Berichte, 901:1003–1016

Kmeť, J., Ditmarová, Ľ., 2003: Ekofyziologický výskum bukových porastov v regióne Zvolen – Žiar nad Hronom. TU Zvolen, Vedecké štúdie 2/2003/A, 47 pp.

Kunca, V., 2003: Kritické záťaže vo vybraných lesných ekosystémoch biosférickej rezervácie Poľana. Vedecké štúdie, 4/2003/A. TU Zvolen, 72 pp.

Lettl A., 1985: SO_2 pollution: 1. Influence of acidification on bacterial. communities of forest soils. Ekologia (CSSR), 4(1):19–31.

Lettl, A., Hýsek, J., 1994: Soil microflora in an area where spruce (*Picea abies*) was killed by SO_2 emissions and was succeeded by birch (*Betula pendula*) and mountain ash (*Sorbus aucuparia*). Ecological Engineering, 3(1):27–37.

Minďáš, J., Škvarenina, J., (eds.), 2003: Lesy Slovenska a globálne klimatické zmeny. EFRA Zvolen, Lesnícky výskumný ústav Zvolen. ISBN 80-228-1209-9, 128 pp.

Nellemann, C., Esser, J. M., 1998: Crown condition and soil acidification in Norwegian spruce forests. AMBIO, 27(2):143–147.

Renella, G., Mench, M., Landi, L., Nannipieri, P., 2004: Microbial activity and hydrolase synthesis in long-term Cd-contaminated soils. Soil Biology and Biochemistry, 37:133–139.

Sitková, Z., Kunca, V., Škvarenina, J., 2003: Vyhodnotenie mokrej depozície a kritickej záťaže v horských smrečinách Vysokých Tatier. Acta Facultatis Forestalis, Zvolen, XLV: 53-67.

Schloter, M., Dilly, O., Munch, J. C., 2003: Indicators for evaluating soil quality. Agriculture, Ecosystems and Environment, 98:255–262.

Stolina, M., 1985: Ochrana lesa. Príroda, Bratislava, 472 pp.

Uhrínová, M., Kromka, M., Viechová, Z., 2002: Enzymatic activity and total biomass in the rhizosphere Norway Spruce (Cadastral Area of Nálepkovo in Slovenské rudohorie Mts.). Phytopedon (Bratislava), 1:4–44.

Adresa autora:
Ing. Erika Gömöryová, CSc.
Doc. Ing.Katarína Střelcová, PhD.
Katedra prírodného prostredia
Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen

e-mail: egomory@vsld.tuzvo.sk
strelcov@vsld.tuzvo.sk

Microbial charakteristics of soil on selected localities in Spiš region

Summary

To evaluate the soil microbial parameters in localites with dying spruce stands, we established three plots (in a dead spruce stand, a spruce stand without damage symptoms and a beech stand) in the region Spiš – Hliníky. Soil samples were taken from organic layers (Ool, Oof, Ooh) and the A-horizon (0–10 cm). Five microbial parameters were measured in soil samples – basal and substrate induced respiration, N-mineralization, catalase and cellulase activity. In the samples from organic layers, only basal soil respiration was estimated. Significant differences in soil microbial activity (catalase activity, cellulase activity) between localites were found. The highest activity was observed in the soil under the beech stand, the lowest activity in the soil under the dead spruce stand. Possible causes of low microbial activity under the dead spruce stand are discussed.

ACTA FACULTATIS FORESTALIS XLVIII
ZVOLEN – SLOVAKIA 2006

DYNAMIKA VLHKOSTI NEKROMASY V PR POD DUDÁŠOM

Mária S L Í Ž I K O V Á – Viliam P I C H L E R – Juraj G R E G O R – Veronika J AL O V I A R O V Á – Jozef C A P U L I A K – Marián H O M O L Á K

Slížiková, M., Pichler, V., Gregor, J., Jaloviarová, V., Capuliak, J., Homolák, M.: Dynamika vlhkosti nekromasy v PR Pod Dudášom. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLVIII**, 2006, s. 73–84.

Práca skúma dynamiku vlhkosti mŕtveho dreva a jeho retenčnú schopnosť v prirodzenom jedľovobukovom lese. Odumieranie stromov vplyvom biotických a abiotických činiteľov, alebo ich kombinácie, je prirodzený proces. Cieľom práce bolo stanoviť vlhkosť mŕtveho dreva ako pórovitého materiálu v závislosti od rôznych stupňov rozkladu. Vychádzalo sa z merania vlhkosti v objemových percentách. Experiment prebiehal na viacerých miestach, výsledky uvádzame z prírodnej rezervácie Pod Dudášom v CHKO Poľana. V poraste sa vytvorili tri experimentálne plochy, na ktorých sa zistil objem mŕtveho dreva a vykonalo vlastné meranie vlhkosti mŕtveho dreva metódou TDR, založenou na princípe prenosu elektromagnetických vĺn. Z nameraných hodnôt vlhkostí sa hodnotila dynamika vlhkosti v závislosti od stupňov rozkladu, hĺbky merania v priereze kmeňa a vplyv zrážok pre jednotlivé dni merania.

Kľúčové slová: mŕtve drevo, PR Pod Dudášom, dynamika vlhkosti, rozklad dreva

1. ÚVOD

Problematika mŕtveho dreva je v posledných desaťročiach veľmi diskutovanou otázkou z rôzneho uhla pohľadu. V minulosti sa zaznával význam mŕtveho dreva, dnes vzrastá uznanie jeho úlohy v ekosystéme, objavuje sa množstvo zaujímavých výsledkov výskumov a pozorovaní. Prítomnosť mŕtveho dreva pozitívne ovplyvňuje chemickú (fulvokyseliny, humínové látky a pod.), fyzikálnu (štruktúra, retencia a pod.) a biologickú (mykoríza, machorasty a pod.) kvalitu pôdneho prostredia. Odumretý strom je neustále meniacim sa dynamickým prostredím, čo umožňuje na relatívne malom území spolužitie mnohých organizmov s rozdielnymi nárokmi na spôsob života (Gutowski et al. 2004). Rozkladajúce sa drevo plní v ekosystéme nenahraditeľnú úlohu mikroprostredia (pásmo tieňa, pásmo styku s pôdou, zvýšená vlhkosť, zmenená teplota, voľný priestor pre rast ďalšieho jedinca) a pre prírodné lesy vytvára typický mikroreliéf terénu. Ležiaci kmeň stromu postupom času zväčšuje svoju schopnosť zadržiavať vodu a stáva sa rezervoárom vody pre les.

2. PROBLEMATIKA

Prales ako prirodzený lesný ekosystém je charakterizovaný dynamickou rovnováhou, ktorá poukazuje na určitú proporcionalitu medzi jeho žijúcimi a mŕtvymi súčasťami. Tu zohráva nekromasa dreva v rôznych štádiách rozkladu, ako aj na tomto procese sa podieľajúce organizmy, rozhodujúcu rolu. Nekromasa sa vníma ako prechodná forma celkového organického obehu látok v geochemických a energetických cykloch, ktorá zabezpečuje vývoj pralesa a jeho trvalosť. Tak zohráva mŕtve drevo vo vývojových cykloch prírodného lesa významnú úlohu pre jeho rovnováhu a stabilitu (Saniga 1999).

Odumieranie stromov je súčasťou životného cyklu lesov. K príčinám odumierania možno zaradiť nevyhovujúce životné prostredie a nedostatok priestoru vo vzťahu k spodnej vrstve lesa (proces prirodzeného zrieďovania), fyziologickú starobu, t. j. dosiahnutie veku prirodzeného dožívania, extrémny účinok abiotických faktorov, najmä vetra a snehu, extrémny účinok biotických faktorov, najmä podkôrneho hmyzu.

Mŕtve drevo, nazývané v literatúre aj tlejúce drevo, má viacero foriem. Dudley et al. (2004) rozlišuje:

a) žijúce staré stromy – veľmi staré stromy s veľkými korunami, dutiny vo veľmi starých stromoch, mŕtve drevo na živých stromoch,
b) stojace mŕtve stromy – veľmi staré stromy s veľkými konármi, stojace kmene, pahýle, rôzneho veku postupne strácajúce kôru a konáre, pne s dierami, mladé odumreté stromy,
c) ležiace drevo – spadnuté kmene s kôrou a konármi, prevažne neporušené, drevo sa začína zmäkčovať zvnútra, stále sa nachádza nad zemou, ale postupne sa prepadáva, spadnuté kmene bez kôry a konárov, zmäkčujúce sa a postupne prenikajúce do pôdy, spadnuté kmene dobre rozložené, bez kôry alebo konárov, celé na zemi, spadnuté kmene takmer kompletne rozložené, drevo spráchnivené, ale stále v celku, vývraty s koreňovým systémom,
d) zvyšky dreva v pôde a vo vode – veľké drevné úlomky, menšie kusy drevných úlomkov, vrátane konárov, vetvičiek a kôry, kusy drevných úlomkov v riekach a potokoch.

Gutowski et al (2004) a Jankovský (2001) pri rozklade dreva uvádzajú tri fázy:

– kolonizácia – primárny rozklad dreva (osídľovanie biologicky nenarušeného substrátu špecializovanými organizmami, hlavne saprofytickými a parazitickými hubami),
– sekundárna kolonizácia – dekompozícia (vlastné procesy rozpadu a rozkladu rastlinných pletív za spoluúčasti mnohých organizmov viazaných na mŕtve drevo, povrch je kolonizovaný autotrofnými lišajníkmi, machorastami a hubami),
– humifikácia – postupujúci rozklad štruktúry dreva až po úplnú mineralizáciu dreva pri vzrastajúcom podiele pôdnych organizmov.

Rozklad dreva ako aerobný proces prebieha v relatívne širokom rozpätí vonkajších podmienok, ovplyvňovaný mnohými faktormi. Medzi hlavné faktory sa radia koncentrácia vzdušných plynov, vlhkosť dreva, pH prostredie, teplota a pod. Pri vlhkosti nižšej ako 20 % a vyššej ako 140 % (hmotnostných) sa rozklad dreva zastavuje.

Hnacou silou prúdenia vody, tzn. prenosu vody v dreve ako pórovitom materiáli, je všeobecne spád potenciálu. Väzba vody na makromolekulárne štruktúry a rozpustné látky spôsobuje zníženie jej dostupnosti pre chemické látky a pre rozpúšťanie iných látok. Termodynamický stav vody možno porovnať so stavom čistej vody a rozdiel možno vyjadriť v jednotkách potenciálnej energie. Vodný potenciál Ψ, ako ho definoval Kmeť (1998), sa rovná rozdielu voľnej energie na jednotku objemu materiálu viazanej (alebo tlak vyrovnávajúcej alebo osmoticky pútanej) vody a na jednotku objemu čistej vody. Medzi miestami s rôznym vodným potenciálom existuje rozdiel potenciálov. Tento jav je analogicky stavu elektrickému systému, v ktorom rôzne body majú rôzne napätia. Tak ako prúd preteká z bodu s vyšším napätím do bodu s nižším napätím, majú i živé bunky snahu znižovať rozdiel vodných potenciálov. Táto snaha sa prejavuje premiestňovaním vody alebo iných látok. Premiestňovanie vody prebieha vždy v smere, ktorý vedie k zvýšeniu vodného potenciálu (Kmeť 1998).

Celkový potenciál pórovej vody Φ pri zanedbaní zložky geometrického usporiadania a pri rozpise tlakovej zložky definoval Kutílek (1984):

$$\Phi = \Psi g + \Psi w + \Psi o + \Psi a + \Psi e \qquad (1)$$

Jednotlivé zložky možno definovať takto:

Φ – celkový potenciál,
Ψ_g – gravitačný potenciál,
Ψ_o – osmotický potenciál,
Ψ_w – vlhkostný (vodný) potenciál,
Ψ_a – pneumatický potenciál,
Ψ_e – záťažový potenciál.

3. MATERIÁL A METODIKA

Prírodná rezervácia Pod Dudášom (miestny názov Lichnerov pás) sa nachádza v katastrálnom území Očová, parc. č. 3679 (4,48 ha) a Hriňová, parc. č. 15584 (1,76 ha) a patrí LZ Kriváň, LHC Kyslinky, dielec 290, celková výmera 6,24 ha. Rezervácia je v nadmorskej výške 1000–1200 m, prevláda severná expozícia, sklon svahu je 25–30 %. Priemerná ročná teplota je 3,7 °C a priemerné ročné zrážky sú 1010 mm. Geologickým podkladom je andezit, pôdnym typom kambizem, stredne hlboká, skeletnatá, čerstvo vlhká. Prevládajúcim lesným typom je papradinová jedľová bučina AF v. st. Južnú časť PR o rozlohe 5 % tvorí deväťsilová podmáčaná buková javorina FAc v. st. V drevinovej vrstve sa uplatňuje smrek, jedľa, javor horský a jaseň a našla sa aj stará osika, pričom merané bolo mŕtve drevo smrekov a jedlí. Vekové rozpätie je 140–200 rokov, s výskytom ešte starších jedincov. Porast je preriedly, zakmenenie 0,7. V spodnej vrstve sa nachádza obnova buka. Zmiešanie drevín je skupinové, zakmenenie nerovnomerné, miestami až medzernaté.

Na ploche rezervácie sa vytýčili 3 štvorcové experimentálne plochy 50 x 50 m. Jednotlivé plochy boli orientované po spádnici, aby sa zachytila variabilita rozloženia mŕtveho

dreva. Na každej ploche sa zisťovala hrúbka a dĺžka mŕtveho dreva a stanovila sa jeho poloha. Pri každom kuse sa stanovil stupeň rozkladu, a pokiaľ to bolo možné, aj druh dreviny (smrek alebo jedľa). Všetky kmene boli chránené od priameho slnečného žiarenia tieňom stojaceho porastu. Týmto bolo zabezpečené, že sa kmene neprehrievali.

Na meranie vlhkosti dreva sa použila metóda TDR (Time Domain Reflectometry). Princíp tejto metódy spočíva v meraní dielektrickej konštanty pôdy prostredníctvom času, za aký prejde elektromagnetická vlna sondou inštalovanou v mŕtvom dreve. Tento čas primárne závisí od dielektrickej konštanty pôdy, ktorá rastie s pôdnou vlhkosťou (Dalton, van Genuchten 1986, Plagge 1991). Meranie sa vykonávalo v pravidelných intervaloch

Možnosť merania vlhkosti mŕtveho dreva vo svojich prácach uviedli Saniga (2001) a Gregor (2000). Objem stojacich alebo zlomených kmeňov bol určený tak ako pri žijúcich stromoch, za pomoci objemových tabuliek na základe výšky a hrúbky $d_{1,3}$. Ak zvyšná časť stromu bola ležiaca, pripočítala sa k výške stromu ležiaca časť a objem sa zistil za pomoci rastových tabuliek. Na zistenie objemu ležiacich mŕtvych stromov alebo ich častí bol potrebné zmerať dĺžku *l* a priemer v strede kmeňa $d_{1/2}$ a objem vypočítať Huberovým vzorcom (Šmelko 2000)

$$V = \pi / 4 * (d_{1/2})^2 * l \qquad (2)$$

Evidovalo sa drevo hrubiny, t. j. drevo s hrúbkou $d_{1,3}$ viac ako 8 cm. Objem nekromasy sa hodnotil podľa nasledujúcich stupňov rozkladu:

1. stupeň rozkladu - stromy čerstvo padnuté, alebo stojace odumreté stromy, ktoré majú pomerne zdravé drevo s kôrou, pričom sa dá určiť druh dreviny,
2. stupeň rozkladu – hnijúce, ale ešte kompaktné kmene, kôra opadáva, ale druh dreviny sa dá určiť,
3. stupeň rozkladu – pokročilý stupeň rozkladu, druh dreviny nie je možné určiť.

4. VÝSLEDKY A DISKUSIA

4.1 Množstvo mŕtveho dreva

Množstvo mŕtveho dreva na skusných plochách bolo 138,68 m^3. Objem sa zistil spolu na ploche 7500 m^2, čo je 12 % z celkovej plochy rezervácie. Prepočítaním objemu na hektár sa zistila hodnota 184,9 $m^3.ha^{-1}$, na celej ploche (6,24 ha) rezervácie sa nachádza 1153,78 m^3 mŕtveho dreva. Pri porovnaní týchto výsledkov a hodnôt zistených Sanigom (2001), vyplýva, že hodnota 184,9 $m^3.ha^{-1}$, zodpovedá objemu mŕtveho dreva v prechode medzi štádiom optima a rozpadu v Dobročskom pralese. Rezervácia Pod Dudášom sa nachádza v štádiu rozpadu, nameraná hodnota by mala vykazovať vyššie hodnoty objemu mŕtveho dreva. Táto skutočnosť sa dá vysvetliť ťažbou vo výške 343,6 m^3.

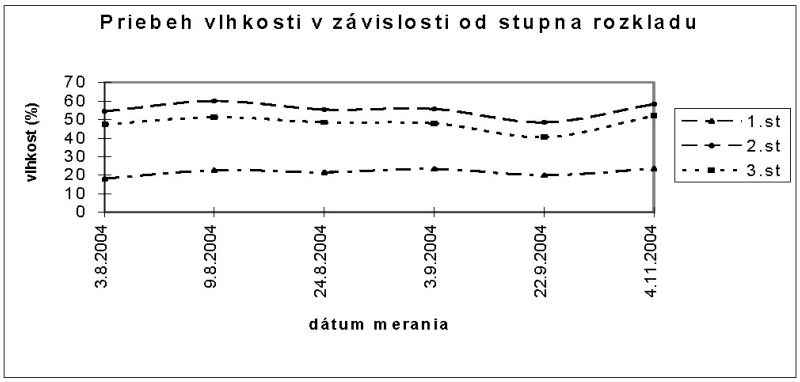
4.2 Vlhkosť mŕtveho dreva

Zo všetkých nameraných hodnôt sa pre každý deň merania a každý stupeň rozkladu vypočítal aritmetický priemer vlhkostí (tab. 1).

Tab. 1 Priemerné hodnoty vlhkostí pre každý stupeň rozkladu
Tab. 1 Average volumetric water contents for each stage of decay

Dátum Date	vlhkosť v 1. st (%)*	vlhkosť v 2. st (%)**	vlhkosť v 3. st (%)***
03. 08. 2004	18,05	54,41	47,23
09. 08. 2004	22,58	60,03	51,3
24. 08. 2004	21,5	55,37	48,5
03. 09. 2004	23,36	55,73	47,87
22. 09. 2004	19,89	48,43	40,46
04. 11. 2004	23,47	58,25	52,02

*moisture in the 1st stage, **moisture in the 2nd stage, ***moisture in the 3rd stage



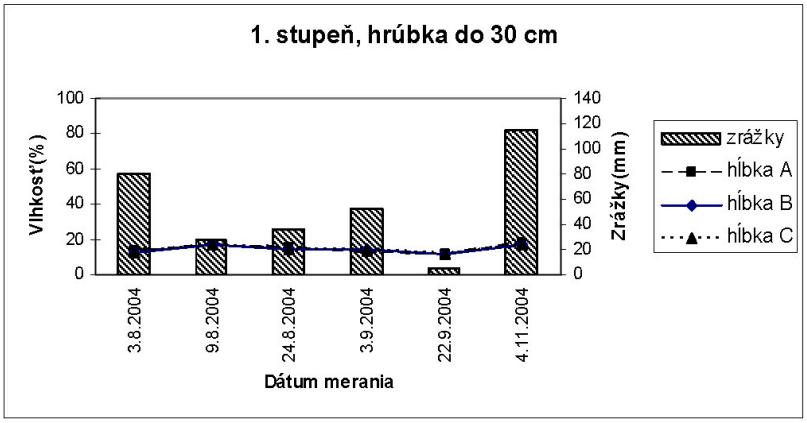
Obr. 1 Priebeh vlhkostí pre jednotlivé stupne rozkladu
Fig. 1 Volume water contents for individual stages of decay

Najnižšie hodnoty objemovej vlhkosti boli dosiahnuté v prvom stupni rozkladu. Možno predpokladať, že to je spôsobené najväčšou kompatibilitou dreva, kmene v tomto stupni sú čerstvo odumreté, majú kôru, ktorá tiež určitým spôsobom bráni prenikaniu vody. Pri prechode medzi prvým a druhým stupňom rozkladu sa zvyšuje podiel kapilárnych pórov. Priemerné hodnoty v druhom a treťom stupni rozkladu majú veľmi podobný priebeh, ale čo je zaujímavé, hodnoty v druhom stupni prevyšujú priemerné hodnoty tretieho stupňa rozkladu približne o 6 až 9 objemových %. Tento jav by sa dal vysvetliť tým, že v druhom stupni sa štruktúra kapilárnych pórov v dreve udržiava v stave, kedy dokážu viesť vodu.

V treťom stupni je už štruktúra vodivých pletív pravdepodobne úplne deštruovaná, a tým sa znižuje schopnosť vedenia vody. Pri prechode medzi druhým a tretím stupňom sa podiel kapilárnych pórov znižuje a zvyšuje sa podiel gravitačných pórov (vplyvom gravitácie sa v nich voda neudržuje, ale steká do hlbších vrstiev). Variačné rozpätie medzi najnižšou (18,05 %) a najvyššou (60,03 %) priemernou hodnotou v sledovanom období je až 41,98 %, čo zodpovedá podielu 7,8 mm na vodnej bilancii ekosystému. V rámci prvého stupňa rozkladu je variačné rozpätie 5,42 %, v druhom stupni 11,6 % a v treťom stupni 11,56 %. Najnižšie variačné rozpätie zodpovedá len 1 mm, z čoho vidíme, že prvý stupeň rozkladu sa podieľa najnižšou mierou na vodnej bilancii.

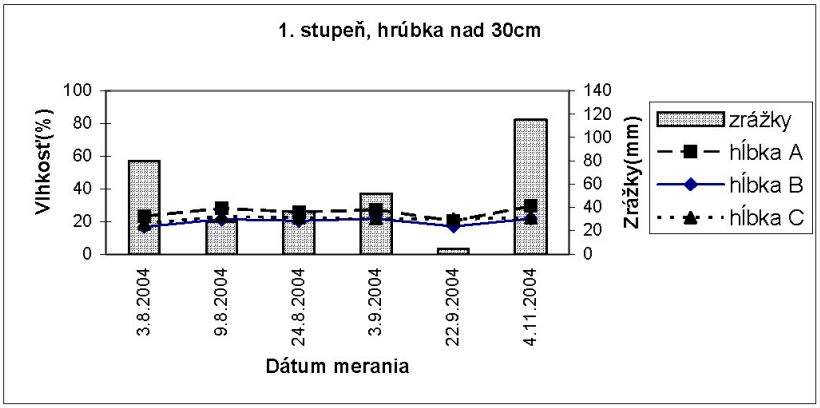
Pri hodnotení vlhkosti mŕtveho dreva v závislosti od hĺbky smerom od povrchu kmeňa stromu do stredu sa využili hodnoty namerané v pozdĺžnom reze. Vyhodnocovali sa tri hĺbky merania smerom od povrchu kmeňa ku stredu. Najbližšie k povrchu sa označila hĺbka A, smerom do stredu ďalej je hĺbka B a najbližšia k stredu je označená hĺbka C. Zvolili sa dve kategórie pre každý stupeň rozkladu, a to kmene s hrúbkou do 30 cm a kmene nad 30 cm (Obr. 2 – obr. 7) .

Pri kmeňoch prvého stupňa s hrúbkou do 30 cm možno vidieť, ako vlhkosti pre každý strom zvlášť majú vo všetkých hĺbkach veľmi podobný priebeh. Možno to vysvetliť tým, že kmene prvého stupňa nezmenili, alebo len veľmi málo, svoju štruktúru, prenikaniu vody bráni kôra a takisto sa podieľa na ich dynamike aj malá hrúbka. Najvýraznejší prejav zmien v dynamike vlhkosti ukazuje druhý stupeň rozkladu, v ktorom sa postupne začína meniť štruktúra a veľmi významne sa na procese pohybu vody podieľajú kapilárne póry s hrúbkami do 30 cm. Väčšie zmeny kolísania badať hlavne v hĺbke C, v ostatných hĺbkach majú krivky podobný priebeh, možno usudzovať, že pri nižších hrúbkach je v menšom priestore homogenita väčšia a dochádza k prekrývaniu polí pôsobnosti vody medzi jednotlivými sférami hĺbok. V treťom stupni možno konštatovať veľké variačné rozpätie, rozrušenosť materiálu a zvyšujúci sa podiel gravitačných pórov umožňuje rýchly presun vody do hlbších vrstiev kmeňa. Kmene v kategórii hrúbok do 30 cm v treťom stupni rozkladu dosahujú v hĺbke C najnižšie hodnoty vlhkosti, hĺbky A a B výrazne reagujú na zmeny vonkajších podmienok, najmä prísunu vody zo zrážok. Tieto kmene boli poväčšine už takmer rozložené, preto sa dá usudzovať, že voda z najnižších sfér, infiltruje do pôdy, čo by vysvetlilo aj najnižšie hodnoty v hĺbke C. Pri kmeňoch s hrúbkami nad 30 cm naopak dosahovali najvyššie hodnoty vlhkosti v hĺbke C, čo by sa dalo vysvetliť väčšou hrúbkou kmeňov s pomalšie postupujúcim rozkladom kmeňa. V prvom stupni rozkladu v kategórii hrúbok do 30 cm variačné rozpätie kolíše od minimálnej hodnoty (9,93 %) vlhkosti po maximálnu hodnotu (18,07 %) 8,14 %. V kategórii hrúbok nad 30 cm toho istého stupňa rozkladu je kolísanie o niečo vyššie, a to 12,6 %. V druhom stupni rozkladu s hrúbkami kmeňov do 30 cm je variačné rozpätie 13,95 %, s hrúbkami nad 30 cm 28,43 %, čo je zároveň aj najväčšie rozpätie. V treťom stupni v kategórii s nižšími hrúbkami vykazuje variačné rozpätie 22,87 %, s väčšími hrúbkami kmeňov je toto rozpätie 25,06 %.



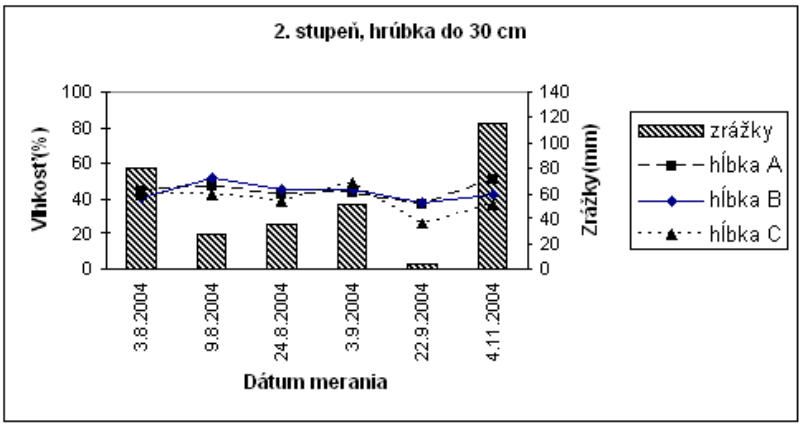
Obr. 2 Priemerné hodnoty vlhkosti pre rôzne hrúbky v 1. stupni rozkladu s hrúbkami kmeňov do 30 cm

Fig. 2 Average vol. water contents at various depths and 1st decay stage in logs bellow 30 cm in diameter



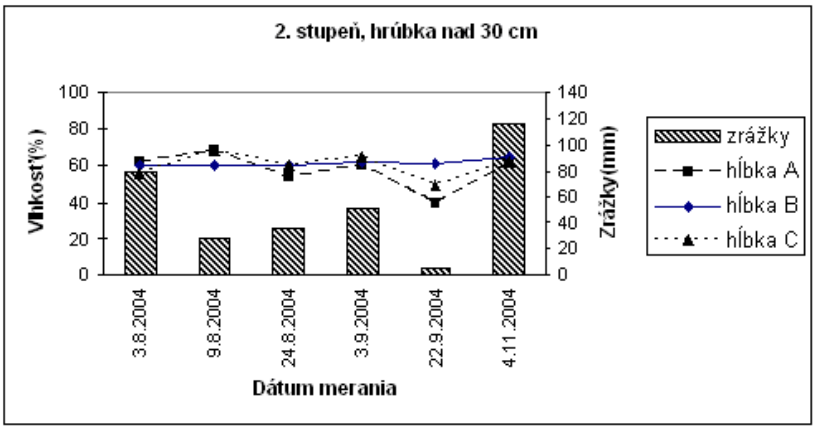
Obr. 3 Priemerné hodnoty vlhkosti pre rôzne hĺbky v 1. stupni rozkladu s hrúbkami kmeňov nad 30 cm

Fig. 3 Average vol. water contents at various depths and 1st decay stage in logs bellow 30 cm in diameter



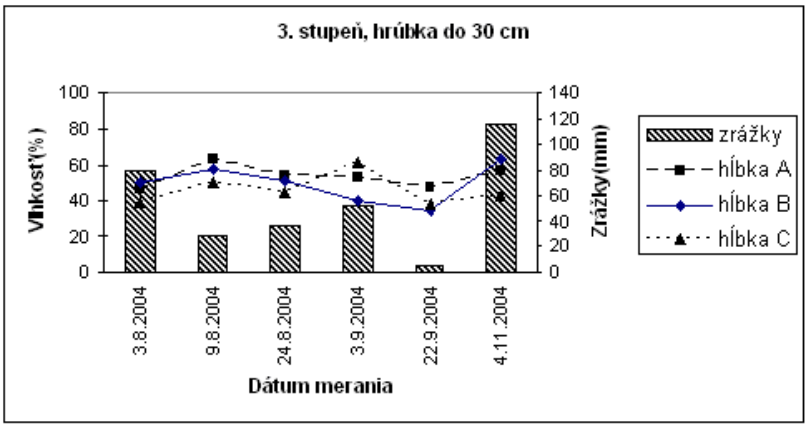
Obr. 4 Priemerné hodnoty vlhkosti pre rôzne hĺbky v 2. stupni rozkladu s hrúbkami kmeňov do 30 cm

Fig. 4 Average vol. water contents at various depths and 2nd stage of decay in logs bellow 30 cm in diameter



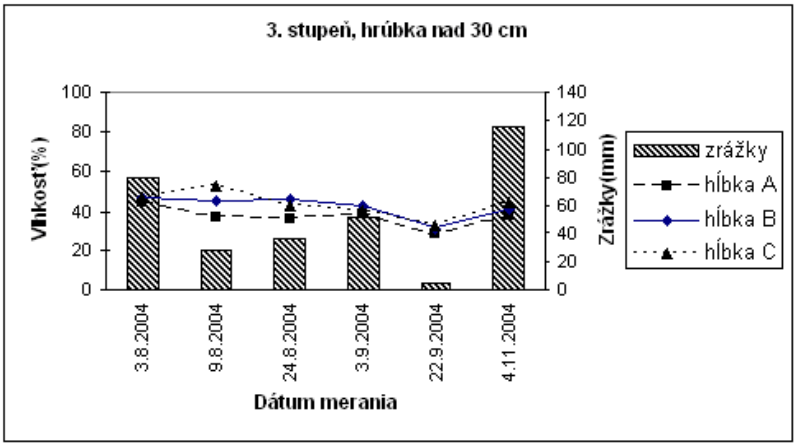
Obr. 5 Priemerné hodnoty vlhkosti pre rôzne hĺbky v 2. stupni rozkladu s hrúbkami kmeňov nad 30 cm

Fig. 5 Average vol. water contents at various depths and 2nd stage of decay in logs over 30 cm in diameter



Obr. 6 Priemerné hodnoty vlhkosti pre rôzne hĺbky v 3. stupni rozkladu s hrúbkami kmeňov do 30 cm

Fig. 6 Average vol. water contents at various depths and 3rd stage of decay in logs bellow 30 cm in diameter



Obr. 7 Priemerné hodnoty vlhkosti pre rôzne hĺbky v 3. stupni rozkladu s hrúbkami kmeňov nad 30 cm

Fig. 7 Average vol. water contents at various depths and 3rd stage of decay in logs over 30 cm in diameter

4.3 Vlhkosť mŕtveho dreva v závislosti od zrážok

Zrážky, možno považovať za hlavný činiteľ ovplyvňujúci dynamiku zmien vlhkosti mŕtveho dreva. V niektorých prípadoch (v dni merania 9. 8.) sa môže zdať neprimeraná reakcia zvýšenia vlhkosti na málo výrazný vzostup zrážok. Tu treba upozorniť na fakt, že v porovnaní s ostatnými obdobiami padlo výraznejšie množstvo zrážok dva dni pred meraním, za ten čas voda vsiakla do dreva a následne sa prejavila na zvýšenej vlhkosti. Takisto možno pozorovať výrazné zmeny vlhkostí 22.9., ktoré analogicky reagujú na relatívne suché obdobie, ktorým bol takmer celý september. Kmene stromov v tomto dni merania vykazovali nízke hodnoty.

5. ZÁVER

Pohyb vody v mŕtvom dreve je veľmi dynamický proces. Zo získaných výsledkov možno vyvodiť nasledujúce závery:

- množstvo mŕtveho dreva na experimentálnych plochách predstavuje 138,68 m^3, objem na hektár 184,9 m^3,
- najvyššia vlhkosť bola v druhom stupni rozkladu, najnižšia vlhkosť bola nameraná v prvom stupni rozkladu,
- pri vlhkosti v rôznych hĺbkach v druhom stupni rozkladu s hrúbkami kmeňov nad 30 cm je najväčšie variačné rozpätie (28,43 %), v prvom stupni rozkladu dosahuje variačné rozpätie najmenšie hodnoty v oboch hrúbkových kategóriách,
- najvyššie zistené množstvo vody bolo v druhom stupni rozkladu s hrúbkami kmeňov nad 30 cm pri tangenciálnom aj pozdĺžnom reze, najnižšie hodnoty boli zistené v prvom stupni rozkladu,
- počas sledovaného obdobia prijaté množstvo vody bolo vyššie ako vydané množstvo vody,
- veľký vplyv na vlhkosť majú zrážky, so zväčšujúcim sa množstvom zrážok rastie aj vlhkosť mŕtveho dreva,
- vlhkosť reaguje na zrážky plynulo a pri ich absencii možno sledovať výrazné preschnutie hlavne v blízkosti povrchu kmeňa.

Zistené výsledky sú svojho druhu prvými získanými v oblasti merania vlhkosti stromovej nekromasy ako významnej ekologickej podmienky mŕtveho dreva a lokality xylobiotických organizmov.

Poďakovanie: VEGA – 1/2383/05, 1/3548/06.

Literatúra

Brezina, L.,: Vývoj zásob zdravých a imisiami poškodených smrekových porastov. Aktuálne problémy v rozvoji hospodárskej úpravy lesov. Zborník referátov, TU Zvolen, 1994, s. 17–24.

Dalton, F. N., van Genunchten, M. TH., 1986: The time domain reflectometry method for measuring soil water content and salinity. Geoderma, 38, s. 237–250.

Dudley, N., Equilibrium, Vallauri, D., Pollard, D., Wwf france: Deadwood- living forests. World Wide Fund For Nature, Gland, Switzerland, 2004, 15 ss.

Gregor, J.,: Vplyv denzity bukového porastu a reliéfu na vlhkosť pôdy. Vedecké štúdie 2000/A, TU Zvolen, 56 ss.

Gutowski, J. M., Bobiec, A., Pawlaczyk, P., Zub, K.: Drugie zycie drzewa. Warszawa- Hajnowka, WWF Polska, 2004, s. 30–100.

Jankovský, L.: Tlejíci dřevo. In: Tlejíci dřevo 2001. Sborník referátů. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2001, s. 7–12.

Kmeť, J.: Fyziológia rastlín. Zvolen: TU vo Zvolene, 1998, s. 19–38.

Kutílek, M.: Vlhkosť pórovitých materiálů. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1984, s. 20–33, 41–44.

Plagge, R., 1991: Bestimmung der ungesättigten hydraulischen Leitfähigkeit im Boden. Bodenökologie und Bodengenese (Berlin), Heft 3, 152 ss.

Saniga, M.,: Štruktúra a regeneračné procesy Dobročského pralesa. TU Zvolen, Vedecké štúdie 2/1999/A, 63 ss.

Saniga, M., Schütz, J. P.: Dynamik des Totholzes in zwei gemischten Urwäldern der Westkarpaten im pflanzengeographischen Bereich der Tannen-Buchen- und Buchenwälder in verschiedenen Entwicklungsstadien, 152, Schweiz. Z. Forstwes., 10/2001, s. 407–416.

Šmelko, Š.: Dendrometria. Zvolen: TU vo Zvolene, 2000, 107 ss.

Adresy autorov:
Doc. Dr. Ing. Viliam Pichler
Doc. Ing. Juraj Gregor, CSc.
Ing. Mária Slížiková
Ing. Veronika Jaloviarová
Ing. Jozef Capuliak
Ing. Marián Homolák
Katedra prírodného prostredia
Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen

Die Moderholzfeuchtigkeitsdynamik im Naturreservat Pod Dudášom

Zusammenfassung

Die Arbeit befasst sich mit der Feuchtigkeitsdynamik des Moderholzes in einem natürlichen Tannen-Buchenwald. Die Absterbung der Bäumen durch den Einfluss der biotischen und abiotischen Faktoren oder deren Kombinationen ist ein natürlicher Prozess. Das Ziel der Arbeit war die Mess- und Auswertungsmethodik der Moderholzfeuchtigkeitsdynamik zu entwerfen. Dabei wird das Moderholz als poriges Material angesehen, dessen Porengrossenverteilung mit je nach Zersetzungsstufe variiert. Das Experiment wurde im Naturreservat Pod Dudášom im Naturschutzgebiet – Biospherenreservat Pol'ana durchgeführt. Im Bestand wurden drei Experimentalflächen gegründet, wo die Moderholzmasse in drei Klassen eingestuft und gemessen wurde. Zur Messung des volumetrischen Wassergehaltes im Moderholz wurde Time Domain Reflectometry Radar eingesetzt. Die Auswertung von erhobenen Daten zeigte eine unterschiedliche Wassergehaltsdynamik je nach Zersetzungsstufe, der Dicke von Baumstämmen und der Position von den im Holz installierten TDR Sonden, d. h. oberflächennahe, zentrale und mittlere.

Schlüsselworte: das Moderholz, das Naturreservat Pod Dudášom, Wassergehaltsdynamik, Holzzersetzung

ACTA FACULTATIS FORESTALIS XLVIII
ZVOLEN – SLOVAKIA 2006

VPLYV MESAČNÝCH ÚHRNOV ZRÁŽOK NA PRODUKČNÚ SCHOPNOSŤ SMREKA

Ladislav B R E Z I N A

Brezina, L.: Vplyv mesačných úhrnov zrážok na produkčnú schopnosť smreka.Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLVIII**, 2006, s. 85–93.

Jedným z limitujúcich faktorov existencie rastlín je voda. Predovšetkým s priaznivým vodným režimom sa spája aj najvyššia produkcia lesných drevín na Slovensku. Vplyvom meniacej sa klímy dochádza k zmene hydrického režimu pôd. Ide hlavne o riziko poklesu množstva využiteľnej vody pre rastliny, čím dochádza k zhoršeniu biotickej aktivity pôdy, následne k fyziologickému oslabeniu rastlín a tým k zníženiu ich produkčnej schopnosti. Úlohou tejto práce preto bolo preskúmať a analyzovať vplyv úhrnov zrážok zistených počas jednotlivých mesiacov celých vegetačných období po sebe idúcich šesťdesiatich štyroch kalendárnych rokov na produkčnú schopnosť smreka prostredníctvom preverenia vplyvu týchto zmien na ročné prírastkové indexy na kruhovej základni jednotlivých stromov tvoriacich tieto lesné ekosystémy, a to na základe použitého regresného modelu. Sledovanie zmien prírastku na kruhovej základni smreka v závislosti od mesačne zisťovaného množstva spadnutých zrážok bolo vykonané v oblasti Oravská Polhora za časové obdobie rokov 1938–2001.

Kľúčové slová: smrek, mesačný úhrn zrážok, ročný prírastkový index, produkčná schopnosť

1. ÚVOD A PROBLEMATIKA

Voda je jedným z limitujúcich faktorov, ktoré rozhodujú o raste a zdravom stave lesných ekosystémov (Gregor 2000, Soroková 2003, Tužinský 2000, 2003). Takmer jediným zdrojom vody u nás sú atmosférické zrážky. Zabezpečiť ich maximálne využitie, znamená zadržať ich v čo najväčšom množstve a optimálne s nimi hospodáriť. V tomto smere sa výrazne uplatňujú lesy, najmä zvýšenou akumuláciou atmosférických zrážok, ktorá vyplýva z priaznivých retenčných vlastností lesných pôd. Bilancia vody v lesných ekosystémoch je problematika veľmi dôležitá, ale zároveň aj veľmi zložitá. Osobitne dynamika vlhkostného režimu lesných pôd je výsledkom klimatických a hydrologických podmienok, vlastností pôd a transformačného vplyvu lesného porastu (Tužinský 1999).

Nie menej dôležitá, ako problematika bilancie vody v lesnom ekosystéme, je z hľadiska skúmania produkčnej schopnosti lesných drevín aj problematika sledovania zmien taxačných veličín stromov a celých lesných porastov v závislosti od niektorých zložiek ekotopu (napr. jednotlivých klimatických faktorov, či množstva vody v pôde a p.). Popri určovaní dendrometrických veličín stromov a lesných porastov vždy iba

k určitému časovému okamžiku, čiže zisťovaní ich stavu, je pre lesnícky výskum rovnako dôležité poznať aj ich zmeny, teda prírastok týchto veličín v priebehu času, ktoré vznikajú v dôsledku prirodzeného rastového procesu, keď v dendrometrii sa pozornosť sústreďuje najmä na prírastok výšky, hrúbky, výtvarnice a objemu.

Keďže veličinou, pomocou ktorej možno pomerne jednoduchým spôsobom dokázať závažnosť vplyvu jednotlivých faktorov a sledovaných zaznamenávaných klimatických zmien na produkčnú schopnosť lesných porastov, je prírastok stromov, práca je zameraná na sledovanie závislosti prírastku, v tomto prípade na kruhovej základni stromov dreviny smrek, na úhrnoch zrážok zistených počas jednotlivých mesiacov celých vegetačných období niekoľkých po sebe idúcich rokov.

Na Slovensku sa analýzou metód dendroklimatológie vo výskume rastových reakcií lesných drevín na predkladané klimatické zmeny zaoberal Ďurský (1995). V nadväznosti na predpokladané klimatické zmeny Ďurský (1996) následne preskúmal rastové reakcie smreka v oblasti Hornej Oravy a Ďurský, Pavličková (1997) preskúmali rastové reakcie borovice v oblasti Záhorskej nížiny. Vplyvom predpokladaných klimatických zmien na hrúbkový rast smreka v oblasti horských lesov Hornej Oravy sa zaoberali Ďurský, Škvarenina (2001). V Českej republike skúmali vplyv klimatických faktorov na radiálny prírastok smreka Vejpustková a kol. (2004). Podobne aj v ďalších krajinách Európy boli v nedávnej minulosti ako aj v súčasnosti, publikované výsledky výskumu súvisiace predovšetkým s poškodzovaním lesov imisiami, ale aj výsledky výskumu súvisiace s vplyvom klimatických zmien na lesy. V Litve takto skúmali smrek Vita, Bitvinskas (1998), vo Fínsku skúmal borovicu Mäkinen (1998) a v Nemecku sledovali sezónnu dynamiku radiálneho prírastku buka Gruber (2001), Knott (2004) a jedle Knott (2004).

Podľa Bertalanffyho (1951, in Šmelko et al. 1992) pod pojmom rast sa všeobecne rozumie „zväčšovanie veľkosti živého systému, ktoré vzniká jeho asimilačnou činnosťou“. Rast je v podstate funkciou času a prostredia.

Prírastkom sa rozumie zväčšenie príslušnej rastovej veličiny, a to buď počas jedného vegetačného obdobia, alebo počas viacerých vegetačných období za sebou. V prvom prípade ide o bežný ročný, v druhom prípade o bežný periodický prírastok. Okrem bežného prírastku existuje ešte priemerný prírastok, ktorý je určený podielom hodnoty rastovej veličiny a počtu rokov, počas ktorých sa táto rastová veličina vytvorila. Rozoznávame priemerný prírastok periodický a priemerný prírastok ročný (vekový).

Kým bežné prírastky predstavujú konkrétne zmeny rastovej veličiny, priemerné prírastky v skutočnosti nejestvujú, sú iba fiktívne (pomyselné). Obidva však majú veľký teoretický aj praktický význam.

V lesníckom výskume sa pomerne často, okrem už spomenutého prírastku na výške, hrúbke, výtvarnici a objeme, používa aj prírastok na kruhovej základni. To hlavne z toho dôvodu, že prírastok na kruhovej základni má biologicky najbližšie k prírastku na objeme, ktorý je pri sledovaní produkčnej schopnosti stromov a celých lesných porastov najvhodnejšie použiť, ako najkomplexnejší z uvedenej skupiny prírastkov, avšak tento nemožno

použiť preto, že pre výpočet objemov jednotlivých stromov v konkrétnych časových obdobiach, z ktorých by ho bolo možné vypočítať, chýba ďalší potrebný argument, ktorým je výška.

Práve z dôvodu chýbajúcich výšok sa aj v tejto práci, pri skúmaní produkčnej schopnosti smreka v závislosti na zmenách mesačných úhrnov zrážok, použil prírastok na kruhovej základni, pretože aj v tomto prípade sú k dispozícii len hodnoty prírastkov na hrúbke, získané z vývrtov odobraných z vybraných stromov a hodnoty hrúbok týchto stromov, z ktorých, na rozdiel od hodnôt prírastkov na objeme, možno hodnoty prírastkov na kruhovej základni pomerne jednoducho vypočítať.

Prírastok na kruhovej základni je prírastok zodpovedajúci ploche medzikružia na priečnom priereze stromu vymedzeného dvomi kruhovými základňami na konci a na začiatku príslušnej prírastkovej periódy (Šmelko 2000).

Určitou výhodou sledovania prírastku na kruhovej základni oproti prírastku na hrúbke je to, že na veľkosť prírastku na kruhovej základni vplýva nielen hrúbkový prírastok, ale aj hrúbka stromu, a to tak, že čím je väčšia hrúbka, tým sa daný radiálny prírastok ukladá na väčšom obvode.

2. CIEĽ PRÁCE

Preskúmať a analyzovať vplyv zmien úhrnov zrážok zistených počas jednotlivých mesiacov celých vegetačných období niekoľkých po sebe idúcich rokov na produkčnú schopnosť smrekových lesných ekosystémov prostredníctvom preverenia vplyvu týchto zmien na prírastok na kruhovej základni jednotlivých stromov tvoriacich tieto lesné ekosystémy. Za tým účelom bolo potrebné:

- získať empirický materiál zo záujmovej oblasti vo forme vývrtov, odobraných vo výške 1,3 m nad terénom, z vybraných živých stojacich stromov,
- získať údaje o mesačných úhrnoch zrážok zo záujmovej oblasti zistených počas jednotlivých mesiacov celých vegetačných období aspoň niekoľkých rokov,
- vykonať spracovanie empirického materiálu a použiť model na základe navrhnutého metodického postupu spracovania empirického materiálu a kvantifikovať vplyv zmien mesačných úhrnov zrážok na produkčnú schopnosť danej dreviny v uvedených podmienkach.

3. MATERIÁL A METÓDY SPRACOVANIA

Sledovanie zmien prírastku na kruhovej základni smreka v závislosti od mesačne zisťovaných úhrnov zrážok počas celých vegetačných období (apríl–september) niekoľkých po sebe idúcich rokov, a to konkrétne rokov 1938–2001, bolo vykonané v oblasti Oravskej Polhory.

Po skončení vegetačného obdobia v roku 2001 bol z dôvodu zabezpečenia rovnakých alebo aspoň podobných klimatických a rastových podmienok, čo sa týka získaného experimentálneho materiálu, len zo stromov tvoriacich jeden a ten istý porast odobraný experimentálny materiál vo forme vývrtov, vyvŕtaných valčekov dreva o priemere zhruba 5 mm, na ktorých možno často i voľným okom pozorovať spravidla každoročne sa vytvárajúce ročné kruhy, resp. na ktorých možno merať ich šírky, ako bežné ročné prírastky na hrúbke. Vývrty boli odobrané z kmeňov vybraných stromov Presslerovým nebožiecom vo výške 1,3 m nad terénom.

Odber vývrtov (sond hrúbkového prírastku) bol vykonaný v poraste č. 120B, ktorý organizačne patrí a je v obhospodarovaní Odštepného závodu (OZ) Námestovo, Lesná správa (LS) Oravská Polhora. V tomto poraste bolo odobraných 50 vývrtov, a to 41 z úrovňových a 9 z nadúrovňových stromov smreka, ktoré sa vizuálne javili ako zdravé a z hľadiska svojho biosociologického postavenia neboli v raste nejako výrazne negatívne ovplyvňované susednými stromami.

Údaje o úhrnoch zrážok zisťovaných počas jednotlivých mesiacov celých vegetačných období niekoľkých po sebe idúcich rokov poskytol prof. Ing. Ladislav Tužinský, CSc.

Na odobraných vývrtoch sa po nalepení do špeciálnych drevených líšt a po následnom vybrúsení zisťovala šírka ročných kruhov (hodnota radiálneho hrúbkového prírastku), ako rozdiel jednotlivých odčítaných hodnôt hrúbok v radiálnom smere. Odčítanie hodnôt radiálnych hrúbkových prírastkov sa vykonalo na prístroji Digitalpositiometer od rakúskej firmy Kutschenreiter, ktorý sníma hodnoty hrúbok a veľkosť radiálnych hrúbkových prírastkov fotoelektricky s presnosťou na 0,01 mm.

Hodnoty zosnímaných radiálnych hrúbkových prírastkov boli v programe DAS (Dendrochronological analysis system) zaznamenané do pamäti pripojenej počítačovej jednotky a následne ďalej spracované až do podoby automaticky vytvorených letokruhových diagramov, ktoré sa z dôvodu nutnosti odstránenia možných vzniknutých porúch pri tvorbe ročných kruhov a z dôvodu potreby správneho datovania jednotlivých ročných kruhov museli synchronizovať.

Zosynchronizované letokruhové krivky sa vyrovnali Hugershoffovou funkciou:

$$y = a.t^{b.e^{(c.t)}} \tag{1}$$

kde: y – vyrovnané hodnoty hrúbkového prírastku,
a, b, c – koeficienty rovnice,
e – základ prirodzeného logaritmu,
t – vek odpovedajúci vytvoreniu ročného kruhu stromu.

Po vyrovnaní letokruhových kriviek sa v programe DAS pre roky 1938–2001 vypočítali skutočné a vyrovnané hodnoty prírastkov na kruhovej základni, z ktorých sa vypočítali indexy ročných prírastkov na kruhovej základni, čím sa odstránil vplyv veku na ich veľkosť, a čo umožňuje porovnávať hodnoty nameraných prírastkov získaných z vývrtov odobraných aj zo stromov nerovnakého veku.

Vypočítané indexy ročných prírastkov na kruhovej základni sa exportovali z programu DAS do programu EXCEL, kde sa vypočítali priemerné indexy ročných prírastkov na kruhovej základni.

Posúdenie vplyvu množstva spadnutých zrážok podľa jednotlivých mesiacov niekoľkých po sebe idúcich vegetačných období (rokov 1938–2001) na priemerné indexy ročných prírastkov na kruhovej základni sa vykonalo pomocou programu STATISTICA, v module viacnásobná lineárna regresia a korelácia. Na zistenie mnohonásobného regresného vzťahu medzi prírastkom na kruhovej základni a množstvom spadnutých zrážok sa zadali, ako závisle premenné (dependent variables), priemerné indexy ročných prírastkov na kruhovej základni po jednotlivých rokoch (1938–2001). Ako nezávisle premenné (independent variables) sa zadali množstvá spadnutých zrážok, ako faktory, ktorých vplyv sa sledoval počas jednotlivých mesiacov celých vegetačných období rokov 1938–2001.

Výsledkami, získanými programom STATISTICA, sú mnohonásobné regresné vzťahy medzi prírastkom na kruhovej základni a množstvom spadnutých zrážok podľa jednotlivých mesiacov vegetačných období po sebe idúcich šesťdesiatich štyroch rokov.

Tieto výsledky sa v konečnom dôsledku importovali do programu EXCEL, kde sa vhodne usporiadali do tabuľkovej podoby a vzťah závislosti ročného prírastku na kruhovej základni na množstve spadnutých zrážok sa graficky znázornil.

4. DOSIAHNUTÉ VÝSLEDKY

Vplyv mesačných úhrnov zrážok na produkčnú schopnosť smreka sa hodnotil za šesťdesiat štyri ročné časové obdobie, a to podľa jednotlivých mesiacov celých vegetačných období (apríl až september) po sebe nasledujúcich kalendárnych rokov 1938–2001.

Zhodnotenie vplyvu mesačných úhrnov zrážok na produkčnú schopnosť smreka sa vykonalo pomocou vypočítaných indexov ročných prírastkov na kruhovej základni priemerného stromového vzorníka.

Na zhodnotenie tohto vplyvu sa použila mnohonásobná lineárna regresia prostredníctvom regresného modelu v tvare:

$$y = a + b_1.x_1 + b_2.x_2 + b_3.x_3 + b_4.x_4 + b_5.x_5 + b_6.x_6 \qquad (2)$$

kde: y – index prírastku na kruhovej základni priemerného stromového vzorníka,
a, b_1–b_6 – regresné koeficienty,
x_1–x_6 – úhrny zrážok v mesiacoch apríl až september.

Parametre modelu vypočítané pre mesačné úhrny zrážok sú uvedené v tabuľke 1.

Tabuľka 1. Výsledky mnohonásobnej lineárnej závislosti ročných prírastkových indexov na kruhovej základni od úhrnu mesačných zrážok
Table 1. Results of multiple linear regression of increment indices on total monthly precipitstion

Skúmaný faktor a jeho označenie[1)]	Regresný koeficient[2)] a, b_1-b_6	Stredná chyba regresného koeficienta[3)]	Vypočítaná hodnota[4)] t-testu t (57)
a	1,045571315	0,0915	11,424
b_1 (apríl)	0,000003139	0,0006	0,006
b_2 (máj)	0,000373958	0,0004	0,900
b_3 (jún)	–0,000049481	0,0004	–0,118
b_4 (júl)	0,000191824	0,0003	0,734
b_5 (august)	–0,000620218	0,0004	–1,693
b_6 (september)	–0,000312223	0,0004	–0,697
R = 0,277		R^2 = 0,077	

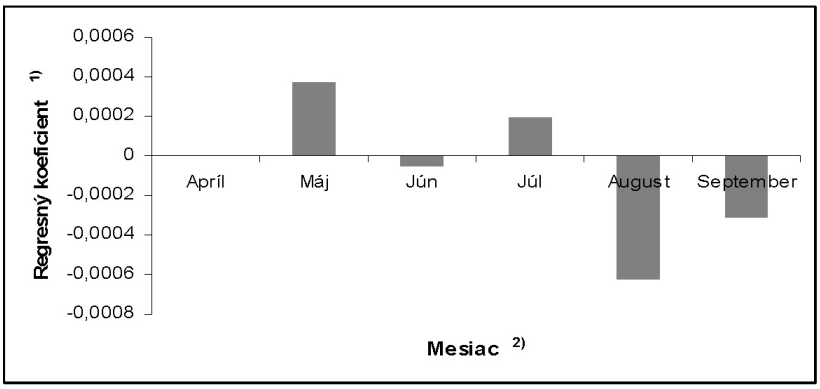
[1)]Investigated factor and its mark, [2)]Regression ceofficient, [3)]Standard error of regression coefficient
[4)]t-value

Z hodnôt vypočítaných regresných koeficientov vyplýva, že úhrny zrážok v jednotlivých mesiacoch vegetačného obdobia vplývajú na indexy ročných prírastkov na kruhovej základni rôzne. Parciálne regresné koeficienty majú v mesiacoch apríl, máj a júl kladné hodnoty a v mesiacoch jún, august a september sú tieto hodnoty záporné. Pre lepšiu ilustráciu sú hodnoty parciálnych regresných koeficientov na obr. 1 aj graficky znázornené.

Pomocou štatistického testu sa posúdila významnosť vypočítaných regresných koeficientov v tomto regresnom modeli. Nulová hypotéza, že regresný koeficient = 0 sa testovala štatistickým t-testom. Pre jednotlivé regresné koeficienty sú vypočítané t hodnoty uvedené v tab. 1. Pri porovnaní vypočítaných hodnôt t-testu s tabuľkovou hodnotou ($t_{0,05}(57)$ = 2,003) možno konštatovať, že regresné koeficienty sú vo všetkých prípadoch štatisticky nevýznamne rozdielne od nuly. Z uvedeného vyplýva, že vplyv skúmaných faktorov, konkrétne úhrnov zrážok počas jednotlivých mesiacov (apríl–september) šesťdesiatich štyroch po sebe idúcich vegetačných období, na indexy ročných prírastkov na kruhovej základni je nevýznamný.

Pre vyjadrenie tesnosti regresnej závislosti podľa tohto modelu je k dispozícii mnohonásobný regresný koeficient R = 0,277. Jeho druhá mocnina je koeficient determinácie R^2 = 0,077. Ten hovorí, že len 7,7 % rozptylu empirických hodnôt okolo vyrovnaných je vysvetlených zvoleným modelom.

V dôsledku veľmi nízkych hodnôt korelačného koeficienta a koeficienta determinácie štatistický test parciálnych regresných koeficientov dokázal nevýznamný vplyv skúmaných faktorov na indexy ročných prírastkov na kruhovej základni.



Obr. 1. Hodnoty regresných koeficientov vplyvu mesačných úhrnov zrážok na indexy ročných prírastkov na kruhovej základni v mesiacoch apríl až september
Fig. 1. Values of regression coefficients of influence average total monthly precipitation in soil on indices of basal area increment in April to September

5. DISKUSIA A ZÁVER

Štatistickým testom preukázaná nevýznamnosť vplyvu skúmaných faktorov (úhrnov zrážok počas jednotlivých mesiacov celých vegetačných období po sebe idúcich šesťdesiatich štyroch kalendárnych rokov) na veľkosť ročných prírastkových indexov na kruhovej základni, teda na produkčnú schopnosť smreka, vôbec neznamená, že množstvo zrážok veľkosť prírastku jednotlivých stromov a porastov neovplyvňuje.

Naopak viacerí autori uvádzajú, že voda je limitujúcim faktorom existencie rastlín (Gregor 2000, Kantor 1989, Soroková 2003, Tužinský 1999, 2000, 2003). Predovšetkým s priaznivým vodným režimom spája najvyššiu produkciu lesných drevín na Slovensku aj Šály (1987). V tejto súvislosti Tužinský (2003) uvádza, že vzhľadom na meniacu sa vegetačnú klímu, dochádza k zmene hydrického režimu pôd a následne k fyziologickému oslabeniu rastlín v dôsledku zvyšujúceho sa rizika poklesu množstva využiteľnej vody a tým zhoršenia biotickej aktivity pôdy.

Preukázanú nevýznamnosť vplyvu úhrnov zrážok počas jednotlivých mesiacov celých vegetačných období kalendárnych rokov 1938 až 2001 na produkčnú schopnosť smreka podľa tohto regresného modelu možno preto logicky vysvetliť iba tým, že sledovanie tohto vplyvu bolo vykonané v takej klimatickej oblasti, kde sa deficit zrážok prakticky nevyskytuje a zrážkový režim je značne vyrovnaný počas celého vegetačného obdobia.

Podobne aj v prácach iných autorov Vejpustková a kol. (2004), ale aj Ďurský (1995, 1996), či Ďurský, Pavličková (1997), ktorí skúmali vplyv klimatických faktorov, a to najmä vplyv mesačných teplôt a zrážok na radiálne prírastky stromov smreka, resp. borovice sa poukazuje na široké spektrum možných rastových reakcií týchto stromov nielen

s ohľadom na predpokladané klimatické zmeny, ale aj ich stanovištnú závislosť. Všetci autori takmer zhodne konštatujú, že v chladných oblastiach sú významnejšie mesačné teploty a v teplejších naopak zrážky. Nezanedbateľným sa v tejto súvislosti ukazuje takmer zo všetkých prác vyplývajúci zovšeobecňujúci poznatok, že na stromy rôznych stanovíšť pôsobia významne iné klimatické premenné. Výsledky a závery vyplývajúce z prác uvedených autorov teda sú v súlade s výsledkami aj tejto práce a podporujú preukázanú nevýznamnosť vplyvu úhrnov zrážok počas jednotlivých mesiacov celých vegetačných období niekoľkých po sebe idúcich kalendárnych rokov na produkčnú schopnosť smreka v skúmanej oblasti.

Táto práca vznikla pri riešení vedeckovýskumných projektov VEGA č. 1/3530/06 a č. 1/3548/06.

Literatúra

1. Gregor, J., 2000: Vplyv denzity porastu a reliéfu na vlhkosť pôdy. Vedecké štúdie, 1999A/7, TU Zvolen, 56 s.
2. Ďurský, J., 1995: Analýza metód dendroklimatológie vo výskume rastových reakcií lesných drevín na predpokladané klimatické zmeny. NKP, 4, 15. pp.
3. Ďurský, J., 1996: Rastové reakcie smreka v oblasti Horná Orava na predpokladané klimatické zmeny. In: Lesné ekosystémy a globálne klimatické zmeny. LVÚ Zvolen, s. 85–88.
4. Ďurský, J., Pavličková, A., 1997: Rastové reakcie borovice v oblasti Záhorskej nížiny na predpokladané klimatické zmeny. MVK In: Trvalosť obhospodarovania lesov v hospodárskej úprave lesov, plánovaní a lesníckej politike, Les – drevo – životné prostredie, s. 149–159.
5. Ďurský, J., Škvarenina, J., 2001: Vplyv predpokladaných klimatických zmien na hrúbkový rast smreka v oblasti horských lesov Hornej Oravy. In: Národný klimatický program SR, VI, zv. 11, s. 63–72.
6. Gruber, G., 2001: Wachstum von Altbuchen (F*agus sylvatica* L.) auf einem Kalkstandort (Göttingen/Sodderich) in Abhängigkeit von der Witterung. Allg. Forst-u. Jag. Zeit., 173, 708, p. 117–120.
7. Kantor, P., 1989: Transpirace smrkových a bukových porostů. Vodohosp. časopis, 37, 2, s. 222–237.
8. Knott, R., 2004: Seasonal dynamics of the diameter increment of fir (*Abies alba* Mill.) and beech (*Fagus sylvatica* L.) in a mixed stand. Journal of Forest Science, 50, p. 149–160.
9. Mäkinen, H., 1998: The suitability of height and radial increment variation in *Pinus sylvestris* (L.) for expressing environmental signals. Forest Ecology and Manag., 112, p. 191–197.
10. Soroková, M., 2003: Ekologická klasifikácia vlhkosti pôdy v smrekovom a bukovom ekosystéme. In: Sobocká, J., Jambor, P. (Eds.): Druhé pôdoznalecké dni v SR. Zborník z konferencie 16.–18. VI. 2003, Stará Lesná. Societas pedologica slovaca, Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy, Bratislava, s. 381–386.
11. Šály, R., 1987: Úrodnosť lesných pôd a jej ohrozenie v súčasnosti. In. Problematika lesných ekosystémov ohrozených imisiami v SSR. Zb. z odborného podujatia Tvorba a ochrana ŽP, Banská Bystrica, s. 20–26.
12. Šmelko, Š., Wenk, G., Antanaitis, V., 1992: Rast, štruktúra a produkcia lesa. Príroda Bratislava, 342 s.
13. Šmelko, Š., 2000: Dendrometria. TU Zvolen, 399 s.

14. Tužinský, L., 1999: Bilancia vody v lesných ekosystémoch. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, s. 55–64.
15. Tužinský, L., 2000: Zrážkový režim v horskom smrekovom ekosystéme. In. Tesař, V., Kula, E. (Eds.), Zpravodaj Beskydy „Vliv imisí na lesy a lesní hospodářství Beskyd“, Brno, 13, s. 139–144.
16. Tužinský, L., 2003: Zmeny zásob pôdnej vody pod smrekovým porastom v suchých periódach vegetačného obdobia. Beskydy, 16, s. 21–27.
17. Vejpustková, M., Zahradník, D., Šrámek, V., Fadrhonosová, V., 2004: Growth trends of spruce in the Orlické hory Mts. Journal of Forest Science, 50, 2, p. 67–77.
18. Vita, A., Bitvinskas, T., 1998: Dendroclimatological similarities of *Picea abies* (L.) Karsten and *Pinus sylvestris* (L.). Baltic Forestry, 1, p. 24–28.

Adresa autora:
Ing. Ladislav Brezina, CSc.
Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie
LF TU Zvolen
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen

Influence of monthly precipitation on production power of spruce (*Picea abies* L.)

Summary

The aim of the work was to evaluate changes of spruce (*Picea abies* L.) production power. Changes of basal area increment in dependence on monthly precipitation during vegetation period (April to September) in Oravska Polhora region in the period of 1938 to 2001 were investigated. Mean indices of annual basal area increment were used to judge influence of monthly precipitation on spruce production power. Multiple linear and correlation analyses were used. Values of regression coefficients confirmed that monthly precipitation in particular months of vegetation period influence mean indices of annual increments of basal area in different way (Table 1). Statistical test for evaluating of significancy of derived regression coefficients was used. Null hypothesis that regression coefficient is equal to zero was tested by t-test. Derived t-values of particular regression coefficients are in Table 1. Comparison of derived values of t-test to table values ($t_{0.05}(57) = 2.003$) confirmed that regression coefficients are statisticaly nonsignificant. From the mentioned follows that influence of investigated factors on indices of annual increment of basal area is nonsignificant.

ACTA FACULTATIS FORESTALIS XLVIII
ZVOLEN – SLOVAKIA 2006

ŠTRUKTÚRA, NEKROMASA A REGENERAČNÉ PROCESY BUKOVÉHO PRALESA V NPR VTÁČNIK

Ján P I T T N E R – Milan S A N I G A

Pittner, J., Saniga, M.: Štruktúra, nekromasa a regeneračné procesy bukového pralesa v NPR Vtáčnik. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLVIII**, 2006, s. 95–109.

Cieľom príspevku je analýza základných charakteristík štruktúry, produkcie, objemu mŕtveho dreva a regeneračných procesov v bukovom pralese Vtáčnik. Rozborom výsledkov vonkajších meraní a ich následným vyhodnotením sa zistilo, že najvyššiu zásobu má prales v štádiu optima (TVP 2) a to 725,04 $m^3.ha^{-1}$. Najnižšia hodnota bola nameraná v štádiu dorastania (TVP 3) 600,16 $m^3.ha^{-1}$. V štádiu rozpadu (TVP 1) bola zistená hodnota 611,36 $m^3.ha^{-1}$. Tento jav je spôsobený tým, že štádium rozpadu sa nachádza ešte len vo svojej počiatočnej fáze. Priebeh nekromasy v rámci sledovaných štádií svojimi hodnotami korešponduje so zákonitosťami v životnom cykle pralesa (Saniga – Schütz 2002). Najvyššia hodnota bola zistená v štádiu rozpadu 126,16 $m^3.ha^{-1}$ a najnižšia v štádiu optima 53,96 $m^3.ha^{-1}$. Výsledky hodnotenia regeneračných procesov potvrdili, že buk ako výrazne tienna drevina, dokáže odrastať už pri malom odclonení plochy, takže jedince prirodzeného zmladenia sa nachádzajú vo forme hlúčikov až skupín vo všetkých vývojových štádiách bukového pralesa. Na základe analýzy získaných meraní môžeme konštatovať, že bukový prales v NPR Vtáčnik má vysokú ekologickú stabilitu a vykazuje predpoklady pre kontinuitnú výmenu svojich generácií.

Kľúčové slová: prales, produkcia, nekromasa, prirodzená obnova

1. ÚVOD A PROBLEMATIKA

Už od konca 19. storočia venoval lesnícky výskum obzvláštnu pozornosť opisu a prieskumu prírodných lesov a pralesov (Tabaku 1999). Prírodný les s charakterom pralesa je u nás posledným objektom, kde ešte môžeme preniknúť k samotnej podstate prebiehajúcich procesov lesných ekosystémov. Poznanie zákonite, bez vplyvu človeka prebiehajúcich vývojových a rastových procesov je spoľahlivým ukazovateľom pre odvodenie pestovných opatrení v prirodzených lesoch. Je potrebné poznať aké zmeny v akých časových obdobiach a s akou rýchlosťou prebiehajú vplyvom samotnej prírody (Korpeľ a kol. 1991). V oblasti západných a východných Karpát sa v dôsledku prírodných podmienok a ich osobitostí počas fylogenezického vývoja vytvorili rozsiahle komplexy nezmiešaných bukových lesov (Korpeľ 1987). Tieto bude potrebné do budúcnosti usmerňovať prírode blízkymi zásadami hospodárenia. Správne poznanie prejavov prírodných bukových lesov napomáha spresňovať princípy a zásady ich pestovania (Saniga – Klimaš 2004).

Bukový prales vytvára na produkčne slabších aj na produkčne dobrých stanovištiach výrazne rôznoveké porasty s dvoj- až trojvrstvovou výstavbou. Typická jednovrstvová, výškovo vyrovnaná výstavba je tu zriedkavá, aj to len na malých plochách. V textúre pralesa sa vývojové štádiá resp. vývojové fázy striedajú na malých plochách (8–16 árov), čo vytvára predpoklady jeho vysokej stability. Tieto štádiá a vývojové fázy sú plošným podielom dlhodobo vyrovnané už na relatívne malej rozlohe. Vývojový cyklus trvá asi 230 až 250 rokov, v rámci ktorého sa už na menších rozlohách (20–30 ha) dosahuje vývojová samostatnosť a produkčná vyrovnanosť (Korpeľ 1989).

V rovnorodých bukových pralesoch počet stromov hrubiny v širšom priemere kolíše v rozpätí od 350 do 550 kusov na 1ha (kolísanie neprevyšuje 50 %) a je relatívne najmenšie z pralesov všetkých vegetačných stupňov. Rozpätie rôznenia výškovej, hrúbkovej štruktúry a tým aj produkčných ukazovateľov je v porovnaní s pralesmi iných vegetačných stupňov relatívne malé. V rámci vývojového cyklu drevná zásoba na tej istej ploche kolíše maximálne 30 % a trvalo je vyrovnaná v rámci plôch väčších ako 20 ha (Korpeľ 1989, Smejkal et al 1995).

Spontánna bohatšia prirodzená obnova sa opakuje asi po 100 až 120 rokoch, čo je vlastne obdobie opakovania štádia rozpadu v nadväzných vývojových cykloch. Réh (1999) zistil, že intenzita regeneračných procesov je významná aj v pokročilej fáze štádia dorastania, čo je významný rozdiel, pokiaľ sa týka fázy obnovy a jej dĺžky v porovnaní s ostatnými pralesmi Slovenska. Tento fenomén má za následok, že pomerne dosť jedincov buka aj v týchto nepriaznivých ekologických pomeroch prežíva, čím štádium optima je síce hrúbkovo viac alebo menej homogénne, ale na druhej strane buky majú svoj fyzický vek rozdielny o 50–70 rokov. Tým sa stáva, že hrubé buky pre svoju výraznú rôznovekosť prežívajú cez značný časový úsek štádia dorastania, čím bukový prales vzbudzuje dojem ako by bol stále v štádiu rozpadu. Podľa Korpeľa (1989, 1995) takýto priebeh sa prejavuje niekoľkonásobným vrcholením výškového prírastku a vlnovitou prirodzenou obnovou. Na ploche väčšej ako 1 ha sú zastúpené stromy skoro všetkých vekových stupňov, čo potvrdzuje, že prirodzená obnova až na menšie časové prerušenie je trvalá.

Cieľom tohto príspevku je analýza základných charakteristík štruktúry, produkcie, objemu mŕtveho dreva a regeneračných procesov v bukovom pralese Vtáčnik.

2. MATERIÁL A METODIKA

NPR Vtáčnik je súčasťou Slovenského stredohoria. Bola vyhlásená v roku 1950 s rozlohou 193,97 ha. Ako dôvod uznania ochrany sa uvádza prirodzená vrcholová bučina s jedľou na andezitovom podklade. Územie sa nachádza severne od obce Kľak, v pohorí Vtáčnik, v skupine Vtáčnik – Sráz, v nadmorskej výške 1130–1346 m n. m. a je vytvorené produktmi sopečnej činnosti, hlavne andezitmi. Pohorie Vtáčnik môžeme podnebím zaradiť medzi mierne teplé oblasti. V zimných mesiacoch sa teploty pohybujú od –2 do –5 °C a počet dní so snehovou pokrývkou je cca 60–100. V letnom období vystupujú priemerné

teploty na 16–18 °C a počet letných dní býva cca 20–50. V nadmorskej výške nad 1200 m je podnebie mierne chladnejšie.

Z pôd sa vyskytujú najmä andozeme, ktoré sú viazané na vyššie polohy našich sopečných pohorí. Pôdy tu menej alebo vôbec nepreschýnajú a tým alofány vytvorené zo sopečného skla neprechádzajú do kryštalických foriem ílových minerálov. Existencia alofánových efektov v týchto pôdach zvyšuje najmä ich kyprosť, je zvýšená akumulácia humusu. Na andozeme a kambizeme andozemné sa viažu lesné spoločenstvá prechodného radu B/C a javorového radu C. Prevažná väčšina porastov patrí do skupiny lesných typov (slt) *Fagetum typicum*, čiastočne do slt *Fagetum pauper*. Pre existenciu alofánu sú dôležité dve podmienky: materská hornina (andezity, ryolity, kryštalické horniny veporika) a klimatické podmienky (chladnejšie a vlhkejšie pôdy na chladných expozíciách vo vyšších polohách). Aj napriek vysokej polohe (na niektorých miestach až okolo 1400 m), majú tieto pôdy mullovú humusovú formu a intenzívny biotický kolobeh (Šály 2000).

Nakoľko v NPR Vtáčnik nebol ešte uskutočnený žiadny systematický výskum bukového pralesa, boli na jeho ploche v roku 2003 založené a vytýčené 3 trvalé výskumné plochy (TVP) s výmerou 0,25 ha (50 x 50 m), ktoré boli založené v rôznych vývojových štádiách pralesa. Na jednotlivých TVP boli stabilizované tranzekty 10 x 50 m. Merania sa realizovali osobitne na tranzektoch a osobitne na ostatnej výskumnej ploche.

V rámci tranzektu, na stromoch s hrúbkou $d_{1,3}$ väčšou ako 8 cm sa merali nasledovné dendrometrické veličiny:

- hrúbka $d_{1,3}$ s presnosťou na 1 mm ($d_{1,3}$),
- výška stromu s presnosťou na 0,5 m (h),
- výška nasadenia koruny s presnosťou na 0,5 m (h_z),
- vertikálne priemety korún vo vektoroch x_1–x_4 s presnosťou na 0,1 m,
- súradnice pozícií stromov s presnosťou na 0,1 m (x, y),
- situácia spadnutých stromov a ich meranie a určovanie objemu podľa Huberovho vzorca, v prípade stojacich odumretých stromov sa zmerala ich hrúbka $d_{1,3}$ a objem sa počítal podľa tabuliek objemu hrubiny buka podľa Halaja (1963).

Evidencia prirodzenej obnovy na tranzekte sa podľa drevín uskutočňovala nasledovne:

- Jedince s výškou: do 20 cm
  21–50 cm
  51–80 cm
  81–130 cm
  131 cm a vyššie s hrúbkou $d_{1,3}$ do 2 cm
- Jedince s hrúbkou $d_{1,3}$: 2,1–3,0 cm
  3,1–4,0 cm
  4,1–5,0 cm
  5,1–6,0 cm
  6,1–7,0 cm
  7,1–8,0 cm

Na ostatnej ploche boli merané nasledovné biometrické znaky stromov:

- objem odumretých stromov podľa rovnakej metodiky ako na tranzekte,
- hrúbka $d_{1,3}$ živých stromov s presnosťou na 1 mm,
- výška stromov tak, aby v každej hrúbkovej triede boli namerané 3–4 stromy pre vyrovnaný výškový grafikon.

Pri odumretých stromoch sa vykonala klasifikácia podľa stupňa rozkladu nasledovne:

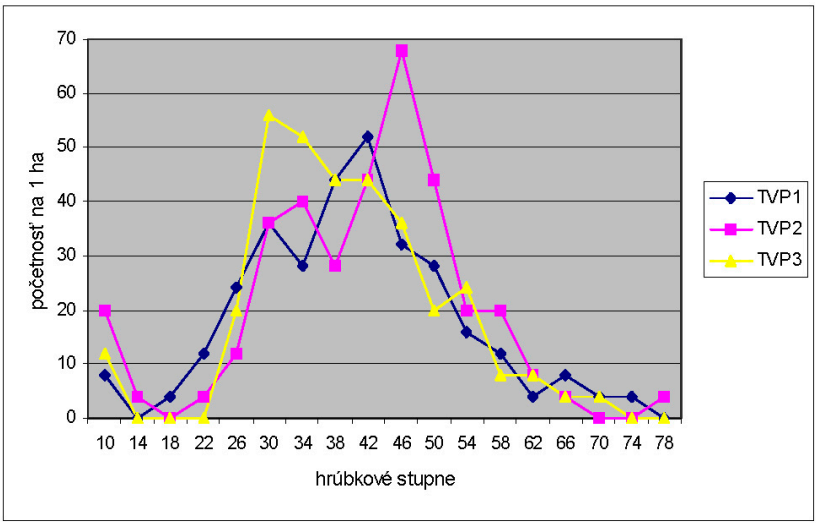
A. nekromasa s náznakmi rozkladu, len povrchovo infikovaná drevokaznými hubami. Dá sa ľahko poznať druh dreviny.
B. nekromasa značne napadnutá drevokaznými hubami, štruktúra dreva je už narušená. Vo väčšine prípadov sa dá pomerne ľahko zistiť druh dreviny.
C. nekromasa štrukturálne rozrušená procesom rozpadu, drevo je mäkké, rozpadá sa. Druh dreviny sa nedá bez väčších skúseností opticky určiť.

3. VÝSLEDKY

3.1 Zmena štruktúry objemu hrubiny a mŕtveho dreva v rámci vývojového cyklu pralesa

Objem hrubiny pralesa, jeho hrúbková a priestorová štruktúra v jednotlivých štádiách vývojového cyklu sú charakterizované v tabuľkách 1–2, obr. 1. TVP 1, ktorá predstavuje počiatočnú fázu štádia rozpadu má polygón hrúbkových početností mierne pravostranný s počiatočným nástupom jedincov následnej generácie. Maximálna početnosť je pri hrúbke $d_{1,3}$ 42 cm, pričom jej pokles do vyšších hrúbkových stupňov je veľmi prudký. Štádium optima (TVP 2) sa vyznačuje približne symetrickým charakterom polygónu hrúbkových početností s vrcholom pri hrúbke $d_{1,3}$ 46 cm s hraničnou hrúbkou $d_{1,3}$ 78 cm. Pokročilá fáza štádia dorastania (TVP 3) sa vyznačuje ľavostranným charakterom polygónu hrúbkových početností s vrcholom pri hrúbke $d_{1,3}$ 30 cm s maximálnou hrúbkou $d_{1,3}$ jedincov 70 cm, ktoré reprezentujú zbytky predchádzajúcej generácie pralesa (obr. 1).

So štruktúrou úzko korešponduje korunový objem stromov a produkčné využitie rastového priestoru na tranzekte (tab. 2). Predmetom analýzy v tabuľke sú horné dve tretiny produkčného rastového priestoru porastu. Prales na TVP 1, ktorá predstavuje počiatočnú fázu štádia rozpadu má najmenší objem korún stromov hornej a strednej vrstvy 2 864,89 m3, čo predstavuje jeho využitie 21,22 % (tab. 2, obr. 2). Prales na TVP 2, ktorá predstavuje pokročilú fázu štádia optima má objem korún 5 525,16 m^3, čo predstavuje jeho využitie na úrovni 36,83 %, pričom horná tretina produkčného rastového priestoru je využitá na 35,03 % (tab. 2, obr. 3). Pokročilá fáza štádia dorastania (TVP 3) má najvyššie využitie rastového priestoru pralesa 40,3 % s celkovým objemom korún stromov hornej a strednej vrstvy 5843,77 m^3 (tab. 2, obr. 4).



Obr. 1 Polygón hrúbkových početností na jednotlivých TVP v roku 2004 v prepočte na 1 Ha
Abb. 1 Polygon der Stärkenstufenverteilung auf einzelnen DVF im Jahr 2004 hochgerechnet auf 1 Ha

Tab. 2 Korunový objem a využitie disponibilného rastového priestoru na jednotlivých TVP v roku 2004
Tab. 2 Kronenvolumen und die Ausnutzung des disponibielen Wuchsraumes auf einzelnen DVF im Jahr 2004

TVP 1			TVP 2			TVP 3		
Porastová vrstva[1)]	Korunový objem[2)] m^3	Využitie rastového priestoru[3)] %	Porastová vrstva[1)]	Korunový objem[2)] m^3	Využitie rastového priestoru[3)] %	Porastová vrstva[1)]	Korunový objem[2)] m^3	Využitie rastového priestoru[3)] %
1	2193,16	16,24	1	5254,617	35,03	1	5586,242	38,52
2	671,74	4,98	2	270,540	1,80	2	257,528	1,78
Spolu	2864,89	21,22	Spolu	5525,158	36,83	Spolu	5843,770	40,30
Rastový priestor[4)]: 13 500 m^3 = 100,00 %			Rastový priestor[4)]: 13 500 m^3 = 100,00 %			Rastový priestor[4)]: 13 500 m^3 = 100,00 %		

[1)]Bestandesschicht [2)]Kronenvolumen [3)]Ausnutzung des disponibielen Wuchsraumes [4)]Wuchsraum

Vertikálnu štruktúru bukového pralesa Vtáčnik môžeme v tejto fáze výskumu charakterizovať ako nevyváženú s koncentráciou objemu korún stromov v jeho hornej vrstve s tým, že táto vrstva je diferencovane produkčne využívaná podľa štádia. Najmenšia hodnota bola zistená v počiatočnej fáze štádia rozpadu, najväčšiu hodnotu má TVP 3, ktorá sa nachádza v pokročilej fáze štádia dorastania.

Produkčné pomery pralesa charakterizuje tabuľka 1. Najväčšia hodnota objemu hrubiny bola zistená na TVP 2, ktorá predstavuje pokročilú fázu štádia optima 725,04 $m^3.ha^{-1}$. Napriek vysokej nadmorskej výške je objemová produkcia tohto bukového pralesa pomerne vysoká. Počiatočná fáza štádia rozpadu má objem hrubiny 611,36 $m^3.ha^{-1}$. Najmenšia hodnota bola zistená v pokročilej fáze štádia dorastania 600,16 $m^3.ha^{-1}$.

Tab. 1 Rozdelenie počtu stromov, objemu hrubiny a kruhovej základne na jednotlivých TVP v roku 2004 (prepočet na 1 ha)
Tab. 1 Verteilung der Anzahl von Bäumen, Volumen des Derbholzes und Kreisflächen auf einzelnen DVF im Jahr 2004 (hochgerechnet auf 1ha)

Hrúbkové triedy[1)] cm	TVP 1			TVP 2			TVP 3		
	Počet[2)]	Kruhová základňa[3)]	Objem[4)]	Počet[2)]	Kruhová základňa[3)]	Objem[4)]	Počet[2)]	Kruhová základňa[3)]	Objem[4)]
	N	m^2	m^3	N	m^2	m^3	N	m^2	m^3
I. AH 10–14 %	8 2,53	0,064 0,15	0,32 0,05	24 6,74	0,216 0,42	1,28 0,18	12 3,61	0,096 0,22	0,48 0,08
II. AH 28–22 %	16 5,06	0,556 1,26	5,60 0,92	4 1,12	0,152 0,29	1,56 0,22	0 0,00	0,000 0,00	0 0,00
III. AH 26–34 %	88 27,85	6,356 14,44	76,56 12,52	88 24,72	6,808 13,11	83,04 11,45	128 38,55	9,736 22,26	118,32 19,71
IV. AH 38–50 %	156 49,37	23,000 52,26	315,28 51,57	184 51,69	29,196 56,23	404,12 55,74	144 43,38	20,984 47,97	287,24 47,87
V. AH 54–70 %	44 13,92	12,316 27,98	186,16 30,45	52 14,61	13,644 26,27	204,48 28,20	48 14,46	12,928 29,55	194,12 32,34
VI. AH 74+ %	4 1,27	1,720 3,91	27,44 4,49	4 1,12	1,912 3,68	30,56 4,21	0 0,00	0,000 0,00	0 0,00
Spolu AH pre TV %	316 100,0	44,012 100,0	611,36 100,0	356 100,0	51,928 100,0	725,04 100,0	332 100,0	43,744 100,0	600,2 100,0

[1)]Stärkestufen [2)]Anzahl [3)]Kreisfläche [4)]Volumen

Štruktúra mŕtveho dreva podľa stupňa dekompozície, drevín a formy je charakterizovaná v tabuľke 3. Najväčšia hodnota bola zistená na TVP 1 v počiatočnej fáze štádia rozpadu 126,16 $m^3.ha^{-1}$, pričom 95,1 % tvorilo ležiace odumreté drevo. V tomto objeme prevláda druhý stupeň rozkladu (62,8 %). Odumreté stojace stromy buka reprezentujú objem 6,16 $m^3.ha^{-1}$ (4,9 %). Najmenší objem odumretej drevnej hmoty bol zistený v štádiu optima (TVP 2) 53,96 $m^3.ha^{-1}$, pričom sa jednalo o ležiacu hmotu v druhom a treťom stupni rozkladu. Uvedená skutočnosť svedčí v tejto fáze o vysokej stabilite pralesa, nakoľko do druhého stupňa rozkladu sa dostáva buk po 10–15 rokoch, tz. že v priebehu tohto obdobia nebol vplyvom hlavne abiotických činiteľov vyvrátený resp. odumretý žiadny strom.

V pokročilej fáze štádia dorastania bol zistený objem odumretej drevnej hmoty v hodnote 90,20 $m^3.ha^{-1}$, pričom sa jednalo skoro na 100 % o ležiacu hmotu s ťažiskom v treťom stupni rozkladu 58,80 $m^3.ha^{-1}$.

Na základe rozboru výsledkov možno povedať, že bukový prales v NPR Vtáčnik sa napriek vysokej nadmorskej výške založených plôch (1200 m. n. m.) vyznačuje vysokou produkciou hrubiny. Z pohľadu produkčného využitia rastového priestoru korunami stromov možno konštatovať jeho nevyváženosť s ťažiskom ich umiestnenia v jeho hornej tretine prakticky vo všetkých štádiách vývojového cyklu pralesa. Napriek vysokej nadmorskej výške a vrcholového efektu (vietor) sa ukazuje, že prales v štádiu optima má pomerne vysoké hodnoty stability.

Tab. 3 Štruktúra objemu padnutých a stojacích odumretých stromov podľa drevín a stupňa rozkladu na jednotlivých TVP v roku 2004 (prepočet na 1 Ha)
Tab. 3 Die Vorratsstruktur von gefallenen und stehenden abgestorbenen Bäumen je nach Baumart und Zerfall grad auf einzelnen DVF im Jahr 2004 (hochgerech net auf 1 Ha)

Drevina[1)]	Stupeň rozkladu[2)]						Stupne spolu[3)]		Stojaca mŕtva[4)] hmota		Spolu odumretá[5)] hmota	
	a		b		c							
	m^3	%	m^3	%	m^3	%	m^3	%	m^3	%	m^3	%
TVP 1												
Buk[6)]	23,88	18,9	79,24	62,8			103,12	81,7	6,16	4,9	109,28	86,6
Javor[7)]	–	–	–	–			–	–	–	–	–	–
Jedľa[8)]	–	–	–	–			–	–	–	–	–	–
Spolu[9)]	23,88	18,9	79,24	62,8	16,88	13,4	120	95,1	6,16	4,9	126,16	100,0
TVP 2												
Buk[6)]	–	–	22,16	41,1			22,16	41,1	–	–	22,16	41,1
Javor[7)]	–	–	–	–			–	–	–	–	–	–
Jedľa[8)]	–	–	–	–			–	–	–	–	–	–
Spolu[9)]	–	–	22,16	41,1	31,80	58,9	53,96	100	–	–	53,96	100,0
TVP 3												
Buk[6)]	4,52	5,0	16,40	18,2			20,92	23,2	1,28	1,4	22,20	24,6
Javor[7)]	–	–	6,64	7,4			6,64	7,4	–	–	6,64	7,4
Jedľa[8)]	–	–	2,56	2,8			2,56	2,8	–	–	2,56	2,8
Spolu[9)]	4,52	5,0	25,60	28,4	58,80	65,2	88,92	98,6	1,28	1,4	90,20	100,0

[1)]Baumart [2)]Zerfallgrad [3)]Stufen gemeinsam [4)]Stehendes abgestorbene Masse [5)]Abgestorbene Masse insgesamt [6)]Buche [7)]Bergahorn [8)]Tanne [9)]Insgesamt

3.2 Regeneračné procesy

Regeneračné procesy v jednotlivých štádiách vývojového cyklu pralesa sú charakterizované v tabuľke 5. Stav počtu jedincov buka resp. vtrúsených drevín je diferencovaný. V počiatočnej fáze štádia rozpadu je síce najmenší počet jedincov do hrúbky $d_{1,3}$ 7 cm 15 300 $m^3.ha^{-1}$ no z hľadiska vyváženosti ich zastúpenia v jednotlivých kategóriách najpriaznivejší. Okrem vysokých počtov jedincov buka do výšky 130 cm sa prakticky v každej ďalšej hrúbkovej triede ($d_{1,3}$) od 2 cm do 7 cm nachádzajú jedince rádove v stovkách. Vhodné ekologické podmienky na TVP 1 vytvárajú dobré predpoklady pre ich nízku autoredukciu a priaznivý výškový presun (tab. 4). Stupeň clonenia na celej ploche je 58,6 % čo spolu s intenzitou clonenia dáva najlepšie podmienky pre odrastanie dolnej vrstvy na tejto ploche.

Tab. 4 Stupeň clonenia, clonná plocha a intenzita clonenia na jednotlivých TVP v roku 2004 podľa árov
Tab. 4 Beschirmungsgrad, Beschirmungsfläche und Beschirmungsintenzität auf einzelnen DVF im Jahr 2004 je nach Ar

Ár	TVP 1			TVP 2			TVP 3		
	Stupeň[1)] clonenia %	Clonná[2)] plocha m^2	Intenzita[3)] clonenia	Stupeň[1)] clonenia %	Clonná[2)] plocha m^2	Intenzita[3)] clonenia	Stupeň[1)] clonenia %	Clonná[2)] plocha m^2	Intenzita[3)] clonenia
1	22,75	59,5	0,60	69,23	132,1	1,32	79,02	137,3	1,37
2	79,52	132,4	1,32	93,54	162,6	1,63	98,11	214,3	2,14
3	76,88	161,0	1,61	97,46	303,2	3,03	95,05	274,9	2,75
4	56,24	37,9	0,38	94,66	306,1	3,06	92,65	241,5	2,42
5	57,30	109,5	1,09	95,87	115,9	1,16	91,56	113,5	1,13
Tranzekt	58,54	500,4	1,00	91,28	1019,8	2,04	90,15	981,6	1,96

[1)]Beschirmungsgrad [2)]Beschirmungsfläche [3)]Beschirmungsintenzität

Ak porovnáme prvú výškovú kategóriu (jedince do 20 cm) medzi jednotlivými plochami, možno konštatovať významne rozdielne počty jedincov. Na TVP 2 bolo zistené 45 060 $m^3.ha^{-1}$, na ploche TVP 3 dokonca 258 440 $m^3.ha^{-1}$. Takýto stav zatiaľ nebol zaznamenaný pri výskume bukových pralesov Slovenska. Príčina je v alofánovom efekte (Šály 2000), ktorý v humusovej vrstve dokáže viazať a udržať veľké množstvo vody a tento horizont je bohatý na živiny. Takáto interakcia vytvára predpoklad čiastočného nahradenia nedostatku svetla. Nakoľko roky 2000–2004 boli v tejto oblasti nadpriemerne suché, uvedený efekt spolu s väčším stupňom clonenia (tab. 4) na TVP 2 a TVP 3 sa významne podieľal na menšej intenzite autoredukcie jedincov tejto výškovej kategórie.

Celkovo môžeme konštatovať, že prales na TVP 1 (počiatočná fáza rozpadu) má predpoklady pre kontinuitnú výmenu jeho generácií.

Na ploche TVP 2, ktorá predstavuje pokročilú fázu štádia optima, bol zaznamenaný veľmi vysoký počet jedincov buka do výšky 130 cm (tab. 5) viac ako 63 000 ks.ha^{-1}, kde v prvej výškovej kategórii sa nachádza 45 060 ks.ha^{-1}, čo je spôsobené spomínaným faktorom. Ak hodnotíme hrúbkové kategórie $d_{1,3}$ 2–7 cm, 640 ks.ha^{-1} je podstatne nižší ako na TVP 1. Vysoký stupeň clonenia 95,9 % (tab. 4) napriek tolerancii buka na svetlo spôsobuje jeho vysokú mortalitu na tejto ploche.

Podobná situácia je aj na TVP 3, ktorá charakterizuje pokročilú fázu štádia dorastania. Napriek alofánovému efektu, ktorý priaznivo pôsobí na semenáčiky resp. jedince do 50 cm výšky, jedince s hrúbkou $d_{1,3}$ 2–7 cm majú malé zastúpenie 260 ks.ha^{-1}. Zahustenie hornej vrstvy pralesa jedincami novej generácie, ktoré sa do nej výškovo presunuli, mení nepriaznivo ekologické podmienky a spomaľuje procesy výškových presunov jedincov dolnej vrstvy s následnou vysokou mortalitou.

Tab. 5 Výšková a hrúbková štruktúra jedincov prirodzenej obnovy na jednotlivých TVP (prepočet na 1 Ha)
Tab. 5 Die Struktur der Naturverjungung in einzelnen Hohen- und Stärkenklassen auf einzelnen DVF (überrechnet auf 1 Ha)

výšková a[1)] hrúbková trieda v cm	TVP 1			TVP 2	TVP 3			
	drevina[2)]							
	buk[3)]	javor[4)]	spolu[5)]	buk[3)]	buk[3)]	javor[4)]	jarabina[6)]	spolu[5)]
do 20 cm	4460	20	4480	45060	255420	3020	–	258440
21–50	1520	–	1520	12280	188680	20	260	188960
51–80	2520	–	2520	4120	69280	–	–	69280
81–130	1580	–	1580	480	240	–	–	240
nad 131–$d_{1,3}$ 2,0	2960	–	2960	1420	100	–	–	100
$d_{1,3}$ 2,1–3,0	840	–	840	340	120	–	–	120
$d_{1,3}$ 3,1–4,0	700	–	700	160	100	–	–	100
$d_{1,3}$ 4,1–5,0	340	–	340	120	40	–	–	40
$d_{1,3}$ 5,1–6,0	260	–	260	20	–	–	–	–
$d_{1,3}$ 6,1– ,0	120	–	120	–	–	–	–	–
SPOLU	15300	20	15320	64000	513980	3040	260	517280

[1)]Hohen und Stärkenklassen in cm [2)]Baumart [3)]Buche [4)]Bergahorn [5)]Zusammen [6)]Vogelbeerbaum

4. DISKUSIA

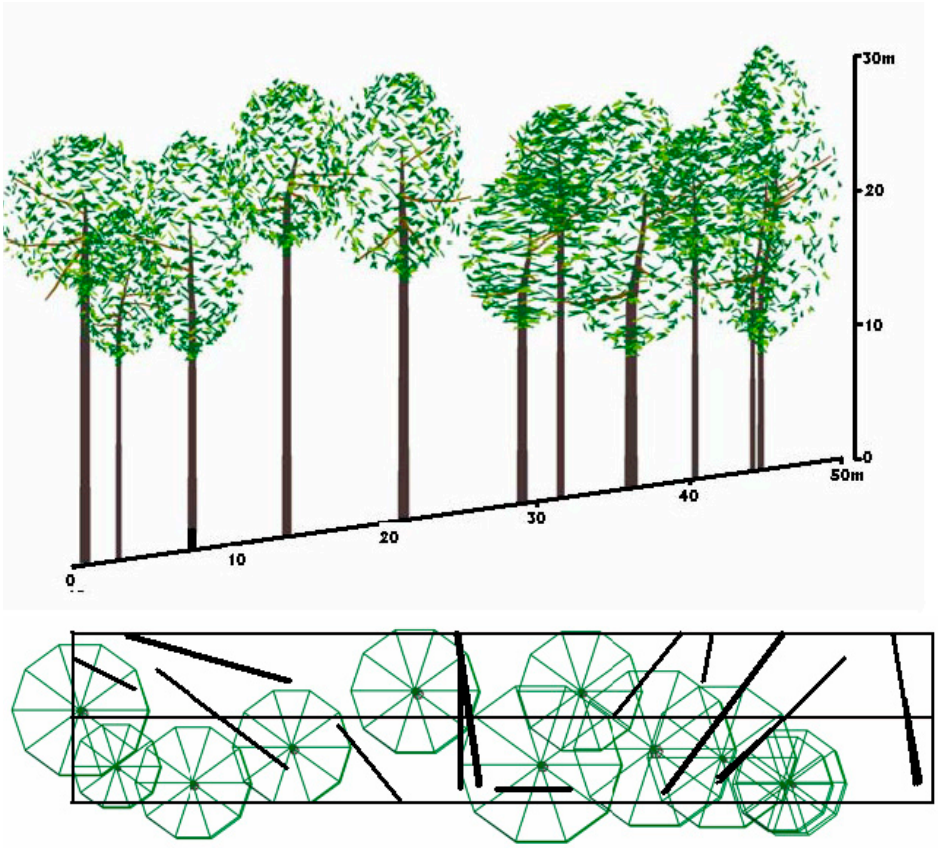
Štruktúrou bukových pralesov sa v Európe zaoberalo viacero autorov (Korpeľ 1989, 1995, Réh 1998, 1999, Saniga 2002, 2003, Drössler – Lüpke 2005, Tabaku 1999, Smejkal et al 1995). Pokiaľ porovnávame a hodnotíme počet stromov hrubiny na 1 ha,

údaje z NPR Vtáčnik predstavujú hornú hranicu rozpätia tohto ukazovateľa. Pokusné plochy v NPR Havešová sa nachádzajú v nadmorskej výške 600–620 m, v NPR Rožok 810–830 m na dobre zásobených stanovištiach, čo vytvára predpoklady menšieho počtu stromov, ktoré sú z pohľadu dendrometrických znakov $d_{1,3}$ a výšky väčšie. Drössler (2005) zistil v NPR Havešová buk s výškou 55 m a hrúbkou $d_{1,3}$ 84 cm. Stromy z pralesa Vtáčnik sú rádove svojou výškou o 10–12 m nižšie. Nižšia produkcia hrubiny v bukovom pralese NPR Vtáčnik ide na vrub podstatne vyššej nadmorskej výške, nakoľko TVP sú umiestnené vo výške 1200– 220 m.

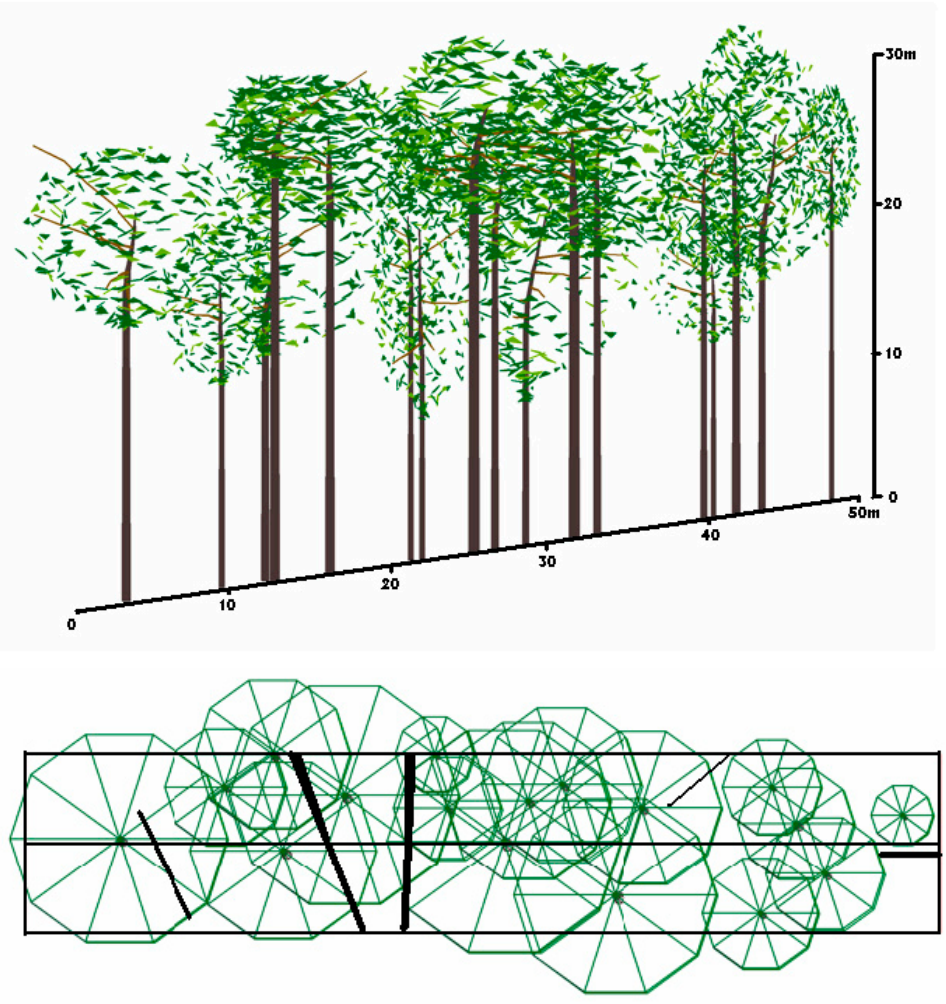
Regeneračné procesy, hlavne ich počiatočná fáza, pokiaľ sa týka počtu jedincov nakoľko sa jedná o rovnakú skupinu lesných typov sú v NPR Vtáčnik veľmi intenzívne a sú spôsobené alofánovým efektom, ktorý je typický práve v tomto orografickom celku. Celkovo možno konštatovať, že bukový prales NPR Vtáčnik svojimi pôdnymi, ekologickými podmienkami, nadmorskou výškou dopĺňa mozaiku štruktúry bukových pralesov Slovenska. Novým poznatkom v riešenej problematike je efekt alofánu na početnosť a udržanie prirodzenej obnovy buka aj v štádiu optima.

5. ZÁVER

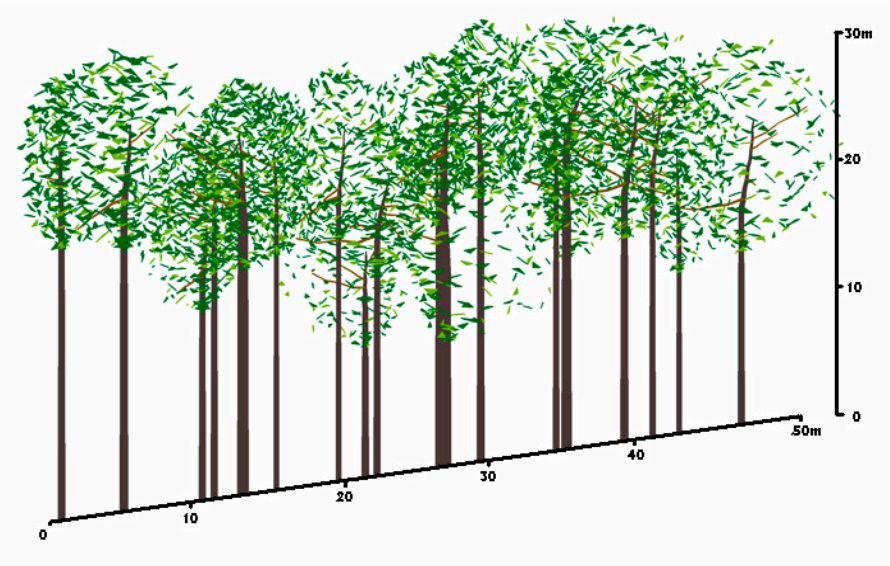
Počiatočný výskum bukového pralesa v NPR Vtáčnik svojimi výsledkami doplnil údaje o štruktúre a regeneračných procesoch tohto lesného ekosystému. Vysoký počet stromov hrubiny v štádiu optima je daný vysokou nadmorskou výškou a extrémnosťou stanovišťa (vrcholový efekt). Plynulý priebeh vzniku mŕtveho dreva je determinovaný jeho vysokou ekologickou stabilitou. Vysoký počet jedincov buka v počiatočných výškových kategóriách v štádiu optima a pokročilej fáze štádia dorastania viac ako 250 000 ks.ha^{-1} je spôsobený alofánovým efektom. Výskum bol podporený grantom 1/3516/06.

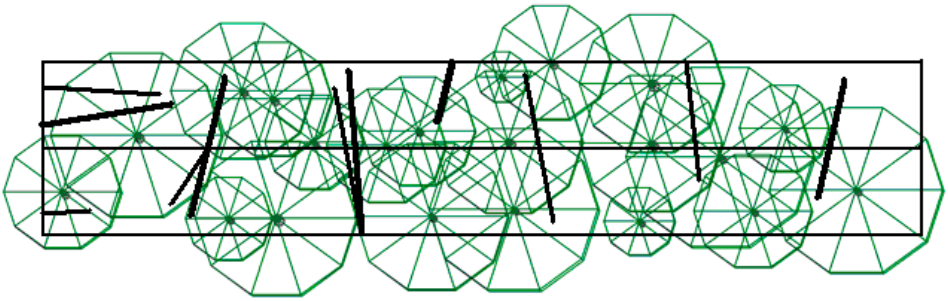


Obr. 2 Porastový profil tranzektu na TVP 1 (počiatočná fáza štádia rozpadu) v roku 2004
Abb. 2 Bestandesprofil des Tranzekts auf DVF 1 (Anfangsphaze des Zerfallstadiums) im Jahr 2004



Obr. 3 Porastový profil tranzektu na TVP 2 (štádia optima) v roku 2004
Obr. 3 Bestandesprofil des Tranzekts auf DVF 2 (das Optimumstadium) im Jahr 2004





Obr. 4 Porastový profil tranzektu na TVP 3 (pokročilá fáza štádia dorastania) v roku 2004
Abb. 4 Bestandesprofil des Tranzekts auf DVF 3 (fortgeschritene Phaze von Stadium des Heranwachsens) im Jahr 2004

Literatúra

1. Drösler. L., Lüpke, B., 2005: Canopy gaps in two virgin beech forest reserves in Slovakia. Journal of forest science, 51, (10), s. 446–457.
2. Halaj, J., 1963: Tabuľky na určovanie hmoty a prírastku porastov. Bratislava: Pravda, s. 197 –198.
3. Korpeľ, Š., 1989: Pralesy Slovenska. Bratislava: Veda, 332 s.
4. Korpeľ, Š. a kol., 1991: Pestovanie lesa. Bratislava: Príroda, 465 s.
5. Korpeľ, Š., 1995: Die Urwälder der Westkarpaten. Parey, 325 s.
6. Réh, J., 1998: Niektoré biometrické a odvodené znaky súboru stromov prírodného bukového lesa, Lesnícky časopis, 4, s. 405–422.

7. Réh, J., 1999: Štruktúra prírodného bukového lesa v geografickom celku Popriečky. Folia ecologica, 26, s. 33–49.
8. Saniga, M., 2002: Štruktúra, produkčné pomery a regeneračné procesy bukového pralesa Rožok. Ochrana prírody, 21. Banská Bystrica: Štátna ochrana prírody SR, s. 207–218.
9. Saniga, M., 2003: Štruktúra, produkčné pomery a regeneračné procesy bukového pralesa v NPR Havešová. Ochrana prírody, 22. Banská Bystrica: Štátna ochrana prírody SR, s. 131–140.
10. Saniga, M., Klimaš, V., 2004: Štruktúra, produkčné procesy a regenerácia pralesa Stužica v 4. lesnom vegetačnom stupni. Acta Facultatis Forestalis XLVI, s. 93–104.
11. Saniga, M., Schütz, J. PH., 2002: Relation of dead wood course within the development cycle of selected virgin forests in Slovakia. Journal of forest science, 48. (12), 513–528 s.
12. Smejkal, M. et al., 1995: Banater Urwälder. Mirton Verlag, 198 s.
13. Šály, R., 2000: Pôdy chránenej krajinnej oblasti – boisférickej rezervácie Poľana. Bratislava: VÚ pôdoznalectva a ochrany pôdy. 43 s.
14. Tabaku, V., 1999: Struktur von Buchen-Urwäldern in Albanien im Vergleich mit deutschen Buchen-Naturwaldreservaten und -Wirtschaftswäldern. 206 s.
15. HTTP://WWW.SAZP.SK/SLOVAK/STRUKTURA/COPK/SPRAVY/PONITRIE/HTML/MCHUTXT.HTML

Adresa autorov:
Prof. Ing. Milan Saniga, DrSc.
Ing. Ján Pittner
Katedra pestovania lesa
Technická univerzita vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen

Struktur, Nekromasse und Regenerationsprozesse des Buchenurwaldes im Naturwaldreservat Vtáčnik

Zusammenfassung

Das Ziel unserer Arbeit ist die Analyse von Grundcharakteristiken der Struktur, Produktion, des Volumens der Nekromasse und Regenerationsprozesse im Buchenurwald Vtáčnik. Durch die Ergebnissanalyse der Messungen und durch die darauf folgende Auswertung haben wir festgestellt, dass den größten Vorrat hat der Urwald im Optimumstadium (DVF 2) 725,04 $m^3.ha^{-1}$. Den niedrigsten Wert haben wir festgestellt im Stadium des Heranwachsens (DVF 3) 600,16 $m^3.ha^{-1}$. Im Zerfallstadium (DVF 1) haben wir den Wert 611,36 $m^3.ha^{-1}$ festgestellt. Dieser Effekt ist dadurch verursacht worden, dass das Zerfallstadium sich noch nur in seiner Anfangsfaze befindet. Der Verlauf von Nekromasse in einzelnen Stadien passt mit seinen Werten mit Gesetzmässigkeiten im Lebenscyklus des Urwald (Saniga – Schütz 2002) über ein. Der höchste Wert war im Zerfallstadium 126,16 $m^3.ha^{-1}$ festgestellt und der niedrigste im Optimstadium 53,96 $m^3.ha^{-1}$. Die Auswertungsergebnisse der Regenerationsprozesse haben gezeigt, dass die Buche als Schattenbaumart schon bei kleiner Durchlichtung der Fläche heranwachsen kann. Auf Grund von Analyse der gewonnenen Daten können wir feststellen, dass der Buchenurwald im Naturwaldreservat Vtáčnik eine hohe Ökologische Stabilität besitzt und die Vorraussetzungen für einen kontinuierlichen Austausch von seinen Generationen ausweist.

ACTA FACULTATIS FORESTALIS XLVIII
ZVOLEN – SLOVAKIA 2006

ANALÝZA ŠTRUKTURÁLNEJ DIVERZITY VÝVOJOVÝCH ŠTÁDIÍ ZMIEŠANÉHO DUBOVÉHO PRALESA V NÁRODNEJ PRÍRODNEJ REZERVÁCII BOKY

Vladimír K L I M A Š

Klimaš, V.: Analýza štrukturálnej diverzity vývojových štádií zmiešaného dubového pralesa v národnej prírodnej rezervácii Boky. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLVIII**, 2006, s. 111–126.

Práca sa zaoberá rozborom štruktúry troch základných vývojových štádií životného cyklu zmiešaného dubového pralesa v NPR Boky. Hlavný dôraz analýzy sa vzťahuje na dub zimný (*Quercus petraea* Mattusch.), ktorý aj napriek nemalému podielu duba cerového (*Quercus cerris* L.) je drevinou určujúcou generačný vývojový cyklus. Rozdelenie hrúbkových početností pri všetkých hodnotených vývojových štádiách poukázalo na tú skutočnosť, že dub zimný prispieva k vytváraniu diferencovanejšej porastovej štruktúry ako dub cerový. Výskum potvrdil fakt, že ani v pokročilom štádiu optima nedochádza k vytvoreniu typickej jednovrstvovej výstavby porastu. Objemový podiel duba cerového je v pokročilom štádiu rozpadu výrazne nižší v pomere k dubu zimnému, čo potvrdilo kratší fyzicky dosahovaný vek duba cerového. Pri rozbore štruktúry prirodzenej obnovy sa zistilo, že zvýšená účasť hraba a buka v porastovom zápoji spôsobuje stagnáciu obnovy dubov.

Kľúčové slová: dubový prales, dub zimný, dub cerový, vývojové štádia pralesa

1. ÚVOD, PROBLEMATIKA A CIEĽ PRÁCE

Podiel jednoetážových porastov v rámci lesov Slovenska je 79,4 %. Jednou zo základných priorít lesného hospodárstva z dlhodobejšieho hľadiska je zvyšovanie podielu dvoj- a viac etážových, resp. dvoj- a viac vrstvových porastov. Pre tento zámer je priaznivá skutočnosť, že podiel vykazovanej prirodzenej obnovy z celkovej obnovy lesných porastov Slovenska v priebehu posledných štyroch rokov stúpol zo 14,2 % v roku 2000 na 36,5 % v roku 2004 (Zelená Správa 2005). Prirodzený potenciál našich porastov pre tento druh obnovy je oveľa vyšší vzhľadom k ich prirodzenej drevinovej skladbe a vhodným stanovištným podmienkam. Z titulu uvedených skutočností cieľom pracovníkov lesného hospodárstva by malo byť v porastoch, ktoré dosiahli vek rubnej zrelosti, vykonávanie fytotechniky obnovných postupov tak, aby došlo k vzniku novej generácie resp. generácií prirodzenou obnovou pod clonou materského porastu.

Jedným z najvhodnejších objektov, kde je možné študovať výmenu generačných cyklov pri rôznej drevinovej skladbe a hrúbkovej štruktúre, je prírodný les resp. prales. Spoľahlivé poznanie prírodných zákonitostí výmeny generácií v prírodných dubových lesoch

nám umožní správne načasovať a vykonávať obnovné postupy v lesných porastoch tak, aby sa ich účinkom podarilo naplniť požadované ciele a funkčný zámer. Na základe údajov zelenej správy z roku 2005 zastúpenie bukovo-dubového a dubovo-bukového lesného vegetačného stupňa (lvs) dosahuje 37,4% z celkovej rozlohy lesov. Tieto lesné komplexy bude potrebné, pokiaľ to umožnia prírodné podmienky a vhodná drevinová skladba, obhospodarovať v zhode s prírode blízkymi zásadami hospodárenia. Správne poznanie prejavov prírodných dubových pralesov napomáha spresňovať princípy a zásady ich pestovania (Saniga & Klimaš 2004). Prírode blízke pestovanie lesa sa stáva základnou koncepciou prírode blízkeho lesného hospodárstva (Saniga 2000).

V prevažne dubovom zmiešanom prírodnom lese sú vzhľadom na rozdielne ekologické požiadavky drevín, rozdielne rastové schopnosti, rozdielny fyzický vek, veľmi zložité vývojové procesy. Cyklicky sa striedajú 3 základné vývojové štádiá, t. j. štádium dorastania, optima, rozpadu a vyskytujú sa najzávažnejšie vývojové fázy (fáza obnovy, starnutia, dožívania) (Korpeľ & Saniga 1995). Štruktúra zmiešaných dubových prírodných lesov na produkčne podpriemerných stanovištiach je plošne a výškovo v celom vývojom cykle viac diferencovaná ako v prírodných lesoch vyšších vegetačných stupňov. Prevažuje dvojvrstvová výstavba, ktorá sa objavuje už v pokročilej fáze štádia optima, prakticky trvá cez celé štádium rozpadu a prvej polovici štádia dorastania (Korpeľ & Saniga 1995). Približne vo veku 250 rokov, pri pretrvávajúcom objemovom prírastku sa začína fáza starnutia, ktorá sa prejavuje presychaním korún a ulamovaním nahnitých kmeňov (Korpeľ 1989, Smejkal et al. 1995). Z analýz vyplýva, že celý vývojový cyklus v našich dubových prírodných lesoch trvá priemerne asi 300 rokov (Korpeľ 1989). Výskumnou analýzou, ktorú vykonali Saniga a Schütz (2002) sa potvrdilo, že pralesy vytvorené zo stabilných drevín, ktoré dosahujú približne rovnaký fyzický vek (NPR Boky), majú malé rozdiely medzi maximálnym vzostupom a poklesom nekromasy v celom vývojovom cykle. V zachovalých zvyškoch prírodných dúbrav s dubom zimným (2. a 3. lvs) sa výrazne prejavuje úkaz, že čím sú lepšie stanovištné podmienky, tým je intenzívnejšia (rýchlejšie prebiehajúca) autoredukcia stromov a naopak, čím horšie sú podmienky, tým je vylučovanie pomalšie (Korpeľ 1989).

Cieľ príspevku spočíva v porovnaní štrukturálnej diverzity troch vývojových štádií zmiešaného dubového pralesa (štádia dorastania, optima a rozpadu), ktoré boli určené na tranzektovej časti trvalej výskumnej plochy (TVP) NPR Boky. Čiastkovým cieľom je poukázať aj na možné tendencie vývoja spomenutých vývojových štádií na základe zistených poznatkov.

2. MATERIÁL A METODIKA

NPR Boky o výmere 176,49 ha (vyhlásená v roku 1964) sa nachádza v juhovýchodnom výbežku Kremnických vrchov, na strmom 2–40° južne až juhozápadne exponovanom svahu, v nadmorskej výške od 280 do 589 m. Priemerná ročná teplota je 6,2

až 8,0 °C, vegetačné obdobie trvá 154–164 dní. Geologické podložie tvoria andezitové aglomeráty, na ktorých vznikla kambizem andozemná, ako prechodný subtyp medzi kambizemami a andozemami (Bublinec & Pichler 2001).

Rezervácia ma na základe extrémnych ekologických podmienok špecifický lesostepný charakter s výskytom 4 slt a to *CoQ*, *FQ, Tac, QF*. Pri takejto skladbe skupín lesných typov (slt) má rezervácia charakter zmiešaného pralesovitého útvaru s pestrou škálou rôznych druhov drevín, pričom drevinou určujúcou vývojový cyklus je dub zimný. Na porastovom zápoji hornej vrstvy sa výrazne podieľa okrem duba zimného aj dub cerový. Dolná, resp. stredná výškovo diferencovaná vrstva je tvorená sprievodnými druhmi tiennych a polotiennych listnáčov, ako sú buk, hrab, javor poľný a jarabina brekyňa. Z krovín má najväčšie zastúpenie hloh, drieň, trnka a lieska.

Počas vegetačného obdobia roku 2004 bola v rezervácii založená TVP o rozmere 500 x 200 m s výmerou 10 ha. Pre účel podrobnejších meraní a pre prehľadnejšie zistenie porastovej štruktúry sa v rámci TVP natrvalo stabilizoval tranzekt o výmere 1 ha s rozmermi 200 x 50 m, pričom dlhšia strana sa situovala po spádnici. Porastová štruktúra tranzektu je predmetom analýzy príspevku. Miesto pre tranzekt sa vybralo tak, aby bola zachytená čo najrozmanitejšia štruktúra, resp. všetky 3 vývojové štádiá, ktoré sú charakteristické pre pralesy v zmysle Korpeľa (1989). Tranzekt sa rozdelil na 4 rastrové plochy (RP) o rozmere 50 x 50 m. Súčasťou RP je založená sieť čiastkových plôšok (ČP) o veľkosti 12,5 x 12,5 m. ČP boli založené za účelom zistenia polohy umiestnenia kmeňov, resp. stromov v pravouhlom súradnicovom systéme x, y pre potreby zistenia stromových rozstupov. Hrúbková a výšková štruktúra, ktorá sa zistila v jednotlivých ČP, tvorila východisko pre zatriedenie do príslušného vývojového štádia. Hranica vývojového štádia je teda totožná s hranicou ČP. Pri určovaní vývojových štádií sa ešte zohľadňovalo množstvo a stupeň rozkladu nekromasy a štruktúra prirodzenej obnovy.

Pre podrobnejšie zistenie štrukturálnych odlišností sa na stromoch skúmanej plochy sledovali tieto biometrické znaky:

- hrúbky $d_{1.3}$ – pri všetkých živých stromoch podľa jednotlivých druhov drevín v dvoch na seba kolmých smeroch, ak obe odmerané hrúbky dosiahli minimálne 8,0 cm v $d_{1.3}$,
- výška – každého jedinca s presnosťou na 0,5 m, ktorý v $d_{1.3}$ dosiahol požadovanú hrúbku,
- výška nasadenia koruny – presnosť na 0,5 m,
- vertikálne priemety korún – vektory x_1–x_4 presnosť, 0,1 m.

Pre každého jedinca, ktorý spĺňal sledované kritériá sa podľa druhu dreviny vypočítal objem hrubiny s kôrou jednotlivo pomocou lesníckych kubíkovacích vzorcov od autorov Petráš, Pajtík (1991). Objem pri dube cerovom sa vypočítal podľa duba zimného. Pre účel vyhodnotenia sa objemová štruktúra rozdelila do 6 hrúbkových tried podľa Fluryho (1929).

Hrúbková početnosť je názorne zobrazená po hrúbkových stupňoch graficky polygónom početností.

V jednotlivých ČP sa evidovala prirodzená obnova podľa drevín a nasledovných výškových kategórií (Akça et.al., 1991, in Tabaku 1999):

1. jedince do výšky 20 cm,
2. jedince s výškou 21–50 cm,
3. jedince s výškou 51–100 cm,
4. jedince s výškou 101–200 cm,
5. jedince s výškou 201–300 cm,
6. jedince s výškou 301–400 cm,
7. jedince s výškou od 401 cm do hrúbky 8,0 cm v $d_{1.3}$.

Odumreté stojace aj ležiace stromy, alebo ich časti sa zaradili do nasledovných štyroch stupňov rozkladu (Albrecht 1990):

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

3. VÝSLEDKY

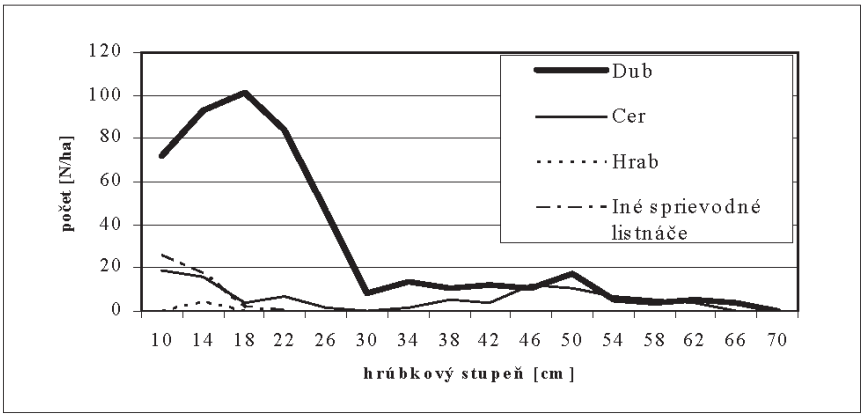
Na základe zistenej porastovej štruktúry skúmanej tranzektovej plochy sa vylíšili všetky 3 vývojové štádia životného cyklu pralesa v intenciách Korpeľa (1989). Štádium dorastania sa nachádza na ploche 0,57 ha, pokročilá fáza štádia optima v prechode do rozpadu zaberá plochu 0,23 ha a pokročilá fáza štádia rozpadu plochu 0,20 ha. Pri opise štruktúry jednotlivých vývojových štádií sa viac zameriame na dub zimný, pretože v tomto drevinovo pestrom lesnom spoločenstve je drevinou určujúcou generačný vývojový cyklus pralesa.

3.1 Hrúbková štruktúra a produkčné pomery

Hrúbkovú štruktúru štádia dorastania prezentuje frekvenčný polygón početností (obr. 1). Pri vynesených hodnotách po jednotlivých drevinách je zrejme, že početnosť jedincov duba zimného v najnižších hrúbkových stupňoch značne prevyšuje početnosť ostatných porast tvoriacich drevín. Výrazne klesajúci priebeh početností duba s jeho zastúpením vo všetkých hrúbkových stupňoch charakterizuje vyšší stupeň hrúbkovej diferencovanosti štruktúry štádia dorastania s malým počtom stromov hlavnej úrovne. Početnosť duba zimného v prvých piatich hrúbkových stupňoch je tu výrazne vyššia pri porovnaní s ďalšími opisovanými štádiami životného cyklu pralesa (obr. 2 a 3). Charakter porastu takejto štruktúry vytvára vhodné podmienky pre rast a vývoj stromov nižších hrúbkových

stupňov. Nízky podiel porastových zložiek duba zimného zastúpených v najvyšších hrúbkových stupňoch reprezentujú zvyšky jedincov na hranici svojho fyzického veku, ktoré prežívajú z predchádzajúceho vývojového cyklu.

Viac-menej plynulý priebeh krivky duba cerového je zapríčinený skoro úplnou absenciou hraba a buka na porastovom zápoji. Neúčasť tejto polotiennej a tiennej dreviny v slt *CoQ* si vysvetľujeme plytkosťou pôd a ich nevyrovnaným vlhkostným režimom, ako aj vplyvom iných nami neuvažovaných faktorov, čo sa prejavuje aj v nižšej produkčnej schopnosti stanovišťa. Túto skutočnosť potvrdzuje aj fakt, že pri terénnych meraniach boli pri všetkých jedincoch 4. a 5. hrúbkovej triedy zistené nižšie výšky v porovnaní s jedincami iných vývojových štádií príslušných hrúbkových tried a nižšie maximálne hrúbky. Dub cerový, ako drevina výrazne sĺnna, v týchto rastových podmienkach bez vyššej účasti polotiennych, resp. tiennych listnáčov nachádza v ktorejkoľvek porastovej vrstve vhodné podmienky pre uplatnenie svojich rastových a produkčných schopností.



Obr. 1 Rozdelenie hrúbkových početností štádia dorastania
Fig. 1 Diameter distribution in the ingrowth stage

Objemová štruktúra štádia dorastania (tab. 1) poukazuje na najvyšší objem vo 4. hrúbkovej triede tak pri dube zimnom ako aj dube cerovom. Celkový objem hrubiny pre všetky dreviny spoločne je 356,40 $m^{3.}$ ha^{-1}.

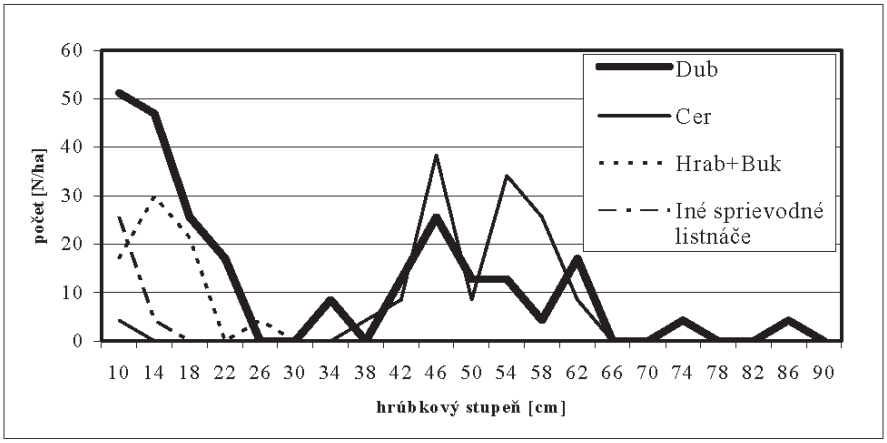
Informácie o štruktúre pokročilého štádia optima už s prechodom do rozpadu znázorňuje obr. 2. Údaje pri dube zimnom dokumentujú prítomnosť dvoch generácii, resp. prelínanie dvoch generačných cyklov. Prvá generácia je výraznejšie reprezentovaná od hrúbkového stupňa 42 cm po 62 cm. Druhá generácia (následná) je zastúpená od 10. po 22. hrúbkový stupeň. Jedince druhej generácie môžu prežívať a odrastať vďaka nižšiemu zastúpeniu sprievodných listnáčov a vhodným svetelným pomerom kmeňového priestoru

hornej dubovej a cerovej vrstvy. Štruktúra prvej generácie má znaky štádia optima vo fáze staroby, kedy u fyzicky oslabených stromov hlavnej úrovne dochádza k presychaniu korún. Účasť duba cerového tiež poukazuje na štádium optima v jeho vývojovom cykle. Zvýšené zastúpenie hraba a buka si vysvetľujeme tým, že časť plochy príslušného štádia sa nachádza v slt *FQ*, kde sú vhodnejšie pôdne podmienky pre ich rast a vývoj. Absencia resp. ojedinelá účasť duba cerového v najnižších hrúbkových stupňoch potvrdzuje jeho vyššie svetelné nároky v porovnaní s dubom zimným.

Tab. 1 Rozdelenie objemu stromov tranzektu v štádiu dorastania podľa hrúbkových tried a drevín NPR Boky (prepočítané na 1 ha)
Tab. 1 Volume distribution according to diameter classes and species in *NNR Boky in the ingrowth stage (expressed per 1 ha)

Hrúbková trieda[1)] [cm]	Dub[2)]		Cer[3)]		Buk[4)]		Hrab[5)]		Iné sprievodné listnáče[6)]		Všetky dreviny spolu[7)]	
	[m³]	[%]	[m³]	[%]	[m³]	[%]	[m³]	[%]	[m³]	[%]	[m³]	[%]
I. 8–14	10,52	4,32	1,94	1,76	0,00	0,00	0,24	100,00	2,16	85,73	14,87	4,17
II. 16–24	56,71	23,29	2,99	2,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36	14,27	60,06	16,85
III. 26–36	33,91	13,92	2,25	2,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	36,16	10,15
IV. 38–50	82,46	33,86	56,23	51,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	138,69	38,92
V. 52–70	59,94	24,61	46,68	42,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	106,62	29,92
VI. 72+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Spolu[8)]	243,54	100,00	110,09	100,00	0,00	0,00	0,24	100,00	2,52	100,00	356,40	100,00

[1)]diameter class, [2)]essile oak, [3)]turkey oak, [4)]beech, [5)]hornbeam, [6)]other broadleaves, [7)]all species together, [8)]total
*NNR – National natural reservation



Obr. 2 Rozdelenie hrúbkových početností v pokročilej fáze štádia optima s prechodom do rozpadu
Fig. 2 Diameter distribution in the advanced phase of the optimum stage with passing to disintegration stage

Na objemovú štruktúru štádia optima s prechodom do rozpadu poukazuje tabuľka 2. Objemový podiel duba cerového je 365,35 $m^3 . ha^{-1}$ a duba zimného 301,31 $m^3 . ha^{-1}$. Celkový objem analyzovaného štádia je 684,33 $m^3 . ha^{-1}$.

Tab. 2 Rozdelenie objemu stromov tranzektu v pokročilej fáze štádia optima s prechodom do rozpadu podľa hrúbkových tried a drevín NPR Boky (prepočítané na 1 ha)

Tab. 2 Volume distribution according to diameter classes and species in *NNR Boky in the advanced phase of the optimum stage with passing to disintegration stage (expressed per 1 ha)

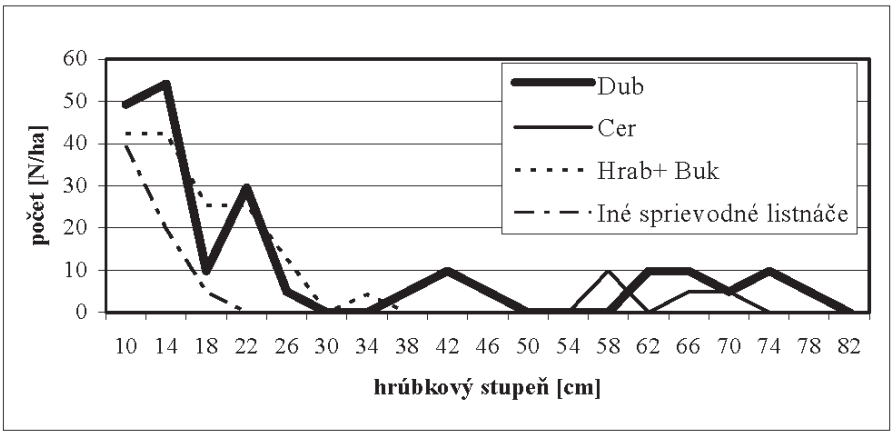
Hrúbková trieda[1)] [cm]	Dub[2)]		Cer[3)]		Buk[4)]		Hrab[5)]		Iné sprievodné listnáče[6)]		Všetky dreviny spolu[7)]	
	[m^3]	[%]	[m^3]	[%]	[m^3]	[%]	[m^3]	[%]	[m^3]	[%]	[m^3]	[%]
I. 8–14	5,85	1,94	0,13	0,04	0,64	16,85	2,13	16,39	0,85	100,00	9,60	1,40
II. 16–24	10,67	3,54	0,00	0,00	3,16	83,15	10,88	83,61	0,00	0,00	24,70	3,60
III. 26–36	7,55	2,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,55	1,10
IV. 38–50	99,50	33,86	125,06	34,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	224,55	32,71
V. 52–70	121,81	40,43	240,17	65,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	361,98	52,73
VI. 72+	55,94	18,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	55,94	8,15
Spolu[8)]	301,31	100,00	365,35	100,00	3,80	100,00	13,01	100,00	0,85	100,00	684,33	100,00

[1)]diameter class, [2)]sessile oak, [3)]turkey oak, [4)]beech, [5)]hornbeam, [6)]other broadleaves, [7)]all species together, [8)]total
*NNR – National natural reservation

S ohľadom na zistený stav opisovaného štádia môžeme očakávať, že v blízkej budúcnosti začne dochádzať k postupnému znižovaniu zásoby odumieraním najhrubších porastových zložiek, ktoré sa dostali na hranicu svojho fyzického veku.

Obrázok 3 obsahuje údaje o štruktúre početností pokročilého štádia rozpadu. Druhá generácia duba zimného má najvyššie zastúpenie v hrúbkovom stupni14 cm, čo je zapríčinené značne medzernatým zápojom jeho prvej generácie. Prvá generácia štádiá rozpadu má značne nižší počet jedincov ako je to v štádiu optima (obr. 2), čo je v predošlom časovom období spôsobené značným odumretím jej jedincov. V medzernatom zápoji nachádza vhodné podmienky vo všetkých vrstvách druhá resp. i tretia generácia hraba a druhá generácia buka. Na ich vysokom zastúpení sa výrazne podieľa podstatne vyrovnanejší vlhkostný režim a väčšia hĺbka pôd príslušného stanovišťa slt *FQ*. Vyššiu produkčnú schopnosť stanovišťa tu charakterizuje aj vyššia zásoba vo vyšších hrúbkových triedach pri dube zimnom a dube cerovom (tab. 2 a 3) v porovnaní so slt *CoQ* (tab. 1). Nástup novej generácie duba cerového bol a je znemožňovaný vysokou hustotou sprievodných listnáčov. Dub zimný dosahuje z celkového zastúpenia drevín najvyšší objemový podiel v pokročilom štádiu rozpadu (tab. 3). Tento je sústredený hlavne v 5. a 6. hrúbkovej triede. Pričom v pokročilom štádiu optima v prechode do rozpadu objemovo prevažuje vo 4. a 5. hrúbkovej triede. Pri takejto skutočnosti môžeme predpokladať, že v nasledujúcom období horná

vrstva prvej generácie duba zimného bude naďalej odumierať, čím postupom času dôjde k zániku jeho generačného cyklu.



Obr. 3 Rozdelenie hrúbkových početností v pokročilej fáze štádia rozpadu
Fig. 3 Diameter distribution in the advanced phase of the disintegration stage

Tab. 3 Rozdelenie objemu stromov tranzektu v pokročilej fáze štádia rozpadu podľa hrúbkových tried a drevín NPR Boky (prepočítané na 1 ha)
Tab. 3 Volume distribution according to diameter classes and species in *NNR Boky in the advanced phase of the disintegration stage (expressed per 1 ha)

Hrúbková trieda[1)] [cm]	Dub[2)]		Cer[3)]		Buk[4)]		Hrab[5)]		Iné sprievodné listnáče[6)]		Všetky dreviny spolu[7)]	
	[m³]	[%]	[m³]	[%]	[m³]	[%]	[m³]	[%]	[m³]	[%]	[m³]	[%]
I. 8–14	7,09	2,60	0,00	0,00	3,10	22,34	2,46	14,08	2,36	72,73	15,02	3,85
II. 16–24	12,26	4,50	0,00	0,00	5,91	42,55	12,55	71,84	0,89	27,27	31,61	8,09
III. 26–36	2,81	1,03	0,00	0,00	4,87	35,11	2,46	14,08	0,00	0,00	10,14	2,60
IV. 38–50	35,50	13,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	35,50	9,09
V. 52–70	117,76	43,22	83,45	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	201,21	51,52
VI. 72+	97,03	35,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	97,03	24,85
Spolu[8)]	272,44	100,00	83,45	100,00	13,88	100,00	17,48	100,00	3,25	100,00	390,50	100,00

[1)]diameter class, [2)]sessile oak, [3)]turkey oak, [4)]beech, [5)]hornbeam, [6)]other broadleaves, [7)]all species together, [8)]total, *NNR – National natural reservation

3.2 Regeneračné procesy

Štruktúra prirodzeného zmladenia duba zimného a duba cerového v štádiu dorastania (tab. 4) nemá vyvážené zastúpenie rozdelenia jedincov vo výškových triedach. Napriek väčšiemu deficitu obnovy od tretej výškovej triedy (s výnimkou siedmej), nepovažujeme tento stav za znepokojujúci, keďže prvé hrúbkové stupne (obr. 1) majú dostatočnú zásobu pre plynulý priebeh generačného cyklu duba. Podiel sprievodných listnáčov (bez významnejšej prítomnosti hraba a buka) v obnove nad 50 cm je značne vyšší vzhľadom k ich nižším nárokom na svetlo a produkčnú schopnosť stanovišťa.

Tab. 4 Štruktúra prirodzenej obnovy v štádiu dorastania podľa výškových kategórií a drevín (prepočítané na 1 ha)
Tab. 4 The structure of natural regeneration according to height classes and tree species in the ingrowth stage (expressed per 1 ha)

Výšková kategória[1)]	Dub[2)]		Cer[3)]		Sprievodné listnáče[4)]		Všetky dreviny spolu[5)]	
	[n]	[%]	[n]	[%]	[n]	[%]	[n]	[%]
I. do 20 cm	6383	90,40	2696	92,03	791	32,40	9871	79,38
II. 21–50 cm	568	8,05	201	6,86	747	30,57	1516	12,19
III. 51–100 cm	26	0,36	210	0,70	393	16,09	440	3,53
IV. 101–200 cm	2	0,02	0	0,00	280	11,45	282	2,26
V. 201–300 cm	9	0,12	0	0,00	110	4,50	118	0,95
VI. 301–400 cm	12	0,17	0	0,00	53	2,18	65	0,52
VII. nad 401 cm do 8 cm $d_{1,3}$	62	0,88	12	0,41	69	2,81	143	1,15
Spolu[6)]	7062	100,00	2929	100,00	2443	100,00	12434	100,00
% zastúpenia drevín[7)]	**56,79**		**23,56**		**19,65**		**100,00**	

[1)]height class [2)]sessile oak [3)]turkey oak [4)]other broadleaves [5)]all species together [6)]total [7)]% of species representation

Prirodzená obnova v pokročilom štádiu optima s prechodom do rozpadu (tab. 5) je podobná štruktúre štádia dorastania. Účasť hraba a buka na zmladení spôsobuje problémy dubu cerovému, ktorý vplyvom ich zvýšenej clony nieje schopný presunu do tretej výškovej kategórie. Pravdepodobne priaznivejšie vlhkostné pomery slt *FQ* sa výraznejšie podieľajú na zvýšenej úspešnosti klíčenia a prežívania jedincov duba zimného a duba cerového, pretože ich podiel vo výškovej kategórii do 20 cm je približne dvojnásobný ako v dorastaní.

Stav regeneračných procesov pokročilého štádia rozpadu (tab. 6) je výraznejšie odlišný od ostatných štádií pri všetkých posudzovaných drevinách. Príčinou takéhoto stavu je vysoké zastúpenie hraba a buka, ktoré sú v takto vytvorených podmienkach (slt *FQ*) kompetične veľmi silné. Svojou prítomnosťou vytvárajú silne clonenú plochu, čoho výsledkom je odumieranie jedincov duba presahujúcich výšku 50 cm. Nepriaznivé svetelné podmienky neumožňujú dubu cerovému presadiť sa.

Tab. 5 Štruktúra prirodzenej obnovy v pokročilej fáze štádia optima s prechodom do rozpadu podľa výškových kategórií a drevín (prepočítané na 1 ha)
Tab. 5 The structure of natural regeneration according to height classes and tree species in the advanced phase of the optimum stage with passing to disintegration stage (expressed per 1 ha)

Výšková kategória[1)]	Dub[2)]		Cer[3)]		Sprievodné listnáče[4)]		Všetky dreviny spolu[5)]	
	[n]	[%]	[n]	[%]	[n]	[%]	[n]	[%]
I. do 20 cm	10231	93,56	5218	96,00	606	24,74	16055	85,31
II. 21–50 cm	589	5,38	205	3,77	875	35,71	1668	8,86
III. 51–100 cm	34	0,31	0	0,00	533	21,78	567	3,02
IV. 101–200 cm	13	0,12	0	0,00	171	6,97	183	0,97
V. 201–300 cm	4	0,04	0	0,00	64	2,61	68	0,36
VI. 301–400 cm	13	0,12	0	0,00	107	4,36	119	0,63
VII. nad 401 cm do 8 cm $d_{1,3}$	51	0,47	13	0,24	94	3,83	158	1,84
Spolu[6)]	10935	100,00	5436	100,00	2449	100,00	18820	100,00
% zastúpenia drevín[7)]	**58,10**		**28,88**		**13,01**		**100,00**	

[1)]height class, [2)]sessile oak, [3)]turkey oak, [4)]other broadleaves, [5)]all species together, [6)] total, [7)]% of species representation

Pri vzájomnom porovnávaní sa ako najmenej vhodná javí štruktúra prirodzenej obnovy pokročilého štádia rozpadu pre vysokú prítomnosť drevín tolerantných na svetlo, ktoré spôsobili stagnáciu obnovy duba zimného a duba cerového.

Tab. 6 Štruktúra prirodzenej obnovy v pokročilej fáze štádia rozpadu podľa výškových kategórií a drevín (prepočítané na 1 ha)
Tab. 6 The structure of natural regeneration according to height classes and tree species in the advanced phase of the disintegration stage (expressed per 1 ha)

Výšková kategória[1)]	Dub[2)]		Cer[3)]		Sprievodné listnáče[4)]		Všetky dreviny spolu[5)]	
	[n]	[%]	[n]	[%]	[n]	[%]	[n]	[%]
I. do 20 cm	9506	37,08	8610	99,04	1782	42,04	19899	87,56
II. 21–50 cm	236	2,41	84	0,96	1201	28,34	1521	6,69
III. 51–100 cm	0	0,00	0	0,00	625	14,75	625	2,75
IV. 101–200 cm	0	0,00	0	0,00	182	4,30	182	0,80
V. 201–300 cm	0	0,00	0	0,00	158	3,72	158	0,69
VI. 301–400 cm	10	0,10	0	0,00	118	2,79	128	0,56
VII. nad 401 cm do 8 cm $d_{1,3}$	39	0,40	0	0,00	172	4,07	212	0,93
Spolu[6)]	9792	100,00	8694	100,00	4239	100,00	22725	100,00
% zastúpenia drevín[7)]	**43,09**		**38,26**		**18,65**		**100,00**	

[1)]height class, [2)]sessile oak, [3)]turkey oak, [4)]other broadleaves, [5)]all species together, [6)]total, [7)]% of species representation

3.3 Štruktúra objemu mŕtveho dreva

Na úvod rozboru štruktúry mŕtveho dreva je potrebne poukázať na jeden dôležitý fakt, ktorý je špecifický iba pre dub cerový. Dub cerový z pomedzi všetkých drevín aj z iných vegetačných stupňov je typický tou vlastnosťou, že jeho drevné vlákna sa rozložia skôr ako kôra. Preto pri odumretom kmeni 4. stupňa rozkladu je možné určiť jeho totožnosť podľa kôry.

O štruktúre ležiaceho odumretého dreva podľa vývojových štádií informuje tabuľka 7. Celkový objem ležaniny štádia dorastania je 32,41 $m^3.ha^{-1}$. Najvyšší relatívny podiel objemu nekromasy má dub zimný 65,44 %, dub cerový sa zúčastňuje 22,19 % a 4. stupeň rozkladu len 12,37 %.

Tab. 7 Objem odumretých ležiacich stromov podľa drevín, stupňa rozkladu a vývojových štádií (prepočet na 1 ha)

Tab. 7 Volume of lying deadwood according to tree species, decomposition degree and development stages (expressed per 1 ha)

Vývojové štádium[1)]		Dub[2)]				Cer[6)]				Spolu[5)]	St. rozkl.[4)]	Spolu[5)]
		St. rozkl.[4)]			Spolu[5)]	St. rozkl.[4)]						
		1	2	3		1	2	3	4		4	
Dorastania[6)]	[m³]	–	13,27	7,94	21,21	1,10	–	4,07	2,03	7,19	4,01	**32,41**
	[%]	–	40,93	24,51	65,44	3,39	–	12,55	6,25	22,19	12,37	100,00
Optima[7)]	[m³]	–	12,89	13,95	26,84	–	–	–	–	–	2,83	**29,67**
	[%]	–	43,45	47,02	90,47	–	–	–	–	–	9,53	100,00
Rozpadu[8)]	[m³]	–	–	29,17	29,17	–	18,11	–	4,83	22,93	15,24	**67,34**
	[%]	–	–	43,31	43,31	–	26,89	–	7,17	34,05	22,63	100,00

[1)]development stage, [2)]sessile oak, [3)]turkey oak, [4)]decomposition degree, [5)]total, [6)] ingrowth stage, [7)]optimum stage, [8)]disintegration stage

Pokročilé štádium optima s prechodom do rozpadu má najmenší objem v hodnote 29,67 $m^3.ha^{-1}$ zo všetkých posudzovaných štádií. Dub cerový na základe jeho priaznivého výškového postavenia a dostatočnej životnej energie sa na tomto objeme nezúčastňuje vôbec. Je tu najnižší objem 4.stupňa rozkladu (2,83 $m^3.ha^{-1}$) s pomedzi ostatných hodnotených štádií. Odumretá hmota duba zimného je najzastúpenejšia v druhom (43,45 %) a treťom (47,02 %) stupni rozkladu.

Pokročilé štádium rozpadu má najväčší podiel objemu (67,34 $m^3.ha^{-1}$) vo vzťahu k ostatným vývojovým štádiám. Objem nekromasy 4.stupňa rozkladu dosahuje hodnotu 15,24 $m^3.ha^{-1}$. Objem prislúchajúci tomuto stupňu rozkladu je najvyšší z pomedzi všetkých porovnávaných štádií.

Informácie o štruktúre stojacej odumretej hmoty poskytuje tabuľka 8. Údaje štádia dorastania dokumentujú výraznú účasť prvých dvoch hrúbkových tried na stojacej nekromase. K výraznejšiemu odumieraniu jedincov spodnej a strednej vrstvy výrazným podielom prispel konkurenčný boj o životný priestor. Príslušné štádium má najmenší podiel stojacej nekromasy, iba 8,17 $m^3.ha^{-1}$. Tento stav je prirodzený, keďže došlo k odumretiu stromov s malou objemovosťou.

Prvý stupeň rozkladu pokročilého štádia optima s prechodom do rozpadu je charakteristický najväčším podielom nekromasy v množstve 14,72 $m^3.ha^{-1}$. Potvrdzuje to fázu staroby pri jedincoch prvej generácie duba zimného.

Pokročilé štádium rozpadu má celkový objem stojacej nekromasy najvyšší v hodnote 31,80 $m^3.ha^{-1}$. Najväčšia účasť je reprezentovaná množstvom 20,43 $m^3.ha^{-1}$ v druhom stupni rozkladu 6. hrúbkovej triedy.

Sumárny objem stojacej a ležiacej nekromasy v štádiu dorastania je 40,58 $m^3.ha^{-1}$, pokročilá fáza optima s prechodom do rozpadu 55,95 $m^3.ha^{-1}$ a pokročilá fáza rozpadu 99,14 $m^3.ha^{-1}$.

Tab. 8 Štruktúra objemu odumretých stojacích stromov podľa drevín, stupňa rozkladu a vývojových štádií (prepočet na 1 ha)
Tab. 8 The structure of volume of dead standing trees according to tree species, decomposition degree and development stages (expressed per 1 ha)

	Štádium dorastania[2)]						Štádium optima[3)]			Štádium rozpadu[4)]		
Hrúbková trieda[1)]	Dub[5)]			Cer[6)]			Dub[5)]			Dub[5)]		
	St. rozkl.[8)]/[m^3]			St. rozkl.[8)]/[m^3]			St. rozkl.[8)]/[m^3]			St. rozkl.[8)]/[m^3]		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
I.	0,12	0,45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
II.	0,41	0,45	0,29	–	–	–	–	–	–	–	–	–
III.	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
IV.	0,62	–	0,51	–	–	–	3,84	5,55	–	6,15	5,22	–
V.	4,41	–	–	–	0,91	–	10,88	–	6,01	–	–	–
VI.	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	20,43	–
Spolu[7)]	5,56	0,90	0,80	–	0,91	–	14,72	5,55	6,01	6,15	25,65	–
	7,26			0,91			26,28			31,80		
Dub[5)]+Cer[6)]	8,17						26,28			31,80		

[1)]diameter class, [2)]ingrowth stage, [3)]optimum stage, [4)]disintegration stage, [5)]sessile oak, [6)]turkey oak, [7)]total, [8)]decomposition degree

3.4 Produkčné využitie rastového disponibilného priestoru

Produkčne využitý rastový priestor je hodnotený na ploche tranzektu v troch vrstvách určených na základe hornej výšky porastu.

V štádiu dorastania je využitý rastový priestor na 24,52 % (tab. 9). Dub zimný a dub cerový sa v hornej vrstve na využití podieľajú približne rovnakým podielom. Sprievodné listnáče majú podiel na rastovom priestore len 1,56 %, čo je najmenej zo všetkých posudzovaných štádií.

V pokročilom štádiu optima s prechodom do rozpadu dreviny v najväčšom rozsahu využívajú produkčný priestor v hodnote 64,49 %. Horná vrstva duba zimného a duba cerového sa na ňom podieľa najvýraznejšou mierou. Je to dôsledok ich vysokého počtu a veľkej kapacita korún.

Dolná a stredná vrstva duba zimného a duba cerového je prítomná na porastovom zápoji pokročilého štádia rozpadu najmenšou účasťou z pohľadu všetkých porovnávaných štádií životného cyklu pralesa. Tento stav je spôsobený atakom a kompetičnou silou tiennych drevín hlavne buka a hraba. Dôkazom ich veľkej expanzívnej sily je až 25,24 % účasť na korunovej produkcii. Nízka účasť duba zimného 16,63 %, ale hlavne duba cerového 6,55 % v hornej vrstve je výsledkom značného odumretia vplyvom fyzickej staroby už v skoršom časovom období. Celkový produkčne využitý priestor tohto štádia je 50,24 %.

Tab. 9 Produkčne využitý rastový priestor tranzektu korunami stromov
Tab. 9 Production utilization of tree crowns growth space in the transect

Vrstva[1)]	Štádium dorastania[2)]				Štádium optima[3)]				Štádium rozpadu[4)]			
	Využitý rastový priestor v %[5)]				Využitý rastový priestor v %[5)]				Využitý rastový priestor v %[5)]			
	Dub[6)]	Cer[7)]	Sprievodné listnáče[8)]	Spolu[9)]	Dub[6)]	Cer[7)]	Sprievodné listnáče[8)]	Spolu[9)]	Dub[6)]	Cer[7)]	Sprievodné listnáče[8)]	Spolu[9)]
Dolná[10)]	0,47	0,09	0,25	0,82	0,21	–	1,33	1,54	0,05	–	0,94	0,98
Stredná[11)]	6,63	0,66	1,24	8,54	2,93	0,03	6,38	9,34	1,78	–	10,63	12,41
Horná[12)]	7,32	7,78	0,07	15,17	25,70	24,45	3,46	53,61	16,63	6,55	13,67	36,85
Spolu[9)]	14,43	8,53	1,56	24,52	28,84	24,48	11,17	64,49	18,45	6,55	25,24	50,24

[1)]layer, [2)]ingrowth stage, [3)]optimum stage, [4)]disintegration stage, [5)]utilization growth space in %, [6)]sessile oak, [7)]turkey oak, [8)]other broadleaves, [9)]total, [10)]lower, [11)]middle, [12)]upper

4. DISKUSIA

Výskumy Korpeľa (1983, 1989), ktoré sa uskutočňovali od roku 1974 na sérii troch TVP NPR Boky založených v počiatočnej fáze štádium optima, pokročilom štádiu dorastania a rozpadu dokumentujú tieto skutočnosti:

Dub zimný dosiahol maximálnu výšku 27 m a dub cerový 28 m. Zásoba v závislosti od vývojového štádia na 1 ha sa pohybovala od 250 m^3 (počiatočné štádium optima) do 450 m^3 (pokročilé štádium dorastania).

Na nami založených plochách v roku 2004 sa zistili tieto skutočnosti:

Dub zimný dosiahol maximálnu výšku 29 m a dub cerový 31 m. Zásoba v závislosti od vývojového štádia na 1 ha sa pohybovala od 356 m^3 (štádium dorastania) do 684 m^3 (pokročilé štádium optima s prechodom do rozpadu).

Hlavným dôvodom značného rozdielu spomenutých produkčných charakteristík štádia optima je rozdielna produkčná schopnosť stanovišťa na situovaných TVP. Trvalé výskumné plochy založené prof. Korpeľom sa nachádzajú v slt *Corneto-Quercetum*. Nami určená časť plochy štádia optima a celé štádium rozpadu je v slt *Fageto-Quercetum*.

Hektárové zásoby objemu mŕtveho dreva NPR Boky sa svojimi hodnotami v zásade zhodujú s údajmi Sanigu a Jaloviara (2002). Menšou výnimkou je pokročilé štádium rozpadu, kde autormi uverejnené výsledky výskumu za obdobie rokov 1974–1994 dokumentujú maximálnu hodnotu 84,56 $m^3.ha^{-1}$ ha nami zistené množstvo dosahuje 99,14 $m^3.ha^{-1}$.

5. ZÁVER

V zmiešaných dubových porastoch s pralesovitou štruktúrou nedochádza k vytváraniu typickej jednovrstvovej výstavby duba zimného ani v pokročilej fáze štádia optima, hlavne pre redšie koruny dvoch základných drevín (dub zimný, dub cerový) a prevažujúci voľný zápoj hornej vrstvy. Na výškovú diferenciáciu duba zimného aj v rámci vrstiev poukázala viacvrcholová krivka hrúbkových početností.

Z hrúbkových kriviek všetkých vývojových štádií a podielu produkčne využitého rastového priestoru je možné konštatovať, že dub zimný sa vyznačuje diferencovanejšou štruktúrou ako dub cerový. Percentuálny podiel duba zimného v spodnej a strednej vrstve je niekoľko násobne väčší, čo svedčí o vyššej požiadavke duba cerového na svetlo. V pokročilom štádiu optima je objemový podiel duba cerového väčší v porovnaní s dubom zimným, čo súvisí s jeho väčšou kompetičnou schopnosťou a rýchlejším produkčným uplatnením. Objemový podiel duba cerového v pokročilom štádiu rozpadu je v pomere k dubu zimnému podstatne menší, čo je dôsledok kratšieho fyzického veku duba cerového.

Práca vznikla s finančnou podporou grantu VEGA GL 1/0639/03.

Literatúra

Akça, A., Wolff, B. & Pahl, A., 1991: Waldkundliche Zustandeserfassung der Naturwaldzelle Hellberg mit Hilfe von permanenten Stichproben Forschungsbericht, Institut für Forsteinrichtung und Ertragskunde der Universität Göttingen.

Albrecht, L., 1990: Grundlagen, Ziele und Methodik der waldökologischen Forschung in Naturwaldreservaten. Naturwaldreservate in Bayern. Schriftenreihe des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten gemeinsam mit dem Lehrstuhl für Landschaftstechnik, Band 1, München, 221 s. und Anhang.

Bublinec, E. & Pichler, V., 2001: Pralesy Slovenska. Ústav ekológie lesa SAV vo Zvolene, 199 s.

Flury, PH., 1929: Über den Aufbau des Plenterwaldes. Mitteilungen der Schweiz. Zentralbl. für das forstl. Versuchswesen 323 s.

Korpeľ, Š., 1983: Štátna prírodná rezervácia Boky, Ochrana prírody 4, Príroda, Bratislava, 40.s

Korpeľ, Š., 1989: Pralesy Slovenska, Veda, Bratislava, 328 s.

Korpeľ, Š. & Saniga, M., 1995: Prírode blízke pestovanie lesa, Ústav pre výskum a vzdelávanie pracovníkov LVH, Zvolen, 158 s.

Petráš, R. & Pajtík, J., 1991: Sústava česko-slovenských objemových tabuliek drevín, Lesnícky časopis 37, č.1: s. 49–56.

Saniga, M., 2000: Pestovanie lesa, Technická univerzita vo Zvolene, ISBN 80-228-0916-0, 247 s.

Saniga, M. & Jaloviar, P., 2002: Dynamik des Totholzanteils im Rahmen des Entwicklungszyklus in den ausgewählten Urwäldern der Slowakei. TU Zvolen, Vedecké štúdie, 2/2002/A, 49 s.

Saniga, M. & Klimaš, V., 2004: Štruktúra, produkčné procesy a regenerácia pralesa Stužica v 4. lesnom vegetačnom stupni. Acta Facultatis Forestalis XLVI, s. 93–104.
Saniga, M. & Schütz, J. PH., 2002: Relation of dead wood course within the development cycle of selected virgin forests in Slovakia. Journal of forest science 48(12): s. 513–528.
Smejkal, G. M., Bindiu, C.& Visoiu – Smejkal D.,1995: Banater Urwälder. Mirton Verlag, Temesvar, 198 s.
Tabaku, V., 1999: Struktur von Buchen – Urwäldern in Albanien im Vergleich mit deutschen Buchen – Naturwaldreservaten und – Wirtschaftswäldern. 206 s.
Zelená správa, 2005: Správa o lesnom hospodárstve v Slovenskej republike 2005, Zvolen, Bratislava, LVÚ, MP SR: 201 s.

Adresa autora:
Ing. Vladimír Klimaš
Katedra pestovania lesa
Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
Masarykova 24
960 53 Zvolen

e-mail: klimas@vsld.tuzvo.sk

The analysis of structural diversity in the development stages of the mixed oak virgin forest in the National Nature Reserve Boky

Summary

This investigation has been carried out to study the structure of three development stages of virgin forest life cycle in the NNR Boky with the dominant of the sessile oak (*Quercus petraea* Mattusch.). The paper pays considerable attention to the sessile oak, which determine the life cycle, however the turkey oak (*Quercus cerris* L.) also takes notable part. The diameter distributions in all accounted development stages has shown that the sessile oak supports creating of more differentiated forest structure than the turkey oak. Evidence is presented suggesting that the typical one-layer structure is not achieved even in the advanced phase of the optimum stage. Growing stock of the turkey oak in the advanced phase of the disintegration stage is considerable lower than the growing stock of the sessile oak, what is caused by his lower physical age. Next result confirmed that if beech and hornbeam takes bigger part on the virgin forest canopy, natural regeneration of the sessile oak and the turkey oak is suppressed.

Translated by Z. Olšavská

ACTA FACULTATIS FORESTALIS XLVIII
ZVOLEN – SLOVAKIA 2006

VYBRANÉ MORFOLOGICKÉ ZNAKY PRIRODZENEJ OBNOVY SMREKA NA MODEROVOM DREVE A MINERÁLNEJ PÔDE A ICH VZÁJOMNÉ VZŤAHY

PETER J A L O V I A R – STANISLAV K U C B E L

Jaloviar, P., Kucbel. S.: Vybrané morfologické znaky prirodzenej obnovy smreka na moderovom dreve a minerálnej pôde a ich vzájpmné vzťahy. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLVIII**, 2006, s. 127–137.

V práci sa analyzujú vzájomné vzťahy konštantných hmotností častí semenáčikov, veku, počtu výhonkov posledného ročníka, výšky, hrúbky koreňového krčka a niektorých vybraných morfologických charakteristík koreňového systému. Semenáčiky pre analýzy boli odobraté v smrekovom horskom lese v západnej časti masívu Prašivej (Nízke Tatry). Odobratých bolo 86 semenáčikov z moderového dreva a 77 semenáčikov z minerálnej pôdy. Zistili sa veľmi tesné lineárne vzťahy medzi konštantnými hmotnosťami jednotlivých častí, pričom rozdiely spôsobené substrátom sú len náhodné. Vplyv veku na celkovú hmotnosť, hmotnosť častí semenáčikov aj ich vzájomný podiel je nízky. Počítanie výhonkov posledného ročníka ihlíc sa ukázalo ako spoľahlivá a rýchla nedeštruktívna metóda pre odhad celkovej hmotnosti semenáčika. Vplyv substrátu na vzťah počtu výhonkov a hmotnosti je významný, metóda sa javí ako presnejšia pre moderové drevo. Na základe pomeru hrúbky koreňového krčka a výšky semenáčikov sú semenáčiky z prirodzenej obnovy na oboch skúmaných substrátov štíhlejšie ako je požiadavka STN pre smrek na umelú obnovu. Zistil sa tiež tesný lineárny vzťah medzi rozvetvením koreňového systému a jeho dĺžkou ako aj medzi počtom koreňových špičiek a dĺžkou koreňového systému. Podiel špičiek s hrúbkou koreňov klesá exponenciálne, pričom táto závislosť je mimoriadne tesná s r = 0,99.

Kľúčové slová: prirodzená obnova, smrek obyčajný, koreňový systém, semenáčik

1. ÚVOD A PROBLEMATIKA

Vysokohorské smrečiny v 7. lesnom vegetačnom stupni predstavujú z hľadiska plnenia mimoprodukčných funkcií jeden z najdôležitejších lesných ekosystémov vôbec a to bez ohľadu na to, či sa jedná o prírodné, alebo antropicky ovplyvnené lesy. Pre zachovanie ich existencie je nevyhnutná viac-menej ich nepretržitá obnova. Ťažisko je v záujme zachovania autochtónnosti vysokohorských ekotypov smreka na prirodzenej obnove, umelá obnova má mať len doplnkový charakter. Z viacerých prác, zameraných na štúdium iniciálnych štádií prirodzenej obnovy smreka v horských oblastiach vyplýva, že za limitujúci faktor je považované teplo, resp. teplota v priestore koreňového systému (Ott et al. 1997,

Brang 1996, Eichrodt 1969). Obnova smreka na moderovom dreve pritom poskytuje vzídeným semenáčikom práve túto výhodu. Okrem toho má vznikajúca prirodzená obnova určitý výškový náskok pred okolitou vegetáciou a vzhľadom na rýchlejšie topenie snehu na ležiacom mŕtvom dreve tiež dlhšiu vegetačnú dobu.

Mork (1927) a Schmidt-Vogt (1991) uvádzajú, že z hľadiska minerálnej výživy nie je mŕtve drevo optimálny substrát. Klíčivosť smrekového semena je podľa ich zistení nižšia ako na minerálnej pôde. Korene vzídených semenáčikov sú však hneď po preniknutí semenným obalom infikované mykoríznou hubou čo spôsobuje, že ich prežívanie v prvých rokoch života je v porovnaní s minerálnou pôdou lepšie. Ďalšou výhodou mŕtveho dreva oproti minerálnej pôde je podľa Eichrodta (1969) trvalá prístupnosť kyslíka pre korene, pretože v prípade mŕtveho dreva neprichádza do úvahy uľahnutosť substrátu a dlhodobé zamokrenie.

Mori et al. (2004) na rozdiel od Morka (1927) uvádzajú, že počet vzídených jednoročných semenáčikov je závislý jedine od hustoty nasemenenia a teda že mŕtve drevo nijako neovplyvňuje klíčivosť. Na druhej strane zistili, že prežívanie jednoročných semenáčikov je lepšie na mŕtvom dreve, čo okrem iného dokazuje aj vyššia hustota viacročných jedincov na mŕtvom dreve. Príčinu vyššej mortality na iných substrátoch vidia v letných prísuškoch a napadnutí patogénnymi hubami.

Kupferschmid – Bugmann (2005) uvádzajú, že medzi tzv. priaznivé mikrostanovištia, na ktorých sa nachádza oveľa viac prirodzenej obnovy smreka ako by zodpovedalo ich podielu na ploche patrí aj ležiace moderové drevo. Schönenberger (2001) zistil, že čím sú podmienky prostredia horšie, tým je podiel týchto priaznivých mikrostanovíšť na obnove väčší. Podľa Branga (1998) je práve toto hlavným dôvodom vzniku hlúčikovitej porastovej štruktúry v smrečinách na hornej hranici lesa.

Holeksa (1998, 2001) a Vorčák (2005) zisťovali plošný podiel moderového dreva v oblasti Babej hory (NPR Babia hora / Narodowy park Babiogórsky). Obidvaja autori dospeli k záveru, že podiel prirodzenej obnovy smreka na moderovom dreve je neproporcionálne vyšší ako je jeho plošný podiel na porastovej ploche. Napríklad Holeksa (1998) uvádza sumárnu plochu mŕtveho dreva v rozsahu do 300 m^2 na 1 ha t. j. do 3 %. Podiel prirodzenej obnovy na mŕtvom dreve bez ohľadu na to, či sa jedná o ležiace kmene, pne a pod. je pritom približne 50 % z počtu všetkých jedincov dolnej vrstvy porastu.

Význam obnovy na moderovom dreve je teda nesporný. Aj keď doterajšie poznatky o obnove horských lesov a špeciálne o obnove na mŕtvom dreve sú pomerne obsiahle, informácie o morfologických znakoch obnovy sú dosť zriedkavé. Údaje sa týkajú v absolútnej väčšine len rozmerov nadzemných častí prípadne počtu výhonkov (Hunziker – Brang 2005). Aj preto je cieľom tejto práce analýza niektorých morfologických znakov nadzemných a podzemných častí prirodzenej obnovy smreka a ich vzájomných vzťahov v podmienkach horskej smrečiny. Ďalším cieľom je porovnanie týchto znakov s jedincami rastúcimi na minerálnej pôde.

2. MATERIÁL A METÓDY

Odber jedincov prirodzenej obnovy z moderového dreva a minerálnej pôdy sa vykonal v Nízkych Tatrách, v západnej časti masívu Prašivá (LHC Liptovská Osada) v júni a októbri 2005. Dielec 545c sa nachádza v nadmorskej výške 1160–1480 m n. m., na svahu so západnou až severozápadnou expozíciou. Patrí medzi ochranné lesy subkategórie b., jeho výmera je 24,2 ha a priemerný sklon 70 %. Je zaradený do edaficko-trofického radu A, najzastúpenejšou skupinou lesných typov je *Sorbeto-Piceetum* (60 %, lesný typ 7103), okrem nej sú zastúpené slt *Fagetum abietino-piceosum* (30 %, lesný typ 6102) a slt *Mughetum acidofilum* (10 %, lesný typ 8102). LHP uvádza priemerný vek porastu 180 rokov a zakmenenie 0,7. Drevinové zloženie je tvorené smrekom (100 %), v poraste sa ojedinele vyskytuje aj jarabina a kosodrevina. Podľa údajov LHP je stredná výška porastu 20 m, stredná hrúbka 34 cm, objem stredného kmeňa 0,7 m^3 a bonita 14.

V každom z dvoch termínov sa náhodným výberom odobrali jedince prirodzenej obnovy smreka z moderového dreva (86 ks) aj z minerálnej pôdy (77 ks). Semenáčiky sa odobrali vždy spolu so substrátom tak, aby nedošlo k poškodeniu koreňového systému. Vzhľadom na to, že najmä v moderovom dreve je zakorenenie aj najmladších vekových kategórií veľmi extenzívne obmedzil sa výber na jedince s maximálnou výškou do 20 cm. V laboratórnych podmienkach sa koreňový systém dôkladne očistil od substrátu, zmerala sa výška semenáčika s presnosťou na cm, hrúbka v koreňovom krčku (v mm) a zistil sa počet výhonkov posledného ročníka a vek semenáčika. Potom sa koreň oddelil od nadzemnej časti a jeho základné biometrické znaky sa analyzovali pomocou softwaru WinRhizo 2004a. Po analýze sa koreň aj nadzemná časť vysušili pri teplote 65 °C po dobu 72 hod. a stanovila sa konštantná hmotnosť koreňa, stonky a ihlíc v mg.

Vzájomné vzťahy sledovaných veličín sa zisťovali metódami lineárnej korelácie. Závislosti veličín sa hodnotili zvlášť pre každý substrát, na ich porovnanie sa použil test zhody regresných priamok (Meloun – Militký 1994).

3. VÝSLEDKY A DISKUSIA

3.1 Vzťahy konštantnej hmotnosti častí semenáčikov

Medzi konštantnou hmotnosťou asimilačných orgánov semenáčikov a konštantnou hmotnosťou ich koreňa existuje na obidvoch substrátoch pomerne tesná lineárna závislosť. Pre moderové drevo má priamka tvar y = 0,016 + 0,373 . x, r = 0,840, pre minerálnu pôdu je to y = 0,035 + 0,366 . x, r = 0,870. Test zhody regresných priamok ukázal, že rozdiely medzi nimi majú len náhodný charakter ($F_{2,159} = 1{,}35^{NS}$). Ako doplňujúca informácia slúži priemerná hodnota pomeru konštantnej hmotnosti ihlíc a koreňa. Pre moderové drevo má hodnotu 0,487 ± 0,227, pre minerálnu pôdu je to 0,539 ± 0,233. Rozdiel medzi týmito hodnotami je náhodný ($t = 1{,}04^{NS}$). V prípade mŕtveho dreva pripadá na koreň v priemere

19 % konštantnej hmotnosti, na stonku 38 % a na ihlice 43 %. Na minerálnej pôde je tento pomer veľmi podobný (19 % koreň, 40 % stonka, 41 % ihlice). Podiel koreňa na celkovej biomase semenáčika s rastúcim vekom klesá, ale závislosť podielu koreňa od veku semenáčika je len voľná (r = –0,43 pre moderové drevo a r = –0,42 pre minerálnu pôdu) a medzi substrátmi ani v tomto prípade nie sú štatisticky významné rozdiely ($F_{2,159} = 0,64^{NS}$).

Vzťah veku semenáčika a jeho konštantnej hmotnosti je tiež len veľmi voľný. V prípade moderového dreva má funkcia tvar: y = –0,595 + 0,088 . x s korelačným koeficientom r = 0,50. Na minerálnej pôde je to y = –0,181 + 0,109 . x, r = 0,33. Vek má podľa týchto výsledkov v začiatočnej fáze života prirodzenej obnovy len pomerne malý vplyv na vyspelosť jedincov. Jeho vplyv je prekrytý inými faktormi, pričom význam veku je rovnako malý v prípade minerálnej pôdy, ako aj na moderovom dreve. Podiel koreňa na celkovej hmotnosti semenáčika nezávisí ani od jeho samotnej celkovej hmotnosti, t. j. zostáva pri vysokej variabilite viac-menej konštantný pri rôzne veľkých semenáčikoch.

Doterajšie poznatky o závislosti veku a biomasy prípadne prírastkov v podmienkach diferencovaných porastov nie sú jednoznačné. Väčšinou sa za samozrejmosť považuje zväčšovanie biomasy a akcelerácia prírastkov so zvyšujúcim sa vekom jedinca. Na druhej strane napríklad Hunziker – Brang (2005) zistili, že prírastky smreka a jedle v podmienkach horského lesa (južná časť švajčiarskych Álp) s vekom klesajú. Taktiež vzťah medzi prírastkom konštantnej hmotnosti a vekom je podľa ich údajov veľmi voľný ($r^2 = 0,086$ pre jedľu a 0,292 pre smrek).

Vencurik (2004) na smrekoch spodnej vrstvy výberkového lesa s hrúbkou do 7 cm zistil, že na čiastkových plochách s vysokým stupňom clonenia (nad 50%) existuje len veľmi malý vplyv hrúbky resp. výšky jedinca na jeho prírastok.

3.2 Vzťah počtu výhonkov a konštantnej hmotnosti semenáčikov

Hunziker – Brang (2005) uvádzajú, že počítanie výhonkov, ktoré nesú posledný ročník ihlíc je jednoduchá a spoľahlivá metóda na rýchly a nedeštruktívny odhad konštantnej hmotnosti celých semenáčikov, resp. vzhľadom na už spomenuté závislosti aj ich častí. Treba však upozorniť na to, že nie každé zakončenie vetvičiek semenáčika predstavuje posledný ročník.

V prípade oboch substrátov sa zistil tesný lineárny vzťah medzi počtom výhonkov posledného ročníka a hmotnosťami jednotlivých častí semenáčikov. Prehľad o parametroch korelácií a o významnostiach rozdielov regresných priamok sa nachádza v tabuľke 1.

Vzťah celkovej hmotnosti a počtu výhonkov posledného ročníka má na moderovom dreve aj na minerálnej pôde veľmi podobný priebeh (obr. 1). Regresné priamky sú takmer rovnobežné, ale vzhľadom na tesnosť závislosti a nízku variabilitu sa od seba veľmi významne odlišujú. To isté platí aj pre vzťah konštantnej hmotnosti koreňov a počtu výhonkov posledného roka (tab. 1) s tým rozdielom, že závislosť je tu voľnejšia.V prípade

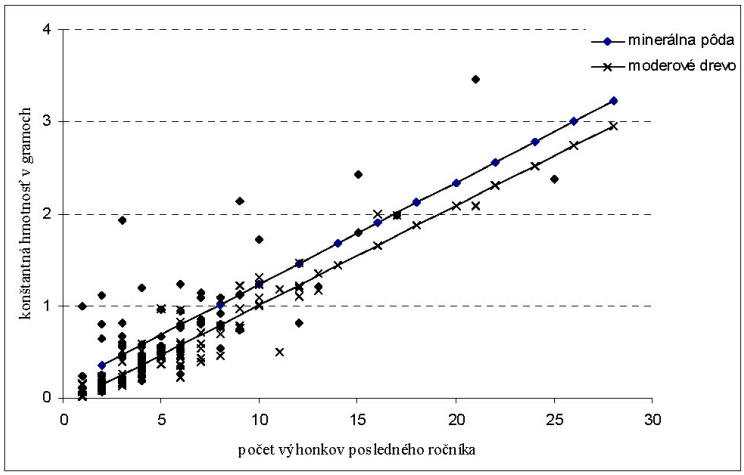
konštantnej hmotnosti ihlíc sú priamky rôznobežné, ale tiež štatisticky významne odlišné. Vo všetkých troch prípadoch je závislosť tesnejšia na moderovom dreve. Takisto vo všetkých prípadoch platí, že na rovnaký počet výhonkov pripadajú väčšie hmotnosti jednotlivých častí na minerálnej pôde ako na moderovom dreve. Reziduálne rozptyly hodnôt okolo regresnej priamky sú na moderovom dreve 2–5-krát nižšie ako na minerálnej pôde. Metóda odhadu konštantnej hmotnosti semenáčikov podľa počtu ich výhonkov posledného ročníka je teda spoľahlivejšia pre odhad na moderovom dreve.

Tabuľka 1 Parametre lineárnej korelácie medzi počtom výhonkov posledného ročníka a hmotnosťou semenáčikov a ich častí

Tabelle 1 Die Parameter der linearen Korrelation zwischen der Anzahl der letztjährigen Austriebe und dem Trockengewicht der Sämlinge und deren Teile

Závislá veličina[1]	Substrát[5]	a	b	r	r^2	F
celková hmotnosť[2]	moderové drevo[6]	–0,072	0,108	0,929	0,863	7,515***
	minerálna pôda[7]	0,132	0,110	0,789	0,623	
hmotnosť koreňa[3]	moderové drevo	–0,0025	0,018	0,827	0,684	5,614**
	minerálna pôda	0,043	0,018	0,707	0,500	
hmotnosť ihlíc[4]	moderové drevo	–0,031	0,047	0,923	0,851	5,85**
	minerálna pôda	0,016	0,052	0,808	0,652	

[1]abhängige Variable, [2]gesamtes Trockengewicht, [3]Trockengewicht des Wurzelsystems, [4]Trockengewicht der Nadel, [5]Substrat, [6]Moderholz, [7]Mineralboden



Obr. 1 Závislosť konštantnej hmotnosti semenáčikov od počtu výhonkov posledného ročníka na minerálnej pôde a mŕtvom dreve

Abb. 1 Die Abhängigkeit des Trockengewichtes der Fichtensämlinge von der Anzahl der letztjährigen Austriebe auf dem Mineralboden und auf dem Moderholz

3.3 Vzťah výšky a hrúbky koreňového krčka

Tento vzťah predstavuje dôležitý kvalitatívny ukazovateľ vyspelosti semenáčikov a sadeníc, ktorý sa používa napríklad pre hodnotenie kvality sadbového materiálu pre umelú obnovu (Kolektív 2000). STN 48 2211 uvádza pre smrek, že pri semenáčikoch s výškou 15–20 cm má byť hrúbka krčka 4 mm. Pomer výšky k hrúbke by sa teda mal pohybovať v rozpätí od 37,5 do 50.

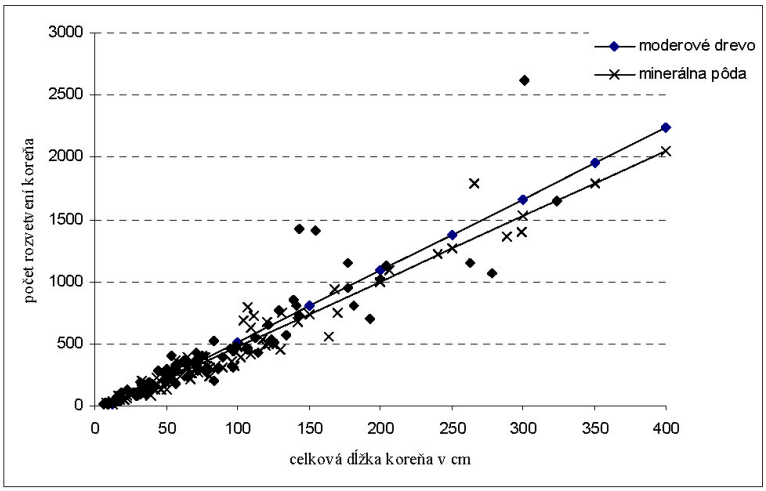
Semenáčiky ktoré sme hodnotili nedosahovali ani v jednom prípade výšku viac ako 20 cm. Zistený pomer výšky k hrúbke koreňového krčku je však vyšší ako údaje odvodené z STN. V prípade mŕtveho dreva je to v priemere 73,5 ± 35,5, minimálna hodnota je 26,9, maximálna hodnota je 118,2. Najmenšia hrúbka koreňového krčku mala hodnotu 0,1 mm, najvyššia hrúbka bola 3,4 mm. V prípade minerálnej pôdy je priemerná hodnota pomeru 65,0 ± 16,51 s minimom 30,76 a maximom 112,5. Zistené hrúbky koreňového krčka sa tu pohybovali v rozpätí od 0,5 do 3,9 mm. V priemere sú teda semenáčiky na moderovom dreve štíhlejšie ako na minerálnej pôde. Z hľadiska tohto ukazovateľa je obnova na minerálnej pôde homogénnejšia ako na moderovom dreve.

3.4 Vybrané morfologické parametre koreňových systémov a ich vzťahy

Substrát, v ktorom rastú korene akejkoľvek rastliny má zásadný vplyv na ich morfológiu. Ovplyvňovanie koreňového systému, ktoré je dané predovšetkým fyzikálnymi a chemickými vlastnosťami substrátu, ako aj prítomnosťou ďalších organizmov smeruje k vysokej heterogenite koreňového systému. Lesné pôdy predstavujú vo všeobecnosti heterogénne prostredie, ktoré následne spôsobuje vysokú heterogenitu koreňového systému jedincov prirodzenej obnovy už v najmladších fázach života.

Údaje o rozvetvení koreňového systému sú jedným z výstupov softwaru WinRhizo. Vzhľadom na rozdielnu veľkosť semenáčikov nebolo možné porovnávanie absolútnych počtov, preto sa porovnávali závislosti počtu rozvetvení od celkovej dĺžky koreňa. Na porovnanie sa využila metóda lineárnej korelácie, ktorej výsledky sú uvedené v tabuľke 2.

Rozdiel medzi závislosťami, ktorý je vidno z obrázku 2 je na základe výsledkov testu zhody regresných priamok len náhodný, t. j. rozdiely v rozvetvenosti v moderovom dreve a v minerálnej pôde nie sú významné. Z vysokej tesnosti korelácie vyplýva, že v najmladších fázach života prirodzenej obnovy rastie rozvetvenosť priamo úmerne s dĺžkou. Až ďalším rastom dochádza k hrubnutiu koreňov, znižovaniu podielu jemných koreňov na celom koreňovom systéme a predlžovaniu hrubých segmentov. Dôsledkom tohto javu je potom zmena lineárneho vzťahu dĺžky koreňa a jeho rozvetvenia na prevažne exponenciálny, pričom s rastúcou celkovou dĺžkou klesá rozvetvenosť koreňov. Köstler et al. (1968) uvádza, že v závere života dochádza okrem sploštenia aj k určitému zjednodušeniu koreňového systému, čím má na mysli práve zmenšenie jeho rozvetvenosti.



Obr. 2 Lineárne závislosti počtu rozvetvení koreňa od jeho celkovej dĺžky pre moderové drevo a minerálnu pôdu

Abb. 2 Lineare Korrelationen der Anzahl der Wurzelverzweigung und der gesamten Wurzellänge im Mineralboden und im Moderholz

Tabuľka 2 Parametre lineárnej korelácie medzi celkovou dĺžkou koreňa a počtom rozvetvení pre moderové drevo a minerálnu pôdu.

Tabelle 2 Die Parameter der linearen Korrelation zwischen der gesamten Wurzellänge und der Anzahl der Wurzelverzweigungen im Mineralboden und im Moderholz

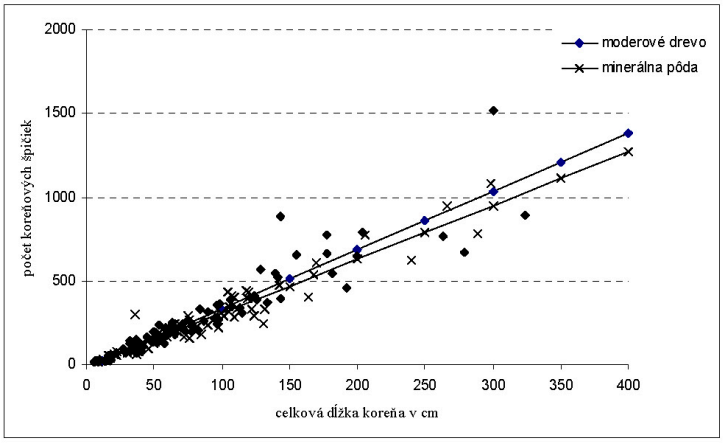
Substrát[1]	a	b	r	r^2	F
moderové drevo[2]	–60,3	5,75	0,911	0,830	$1{,}284^{NS}$
minerálna pôda[3]	–55,28	5,28	0,954	0,910	

[1]Substrát, [2]Moderholz, [3]Mineralboden

Počet zakončení koreňa je dôležitým ukazovateľom vitality koreňového systému najmä z toho dôvodu, že pri každej živej špičke sa nachádza zóna predĺžených epidermálnych buniek – koreňových vláskov. Tieto efektívne zväčšujú povrch jemných koreňov a majú tak rozhodujúcu funkciu v príjme vody a minerálnych živín.

Rovnako ako v predchádzajúcom prípade, aj tu sa hodnotil vzťah počtu špičiek a dĺžky koreňov.

Rozdiely v závislosti počtu špičiek od celkovej dĺžky medzi substrátmi nie sú štatisticky významné. Priemerný počet špičiek na 1 cm celkovej dĺžky koreňa je približne rovnaký pri oboch substrátoch. Pre moderové drevo je to 3,14 ± 0,77 ks na 1 cm, pre minerálnu pôdu je to 2,98 ± 0,83 ks na 1 cm. Hodnoty sa od seba líšia len náhodne ($t = 0{,}8311^{NS}$).



Obr. 3 Lineárne závislosti počtu koreňových špičiek od jeho celkovej dĺžky pre moderové drevo a minerálnu pôdu.
Abb. 3 Lineare Korrelationen der Anzahl der Wurzelspitzen und der gesamten Wurzellänge im Mineralboden und im Moderholz

Tabuľka 3 Parametre lineárnej korelácie medzi celkovou dĺžkou koreňa a počtom špičiek pre moderové drevo a minerálnu pôdu.
Tabelle 3 Die Parameter der linearen Korrelation zwischen der gesamten Wurzellänge und der Anzahl der Wurzelspitzen im Mineralboden und im Moderholz

Substrát[1]	a	b	r	r^2	F
moderové drevo[2]	–14,9	3,50	0,928	0,862	$1,7467^{NS}$
minerálna pôda[3]	–14,24	3,22	0,957	0,916	

[1]Substrat, [2]Moderholz, [3]Mineralboden

Najviac špičiek sa nachádza na koreňoch najtenšej hrúbkovej triedy s hrúbkou do 0,5 mm. Na moderovom dreve je to 93,4 %, na minerálnej pôde je to 92,5 %. V ďalších hrúbkových triedach rapídne ubúda počet špičiek, na koreňoch s hrúbkou do 1,5 mm sa vyskytuje v priemere viac ako 99,6 % (moderové drevo) resp. 99,3 % (minerálna pôda) všetkých špičiek. Závislosť priemerných podielov špičiek v jednotlivých hrúbkových triedach od hrúbky je exponenciálna a veľmi tesná. Pre moderové drevo má funkcia tvar: $y = 0,0012 + e^{(1,37–5,76 \cdot x)}$, korelačný koeficient r = 0,99. Pre minerálnu pôdu má tvar: $y = 0,0017 + e^{(1,32–5,61 \cdot x)}$ s r = 0,99.

V tabuľke 4 je uvedený prehľad o priemerných počtoch koreňových špičiek, pripadajúcich na 1 cm dĺžky koreňa v príslušnej hrúbkovej triede. Zohľadnili sa len prvé tri triedy (hrúbka do 1,5 mm).

Tabuľka 4 Priemerný počet koreňových špičiek na 1 cm dĺžky koreňov v príslušnej hrúbkovej triede
Tabelle 4 Die durchschnittliche Anzahl der Wurzelspitzen auf 1 cm der Wurzellänge in entsprechender Stärkeklasse

Hrúbková trieda[4]	0,0–0,5 mm		0,5–1,0 mm		1,0–1,5 mm	
substrát[1]	$\bar{x}$	s_x	$\bar{x}$	s_x	$\bar{x}$	s_x
minerálna pôda[2]	4,80	1,75	0,58	0,31	0,76	0,87
moderové drevo[3]	4,53	1,31	0,66	0,41	0,73	0,88

[1]Substrat, [2]Moderholz, [3]Mineralboden, [4]Stärkeklasse

Smerom k vyšším hrúbkovým triedam klesá počet zakončení na 1 cm a stúpa variabilita. Medzi obidvoma substrátmi v tejto charakteristike nie sú významné rozdiely.

Pre koreňový systém smreka, najmä v mladšom veku je charakteristické vytváranie tzv. adventívnych koreňov. Sú to korene, ktoré vyrastajú z bázy stonky potom, ako túto časť stonky prekryje substrát. Prekrytie spôsobuje na minerálnej pôde prevažne hromadenie a rozklad opadu, na moderovom dreve bolo najčastejšou príčinou hromadenie rozkladajúcich sa stielok machorastov. Tvorba adventívnych koreňov sa považuje za žiadanú vlastnosť a cielene sa dá využívať pri umelej obnove smreka.

Adventívne korene malo na mŕtvom dreve 56 % jedincov, na minerálnej pôde to bolo 38 %. Ak predpokladáme, že schopnosť tvorby týchto koreňov je daná všetkým jedincom, potom rozdiel môže byť spôsobený len substrátom. Prekrytie bázy kmienka semenáčika je rýchlejšie na moderovom dreve, kde je spôsobené prevažne rastom a odumieraním machov. V tejto súvislosti treba upozorniť na to, že meranie výšky nadzemnej časti jedincov prirodzenej obnovy od najmladšieho veku a najmä odhad ich veku priamo v teréne môže byť zaťažené vysokou chybou, pretože adventívne korene vyrastajú často aj z 3–4 internódia, čo môže predstavovať aj niekoľko centimetrov nad pôvodným koreňovým krčkom.

4. ZÁVER

Z výsledkov hodnotenia niektorých morfologických znakov a biometrických parametrov prirodzenej obnovy smreka na moderovom dreve a na minerálnej pôde vyplývajú niektoré závislosti. Vek semenáčikov nie je ani na moderovom dreve ani na minerálnej pôde rozhodujúcim faktorom, ktorý ovplyvňuje veľkosť semenáčikov. Vek má taktiež len malý vplyv na podiel hmotnosti jednotlivých častí semenáčika z celkovej biomasy. Podiely týchto častí sú na moderovom dreve a na minerálnej pôde podobné.

Medzi konštantnými hmotnosťami jednotlivých častí existuje pomerne tesný lineárny vzťah, pričom rozdiel v regresných priamkach vyjadrujúcich tieto vzťahy na rozdielnych substrátoch je náhodný.

Potvrdilo sa, že počítanie výhonkov posledného ročníka ihlíc je efektívnou metódou pre nedeštruktívny odhad konštantnej hmotnosti jednotlivých častí semenáčika. Závislosť medzi počtom výhonkov a hmotnosťou je tesná a pre oba substráty rozdielna.

Morfologické ukazovatele koreňových systémov sa pre oba substráty nelíšia významne. Rozvetvenosť koreňového systému rastie s dĺžkou, čo je výsledkom toho, že koreňový systém skúmaných semenáčikov tvoria prevažne resp. pri najmenších jedincoch výhradne len jemné korene. Podobný vzťah ja aj v prípade koreňových špičiek. Najviac koreňových špičiek pripadá na hrúbkovú triedu koreňov od 0,0 do 0,5 mm.

5. Literatúra

Brang, P., 1996: Experimentelle Untersuchungen zur Ansamungsökologie der Fichte im zwischenalpinen Gebirgswald. Diss ETH. 77 s.

Brang, P., 1998: Early seedling establishment of Picea abies in small forest gaps in the Swiss Alps. *Canadian Journal of Forest Research*.**28**:626–639.

Eichrodt., R., 1969: Über die Bedeutung von Moderholz für die natürliche Verjüngung im subalpinen Fichtenwald. Doktorská práca, ETH Zürich.

Hunziker, U., Brang, P., 2005: Microsite patterns of conifer seedling establishment and growth in a mixed stand in the southern Alps. *Forest ecology and management* **210**: 67–79.

Holeksa, J., 1998: Warunky odnowienia świerka a wielkopowierzchniovy rozpad warstvy drzew w Karpackim borze górnoreglowym. *Stav, vývoj, produkčné schopnosti a využívanie lesov v oblasti Babej hory a Pilska*. Zvolen, 40–54.

Holeksa, J., 2001: Coarse woody debris in a Carpathian subalpine spruce forest. *Forstwissenschaftliches Zentralblatt* **120**:256–270.

Kolektív, 2000: STN 48 22 11.

Köstler, J.N., Brückner, E., Bibelriether, H., 1968: Die Wurzel der Waldbäume. Paul-Parey-Verlag. Berlin, Hamburg 282 s.

Kupferschmid, A.D., Bugmann, H., 2005: Effect of microsites, logs and ungulate browsing on Picea abies regeneration in a mountaim forest. *Forest Ecology and Management* **205**:251–265.

Meloun, M., Militký, J., 1994: Statistické spracování experimentálních dat. Plus, Praha.

Mork, E., 1927: Granskogens foryngelsesforhold i Namdalstraktene. Medd. Fra det norske Skogforsoksvesev. Oslo 8:40–70.

Mori, A., Mizumachi, E., Takashi, O., Yusuke, D., 2004: Substrate associated seedling recruitment and establishment of major conifer spedies in an old-growth subalpine forest in central Japan. *Forest Ecology and Management*. **196**:287–297.

Ott, E., Frehner, M., Frey, H. U., Lüscher, P., 1997: Gebirgsnadelwälder. Haupt Verlag, Bern, Stuttgart, Wien.288 pp.

Schönenberger, W., 2001: Cluster afforestation for creating diverse mountain forest structures. *Forest Ecology and Management* **145** (1-2):121–128.

Schmidt-Vogt, H., 1991: Die Fichte, Bd. II/3. Paul Parey, Hamburg, Berlin, 305–305.

Vencurik, J., 2004: Dynamika výškových presunov jedle v spodnej vrstve výberkového lesa v oblasti Oravských Beskýd. Beskydy 17:(95–102).

Vorčák, J., 2005: Štrukturálna diverzita vybraných horských lesov Oravských Beskýd a Západných Tatier vo väzbe na ich ekologickú stabilitu. Dizertačná práca. TU Zvolen.

Adresa autora:
Ing. Peter Jaloviar, PhD.
Ing. Stanislav Kucbel
Katedra pestovania lesa
Lesnícka fakulta TU vo Zvolene
Masarykova 24
960 53 Zvolen

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

Ausgewählte morphologische Parameter der Naturverjüngung der Fichte auf dem Mineralboden und auf dem Moderholz und deren Beziehungen

Zusammenfassung

Die Arbeit wertet einige morphologische Parameter und deren Beziehungen der auf dem Mineralboden und auf dem Moderholz wachsenden Fichtensämlinge aus. Sämlinge aus der Naturverjüngung auf dem Mineralboden und auf dem Moderholz mit einer Höhe bis 20 cm wurden untersucht.

Der Alter der Sämlinge ist kein entscheidender Faktor, der die Größe der Sämlinge beeinflusst. Der Alter beeinflusst den Anteil der Pflanzenteile auch nur wenig. Die Anteile der Wurzel, Nadel und des Stiels unterscheiden sich zwischen den beiden Substraten nicht. Die Trockengewichte der Teile sind eng untereinander korreliert.

Die Anzahl der Austriebe des letzten Jahrgangs zeigt sich als eine schnelle, effektive und genaue Methode der Ermittlung von Trockengewichten der einzelnen Pflanzenteile und der ganzen Pflanze. Die Abhängigkeit des Trockengewichtes ist für beide Substrate unterschiedlich.

In den morphologischen Parametern der Wurzelsysteme unterscheiden sich die Pflanzen nur zufällig. Die Verzweigung des Wurzelsystems wächst mit dessen Gesamtlänge proportional. Eine ähnliche Beziehung ist auch zwischen den Wurzelspitzen und der Gesamtlänge zu finden.

ACTA FACULTATIS FORESTALIS XLVIII
ZVOLEN – SLOVAKIA 2006

ANALÝZA RASTOVÝCH A REGENERAČNÝCH PROCESOV V PORASTE POD HORNOU HRANICOU LESA NA LOKALITE SMREKOVICA

SLAVOMÍR P E R N I Š – KAROL G U B K A

Perniš, S., Gubka, K.: Analýza rastových a regeneračných procesov v poraste pod hranicou lesa na lokalite Smrekovica. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLVIII**, 2006, s. 139–153.

Lesy v oblasti hornej hranice lesa patria v lesnom hospodárstve k ekonomicky málo efektívnym. Ako ochranné lesy boli na pokraji hospodárskeho záujmu, neboli koncepčne vychovávané ani obnovované, aj keď v niektorých pohoriach boli voči prirodzenému stavu značne zmenené. Záujem o oblasť hornej hranice lesa sa u nás sústreďuje hlavne na riešenie širšieho komplexu otázok, ktoré sa bezprostredne týkajú lesnej prevádzky. Dôležitejšie ako samotná produkcia dreva sú v týchto porastoch mimoprodukčné funkcie, ktoré vyplývajú zo špecifických podmienok horských polôh. Práca sa zaoberá analýzou rastových a regeneračných procesov v porastoch s bezprostredným kontaktom s hornou hranicou lesa v oblasti Smrekovice vo Veľkej Fatre. Objektom výskumu bola trvalá výskumná plocha(TVP) o výmere 0,6 ha rozdelená na šesť čiastkových výskumných plôch s veľkosťou 20 x 50 m založená v dielci 552 na území LHC Rakytov. Na TVP bol posúdený súčasný stav porastu a jeho schopnosť zabezpečiť žiadúce funkčné pôsobenie, takisto bola vykonaná analýza kvantitatívnych a kvalitatívnych biometrických znakov porastu.

Kľúčové slová: horná hranica lesa, štruktúra, smrek, obnova

1. ÚVOD A PROBLEMATIKA

Les je základný a najstabilnejší ekosystém, nenahraditeľný krajinotvorný prvok a rozhodujúci komponent životného prostredia. Predstavuje vrcholný a najdôležitejší článok vývoja rastlinných spoločenstiev na zemi. Je neoddeliteľnou súčasťou vysokých pohorí, ktoré sú typickým krajinným systémom v našich podmienkach. Človek svojou činnosťou negatívne zasiahol do vývoja celej biosféry. Narušil jej prírodné cykly a tým aj globálnu ekologickú stabilitu. Ukazuje sa, že poškodzovanie lesov, ktoré sa prejavuje ich odumieraním, absenciou regenerácie, redukciou prírastku a ubúdaním druhovej diverzity, je už celosvetovým problémom. Najviac sú ohrozené spoločenstvá so vzácnymi druhmi, zvyčajne legislatívne chránené, ako prírodné rezervácie, národné parky, alebo dokonca svetové prírodné dedičstvo (Glick, 1995, Fleischer, 1999). K najcitlivejším na antropické vplyvy patria vysokohorské spoločenstvá (Stolina, 1989, Midriak, 1994, Hamilton, 1996, Stone, 1996). Lesy vo všeobecnosti poskytujú rozličné úžitky pre spoločnosť, z ktorých priority majú obchod s produktmi z lesnej výroby, ochrana pôdy, vody, rekreácia atď.

Obzvlášť sa to týka horských lesov, kde v poslednej dobe tlak na produkciu drevnej hmoty, vyvolávaný niektorými užívateľmi, dramaticky vzrástol. Horské lesy prispievajú k ochrane pôd, zvyšujú rozlohu výskytu jednotlivých druhov fauny a flóry, svojim pôsobením prispievajú nielen k zvyšovaniu ekologickej stability v horských oblastiach, ale v celej krajine (Buttoud, 2002, Hladík et al. 1993).

Jedným z kritérií na zaradenie pohorí do kategórie vysokých pohorí v podmienkach našej krajiny je okrem minimálnej nadmorskej výšky aj vytvorená horná hranica lesa, ktorá je nápadným a výrazným prírodným javom. Horná hranica lesa je jedinečným územím, kde lesné dreviny zápasia o svoje uchovanie v extrémnych ekologických pomeroch a kde sa ľudské vplyvy poškodzovaním lesnej vegetácie prejavujú zvlášť škodlivo. Kľúčom k pochopeniu funkčnej účinnosti lesov, je poznanie vplyvu lesného a prírodného prostredia na produkčný proces a ekologickú stabilitu lesných ekosystémov. Lesné horské ekosystémy sú rozmanitého charakteru v závislosti od ich celkovej veľkosti, zemepisnej polohy a nadmorskej výšky a ďalších faktorov. Horské lesy predstavujú lesné porasty nachádzajúce sa vo vysokých polohách pohorí, zaberajú piaty až siedmy lesný vegetačný stupeň (Hladík in Ott et al. 1995), prípadne k nim priraďujeme ôsmy kosodrevinový lesný vegetačný stupeň (Hančinský, 1972, Midriak, 1982). Do horských oblastí môžeme zaradiť územie Slovenska ležiace v nadmorskej výške nad 800 m. Toto územie zaberá približne 655 tisíc hektárov plochy, čo je 13,4 % z celkovej rozlohy štátu. Prevažná časť horských oblastí, takmer 92 %, sa nachádza v nadmorskej výške od 800 m do 1450 m. (Priwitzer et al. 2001).

Horské oblasti, vzhľadom na veľmi častý výskyt extrémnych podmienok, sú veľmi krehké ekosystémy a rýchlo podliehajú zmenám. Lesy horských oblastí, nachádzajúce sa v 5. až 7. (8.) lesnom vegetačnom stupni, sú mimoriadne dôležitým stabilizačným prvkom v krajine, ale aj dôležitým regulačným faktorom hydrických, eróznych a ďalších procesov. Tieto lesy plnia hlavne ekologické funkcie s pôdoochranným účinkom protieróznym, protizosuvným, protideflačným a protilavínovým, taktiež chránia nižšie položené porasty (Gubka, 1997, Réh, 1997). Horské lesy najmä v 7. lesnom vegetačnom stupni majú vo väčšine prípadov, zmenenú porastovú štruktúru na veľkých plochách. Vysokohorské smrečiny boli ponechané na prirodzený vývoj. Ich nepriaznivý zdravotný stav je poznamenaný pôsobením škodlivých činiteľov, imisií, drsnými prírodnými podmienkami, odľahlosťou, neprístupnosťou a dlhodobým obmedzovaním hospodárskych opatrení. Pri skúmaní životného cyklu prírodných smrekových lesov boli s ohľadom na ich požadované ochranné pôsobenie zistené niektoré nepriaznivé tendencie. Išlo hlavne o sklon k vytváraniu málo stabilnej jednovrstvovej výstavby s horizontálnym zápojom, stagnáciu regeneračných procesov a náchylnosť na kalamitný priebeh rozpadu. Dôsledkom bola na pomerne dlhý čas strata požadovanej funkčne účinnej štruktúry. Na základe týchto poznatkov vyslovili viacerí autori (Ott, 1976, Leibundgut, 1978, Korpeľ, 1980, Korpeľ et al. 1995, Mayer et al. 1991) presvedčenie, že smrekové lesy subalpínskeho stupňa môžu byť trvale udržiavané v stave optimálneho ochranného pôsobenia len prostredníctvom neustálych pestovných zásahov. Hlavným cieľom je zabezpečenie trvalej prítomnosti funkčných porastov

pod hornou hranicou lesa. Okrem dokonalého poznania ich súčasnej štruktúry je jednou zo zásadných otázok posúdenie stavu prirodzenej obnovy a tým i dynamiky potenciálnej regenerácie v týchto porastoch (Kucbel, 2000, Gubka, 1996, 1999, 2000).

Hoci je súčasný stav týchto porastov sčasti dôsledkom pestovného zanedbania, prvotná príčina sa nachádza mimo lesného hospodárstva. Napriek tomu, že existujú možnosti riešenia, spoločnosť nie je v súčasnej zložitej ekonomickej situácií schopná poskytnúť prostriedky, ktoré sú spojené s nákladnými revitalizačnými projektmi a ktoré lesníctvo nie je schopné pokryť z vlastných zdrojov.

Cieľom práce je urobiť čiastočnú analýzu štruktúry časti porastu , ktorý sa nachádza bezprostredne pod hornou hranicou lesa, ako aj regeneračných procesov vo väzbe na nadmorskú výšku.

2. MATERIÁL A METODIKA

Za účelom sledovania štruktúry, rastových a regeneračných procesov v porastoch na hornej hranici lesa bola založená v roku 2005 trvalá výskumná plocha (TVP) zložená z šiestich čiastkových výskumných plôch. Skúmaná plocha sa nachádzala v dielci 552 na lokalite Smrekovica vo Veľkej Fatre (LS Liptovská Osada, LHC Rakytov).

Charakteristika porastu:

Dielec č. 552:	plocha 16,30 ha, JZ expozícia, sklon 65 %, vek 180 rokov, zakmenenie 0,6
Zastúpenie drevín:	Sm 90 %, Bk 10 %
Stredná výška:	Sm 20 m, Bk 17 m
Stredná hrúbka:	Sm 37 cm, Bk 21 cm
Bonita:	Sm 14, Bk 12
Fenotyp:	Sm 15, Bk 15

Porast tvorí hrubá kmeňovina, rôznoveká, ojedinele sa vyskytuje jedľa, javor horský a jarabina vtáčia. Na severe sú 2/3 porastu slabšieho vzrastu, smreky sú hlboko zavetevené, v medzerách sa nachádzajú jedince smreka z prirodzeného zmladenia.

Založená plocha mala výmeru 0,6 ha a rozmery 20 m x 300 m s dlhšou stranou po spádnici. Táto trvalá výskumná plocha (TVP) bola označená ako TVP A a bola rozdelená na menšie čiastkové plochy A1 až A6, pričom každá z nich mala rozmery 20 m x 50 m a výmeru 0,1 ha. Tri čiastkové plochy v rôznych nadmorských výškach (A1 – v 1395 m. n. m., A3 – 1365 m. n. m., A5 – 1310 m. n. m) boli vylíšené ako tranzekty pre podrobnejšiu evidenciu.

V rámci rozboru štruktúry porastu bol na živých stromoch na každej čiastkovej ploche (A1–A6) evidovaný druh dreviny, hrúbka $d_{1,3}$ (s presnosťou na 1 mm), biosociologické postavenie jedinca podľa Polanského (1 – predrastavý, 2 – úrovňový, 3 – vrastavý, 4 – podúrovňový), kvalita kmeňa (1 – výborná, 2 – priemerná, 3 – podpriemerná), kvalita koruny (1 – symetrická s dĺžkou nad 1/3 výšky stromu, 2 – mierne asymetrická s dĺžkou

cca 1/3 výšky stromu, 3 – veľmi asymetrická a krátka koruna). Na odumretých stojacich stromoch bola evidovaná ich hrúbka, výška a biosociologické postavenie. Na ploche tranzektov sa naviac zisťovala výška (s presnosťou na 0,5 m) a výška nasadenia koruny (s presnosťou na 0,5 m).

Analýza stavu prirodzenej obnovy sa vykonávala na všetkých čiastkových plochách(A1–A6), pričom zmladenie bolo evidované podľa druhu dreviny a výšky (výškové kategórie do 20cm, 21–50 cm, 51–80 cm, 81–130 cm, nad 130 cm). V rámci výškovej kategórie do 20 cm sa zmladenie rozlišovalo aj podľa veku na 1, 2, 3, 4, a 5 a viacročné.

3. VÝSLEDKY

Výrazným znakom porastov 7. lesného vegetačného stupňa (lvs) bezprostredne pod hornou hranicou lesa sú dynamické zmeny štruktúry už pri relatívne malých zmenách nadmorskej výšky. V nami analyzovanom poraste, ktorý má 180 rokov sa tento poznatok potvrdzuje pri väčšine sledovaných znakov štruktúry.

Dominantnou drevinou na trvalej výskumnej ploche A (TVP A) je smrek. V nižších polohách pristupuje niekoľko jedincov jarabiny vtáčej (*Sorbus aucuparia* L.). Analýza početnosti živých stromov na jednotlivých čiastkových plochách poukazuje na veľké rozdiely. Najviac živých jedincov (470 ks.ha^{-1}) sme zistili na čiastkovej ploche (A1) bezprostredne pod hornou hranicou lesa, v priemernej výške 1395 m. n. m.. Počet živých stojacich stromov sa s klesajúcou nadmorskou výškou znižuje. V nadmorskej výške 1335 m sme zistili v prepočte na 1 ha len 160 živých stojacich stromov. V rozpätí 60 m nadmorskej výšky poklesla početnosť živých stromov o 66 %. S ďalším poklesom nadmorskej výšky sa počet živých stojacich stromov mierne zvyšuje (tab. 1).

Tab. 1 Analýza početnosti stojacich stromov na sledovaných čiastkových plochách (A1–A6) v prepočte na 1 ha (Smrekovica 2005)

Tab. 1 Analyse der Stammzahl von stehenden Bäumen auf untersuchten Teilflächen (A1–A6) hochgerechnet auf 1 ha (Smrekovica 2005)

	Stromová trieda[4]	A 1 1395 m. n. m.		A 2 1380 m. n. m.		A 3 1365 m. n. m.	
		N/ha	%	N/ha	%	N/ha	%
živé[1]	1	60	9,38	60	10,91	110	26,83
	2	290	45,31	140	25,45	130	31,71
	3	60	9,38	90	16,36	120	29,27
	4	60	9,38	150	27,27	10	2,44
	spolu	470	73,44	440	80,00	370	90,24
odumreté stojace[2]		170	26,56	110	20,00	40	9,76
spolu[3]		640	100,00	550	100,00	410	100,00

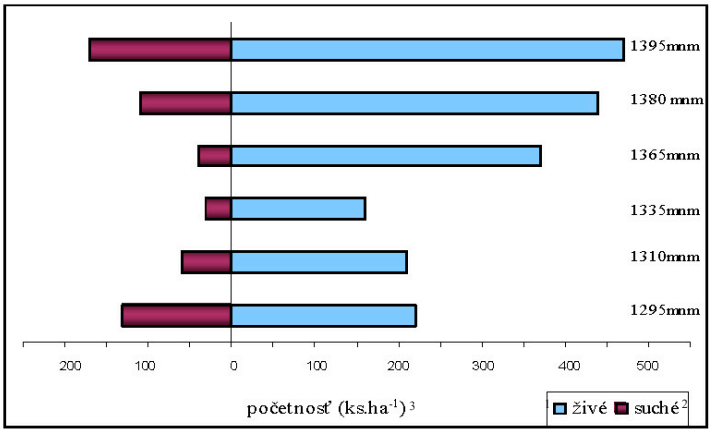
Tab. 1 Pokračovanie
Tab. 1 Fortsetzung

	Stromová trieda[4]	A 4 1335 m. n. m.		A 5 1310 m. n. m.		A 6 1295 m. n. m	
		N/ha	%	N/ha	%	N/ha	%
živé[1]	1	0	0,00	30	11,11	0	0,00
	2	110	57,89	90	33,33	120	34,29
	3	40	21,05	60	22,22	30	8,57
	4	10	5,26	30	11,11	70	20,00
	spolu	160	84,21	210	77,78	220	62,86
odumreté stojace[2]		30	15,79	60	22,22	130	37,14
spolu[3]		190	100,00	270	100,00	350	100,00

[1]lebende, [2]abgestorbene stehende, [3]insgesamt, [4]Baumklasse

Podobný charakter vývoja má aj porovnanie celkového počtu stojacich stromov (živé a odumreté spolu). Na najvyššie situovanej ploche sme zistili 640 kmeňov a najmenej v nadmorskej výške 1350 m (A4). Celkom 190 stojacich jedincov je len 29,7 % v porovnaní s najvyššou čiastkovou plochou (A1).

Zaujímavý je aj vývoj odumretých stojacich stromov. Na najvyššie (A1) a najnižšie (A6) položených čiastkových plochách je početnosť odumretých stromov v absolútnom aj relatívnom vyjadrení najväčšia. Relatívne najmenej odumretých stromov je na čiastkovej ploche A3. Najmenej suchých stojacich stromov v absolútnom vyjadrení je čiastkovej ploche A4. Podiel suchých jedincov sa pohybuje od 9,76 % do 37,14 % (tab. 1, obr. 1).



Obr. 1 Rozdelenie početností živých a suchých stromov v prepočte na 1 ha v závislosti na nadmorskej výške (Smrekovica 2005)
Abb. 1 Stammzahlen der lebenden und abgestorbenen Bäume nach der Meereshöhe hochgerechnet auf 1 ha (Smrekovica 2005), ([1]lebende, [2]trocken, [3]Zähligkeit)

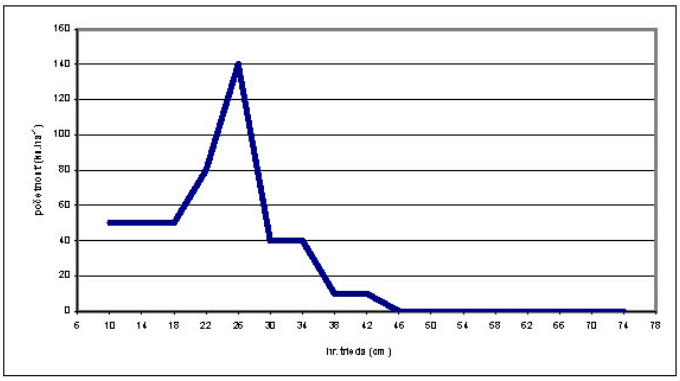
Tab. 2 Rozdelenie početností stojacich stromov podľa stromových tried (živých a suchých) na jednotlivých tranzektoch v prepočte na 1ha (Smrekovica 2005)
Tab.2 Die Stammzahlverteilung der lebenden Bäume nach Baumklassen (lebende und abgestorbene) auf einzelnen Transekten hochgerechnet auf 1 ha (Smrekovica 2005)

A 1								
Str. tr.[1]	Živé[2]			Suché[3]			Suma[4]	
	N	% spolu	% Sa	N	% spolu	% Sa	N	% spolu
1	60	12,8	100,0	0	0,0	0,0	60	9,4
2	290	61,6	100,0	0	0,0	0,0	290	45,3
3	60	12,8	60,0	40	23,5	40,0	100	15,6
4	60	12,8	31,6	130	76,5	68,4	190	29,7
spolu	470	100,0	73,4	170	100,0	26,6	640	100,0
A 3								
Str. tr.	Živé			Suché			Suma	
	N	% spolu	% Sa	N	% spolu	% Sa	N	% spolu
1	110	29,7	100,0	0	0,0	0,0	110	26,8
2	130	35,1	100,0	0	0,0	0,0	130	31,7
3	120	32,4	92,3	10	25,0	7,7	130	31,7
4	10	2,8	25,0	30	75,0	75,0	40	9,8
spolu	370	100,0	90,2	40	100,0	9,8	410	100,0
A 5								
Str. tr.	Živé			Suché			Suma	
	N	% spolu	% Sa	N	% spolu	%Sa	N	% spolu
1	30	14,3	100,0	0	0,0	0,0	30	11,1
2	90	42,8	100,0	0	0,0	0,0	90	33,3
3	60	28,6	75,0	20	33,3	25,0	80	29,6
4	30	14,3	42,9	40	66,7	57,1	70	26,0
spolu	210	100,0	77,8	60	100,0	22,2	270	100,0

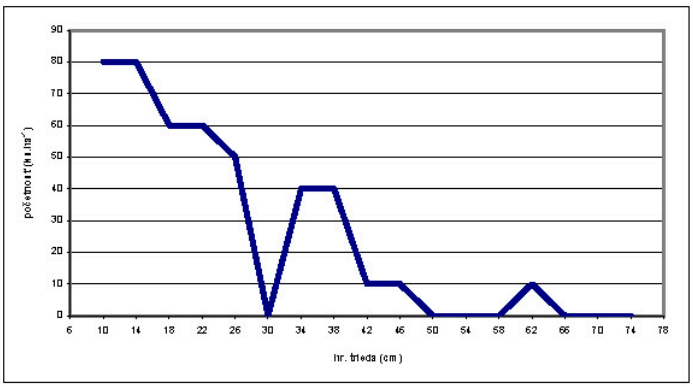
[1]Baumklasse, [2]lebende, [3]abgestorbene [4] zusammen

Na všetkých čiastkových plochách sme zistili, že maximum živých stojacich stromov je v druhej a minimum vo štvrtej (resp. tretej) stromovej triede. Za pozornosť stojí vertikálna výstavba porastu na čiastkovej ploche A2, kde je početnosť v rámci stromových tried najrovnomernejšie rozdelená. Rozdelenie početnosti podľa hrúbkových tried (obr. 3) má so stúpajúcou hrúbkou klesajúcu tendenciu. Najviac sa blíži svojím rozdelením výstavbe

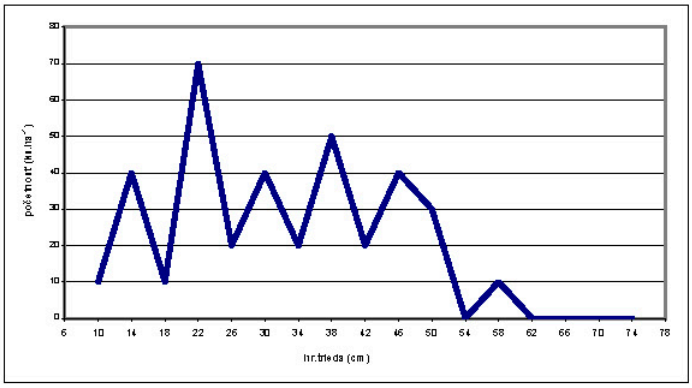
blízkej výberkovému lesu. Na ostatných čiastkových plochách je rozdelenie početností diferencované, od mierne ľavostranne asymetrického (A1), až po rozdelenie, ktoré indikuje značne rozpadnuté spoločenstvo (A5), nakoľko niektoré hrúbkové triedy medzi živými jedincami chýbajú (obr. 2–5).



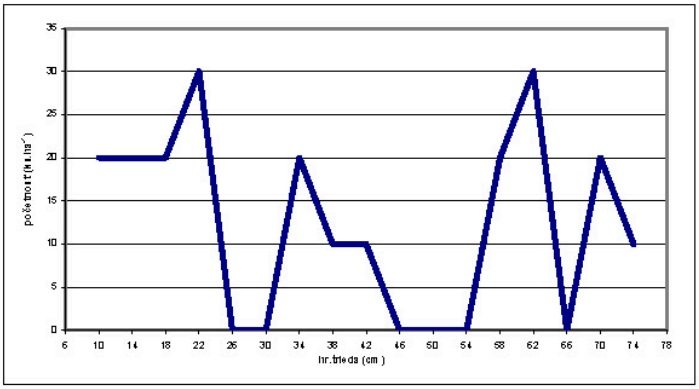
Obr. 2 Polygón rozdelenia početností po hrúbkových triedach na ploche A1
Fig. 2 Baumstärkenverteilung auf der Fläche A1



Obr. 3 Polygón rozdelenia početností po hrúbkových triedach na ploche A2
Fig. 3 Baumstärkenverteilung auf der Fläche A2



Obr. 4 Polygón rozdelenia početností po hrúbkových triedach na ploche A3
Fig. 4 Baumstärkenverteilung auf der Fläche A3



Obr. 5 Polygón rozdelenia početností po hrúbkových triedach na ploche A5
Fig. 5 Baumstärkenverteilung auf der Fläche A5

Rozdiel nadmorských výšok, rozdielna vertikálna výstavba a početnosť v rámci hrúbkových tried, sa zákonite prejavujú aj na rozdielnych priemerných hodnotách sledovaných biometrických znakov.

S klesajúcou nadmorskou výškou sa priemerná hodnota hrúbky živých stromov zvyšuje. Nárast hodnôt nie je síce pravidelný, ale je v porovnaní s čiastkovými plochami A1, resp. A2 evidentný (tab. 3).Tento poznatok je potvrdený aj testovaním veličiny analýzou variancie a Duncanovým testom, kde sa štatisticky vysoko významne potvrdili rozdiely

medzi čiastkovými plochami A1 a A3, resp. A1 a A5. Rozdiely priemerných hodnôt medzi čiastkovými plochami A3 a A5 nie sú štatisticky významné (tab. 4).

Podobnú situáciu sme zistili aj pri analýze výšok. Rozdiely v priemerných výškach medzi čiastkovými plochami A1 a A3, resp. A1 a A5 sú štatisticky významné , ale rozdiely výšok medzi čiastkovými plochami A3 a A5 už štatisticky významné nie sú (tab. 5).

Toto zistenie je možné transformovať do záveru, že fenomén hornej hranice lesa v podmienkach lokality Smrekovica vo Veľkej Fatre má zásadný vplyv na vývoj biometrických znakov nižšie položených ekosystémov do cca 30 m zmeny nadmorskej výšky. Ešte nižšie položené spoločenstvá majú rozdiely v priemerných hodnotách biometrických znakov menej výrazné.

Rozdiely v priemerných hodnotách štatistických charakteristík biometrických znakov (hrúbka a výška) sa prejavujú aj u ďalších taxačných ukazovateľoch.

Najnižšia zásoba bola zistená na najvyšších čiastkových plochách (A1, A2). Zmenšenie účinku vplyvu hornej hranice lesa sa prejavuje s poklesom cca o 30 metrov nadmorskej výšky prudkým nárastom zásob. Na nižšie položených čiastkových plochách (A3–A6) sa zásoba pohybuje v rozpätí 162 až 304 $m^3.ha^{-1}$, pričom na čiastkovej ploche A5 je najvyššia. Na tejto čiastkovej ploche bol zistený najväčší počet hrubých stromov, čo sa prejavilo aj na vyššej zásobe (tab. 3).

Tab. 3 Základné biometrické charakteristiky živých stromov na sledovaných čiastkových plochách (A1–A6) (Smrekovica 2005)

Tab. 3 Grundlegende biometrische charakteristiken der lebenden Bäume auf untersuchten Flächen (A1–A6) (Smrekovica 2005)

Charakteristika		A 1 1395 m. n. m.	A 2 1380 m. n. m.	A 3 1365 m. n. m.
počet ($ks.ha^{-1}$)		470	440	370
kruhová základňa (m^2)		21,87	22,54	32,90
zásoba (m^3)		98,66	104,4	215,49
hrúbka $d_{1,3}$ (cm)	$\bar{x}$	23,09	22,60	31,99
	$s_{\bar{x}}$	7,90	11,92	12,32
výška h (m)	$\bar{x}$	10,38	–	13,84
	$s_{\bar{x}}$	3,18	–	4,29
výška nasadenia koruny (m)	$\bar{x}$	2,69	–	2,74
	$s_{\bar{x}}$	1,47	–	1,04
štíhlostný koeficient	$\bar{x}$	46,6	–	45,44
	$s_{\bar{x}}$	9,86	–	9,00

Tab. 3 Pokračovanie
Tab. 3 Continued

Charakteristika		A 4 1335 m. n. m.	A 5 1310 m. n. m.	A 6 1295 m. n. m.
počet (ks.ha^{-1})		160	210	220
kruhová základňa (m^2)		23,98	32,80	21,33
zásoba (m^3)		162,11	304,75	176,8
hrúbka $d_{1,3}$ (cm)	$\bar{x}$	39,52	38,39	31,05
	$s_{\bar{x}}$	18,15	21,79	15,90
výška h (m)	$\bar{x}$	–	17,38	–
	$s_{\bar{x}}$	–	8,03	–
výška nasadenia koruny	$\bar{x}$	–	3,81	–
(m)	$s_{\bar{x}}$	–	1,80	–
štíhlostný koeficient	$\bar{x}$	–	49,08	–
	$s_{\bar{x}}$	–	11,58	–

Prítomnosť hrubých jedincov sa na ploche A5 prejavuje aj na kruhovej základni, ktorá je porovnateľná len s čiastkovou plochou A3. Neprítomnosť smrekov hrubších dimenzií je na tejto čiastkovej ploche (A3) kompenzovaná vyšším počtom stromov. Najmenšia výmera kruhovej základne bola zistená (takmer zhodne) na najnižšie (A6) a najvyššie (A1) situovanej čiastkovej ploche. Vyššia priemerná hrúbka na ploche A6 je kompenzovaná vysokou početnosťou na čiastkovej ploche A1. Aj pri analýze kruhových základní na sledovaných šiestich čiastkových plochách je evidentný výrazný rozdiel medzi kruhovými základňami na plochách A1, A2 resp. A3.

Porasty pod hornou hranicou lesa sú dlhodobo negatívne ovplyvňované abiotickými činiteľmi. Synergický účinok týchto činiteľov, často zvyšovaný ďalšími stresormi a zanedbaním pestovnej starostlivosti, vedie k pozvoľnému až spontánnemu rozpadu porastov. Statickú stabilitu týchto ekosystémov je možné vo zvýšenej miere zaistiť cez usmerňovanie štíhlostného koeficientu a veľkosti korún.

Ako vyplýva z tabuľky 3, hodnoty štíhlostného koeficientu sú nízke (od 45,4 do 49,1), čo indikuje vysoký stupeň statickej stability. Taktiež rozdiely priemerných hodnôt výšok stromov a výšok nasadenia koruny poukazujú na dostatočne veľké koruny. Veľkosť korún je jeden z faktorov statickej stability a produkcie stromu a celého porastu. Ďalším faktorom (okrem iných) je symetria korún. Tieto dva faktory boli zohľadnené pri určovaní kvality korún. Stromov so symetrickými, vitálnymi, dostatočne veľkými korunami zaradených do najvyššieho stupňa kvality koruny je v prvej a druhej stromovej triede pomerne málo. Na nižšie položených tranzektoch (čiastkových plochách A3 a A5) ich je viac ako na

najvyššej čiastkovej ploche A1 (tab. 6). Druhý stupeň kvality korún predstavujú jedince, ktoré majú vytvorenú tzv. „zástavovitú“ formu korún. Táto dominuje najmä na najvyššej čiastkovej ploche v 1. až 3. stromovej triede. Na nižších čiastkových plochách ubúda jedincov s touto formou deformácie korún, ale zvyšuje sa počet stromov s čiastočne redukovanou korunou, vrcholcovými zlomami, šabľovitou formou terminálu atď.

Nepretržitá funkčná účinnosť týchto porastov je podmienená plynulou zmenou generácie drevín. Ako vyplýva z tabuľky 7, je počet jedincov následnej generácie na ekologicky „najhoršej“ čiastkovej ploche A1 zanedbateľný. S klesajúcou nadmorskou výškou sa počet jedincov smreka z prirodzenej obnovy pozvoľna zvyšuje. Nie je však možné hovoriť o „pravidelnom“ náraste počtu. Okrem smreka sa na nižších čiastkových plochách obnovuje relatívne dobre jarabina vtáčia a pod nadmorskou výškou 1350 m ojedinele aj buk.

Na základe výskytu semenáčikov smreka v nálete do 20 cm je možné vysloviť tvrdenie že 180 ročný porast smreka v extrémnych podmienkach hornej hranice lesa je schopný fruktifikovať a produkovať životaschopné semeno. Ujatie a odrastanie semenáčikov závisí zrejme od ostatných faktorov prostredia (klíčne lôžko, teplota, zrážky, kompetícia...). Vyšších jedincov smreka ako 20 cm je na všetkých sledovaných čiastkových plochách veľmi málo. Ich počet, ani spolu s ostatnými drevinami nemôžme pokladať za dostatočný.

S ohľadom na zabezpečenie trvalej polyfunkčnej účinnosti porastov v oblasti hornej hranice lesa bude musieť naša prevádzka a výskum riešiť v relatívne krátkom časovom období problematiku technológií na zabezpečenie nepretržitej, plošne a kvantitatívne vyhovujúcej (prirodzenej, umelej, kombinovanej) obnovy.

Tab. 4 Duncanov test rozdielov hodnôt priemerných hrúbok na tranzektoch A1, A3, A5 (Smrekovica 2005)
Tab. 4 Mittelwertvergleiche nach Duncan für BHD auf den Transekten A1, A3, A5 (Smrekovica 2005)

General manova	A 1 23,09124	A 3 31,99124	A 5 38,39871
A 1 (1395)		0,000927	0,000012
A 3 (1365)	0,000927		0,109453
A 5 (1310)	0,000012	0,109453	

	df	MS	df	MS	F	p-level
Effect	Effect	Effect	Error	Error		
1	2	2656,042	129	186,0568	14,27543	0,000003

Tab. 5 Duncanov test rozdielov hodnôt priemerných výšok na tranzektoch A1, A3, A5 (Smrekovica 2005)
Tab. 5 Mittelwertvergleiche nach Duncan für Baumhöhe auf den Transekten A1, A3, A5 (Smrekovica 2005)

General manova	A 1 10,38011	A 3 13,84232	A 5 17,38014
A 1 (1395)		0,001138	0,000012
A 3 (1365)	0,001138		0,080399
A 5 (1310)	0,000012	0,080399	

	df	MS	df	MS	F	p-level
Effect	Effect	Effect	Error	Error		
1	2	445,9421	129	30,78498	14,4857	0,000002

Tab. 6 Rozdelenie početnosti stojacich živých stromov smreka podľa biosociologického postavenia a kvality koruny na tranzektoch A1, A3, A5 (smrekovica 2005)
Tab. 6 Anzahl der lebenden Bäume der Fichte nach Baumklassen und Qualität der Krone auf den Transekten A1, A3, A5 (Smrekovica 2005)

Str. tr.	Kval. kor.	A 1			A 3			A 5		
		ks.ha^{-1}	% celk.	% spolu	ks.ha^{-1}	% celk.	% spolu	ks.ha^{-1}	% celk.	% spolu
1	1	10	16,7	2,1	40	36,4	11,1	10	33,3	4,8
	2	50	83,3	10,6	70	63,6	19,4	20	66,7	9,5
	3	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0
	celkom	60	100,0	12,7	110	100,0	30,5	30	100,0	14,3
2	1	10	3,4	2,1	0	0,0	0,0	10	11,1	4,8
	2	80	27,6	17,0	40	30,8	11,1	70	77,8	33,2
	3	200	69,0	42,6	80	69,2	22,2	10	11,1	4,8
	celkom	290	100,0	61,7	130	100,0	33,3	90	100,0	42,8
3	1	0	0,0	0,0	10	8,3	2,8	0	0,0	0,0
	2	10	16,7	2,1	10	8,3	2,8	10	16,7	4,8
	3	50	83,3	10,6	100	83,6	27,8	50	83,3	23,8
	celkom	60	100,0	12,8	120	100,0	33,4	60	100,0	28,6
4	1	10	16,7	2,1	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0
	2	10	16,7	2,1	0	0,0	0,0	10	33,3	4,8
	3	40	66,6	8,6	10	100,0	2,8	20	66,7	9,5
	celkom	60	100,0	12,8	10	100,0	2,8	30	100,0	14,3
spolu		470	–	100,0	360	–	100,0	210	–	100,0

4. ZÁVER

Lesné ekosystémy pod hornou hranicou lesa plnia najviac integrovaných funkcií. Čím bližšie sa nachádzajú k hornej hranici lesa, tým viac vystupujú do popredia ekologické-ochranné funkcie. Nepretržitú funkčnú účinnosť si zachovávajú spoločenstvá, ktoré majú vhodnú štruktúru a sú schopné zabezpečiť jej dlhodobé pôsobenie. Neznamená to však, že ostanú „dlhodobo" neobhospodarované, ponechané na neusmernený samovývoj.

Na trvalej výskumnej ploche na lokalite Smrekovica vo Veľkej Fatre sme sa snažili získať informácie o súčasnej štruktúre porastu, resp. zmenách štruktúry porastu s meniacou sa nadmorskou výškou, ako aj o stave následnej generácie.

Počet živých jedincov súčasného 180 ročného porastu sa lokálne mení. Najviac jedincov materského porastu sa zistilo bezprostredne v kontakte s hornou hranicou lesa. V nižších polohách početnosť stromov sledovaného porastu kolíše vo väzbe na nadmorskú výšku a stupeň rozpadu. Pôdoochrannú a protilavínovú funkciu čiastočne zabezpečujú aj suché stojace stromy, ktorých výskyt sa taktiež vplyvom prostredia mení a kolíše od 9,7 % do 37,1 % zo všetkých stojacich stromov. Rozdielne podmienky prostredia sa prejavujú aj na diferencovaných hodnotách biometrických znakov. Najmenšie priemerné hodnoty hrúbok a výšok boli zistené na najvyššie situovaných čiastkových plochách. Ekosystémy situované nižšie ako 30 metrov nadmorskej výšky pod hornou hranicou lesa, majú štatisticky významne väčšie priemerné hodnoty hrúbok a výšok. Zníženie negatívneho vplyvu hornej hranice lesa na rastové ukazovatele porastu, sa prejavili aj pri porovnávaní zásoby a čiastočne i kruhovej základne a počtu.

Faktory statickej stability, ako sú štíhlostný koeficient a veľkosť korún je možné pokladať za vyhovujúce. Kvalita korún týchto spoločenstiev je priemerná, pričom v kontakte s hornou hranicou lesa vytvárajú koruny zástavovité formy.

Prirodzená obnova a stav následnej generácie sú na tejto lokalite (TVP) nedostatočné. Pozitívom je zistenie o fruktifikácii porastu a produkcii životaschopného semena, ako aj o relatívne dobrej prirodzenej obnove jarabiny vtáčej.

Problematiku funkčnej účinnosti porastov na podobných stanovištiach bude potrebné riešiť v súčinnosti praxe a výskumu tak, aby sa v pomerne krátkom časovom úseku vypracovali relatívne čo najvhodnejšie technologické postupy obhospodarovania.

Literatúra

Buttoud, G., 2002: For a Multi-beneficiares approach to Mountain forest policy. Centralblatt für das gesamte Forstwesen, Vienna, s. 267–278.

Fleischer, P., 1999: Súčasný stav lesa v TANAP-e ako východisko pre hodnotenie ekologickej stability na príklade spoločenstva smrekovcových smrečín. DDP, Zvolen, 107 s.

Glick, D., 1995: Greater Yellowstone tomorow. In: Saunier, R. E. – Meganck, R. A.: Conservation of Biodiversity and the New Regional Planning. IUCN, s. 101–113.

Gubka, K., 1996: Stav porastov v hornej hranici lesa na LS Čierny Váh. Vedecké práce Lesníckeho výskumného ústavu vo Zvolene, 41., s. 171–177.
Gubka, K., 1997: Die Struktur der Schutwälder an der Waldgrenze Niederen Tatra. Zborník Brno – Tharandt, 6 s.
Gubka, K., 1999: Štruktúra smrekového porastu pod hornou hranicou lesa v dielci 105 na LS Malužiná. Acta Facultatis Forestalis Zvolen XLI, s. 59–71.
Gubka, K., 2000: Súčasný stav, štruktúra a možnosti obhospodarovania porastov v oblasti hornej hranice lesa. Zborník: Praktické opatrenia pri obhospodarovaní horských lesov, Slovenská Ľupča, s. 35–41.
Hamilton, L.S., 1996: The role of protected areas in sustainable mountain development. Parks, Vol. 6, No. 1, s. 2–13.
Hančinský, L., 1972: Lesné typy Slovenska. Príroda, Bratislava, 307 s.
Hladík, M. a kol., 1993: Hospodárenie v lesoch horských oblastí, VŠZ Praha, 123 s.
Korpeľ, Š., 1980: Vývoj a štruktúra prírodných smrekových lesov Slovenska vo vzťahu protilavínovej ochrannej funkcii, Acta Facultatis Forestalis XXII, Zvolen, s. 9–39.
Korpeľ, Š., Saniga, M., 1993: Výberný hospodársky spôsob. VŠZ Praha, 128 s.
Kucbel, S., 2000: Analýza štruktúry a prirodzenej obnovy v porastoch pod hornou hranicou lesa na lokalite Veľký Bok. Acta Facultatis Forestalis, Zvolen, XLII s. 93–105.
Leibundgut, H., 1978: Űber die Dynamik europäischer Urwälder, Allg. Forstz. 33, s. 686–690.
Mayer, H., OTT, E.: Gebirgswalbau – Schutzwaldpflege. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart, 1991, 587 s.
Midriak, R., 1982: Súčasné reliefotvorné procesy a kategorizácia deštruovaných plôch nad hornou hranicou lesa. Lesnícky časopis, 4/1982, s. 245–261.
Midriak, R., 1994: Geoekológia vysokých pohorí Slovenska. ES TU Zvolen, 113 s.
Ott, E., 1976: Probleme des Gebirgswaldbau. Schweiz. Z. Forstwesen, 127 (3), s. 138–150.
Ott, E., Hladík, M., Korpeľ, Š., Saniga, M., 1995: Pestovanie horských lesov Švajčiarska a Slovenska. LF TU Zvolen, 127 s.
Priwitzer, T., Čaboun, V., 2001: Horské lesy Slovenska a ich trvale udržateľný rozvoj. Enviromagazín – časopis o tvorbe a ochrane životného prostredia. Bratislava, MŽP, Roč. 6, č. 6, s. 18–19.
Réh, J., 1997: Pestovanie účelových lesov, Učebné texty LF TU Zvolen, s. 218.
Stolina, M., 1989: Ochrana lesných ekosystémov TANAP-u. In: Zborník z konferencie k 40. výročiu TANAP-u, Tatranská Lomnica, s. 136–150.
Stone, D., 1996: Impact of climate changes on selected ecosystems in Europe. Parks, Vol. 6, No. 2, s. 25–37.

Adresa autorov:
Ing. Slavomír Perniš
Doc. Ing. Karol Gubka, CSc.
Katedra pestovania lesa
Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
Masarykova 24
960 53 Zvolen

e-mail: slavopernis@gmail.com
kgubka@vsld.tuzvo.sk

Die Analyse der Wachstums- und Regenerationsprozesse im Bestand unter der oberen Waldgrenze auf der Lokalität Smrekovica

Zusammenfassung

Die Waldökosysteme unter der oberen Waldgrenze erfüllen mehrere integrierte Funktionen. Je näher der oberen Waldgrenze sie sich befinden, umso bedeutsamer werden die ökologische Funktionen (Schutzfunktionen). Eine ununterbrochene Funktionsgerechtigkeit behalten die Gesellschaften bei, die eine geeignete Struktur haben und die die Fähigkeit besitzen ihre langfristige Wirkung zu gewährleisten. Das bedeutet aber nicht, dass sie "langfristig" unbewirtschaftet und der ungesteuerten Selbstentwicklung überlassen bleiben.
Auf der Dauerversuchsfläche auf der Lokalität Smrekovica im Veľká Fatra Gebirge haben wir uns bemüht die Informationen über die gegenwärtige Bestandesstruktur zu gewinnen bzw. über die Veränderungen der Bestandesstruktur mit der sich ändernden Seehöhe als auch über den Zustand der nachfolgenden Generation.

Die Anzahl der lebenden Stämme im gegenwärtigen 180–jährigen Bestand verändert sich lokal. Die höchste Individuenanzahl wurde unmittelbar im Kontakt mit der oberen Waldgrenze festgestellt. In den tiefer gelegenen Lagen schwankt die Anzahl der Bäume im Mutterbestand nach der Seehöhe und dem Zerfallsgrad. Boden– und Lawinenschutzfunktion wird teilweise auch von den stehenden abgestorbenen Stämmen gesichert, deren Vorkommen sich auch unter dem Einfluss der Umweltfaktoren verändert und schwankt von 9,7 % bis 37,1 % von der Anzahl aller stehenden Bäume. Unterschiedliche ökologische Bedingungen prägen sich auch in den differenzierten Werten der biometrischen Merkmale aus. Die minimalen Durchschnittswerte der BDH und der Höhen wurden auf den höchstgelegenen Teilflächen ermittelt. Die Ökosysteme, die sich tiefer als 30 Höhenmeter unter der oberen Waldgrenze befinden, haben statistisch signifikant höhere Durchschnittswerte der BDH und der Höhen. Die Abnahme des negativen Einflusses der oberen Waldgrenze auf die Wachstumscharakteristiken des Bestandes ist auch bei dem Vergleich des Vorrats und teilweise der Kreisfläche sichtbar.

Die Merkmale der statischen Stabilität (Schlankheitsgrad, Kronendimension) kann man als ausreichend betrachten. Die Qualität der Kronen in diesen Gesellschaften ist durchschnittlich, wobei im Kontakt mit der oberen Waldgrenze wurden sog. Fahnen-Kronen gebildet.

Die Naturverjüngung und der Zustand der Nachfolgergeneration sind auf dieser Lokalität ungenügend. Positiv ist die Erkenntnis über die Fruchtbarkeit des Bestandes und über die Produktion vom den lebensfähigen Samen, als auch über die relativ gute Naturverjüngung der Vogelbeere.

Übersetzung S. Kucbel

ACTA FACULTATIS FORESTALIS XLVIII
ZVOLEN – SLOVAKIA 2006

VPLYV RÔZNEJ DREVINOVEJ ŠTRUKTÚRY NA ZÁSOBU A REGENERAČNÉ PROCESY VÝBERKOVÉHO LESA LHC SMOLNÍK

Zuzana O L Š A V S K Á – Milan S A N I G A

Olšavská, Z., Saniga, M.: Vplyv rôznej drevinovej štruktúry na zásobu a regeneračné procesy výberkového lesa LHC Smolník. Acta Facultatis Forestalis, **XLVIII**, 2006, s. 155–169.

Práca pojednáva o vplyve drevinovej štruktúry na zásobu a regeneračné procesy výberkového lesa. Objektmi výskumu sú trvalé výskumné plochy 149 v LHC Mníšek nad Hnilcom a 253 v LHC Smolník. Uvádzaný je konkrétny stav drevinového zloženia a štruktúry porastu a jeho priamy dopad na rozsah a rozmiestnenie prirodzenej obnovy, tak ako aj na zásobu drevnej hmoty.

Oba porasty sú na produkčne nadpriemerných stanovištiach, kde hlavnou nositeľkou výberkovej štruktúry je jedľa (zastúpenie v 149–50 %, zastúpenie v 253–72,5 %). Uvedená skutočnosť má dopad na veľmi vysokú zásobu, ktorá sa pohybuje okolo 500 m^3/ha. Napriek vysokej zásobe porastu, kde má borovica v hornej vrstve pomerne vysoké zastúpenie, dostatočná priepustnosť transmisného svetla zabezpečuje dobré podmienky pre procesy klíčenia, ujímania a odrastania jedincov prirodzenej obnovy. Počty jedincov obnovy na oboch plochách presahujú požadované minimá. Menšie poruchy v otázke presunu jedincov do vyšších výškových kategórií nastali v len poraste 253 a to aj napriek vyváženosti a menšiemu využitiu rastového priestoru.

Kľúčové slová: výberkový les, prirodzená obnova, jedľa, zásoba

1. ÚVOD A PROBLEMATIKA

Prírode blízke pestovanie lesa sa stáva základnou koncepciou prírode blízkeho lesného hospodárstva (Saniga, 2000). Pri širšom chápaní je to cesta cez dôsledné ekologizovanie pestovania lesa (Thomasius, 1992).

Ako jedna z možných ciest sa ukazuje výberkový les hlavne pre svoju trvalú vyváženosť, dlhodobú harmóniu a najlepšie dlhodobé využívanie prírodných procesov a prírodných síl. Ak chceme charakterizovať výberkový les, musíme predovšetkým konštatovať neohraničenú životnosť. Uvedená charakteristika ho odlišuje od vysokého rúbaňového lesa (Ammon, 1946). Neohraničená životnosť je podmienená neustálou prirodzenou obnovou. Dlhšia stagnácia obnovy, alebo jej krízová situácia zavinená buď vonkajšími vplyvmi, prípadne porušovaním vnútorných vzťahov, znamená vážne ohrozenie úspešnosti výberkového hospodárstva a stratu rovnovážnej štruktúry (Korpeľ, Saniga, 1993). Regeneračné procesy totiž vykrývajú straty na jedincoch spôsobené presunom do strednej a hornej vrstvy, vypadávaním vplyvom autoredukcie a ich vyberaním resp. poškodením výberkovým rubom (Saniga, 1999).

Automatika procesu obnovy je možná len cez príkon svetla, pretože vo výberkovom lese prienik difúzneho svetla až do porastového vnútra je hlavnou veličinou rastového systému (Schütz, 2001). Rôzne stupne otvorenia korunovej klenby predstavujú rozmanité varianty svetelnej ekológie. Rozsah a dynamika prirodzenej obnovy vo výberkovom lese je preto vo veľmi úzkom vzťahu k výške zásoby, jej hrúbkovému členeniu, hustote stromov hornej a strednej vrstvy, stupňu clonenia a svetelných pomerov v spodnej vrstve.

Optimálna zásoba odpovedá vyrovnanej vzorovej krivke hrúbkových početností. Prvoradá požiadavka je, aby táto zásoba umožňovala primeraný rozsah prirodzenej obnovy, rovnomerne po celej ploche porastu a dosiahnutie, alebo udržanie jej optimálnej štruktúry.

Dôležitú úlohu tu zohráva aj drevinové zloženie. Nositeľmi výberkovej štruktúry sú stanovištne vhodné dreviny znášajúce zatienenie. V našich podmienkach sú to hlavne jedľa, smrek a buk (5–6.vegetačný stupeň). Tieto sa vyznačujú nielen silným tienením spodných vrstiev v poraste, ale aj dobrým prežívaním a odrastaním ich prirodzenej obnovy v pomerne silnom zatienení. Práve v týchto vlastnostiach spočíva ich výnimočne dobrá schopnosť tvoriť výberkový les.

Aj Spiecker (1986) a Trepp (1974) konštatujú, že práve prihliadnutie na podmienky klíčenia, ujímania a odrastania semenáčikov je rozhodujúce pri stanovení optimálnej výšky porastovej zásoby vo výberkovom lese Prirodzená obnova by v žiadnom prípade nemala mať charakter veľkoplošnosti. Preto podľa rôznych autorov (Schütz, 1989, Korpeľ, Saniga, 1993) je potreba plynulej, ale nie plošnej prirodzenej obnovy. Prirodzená obnova pri stromovej forme výberkového lesa má vznikať nepravidelne rozptýlene jednotlivo resp. v hlúčkoch. Toto väčšinou nie je obtiažné dosiahnuť, pretože pre výberkové lesy je typické, že prirodzená obnova nastupuje najprv v častiach s prerušeným korunovým zápojom a využíva viaceré semenné roky (Reininger, 1990). Duc (1991) na základe výskumu konštatuje, že prirodzená obnova jedincov do výšky 130 cm sa nevyskytuje súvislo na celej ploche porastu, ale je nepravidelne rozptýlená približne na polovici plochy. Naopak homogénnejšie rozmiestnenie po ploche vykazujú jedince s hrúbkou $d_{1,3}$ od 0,1 do 7,4 cm.

Hoci nie sú potrebné cielené ruby zamerané na obnovu, je potrebné formovať porastovú štruktúru cez výberkový rub tak, aby väčšina plochy výberkového lesa mala podmienky prirodzenej obnovy na úrovni juvenilnej fázy, a len malá časť na úrovni optimálnej fázy obnovy. Uvedený stav sa dosiahne postupne cez pomalšie odoberanie porastovej zásoby (Korpeľ – Saniga 1993).

Hoci štruktúra porastu a plošný zápoj majú výrazný vplyv na prirodzenú obnovu, nedá sa prirodzená obnova dostatočne vysvetliť len vplyvom horných vrstiev porastu. Vplýva na ňu množstvo iných faktorov ako sú napríklad množstvo vody, teplota, podrast, huby, hlodavce či odhryz zverou. Takto môže byť prirodzená obnova redukovaná na jednotlive jedince až úplne eliminovaná (Duc 2002).

Vplyv rôznej drevinovej štruktúry na objemovú produkciu je značný. Objemovou produkciou je jedľa najprodukčnejšia medzi našimi ihličnanmi. Smrek sa jej v rovnako priaznivých podmienkach veľmi približuje. Produkcia buka je významne menšia ako u jedle či

smreka (SVOBODA 1953, 1955). Od podielu týchto drevín na štruktúre porastu a od vhodnosti stanovišťa pre tieto dreviny teda závisí výsledná zásoba porastu.

Cieľom príspevku je analýza vplyvu rôznej drevinovej štruktúry výberkového lesa na produkciu a stav regeneračných procesov jednotlivých drevín.

2. MATERIÁL A METODIKA

Dielec 149

Nachádza sa v nadmorskej výške 750 m. Expozícia západná so sklonom 25 %. Patrí do hospodárskeho súboru 55UV110, ide o skupinu lesných typov *Fageto–Abietum nst*. Zastúpenie lesných typov: 5206 (živná papradinová buková jedlina) 70 %, 5203 (čučoriedková buková jedlina nst) 20 %, 5207 (kamenitá buková jedlina nst) 10%. Zastúpenie drevín: smrek 16 %, jedľa 50 %, borovica 32,5 %, buk 1,5 %. Optimálna zásoba je navrhnutá 485,31 m^3/ha, s cieľovou hrúbkou 74 cm a kvocientom geometrického rádu 1,28. Zásoba nameraná na TVP v roku 2004 je 489,24 m^3/ha (OLŠAVSKÁ 2005). Porast je uznaný na zber semena.

Dielec 253

Nachádza sa v nadmorskej výške 725 m. Expozícia západná so sklonom 30 %. Patrí do hospodárskeho súboru 50UV529, ide o skupinu lesných typov *Fagetum abietinopiceosum*. Zastúpenie lesných typov: 5203 (čučoriedková buková jedlina nst) 70 %, 5105 (čučoriedková jedľová bučina so smrekom nst) 30 %, 5103 (balvanovitá jedľová bučina so smrekom nst). Zastúpenie drevín: borovica 10 %, smrek 17,5 %, jedľa 72,5 %. Optimálna zásoba je navrhnutá 507,61 m^3/ha, s cieľovou hrúbkou 78 cm a kvocientom geometrického rádu 1,32. Zásoba nameraná na TVP v roku 2004 je 523,6 m^3/ha (OLŠAVSKÁ 2005). Porast je uznaný na zber semena.

Meranie sa uskutočnilo na trvalých výskumných plochách (TVP) v dielcoch 149 a 253. TVP sú v poraste stabilizované bielym pruhom na stromoch po obvode plochy a majú rozlohu 0,25 ha s vytýčeným tranzektom 10 x 50 m V rámci TVP bol kolíkmi s rozostupom 10 m stabilizovaný tranzekt pre podrobnejšie zisťovanie štruktúry výberkového lesa a jeho regeneračných procesov. Na tranzekte sa evidovali všetky stromy s hrúbkou $d_{1,3}$ nad 8 cm. Tieto majú vo výške 1,3 m označené merište a poradové číslo stromu.

Na tranzekte sa na stromoch s hrúbkou $d_{1,3}$ nad 8 cm merali nasledovné biometrické znaky:

- hrúbka vo výške 1,3 m s presnosťou na 0,1 cm ($d_{1,3}$),
- výška stromu s presnosťou na 0,5 m (h),
- výška nasadenia koruny s presnosťou na 0,5m (h_z),
- vertikálne priemety korún podľa medzinárodnej metodiky vo vektoroch x_1–x_4 s presnosťou na 0,1 m,
- pravouhlé súradnice stromov s presnosťou na 0,1 m (x, y).

Na jednotlivých ároch tranzektu sa evidovala prirodzená obnova podľa drevín a podľa následovných vekových, výškových a hrúbkových kategórií:

– semenáčiky 1-ročné
  2-ročné
  3-ročné
  4-ročné
  5-ročné
– 21–50 cm vysoké jedince
– 51–80 cm vysoké jedince
– 81–130 cm vysoké jedince
– 130 + cm až do $d_{1,3}$ 2 cm
– jedince s $d_{1,3}$ 2–7 cm.

Na ostatnej ploche sa na stromoch s hrúbkou $d_{1,3}$ nad 8 cm meralo:

– hrúbka $d_{1,3}$ s presnosťou na 0,1 cm ($d_{1,3}$),
– výška stromov s presnosťou 0,5 m, pre zostrojenie výškového grafikónu (h).

Početnosti zistené na výskumných plochách boli prepočítané na 1 ha.

3. VÝSLEDKY

3.1 Štruktúra a produkcia výberkového lesa

Predmetom analýzy sú dva porasty s rôznym podielom borovice v hornej vrstve s približne rovnakou skutočnou zásobou. (149, 253). Informácia o počte, kruhovej základni a objeme hrubiny je v tabuľkách 1–2.

Porast 149 predstavuje štruktúru, kde podiel borovice v objemovom vyjadrení tvorí 32,5 % (160,08 m^3/ha). Jedľa ako nositeľka štruktúry výberkového lesa tvorí 50 % (243,40 m^3/ha). Pri nastavenom modele s cieľovou hrúbkou $d_{1,3}$ 74 cm je výrazne zastúpená vo všetkých hrúbkových stupňoch. Smrek ako primiešaná drevina s objemom 77,80 m^3/ha (16 %), vypĺňa hlavne dolnú a čiastočne hornú vrstvu výberkového lesa. Borovica, ktorá do budúcnosti cez realizáciu výberkového rubu z porastu bude odstránená, vyplňuje skoro rovnakou mierou ako jedľa hornú vrstvu. Takto vytvorená štruktúra lesa vytvára aj pri prednostnom vyberaní borovice z porastu ekologicky priaznivé podmienky pre klíčenie, ujímanie a prežívanie drevín hlavne jedle a smreka. Buk, ktorý sa pred 50-mi rokmi zabezpečil umelou obnovou (sadbou), tvorí jednotlivú prímes a je v postavení dolnej vrstvy (tab. 1).

Porast 253, ktorý má prímes borovice v počte 5,5 %, v objeme 10 %, má inú štruktúru. Aj v tomto poraste je nositeľkou výberkovej štruktúry jedľa s objemovým zastúpením 72,5 % (379,64 m^3/ha) a počtom 78 % (392 ks/ha). Smrek v úlohe vtrúsenej dreviny dopĺňa dolnú a čiastočne hornú vrstvu výberkového lesa (tab. 2). Štruktúra porastu sa

viac blíži ku výberkovému lesu aj z dôvodu vyššej cieľovej hrúbky $d_{1,3}$ (78 cm), ako aj produkčne lepšej pôdy, čoho výsledkom je aj významne vyššia horná výška porastu vztiahnutá pre drevinu jedľa, ktorá činí 43,5 m. Na základe analýzy viac ako 20 porastov so štruktúrou výberkového lesa na najprodukčnejších stanovištiach daného LHC môžeme povedať, že sa jedná o produkčne a výškove najhodnotnejší porast. S uvedenými charakteristikami (znakmi štruktúry) súvisí plošný zápoj a produkčné využitie rastového priestoru porastu korunami stromov na tranzekte (tab. 3). Produkčné využitie rastového priestoru korunami stromov v dielci 253 je nižšie. Napriek tomu, že objem korún stromov na tranzekte má hodnotu 2 859,54 m^3, jeho produkčné využitie dosahuje len hodnotu 0,13. Na druhej strane v dielci 149 bol zistený objem korún 2 699,4 m^3, čo predstavuje hodnotu produkčného využitia rastového priestoru výberkového lesa 0,15. Príčinou je jeho nižšia horná výška (36,8 m), ktorá vytvára menší produkčný priestor porastu.

Možno vysloviť záver, že produkčnejšie pôdy a ekologické podmienky primeranejšie ekologickým nárokom klimaxovej dreviny vytvárajú predpoklad dosiahnutia jej väčších dendrometrických charakteristík, hlavne výšky a hrúbky $d_{1,3}$. Výška porastu potom priamo determinuje lepšie respektíve horšie možnosti využitia produkčného rastového priestoru výberkového lesa.

Pokiaľ sa týka hodnotenia plošného zápoja, ten bol v dielci 149 zistený s hodnotou 1,5, v dielci 253 bola uvedená porastová charakteristika nižšia 1,09 (tab. 3).

Tab.1. Hrúbková, objemová štruktúra, štruktúra kruhovej základne podľa drevín a návrh modelu výberkového lesa v dielci 149 (rok 2004, prepočet na 1 ha)
Tab.1. Diameter and volume structure, structure of bazal area according to species and application of selection forest model in the stand 149 (2004, per ha)

	DREVINA[1]													
	jedľa[2]		borovica[3]		smrek[4]		buk[5]		spolu[6]			spolu[6]		
hrúb.	skutočná[11]											opt.[12] (A=140,q=1,28)		
trieda[7]	počet.[8]	zás.[9]	počet.[8]	zás.[9]	počet.[8]	zás.[9]	počet.[8]	zás.[9]	počet.[8]	zás.[9]	kr.zákl[10]	počet.[8]	zás.[9]	kr.zákl[10]
	N	V	N	V	N	V	N	V	N	V	G	N	V	G
	(ks)	(m^3)	(ks)	(m^3)	(ks)	(m^3)	(ks)	(m^3)	(ks)	(m^3)	(m^2)	(ks)	(m^3)	(m^2)
10	48	1,44	0	0,00	92	3,68	36	1,44	176	6,56	1,38	140	6,26	1,1
14	40	4,40	0	0,00	16	1,92	12	1,32	68	7,64	1,05	109	13,62	1,684
18	40	9,20	0	0,00	12	2,88	12	2,76	64	14,84	1,63	85	22,1	2,174
22	28	11,20	0	0,00	0	0,00	0	0,00	28	11,20	1,06	67	30,21	2,538
26	20	12,60	0	0,00	0	0,00	4	2,44	24	15,04	1,27	52	36,04	2,769
30	16	14,72	0	0,00	4	3,64	0	0,00	20	18,36	1,41	41	39,73	2,88
34	12	15,00	8	8,16	8	9,76	0	0,00	28	32,92	2,54	32	41,35	2,89
38	20	32,40	4	5,24	8	12,48	0	0,00	32	50,12	3,63	25	41,12	2,82
42	12	24,60	12	19,80	12	23,16	0	0,00	36	67,56	4,99	19	40,05	2,692
46	0	0,00	24	48,24	4	9,32	0	0,00	28	57,56	4,65	15	37,74	2,523
50	8	24,16	16	38,56	4	10,96	0	0,00	28	73,68	5,50	12	34,86	2,328
54	4	14,28	4	11,40	0	0,00	0	0,00	8	25,68	1,83	9	31,63	2,122
58	4	16,64	4	13,32	0	0,00	0	0,00	8	29,96	2,11	7	28,32	1,912
62	4	19,16	4	15,36	0	0,00	0	0,00	8	34,52	2,42	6	25,04	1,707
66	8	43,60	0	0,00	0	0,00	0	0,00	8	43,60	2,74	4	21,9	1,511
70	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	3	19	1,328
74	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	3	16,34	1,16
spolu[6]	264	243,4	76	160,1	160	77,80	64	7,96	564	489,2	38,22	629	485,3	36,14
%	47	50	14	32,5	28	16	11	1,5	100	100				

[1]species, [2]fir, [3]pine, [4]spruce, [5]beech, [6]total, [7]diameter class, [8]freqency, [9]growing stock, [10]bazal area, [11]real, [12]optimal

Tab. 2 Hrúbková, objemová štruktúra, štruktúra kruhovej základne podľa drevín a návrh modelu výberkového lesav dielci 253 (rok 2004, prepočet na 1 ha)
Tab. 2 Diameter and volume structure, structure of bazal area according by species and application of selection forest model in the stand 253 (2004, per ha)

	DREVINA[1]											
	jedľa[2]		borovica[3]		smrek[4]		spolu[5]			spolu[5]		
hrúbková	skutočná[10]									optimálna[11] (A=180,q=1,32)		
trieda[6]	početnosť[7]	zásoba[8]	početnosť[7]	zásoba[8]	početnosť[7]	zásoba[8]	početnosť[7]	zásoba[8]	kr.zákl.[9]	početnosť[7]	zásoba[8]	kr.zákl.[9]
	N	V	N	V	N	V	N	V	G	N	V	G
	(ks)	(m^3)	(ks)	(m^3)	(ks)	(m^3)	(ks)	(m^3)	(m^2)	(ks)	(m^3)	(m^2)
10	156	4,68	0	0,00	8	0,32	164	5,00	1,2881	180	5,90	1,4130
14	52	5,72	0	0,00	27	3,24	79	8,96	1,2161	136	15,24	2,0981
18	40	9,60	0	0,00	4	0,96	44	10,56	1,1197	103	24,37	2,6275
22	32	13,76	0	0,00	8	3,36	40	17,12	1,5205	78	32,88	2,9735
26	32	22,08	0	0,00	4	2,56	36	24,64	1,9113	59	39,43	3,1462
30	8	7,92	0	0,00	0	0,00	8	7,92	0,5655	45	42,80	3,1733
34	4	5,40	8	8,16	16	19,52	28	33,08	2,5422	34	44,03	3,0879
38	4	7,04	0	0,00	8	12,48	12	19,52	1,3609	26	43,30	2,9221
42	4	8,84	0	0,00	0	0,00	4	8,84	0,5542	20	41,10	2,7043
46	8	21,68	8	16,08	0	0,00	16	37,76	2,6591	15	38,07	2,4575
50	12	39,00	12	28,92	0	0,00	24	67,92	4,7124	11	34,48	2,1996
54	8	30,80	0	0,00	0	0,00	8	30,80	1,8322	8	30,83	1,9436
58	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0,0000	6	27,10	1,6987
62	16	82,72	0	0,00	0	0,00	16	82,72	4,8305	5	23,59	1,4705
66	8	47,12	0	0,00	0	0,00	8	47,12	2,7370	4	20,30	1,2624
70	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0,0000	3	17,32	1,0758
74	0	0,00	0	0,00	4	21,68	4	21,68	1,7203	2	14,62	0,9108
78	4	33,12	0	0,00	0	0,00	4	33,12	1,9113	2	12,26	0,7666
82	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0,0000	0	0,00	0,0000
86	4	40,16	0	0,00	4	26,68	8	66,84	4,6471	0	0,00	0,0000
spolu[5]	392	379,64	28	53,16	83	90,80	503	523,60	37,1284	737	507,61	37,9313
%	78	72,5	5,5	10	16,5	17,5	100	100				

[1]species, [2]fir, [3]pine, [4]spruce, [5]total, [6]diameter class, [7]freqency, [8]growing stock, [9]bazal area, [10]real, [11]optimal

Tab. 3 Plošný zápoj a využitie disponibilného priestoru v dielci 149 a 253 (rok 2004)
Tab. 3 Canopy and productive exploatation of available space of the stand 149 and 253 (year 2004)

Dielec[1] 149	plošný zápoj[4]		
	(m^2)	%	vrstva / 500 m^2
1. vrstva[2]	110,04	14,67	0,22
2. vrstva[2]	273,44	36,47	0,55
3. vrstva[2]	366,43	48,86	0,73
spolu[3]	749,91	100,00	1,50
	využitie disponibilného priestoru[5]		
	(m^3)	%	vrstva / 18 417 m^3
1. vrstva[2]	234,28	8,68	0,01
2. vrstva[2]	772,21	28,61	0,04
3. vrstva[2]	1692,89	62,71	0,09
spolu[3]	2699,38	100,00	0,15
Dielec[1] 253	plošný zápoj[4]		
	(m^2)	%	vrstva / 500 m^2
1. vrstva[2]	88,31	16,14	0,18
2. vrstva[2]	193,52	35,36	0,39
3. vrstva[2]	265,49	48,50	0,53
spolu3	547,31	100,00	1,09
	využitie disponibilného priestoru[5]		
	(m^3)	%	vrstva / 21625 m^3
1. vrstva[2]	193,36	6,76	0,01
2. vrstva[2]	733,74	25,66	0,03
3. vrstva[2]	1932,43	67,58	0,09
spolu[3]	2859,54	100,00	0,13

[1]stand, [2]layer, [3]total, [4]canopy, [5]exploatation of available space

3.2 Regeneračné procesy

Informáciu o štruktúre prirodzenej obnovy v oboch porastoch dávajú tabuľky 4–5. Na úvod treba povedať, že napriek vysokej skutočnej zásobe oboch porastov (489,24 m^3/ha – dielec 149, 523,60 m^3/ha – dielec 253) dynamika a výškový presun jedincov prebiehajú veľmi dobre.

V poraste 149 je základnou drevinou jedľa, ktorej celkový počet jedincov do hrúbky $d_{1,3}$ 2 cm tvorí 19 020 ks/ha, čo predstavuje 60 %. Pomerne vysoké zastúpenie má smrek 11 760 ks/ha. Napriek vysokým počtom jedincov jedle v kategórii 1–3 ročné vo vyšších

výškových kategóriách prevláda smrek. Buk svojou prímesou 2,9 % zvyšuje drevinovú pestrosť zásoby pre dolnú vrstvu výberkového lesa. Ak uvažujeme s jedincami hrúbky $d_{1,3}$ 2–7 cm, ktoré predstavujú potenciálne jedince dolnej vrstvy v krátkom čase, v tejto kategórii prevláda buk 680 ks/ha. Jedľa a smrek majú rovnaké zastúpenie 100 ks/ha. Celkovo možno konštatovať, že napriek vysokej zásobe výberkového lesa a zahustení hornej vrstvy borovicou, je preniknutie transmisného svetla pre proces odrastania jedincov všetkých drevín dostatočné a vytvára predpoklady pre kontinuitu regeneračných procesov. Stupeň clonenia ako ukazujú podmienky na tranzekte (obr. 1) má charakter vyváženosti a spolu s klíčnym lôžkom (sinúziou flóry) vytvára stabilné pomery pre prežívanie a odrastanie semenáčikov drevín.

Pri hodnotení porastu 253 je situácia trochu iná (tab. 5, obr. 2). Na prvý pohľad vysoký celkový počet jedincov prirodzenej obnovy 89 220 ks/ha, je s pohľadu ich podielu v jednotlivých výškových kategóriách nevyvážený. Dominantnou drevinou je jedľa, ktorej prevažná väčšina jedincov sa nachádza v kategóriách 1–5 ročné. Ich presun do vyšších kategórií je výrazne spomaľovaný a redukovaný. Smrek má celkový počet jedincov 22 200 ks/ha, no všetky sa nachádzajú do výšky 50 cm. Určitý podiel vo vyšších výškových kategóriách má buk. Ak hodnotíme v blízkom čase potenciálne jedince pre odrastanie do hrúbkového stupňa $d_{1,3}$ 10 cm (dolná vrstva výberkového lesa), prichádzajú do úvahy len jedince jedle 520 ks/ha.

Napriek vyváženosti a menšom využití produkčného rastového priestoru porastu, regeneračné procesy vykazujú malé poruchy hlavne v otázke presunu jedincov do vyšších výškových kategórií. Jedná sa hlavne o dolnú vrstvu, ktorá čiastočne zhoršuje ekologické, hlavne svetlostné podmienky pre proces výškového rastu vzniknutých jedincov jednotlivých drevín výberkového lesa.

Tab. 4 Štruktúra prirodzenej obnovy podľa drevín a kategórii v dielci 149 (rok 2004)
Tab. 4 The structure of natural regeneration according to species and categories in the stand 149 (year 2004)

KATEGÓRIA[1]	DREVINA[4] (ks.ha^{-1})				%
	smrek[5]	jedľa[6]	buk[7]	spolu[3]	
1 ročné[2]	400	9020	200	9620	30,5
2 ročné[2]	300	3180	0	3480	11
3 ročné[2]	720	2400	0	3120	10
4 ročné[2]	380	960	0	1340	4
5 ročné[2]	2640	2420	40	5100	16
21–50 cm	4000	680	180	4860	15
51–80 cm	1520	80	120	1720	5,5

Tab. 4 Pokračovanie
Tab. 4 Continued

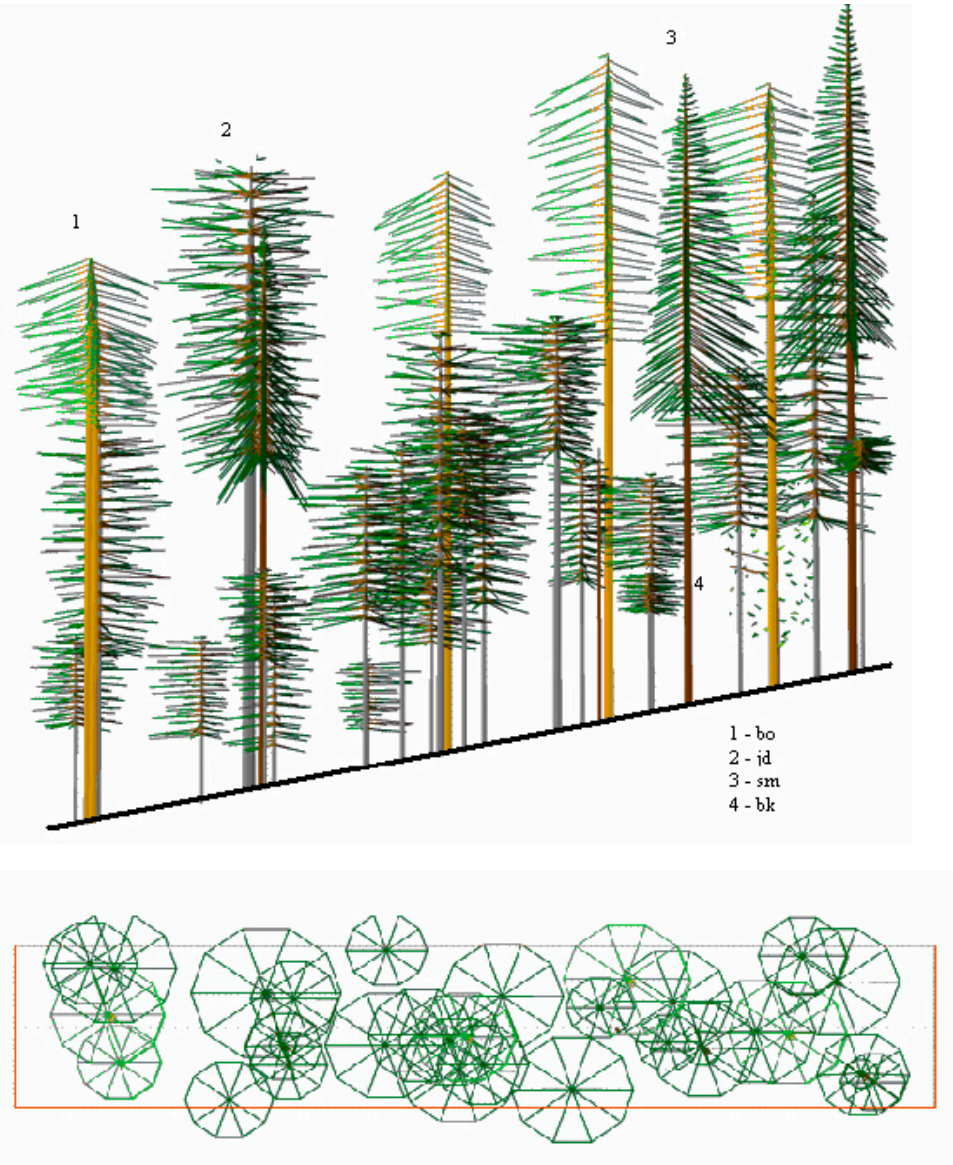
KATEGÓRIA[1]	DREVINA[4] (ks.ha^{-1})				%
	smrek[5]	jedľa[6]	buk[7]	spolu[3]	
81–130 cm	820	120	120	1060	3,5
131 cm – $d_{1,3}$ 2 cm	980	160	240	1380	4,5
spolu[3]	11760	19020	900	31680	100
%	37,1	60	2,9	100	
$d_{1,3}$ 2–7 cm	100	100	680	880	

[1]category, [2]year, [3]total, [4]species, [5]spruce, [6]fir, [7]beech

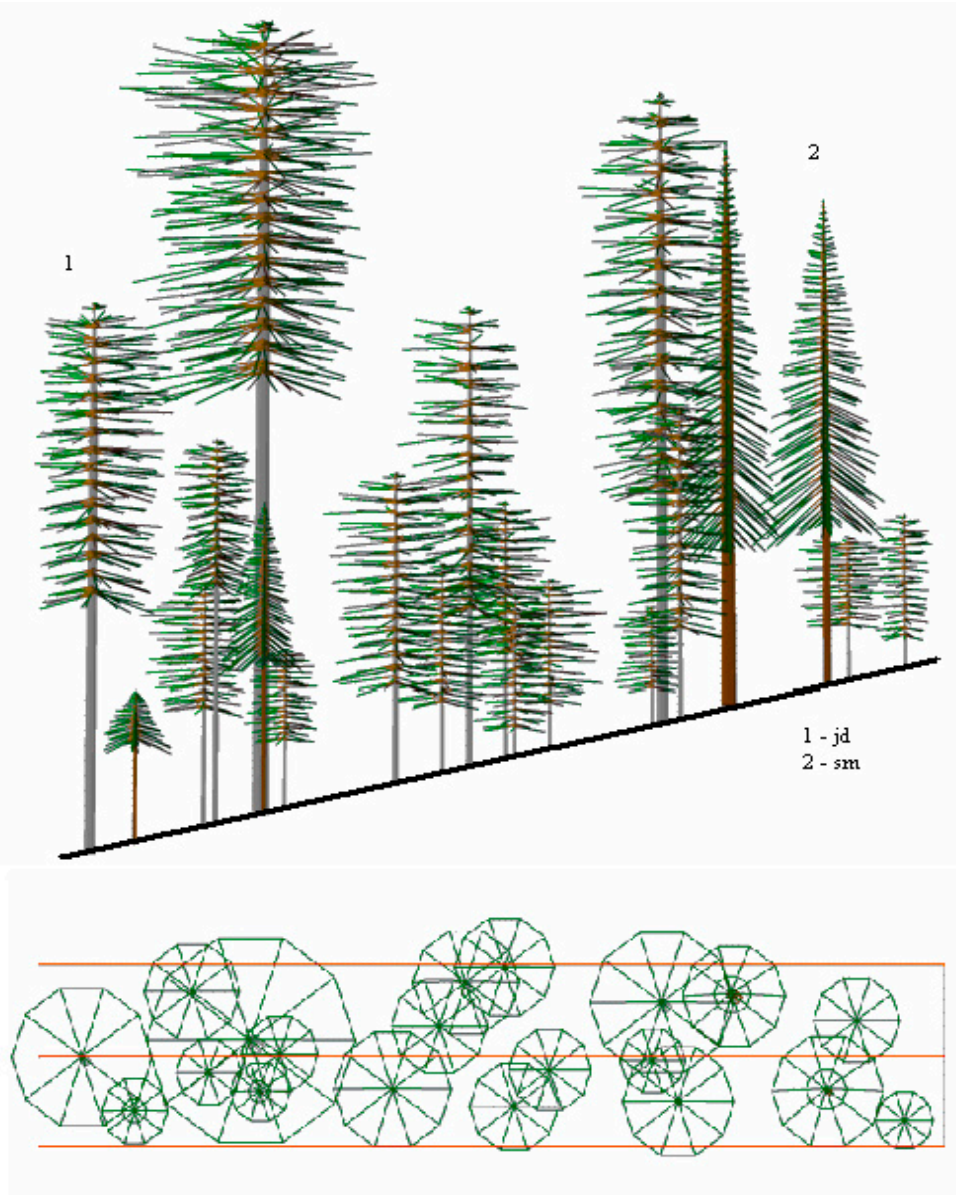
Tab. 5 Štruktúra prirodzenej obnovy podľa drevín a kategórii v dielci 253 (rok 2004)
Tab. 5 The structure of natural regeneration according to species and categories in the stand 253 (year 2004)

KATEGÓRIA[1]	DREVINA[4] (ks.ha$^{-1)}$				%
	smrek[5]	jedľa[6]	buk[7]	spolu[3]	
1 ročné[2]	0	7500	100	7600	8,5
2 ročné[2]	600	8400	0	9000	10,1
3 ročné[2]	600	4200	0	4800	5,4
4 ročné[2]	200	1700	0	1900	2,1
5 ročné[2]	5300	27500	100	32900	36,9
21–50 cm	15500	16000	300	31800	35,6
51–80 cm	0	180	0	180	0,2
81–130 cm	0	300	300	600	0,7
131 cm – $d_{1,3}$ 2 cm	0	140	300	440	0,5
spolu[3]	22200	65920	1100	89220	100
%	24,9	73,9	1,2	100	
$d_{1,3}$ 2–7 cm	0	520	0	520	

[1]category, [2]year, [3]total, [4]species, [5]spruce, [6]fir, [7]beech



Obr. 1 Porastový profil výberkového lesa LHC Mníšek nad Hnilcom (dielec 149, rok 2004)
Fig. 1 Stand profile of selection forest in the forest management unit Mníšek nad Hnilcom (stand 149, year 2004)



Obr. 2 Porastový profil výberkového lesa LHC Smolník (dielec 253, rok 2004)
Fig. 2 Stand profile of selection forest in the forest management unit Smolník (stand 253, year 2004)

4. DISKUSIA

V súvislosti s riešenou problematikou treba poznamenať, že pri všetkých štruktúrach výberkových lesov sa ani raz nevyskytovala ako primiešaná drevina borovica. Je pochopiteľné, že aj na LHC Smolník sa do štruktúr porastov dostala umelou obnovou, ešte predtým ako sa začalo s výberkovým rubom a tvorbou výberkových lesov (Holubčík 1962). Tieto, z hľadiska drevinovej skladby a účasti borovice, typy výberkových lesov na LHC Smolník sú pomerne časté, pričom cez výberkový rub sa v prvom rade vyberá borovica. Náš výskum podobne ako konštatuje Holubčík (1962) potvrdil, že priepustnosť svetla cez jej koruny je z hľadiska podmienok pre procesy klíčenia, ujímania a odrastania semenáčikov základných drevín výberkového lesa dostačujúca. Podobné poznatky boli potvrdené v ďalších porastoch výberkového lesa na tomto lesnom hospodárskom celku (Saniga, Szanyi 1998). Druhým pomerne závažným poznatkom je vzťah medzi hornou výškou výberkového lesa a využitím produkčného rastového priestoru. Poznatky získané riešením tohoto problému (Schütz 1989, 2001, Trepp 1974) potvrdzujú, že väčší rastový priestor porastu je predpokladom pre stanovenie vyššej optimálnej porastovej zásoby a jej dosiahnutie. Výsledky zo Švajčiarskej Jury (Val-de-Traner) ako ich prezentuje Duc (1991, 2002) potvrdili, že vysoká porastová zásoba výberkového lesa (500 m^3/ha) a ku nej sa blížiaca skutočná zásoba nemali vplyv na dynamiku prirodzenej obnovy smreka a jedle, ale ani na ich výškový rast.

5. ZÁVER

Výsledky dlhodobého výskumu uvedenej problematiky potvrdili, že vysoká porastová zásoba (okolo 500 m^3/h) výberkového lesa pri jeho menšej hornej výške a prímesi borovice má viac zahustený produkčný rastový priestor. Prímes borovice (20–30 %) v tomto priestore vytvára predpoklady pre dostatočný prechod transmisného svetla ku pôde a tým pre dynamiku regeneračných procesov smreka a jedle ako aj pre ich odrastanie.

Porastová zásoba výberkového lesa v úrovni 500 m^3/ha, ktorý je tvorený jedľou a smrekom s jednotlivou prímesou borovice má vyššiu priemernú hornú výšku a tým sú vytvorené predpoklady pre primerané využitie rastového disponibilného priestoru. Takéto podmienky vytvárajú dobré predpoklady pre prirodzenú obnovu jedle a smreka ak nie je prehustená jeho dolná vrstva resp. ak nie je vysoký počet jedincov v hrúbkovej kategórii $d_{1,3}$ 1–7 cm.

Výskum bol realizovaný s podporou grantu 1/3516/06.

6. Literatúra

1. Ammon, W.: Výberkový princíp vo Švajčiarskom lesnom hospodárstve. Bratislava, 1946, 115 s.
2. Duc, Ph.: Untersuchung zur Dynamik des Nachwuchses in Emmentaler Plenterflächen. Schweiz. Z. Forstwesen 1991, 142 (4), s. 299–319.
3. Duc, Ph.: Zustand, Entwicklung und Pflege des Nachwuchses in Plenterwäldern des Val-de-Travers (Neuenburger Jura). Schweizerischer Forstverein, Disertation, Zürich, 2002, 338 s.
4. Holubčík, M.: Príspevok k otázke priestorovej výstavby výberkového lesa, jej zmeny a produkcia na príklade plôch založených v LZ v Smolníckej Hute. Vedecké práce VÚLH v Banskej Štiavnici, 1962 (7), s. 97–106.
5. Korpeľ, Š., Saniga, M.: Výberný hospodársky spôsob. Matica lesnícka Písek, 1993, 127 s.
6. Olšavská, Z.: Štruktúra a regeneračné procesy vybraných typov výberkových lesov na LHC Mníšek nad Hnilcom a LHC Smolník. Diplomová práca na LF VŠLD Zvolen, 2005, 41 s.
7. Reininger, H.: Das Plenterprinzip II – Anwendungsbereiche. Östereich. Forstzeitung, 101 (2), 1990, s. 36–38.
8. Saniga, M., 1999: Prirodzená obnova v smrekových výberkových lesoch Slovenska. Pěstováni lesu v podmíkach antropicky změněného prostředí. Mendlová zemědelská a lesnícka univerzita v Brně a Školní lesní podnik Masarykuv les Křtiny: s. 43–49.
9. Saniga, M.: Pestovanie lesa, Technická univerzita vo Zvolene, ISBN 80-228-0916-0, 247 s.
10. Saniga, M., Szanyi, O.: Modely výberkových lesov na vybraných lesných typoch a geografických celkoch Slovenska. Vedecké štúdie 4/1998/A, 50 s.
11. Schütz, J.-Ph.: Der Plenterbetrieb. ETH Zürich , 1989, 54 s.
12. Schütz, J-Ph., 2001: Der Plenterwald und weitere Formen strukturierter und gemischter Wälder. Parey Verlag, 220 s.
13. Spiecker, H.: Das Wachstum der Tannen und Fichten auf Plenterwaldversuchsflächen des Schwarzwaldes in der Zeit von 1950 bis 1984. Allg. Forst.-u. Jagt-Zeitung, 157 (8), 1986, s. 152–164.
14. Svoboda, P.: Lesní dřeviny a jejich porosty I. Státní zemědelské nakladatelství, Praha, 1953, 411 s.
15. Svoboda, P.: Lesní dřeviny a jejich porosty II. Státní zemědelské nakladatelství, Praha, 1955, 573 s.
16. Thomasius, H.: Prinzipien eines ökologisch orientierten Waldbaus. Forstw. Cbl., 111, (2), 1992, s. 141–155 .
17. Trepp, W.: Der Plenterwald. HESPA Mitteilungen 1974. Jahrsgang 24, 66, s. 1–65.

Adresa autorov:
Prof. Ing. Milan Saniga, DrSc.
Ing. Zuzana Olšavská
Katedra pestovania lesa
Technická univerzita vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen

The influence of species structure of selection forest on growing stock and natural regeneration in forest management unit Smolník

Summary

The paper deals with the species structure influences on growing stock and natural regeneration processes of chosen types of selection forest. Objects of investigation are situated in the geographical region the Slovenské Rudohorie Mts., forest management units Smolník and Mníšek nad Hnilcom. In the paper is introduced the impact of species stand structure on abundance and distribution of natural regeneration and on growing stock.

Both stands are on height productive sites. The species majority takes the fir (in the stand 149 is 50%, in the stand 253 is 72,5%). That is why the height growing stock is around 500 m^3/ha. However the growing stock of stand is height, the pine in upper three layer provide permission of transmits shine. It leads to good conditions for regeneration processes. The frequency and distribution of natural regeneration is adequate on both sites. Smaller disturbances of the height movements in the lover three layers are situated in the stand 253, however the stand structure is optimal and utilisation of dispose space is lover.

ACTA FACULTATIS FORESTALIS XLVIII
ZVOLEN – SLOVAKIA 2006

DYNAMIKA VÝŠKOVÉHO RASTU STROMOV V DOLNEJ VRSTVE VÝBERKOVÉHO LESA V OROGRAFICKOM CELKU VOLOVSKÉ VRCHY

Jaroslav V E N C U R I K

Vencurik, J.: Dynamika výškového rastu stromov v dolnej vrstve výberkového lesa v orografickom celku Volovské vrchy. Acta Facultatis Forestalis Zvolen **XLVII**, 2006, s. 171–182.

Príspevok analyzuje vplyv stupňa clonenia stromami strednej a hornej vrstvy, druhu dreviny (smrek, jedľa) a hrúbkovej triedy ($d_{1,3}$) na 10-ročný výškový prírastok stromov v dolnej vrstve výberkového lesa (dielec 149, LHC Mníšek nad Hnilcom). Vplyv všetkých skúmaných faktorov sa potvrdil ako štatisticky veľmi vysoko významný ($\alpha = 0,001$).

Priemerné hodnoty 10-ročných výškových prírastkov smrekov, ktoré rastú pri stupni clonenia strednej a hornej vrstvy 51–80 %, dosahujú len cca. 3/4 veľkosti prírastkov smrekov pri stupni clonenia do 50 %. So zväčšujúcou sa hrúbkou stromu ($d_{1,3}$) stúpa význam vplyvu clonenia na výškový rast smreka v dolnej vrstve výberkového lesa.

V podmienkach dolnej vrstvy odrastá jedľa v porovnaní so smrekom rýchlejšie, čo sa pozitívne prejavuje aj na dynamike jej výškových presunov.

Kľúčové slová: výberkový les, výškový prírastok, stupeň clonenia, smrek, jedľa

1. ÚVOD A PROBLEMATIKA

Výskum výberkových lesov v strednej Európe, i na Slovensku, má dlhoročnú tradíciu (Balsiger 1925, Ammon 1937, Bezačinský 1958, Polanský 1960, Holubčík 1962, Schütz 1989, Korpeľ & Saniga 1993, Schütz 2001). Storočie intenzívneho bádania prinieslo množstvo poznatkov predovšetkým o produkcii výberkových lesov, odvodzovani modelov pre ich obhospodarovanie, prebudovách. Napriek pomerne bohatej informačnej báze z tejto oblasti existujú parciálne otázky, ktorých sa doterajší výskum dotkol iba okrajovo. Dôležitou, ale málo preskúmanou je problematika výškového rastu stromov dolnej vrstvy vo výberkovom lese.

Výškový prírastok stromov dolnej vrstvy je ovplyvnený celou škálou faktorov. Významnými podľa Duca (2002) sú predovšetkým stanovište, hrúbka a výška stromu, clonenie, drevina a tiež štruktúra výberkového lesa. Heterogenita ekofyziologických podmienok vo výberkovom lese zapríčiňuje veľkú variabilitu výškových prírastkov stromov dolnej vrstvy (Mitscherlich 1963, Schütz 1989, Reininger 2000). Významnú úlohu zohrávajú

tiež individuálne rastové vlastnosti jedincov (Schütz 1969, Preuhsler 1981, Šmelko et al. 1992).

Stromy dolnej vrstvy sa nachádzajú v tieni porastového vnútra. Ich rast je limitovaný prienikom difúzneho svetla cez stupňovito usporiadané stromy strednej a hornej vrstvy (Dengler 1990, Schütz 2002). S pribúdajúcim zatienením sa výškový prírastok stromov dolnej vrstvy zmenšuje a ich rastová reakcia sa prispôsobuje svetelnému pôžitku (Schütz 1981, Reininger 1992).Výškový rast stromov výberkového lesa v mladosti, je dlhotrvajúci a v dôsledku veľkého clonenia silne retardovaný (Schütz 1969, Leibundgut 1989, Reininger 1992, Korpeľ & Saniga 1993). Ročné výškové prírastky stromov dolnej vrstvy sa pohybujú v intervale 5–70 cm (Mitscherlich 1961, Spiecker 1986, Duc 1991, 2002, Saniga & Szanyi 2000).

Pre stromy dolnej vrstvy je typický veľký počet praslenov a vetiev, ktorý evokuje dojem zhoršenej kvality. Dlhý čas útlaku, pri minimálnej svetelnej ponuke však vedie k tomu, že vetvy sú jemnejšie a skôr odumierajú, čo sa v konečnom dôsledku prejavuje pozitívne na vývoji kvality stromov (Šafar 1954). Väčšina výskumov (Balsiger 1925, Sommer 1962, Schütz 1969, Pechmann & Lippemeier 1975, Šmelko et al. 1992) ukazuje, že dlhodobo clonené smreky a jedle v dolnej vrstve výberkového lesa, majú predispozíciu vyvinúť sa ku kvalitatívne dobrým stromom. Dlhodobý rast v mladosti nemusí viesť zákonite k tvorbe nekvality.

Cieľom príspevku je vykonať analýzu vplyvu stupňa clonenia stromami strednej a hornej vrstvy, druhu dreviny (smrek, jedľa) a hrúbkovej triedy ($d_{1,3}$) na 10-ročný výškový prírastok stromov v dolnej vrstve výberkového lesa (dielec 149).

2. MATERIÁL A METÓDY

Objektom výskumu v tejto práci je dielec 149 (LHC Mníšek nad Hnilcom). Nadmorská výška dielca je 750 m. n. m. Expozícia západná, sklon 25 %. Skupina lesných typov *Fageto-Abietum nst*. Objemové zastúpenie drevín na trvalej výskumnej ploche (TVP): jedľa 45 %, borovica 39 %, smrek 15 % a buk 1 %. Optimálna zásoba je navrhnutá na 485 $m^3.ha^{-1}$, s cieľovou hrúbkou 74 cm a kvocientom geometrického radu q = 1,28. Skutočná zásoba zistená v roku 2000 bola 462 $m^3.ha^{-1}$. Porast má dobre diferencovanú, výberkovú štruktúru. Horná vrstva výberkového lesa je tvorená prevažne borovicou.

V dielci 149 (TVP) sme vytypovali a stabilizovali 14 čiastkových výskumných plôch (10 x 10 m), s účasťou stromov dolnej vrstvy (hrúbka $d_{1,3}$ 1–10 cm). S prihliadnutím na cieľ práce, boli jednotlivé čiastkové výskumné plochy situované pri rôznych úrovniach stupňa clonenia stromami strednej a hornej vrstvy. Stupeň clonenia sa vypočítal na každej samostatnej čiastkovej výskumnej ploche ako podiel sumy vertikálnych priemetov korún stromov strednej (stromy hrúbkových stupňov $d_{1,3}$ 14 až 26 cm) a hornej (stromy hrúbkových stupňov $d_{1,3}$ 30+ cm) vrstvy, bez ich prekrytu, ku ploche 1 ára. Stupeň clonenia podrobne definuje Assmann (1968). Na výpočet stupňa clonenia sa použili softwary

WIN SVS (Stand visualization system, Version 3.36) a CartaLinx. Ako vstupné veličiny pre program WIN SVS sa na stromoch strednej a hornej vrstvy merali tieto biometrické znaky:

$d_{1,3}$ – hrúbka stromu $d_{1,3}$, s presnosťou na 0,1 cm,
h – výška stromu, s presnosťou na 0,5 m,
h_z – výška nasadenia koruny, s presnosťou na 0,5 m,
x_1–x_4 – korunové projekcie stromu, v dvoch na seba kolmých smeroch, s presnosťou na 0,1 m,
x, y – postavenie stromu v súradnicovom systéme x, y, s presnosťou na 0,1 m.

Čiastkové výskumné plochy sa rozdelili na základe vypočítaných hodnôt stupňa clonenia do 3-och tried:

a) čiastkové výskumné plochy so stupňom clonenia do 50 %,
b) 51 až 80 %,
c) nad 80 %.

Na jednotlivých čiastkových výskumných plochách sa následne merali tieto biometrické znaky stromov dolnej vrstvy (smrek, jedľa):

$d_{1,3}$ – hrúbka stromu $d_{1,3}$, s presnosťou na 0,1 cm,
h – výška stromu, s presnosťou na 1 cm,
h_z – výška nasadenia koruny, s presnosťou na 1 cm,
b – šírka koruny, v dvoch na seba kolmých smeroch, s presnosťou na 1 cm,
i_h – ročné výškové prírastky za obdobie posledných 10-tich rokov (roky 1994 až 2003), s presnosťou na 1 cm. Výškové prírastky sa merali výškomernou teleskopickou latou.

Z nameraných údajov ročných výškových prírastkov smreka (*Picea abies* /L./ Karst.) a jedle (*Abies alba* Mill.) v dolnej vrstve, sa diferencovane pre jednotlivé varianty (drevina, stupeň clonenia stromami strednej a hornej vrstvy) vypočítali 10-ročné výškové prírastky, v členení podľa hrúbkových tried $d_{1,3}$.

Na štatistické vyhodnotenie vplyvu skúmaných faktorov na 10-ročný výškový prírastok smreka a jedle v dolnej vrstve výberkového lesa, sa použila dvojfaktorová analýza variancie, s následným Duncanovym testom. Údaje sa spracovali v programovom balíku STATISTICA 5.0.

Pre výpočet objemov korún stromov v dolnej vrstve, sa využili hodnoty nameraných biometrických znakov: výška stromu (h), výška nasadenia (h_z) a šírka koruny (b). Objemy korún (smrek, jedľa) sa počítali pomocou vzorca (Šebík & Polák 1990):

$$C_k = {}^{\pi}/_{12} . (b^2 . l)$$

kde: C_k – objem koruny stromu,
b – šírka koruny stromu,
l – dĺžka koruny stromu ($l = h - h_z$).

V príspevku je analyzovaných 95 smrekov a 48 jedlí (v hrúbkových triedach $d_{1,3}$ 1–5 cm), ktoré rástli v smrekovo-jedľových hlúčikoch, s hustotou 1–3 ks.m^{-2}.

3. VÝSLEDKY

Vplyv faktora stupňa clonenia stromami strednej a hornej vrstvy a faktora hrúbkovej triedy $d_{1,3}$, na 10-ročné výškové prírastky smrekov v dolnej vrstve výberkového lesa, sme skúmali pri porovnaní variantov 1 (stupeň clonenia 51–80 %) a 2 (stupeň clonenia do 50 %). Celkový vplyv oboch faktorov sa potvrdil ako štatisticky veľmi vysoko významný ($\alpha = 0{,}001$) (tab 5). Stupeň clonenia ($F = 28{,}88$) ovplyvňuje výškový rast smrekov v dolnej vrstve 1,4 násobne viac ako hrúbková trieda $d_{1,3}$ ($F = 20{,}48$). Priemerné hodnoty 10-ročných výškových prírastkov smrekov, pri stupni clonenia 51–80 %, dosahujú len cca. 3/4 veľkosti prírastkov smrekov, ktoré rastú pri stupni clonenia do 50 % (tab. 1).

Tab. 1 Priemerné hodnoty 10-ročných výškových prírastkov smreka a jedle v jednotlivých hrúbkových triedach $d_{1,3}$, pre varianty 1 až 3

Tab. 1 Die durchschnittlichen Werte von 10-jährigen Höhenzuwächsen der Tanne und der Fichte in einzelnen BHD-Klassen, für Varianten 1–3

Hrúbková trieda $d_{1,3}$ [1] (cm)	priemerné hodnoty 10-ročných výškových prírastkov ($i_{1994\text{-}2003}$)[2]		
	variant 1[3]	variant 2	variant 3
	$\bar{x} \pm s_x$ (cm)	$\bar{x} \pm s_x$ (cm)	$\bar{x} \pm s_x$ (cm)
1	76,6±25,0	102,2±28,5	111,2±21,6
2	121,7±50,1	136,8±36,0	167,0±44,5
3	126,5±48,5	165,3±60,9	203,8±45,2
4	132,8±34,2	224,0±58,1	274,7±55,9
5	177,3±43,4	258,7±78,1	312,5±40,5

Legenda:
variant 1 – smrek, stupeň clonenia 51–80 %
variant 2 – smrek, stupeň clonenia do 50 %
variant 3 – jedľa, stupeň clonenia do 50 %
[1]BHD-Klasse, [2]die durchschnittlichen Werte von 10-jährigen Höhenzuwächsen, [3]Variant 1 – Fichte, Beschattungsgrad 51–80 %, Variant 2 – Fichte, Beschattungsgrad bis 50 %, Variant 3 – Tanne, Beschattungsgrad bis 50 %

Tab. 2 Priemerné objemy korún smreka a jedle v jednotlivých hrúbkových triedach $d_{1,3}$, pre varianty 1 až 3

Tab. 2 Die durchschnittlichen Kronenvolumina der Tanne und der Fichte in einzelnen BHD-Klassen, für Varianten 1–3

Hrúbková trieda $d_{1,3}$ [1] (cm)	priemerné objemy korún[2]		
	variant 1[3]	variant 2	variant 3
	$\bar{x} \pm s_x$ (dm^3)	$\bar{x} \pm s_x$ (dm^3)	$\bar{x} \pm s_x$ (dm^3)
1	322,9±197,4	478,1±241,0	423,0±112,1
2	794,8±306,0	826,8±267,7	1212,9±624,1
3	1706,5±1370,6	1835,7±876,5	1558,5±531,1
4	1828,6±978,5	2919,2±868,9	2698,6±941,4
5	3561,1±1049,0	3715,9±880,2	4327,0±676,9

[1]BHD-Klasse, [2]die durchschnittlichen Kronenvolumina, [3]Variant

Tab. 3 Priemerné šírky korún smreka a jedle v jednotlivých hrúbkových triedach $d_{1,3}$, prevarianty 1 až 3

Tab. 3 Die durchschnittlichen Kronenbreiten der Tanne und der Fichte in einzelnen BHD-Klassen, für Varianten 1–3

Hrúbková trieda $d_{1,3}$ [1] (cm)	priemerné šírky korún[2]		
	variant 1[3]	variant 2	variant 3
	$\bar{x} \pm s_x$ (cm)	$\bar{x} \pm s_x$ (cm)	$\bar{x} \pm s_x$ (cm)
1	117,3±21,6	125,5±22,2	121,3±13,8
2	144,5±15,5	138,8±14,1	154,7±25,7
3	182,3±42,0	164,7±21,9	161,8±9,6
4	182,5±23,7	193,0±20,9	193,1±17,6
5	208,3±18,5	195,8±23,0	210,5±17,6

[1]BHD-Klasse, [2]die durchschnittlichen Kronenbreiten, [3]Variant

Tab. 4 Priemerné hodnoty relatívnych dĺžok korún (%) smreka a jedle v jednotlivých hrúbkových triedach $d_{1,3}$, pre varianty 1 až 3
Tab. 4 Die durchschnittlichen Werte von relativen Kronenlängen (%) der Tanne und der Fichte in einzelnen BHD-Klassen, für Varianten 1–3

Hrúbková trieda $d_{1,3}$ [1] (cm)	priemerné hodnoty relatívnych dĺžok korún[2]		
	variant 1[3]	variant 2	variant 3
	$\bar{x} \pm s_x$ (%)	$\bar{x} \pm s_x$ (%)	$\bar{x} \pm s_x$ (%)
1	52,1±16,7	61,7±12,1	66,6±6,4
2	64,2±14,5	73,3±8,2	69,9±23,8
3	60,2±16,5	68,4±21,5	69,9±7,8
4	55,7±11,7	77,8±4,6	64,2±22,2
5	68,7±6,1	78,6±2,0	76,1±5,6

[1]BHD-Klasse, [2]die durchschnittlichen Werte von relativen Kronenlängen, [3]Variant

Tab. 5 Výsledky dvojfaktorovej analýzy variancie pre 10-ročné výškové prírastky smreka, v dielci 149 (porovnanie variantov 1 a 2)
Tab. 5 Die Ergebnisse der zweifaktoriellen Varianzanalyse für 10-jährige Höhenzuwächse der Fichte, im Bestand 149 (der Vergleich von Varianten 1 und 2)

Zdroj premenlivosti[1]	S	df Effect	MS Effect	F	p-level
stupeň clonenia[2]	64417,030	1	64417,030	28,87538	0,000001***
hrúb. trieda ($d_{1,3}$)[3]	182742,320	4	45685,580	20,47888	0,000001***
rezíduum[4]	189623,440	85	2230.864		

[1]Variabilitätsquelle, [2]Beschattungsgrad, [3]BHD-Klasse, [4]Residuum

Duncanov test významnosti rozdielov medzi priemermi 10-ročných výškových prírastkov rovnakých hrúbkových tried $d_{1,3}$ (stupne clonenia strednej a hornej vrstvy 51–80 % a do 50 %) potvrdil štatistickú signifikantnosť až pri hrúbkach $d_{1,3}$ 4 a 5 cm (tab. 6). Tento záver platí s 95 % spoľahlivosťou. So zväčšujúcou sa hrúbkou stromu stúpa význam vplyvu clonenia na výškový rast smreka v dolnej vrstve výberkového lesa. Výškové prírastky stromov v najnižších hrúbkových triedach ($d_{1,3}$ 1 až 3 cm) viac ovplyvňujú iné, nami neuvažované faktory. Vplyv týchto faktorov na 10-ročné výškové prírastky smreka udáva hodnota reziduálneho rozptylu (tab. 5).

Tab. 6 Hodnoty Duncanovho testu (hladiny významnosti α) pre varianty 1 a 2, v dielci 149
Tab. 6 Die Werte des Duncan-Testes (Signifikanzniveau α) für Varianten 1 und 2, im Bestand 149

úroveň faktora[1]	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
(1) stupeň clonenia 51–80 %, $d_{1,3}$ 1 cm[2]	**0,0179**	**0,0124**	**0,0066**	**0,0001**	0,1066				
(2) stupeň clonenia 51–80 %, $d_{1,3}$ 2 cm		0,8281	0,6365	**0,0256**		0,5358			
(3) stupeň clonenia 51–80 %, $d_{1,3}$ 3 cm			0,7728	**0,0385**			0,1076		
(4) stupeň clonenia 51–80 %, $d_{1,3}$ 4 cm				0,0644				**0,0002**	
(5) stupeň clonenia 51–80 %, $d_{1,3}$ 5 cm									**0,0005**
(6) stupeň clonenia do 50 %, $d_{1,3}$ 1 cm						0,0836	**0,0109**	**0,0001**	**0,0001**
(7) stupeň clonenia do 50 %, $d_{1,3}$ 2 cm							0,1946	**0,0003**	**0,0001**
(8) stupeň clonenia do 50 %, $d_{1,3}$ 3 cm								**0,0494**	**0,0001**
(9) stupeň clonenia do 50 %, $d_{1,3}$ 4 cm									0,1155
(10) stupeň clonenia do 50 %, $d_{1,3}$ 5 cm									

[1]Faktorenniveau, [2]Beschattungsgrad, BHD-Klasse

Tab. 7 Výsledky dvojfaktorovej analýzy variancie pre 10-ročné výškové prírastky smreka a jedle, v dielci 149 (porovnanie variantov 2 a 3)
Tab. 7 Die Ergebnisse der zweifaktoriellen Varianzanalyse für 10-jährige Höhenzuwächse der Fichte, im Bestand 149 (der Vergleich von Varianten 2 und 3)

Zdroj premenlivosti[1]	S	df Effect	MS Effect	F	p-level
drevina[2]	30819,220	1	30819,220	13,38025	0,000443***
hrúb. trieda ($d_{1,3}$)[3]	383633,640	4	95908,410	41,63889	0,000001***
rezíduum[4]	193480,308	84	2303,337		

[1]Variabilitätsquelle, [2]Baumart, ([3]BHD-Klasse, [4]Residuum

Tab. 8 Hodnoty Duncanovho testu (hladiny významnosti α) pre varianty 2 a 3, v dielci 149
Tab. 8 Die Werte des Duncan-Testes (Signifikanzniveau α) für Varianten 2 und 3, im Bestand 149

úroveň faktora[1])	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
(1) smrek, $d_{1,3}$ 1 cm[2])	0,1464	**0,0097**	**0,0001**	**0,0001**	0,6872				
(2) smrek, $d_{1,3}$ 2 cm		0,2036	**0,0005**	**0,0001**		0,2054			
(3) smrek,$d_{1,3}$ 3 cm			**0,0164**	**0,0002**			0,1062		
(4) smrek, $d_{1,3}$ 4 cm				0,1229				**0,0330**	
(5) smrek, $d_{1,3}$ 5 cm									**0,0236**
(6) jedľa, $d_{1,3}$ 1 cm						**0,0226**	**0,0002**	**0,0001**	**0,0001**
(7) jedľa, $d_{1,3}$ 2 cm							0,1022	**0,0001**	**0,0001**
(8) jedľa, $d_{1,3}$ 3 cm								**0,0037**	**0,0001**
(9) jedľa, $d_{1,3}$ 4 cm									0,0931
(10) jedľa, $d_{1,3}$ 5 cm									

[1])Faktorenniveau, [2])Fichte, BHD-Klasse, [3])Tanne, BHD-Klasse

Stupeň clonenia ovplyvňuje aj vývoj koruny smrekov v dolnej vrstve. Pri vyššom stupni clonenia (51–80 %) sa redukuje dĺžka koruny stromov dolnej vrstvy (tab. 4). Tento jav súvisí s odumieraním starších ročníkov vetiev v dôsledku ich negatívnej energetickej bilancie. Zmeny v dĺžke koruny určujú tiež jej celkový objem, ktorý sa zo zvyšujúcim stupňom clonenia zmenšuje v priemere o 1/5 (tab. 2). Podobne ako 10-ročné výškové prírastky, aj objemy korún smrekov v dolnej vrstve vykazujú značnú variabilitu. Táto je spôsobená jednak rozdielnymi, geneticky fixovanými rastovými vlastnosťami každého meraného jedinca ako aj veľkou rozmanitosťou mikroklimatických a ekofyziologických podmienok vo výberkovom lese. Výraznejší vplyv stupňa clonenia strednej a hornej vrstvy na šírku korún skúmaných smrekov dolnej vrstvy sa v týchto podmienkach nepreukázal (tab. 3).

Rozdiely v dynamike výškového rastu smreka a jedle, v dolnej vrstve výberkového lesa, sme skúmali v zmiešaných smrekovo-jedľových hlúčikoch s hustotou 1–3 ks.m^{-2}, pri stupni clonenia strednej a hornej vrstvy do 50 %. Analýzou variancie sa potvrdil štatisticky veľmi vysoko významný vplyv (α = 0,001) druhu dreviny (smrek, jedľa) a hrúbkovej triedy $d_{1,3}$ na 10-ročný výškový prírastok stromov dolnej vrstvy (tab. 7). Priemerné hodnoty 10-ročných výškových prírastkov smreka (variant 2) sú v porovnaní s jedľou (variant 3) cca. o 15–20 % menšie. Jedľa dosahuje pri približne rovnakej kapacite koruny väčší 10-ročný výškový prírastok (tab. 1, 2). Toto zistenie poukazuje na efektívnejšie využívanie difúzneho svetla asimilačným aparátom jedle. Priaznivý pomer zatienenej a osvetlenej časti koruny pri jedli, vplýva pozitívne na jej fotosyntetickú produkciu, a teda aj na výškový rast. Testovanie významnosti rozdielov medzi priemermi 10-ročných výškových

prírastkov smreka a jedle v rovnakých hrúbkových triedach $d_{1,3}$, preukázalo štatistickú významnosť až pri hrúbkach $d_{1,3}$ 4 a 5 cm (tab. 8). Diskrepancia výškových prírastkov smreka a jedle v najnižších hrúbkových triedach ($d_{1,3}$ 1–3 cm) je štatisticky nevýznamná.

Smrek, napriek nízkemu stupňu clonenia stromami strednej a hornej vrstvy (do 50 %), zaostáva svojím výškovým rastom za tiennou jedľou. V podmienkach dolnej vrstvy výberkového lesa odrastá jedľa rýchlejšie, čo sa pozitívne prejavuje aj na dynamike jej výškových presunov.

Priemerné hodnoty šírky a relatívnej dĺžky korún pri oboch skúmaných drevinách sú približne vyrovnané (tab. 3, 4).

Rozdiely priemerov 10-ročných výškových prírastkov medzi jednotlivými hrúbkovými triedami ($d_{1,3}$ 1–5 cm), vo vnútri každého variantu samostatne, sú vo väčšine prípadov štatisticky významné ($\alpha = 0,05$) (tab. 6, 8). So zväčšujúcou sa hrúbkou ($d_{1,3}$) stromov dolnej vrstvy stúpa aj ich výškový prírastok.

4. DISKUSIA A ZÁVER

V práci sa potvrdil štatisticky veľmi vysoko významný vplyv ($\alpha = 0,001$) faktora stupňa clonenia stromami strednej a hornej vrstvy na 10-ročné výškové prírastky smreka v dolnej vrstve výberkového lesa. Priemerné hodnoty 10-ročných výškových prírastkov smrekov pri stupni clonenia 51–80 % dosahujú len cca. 3/4 veľkosti prírastkov smrekov, ktoré rastú pri stupni clonenia do 50 %. Významný vplyv faktora clonenia na výškový prírastok stromov dolnej vrstvy vo výberkových lesoch konštatujú aj autori Mitscherlich (1961), Schütz (1969), Spiecker (1986) a Duc (2002). Duncanov test významnosti rozdielov medzi výberovými priemermi 10-ročných výškových prírastkov rovnakých hrúbkových tried $d_{1,3}$ (stupne clonenia 51–80 % a do 50 %) potvrdil štatisticky signifikantné rozdiely až pri hrúbkach $d_{1,3}$ 4 a 5 cm. Tento záver platí s 95 % spoľahlivosťou. So zväčšujúcou sa hrúbkou (vekom) stromu stúpa význam vplyvu clonenia na výškový rast smreka (Vyskot 1971, Kramer 1988, Jaloviar 2004). Výškové prírastky smrekov v najnižších hrúbkových triedach ($d_{1,3}$ 1 až 3 cm) viac ovplyvňujú iné, nami neuvažované faktory.

Stupeň clonenia ovplyvňuje aj vývoj koruny smrekov v dolnej vrstve. Pri vyššom stupni clonenia (51–80 %) sa redukuje dĺžka koruny stromov dolnej vrstvy. Zmeny v dĺžke koruny určujú jej celkový objem, ktorý sa zo zvyšujúcim stupňom clonenia zmenšuje. Smrek a jedľa vytvárajú pri zatienení krátku a širokú korunu s tiennym typom anatomickej stavby ihlíc a malým výškovým prírastkom. Nestrácajú pritom ale schopnosť ďalšieho rastu, za predpokladu postupného zlepšenia svetelných podmienok (Pagan 1992, Korpeľ & Saniga 1993, Duc 2002).

Potvrdil sa aj štatisticky významný vplyv druhu dreviny (smrek, jedľa) na veľkosť 10-ročných výškových prírastkov stromov dolnej vrstvy. V porovnaní so smrekom, dosahuje jedľa približne o 15–20 % väčšie priemerné hodnoty 10-ročných výškových

prírastkov. Štatisticky významné rozdiely v 10-ročných výškových prírastkoch medzi drevinami jedľa a smrek sa však potvrdili až v hrúbkových triedach $d_{1,3}$ 4 a 5 cm. Rozdiely v dynamike výškového rastu smreka a jedle v najnižších hrúbkových triedach ($d_{1,3}$ 1–3 cm) sú štatisticky nevýznamné. Podľa Magina (1958) a Duca (2002) má jedľa, v porovnaní so smrekom (pri rovnakých dimenziách), kratšiu zatienenú časť koruny. Plocha plášťa osvetlenej časti koruny je pri jedli významne väčšia, čo je rozhodujúce pre proces fotosyntézy, a teda aj pre výškový rast. Pri jedli ostáva podiel osvetlenej časti koruny so stúpajúcou hrúbkou stromu konštantný, pri smreku klesá. Opačne sa správa podiel zatiennej časti koruny. Z výsledkov tejto práce vyplýva, že v podmienkach dolnej vrstvy výberkového lesa odrastá jedľa v porovnaní so smrekom rýchlejšie, čo sa pozitívne prejavuje aj na dynamike jej výškových presunov. Diferencie vo výškovom raste jedle a smreka však nie sú natoľko závažné, aby nedovoľovali jednotlivé zmiešanie oboch drevín (Duc 2002).

So zväčšujúcou sa hrúbkou ($d_{1,3}$) skúmaných stromov dolnej vrstvy výberkového lesa stúpa aj ich výškový prírastok. Faktor hrúbkovej triedy $d_{1,3}$ má štatisticky významný vplyv ($\alpha = 0{,}001$) na 10-ročný výškový prírastok smreka a jedle. Hrúbka stromu a relatívna dĺžka koruny, vysvetľujú spolu s clonením a konkurenciou (pri rovnakých stanovištných podmienkach) 41 až 70 % celkovej variability výškového prírastku stromov vo výberkovom lese (Duc 2002).

Príspevok bol vypracovaný s finančnou podporou grantu VEGA 1/3516/06.

Literatúra

Ammon, W., 1937: Das Plenterprinzip in der schweizerischen Forstwirtschaft. Büchler, Bern und Leipzig, 108 s.

Assmann, E., 1968: Náuka o výnose lesa. Príroda, Bratislava, 488 s.

Balsiger, R., 1925: Der Plenterwald und seine Bedeutung für die Forstwirtschaft der Gegenwart. Büchler Bern, 107 s.

Bezačinský, H., 1958: Je výberkové lesné hospodárstvo správnou cestou k zvyšovaniu produktívnosti lesov na Slovensku? O výberkových lesoch na Slovensku. Zborník z vedeckej konferencie, Vydavateľstvo SAV, Bratislava: 12–27.

Dengler, A., 1990: Waldbau. Paul Parey Verlag, Hamburg und Berlin, 314 s.

Duc, P., 1991: Untersuchungen zur Dynamik des Nachwuchses in Emmentaler Plenterflächen. *Schweiz. Z. Forstwes*., 142 (4): 299–319.

Duc, P., 2002: Zustand, Entwicklung und Pflege des Nachwuchses in Plenterwäldern des Val-de-Travers (Neunburg Jura). Diss. ETH Zürich, 224 s.

Holubčík, M., 1962: Príspevok k otázke priestorovej výstavby výberkového lesa, jej zmeny a produkcia na príklade plôch založených v lesnom závode v Smolníckej Hute. Vedecké práce VÚLH v Banskej Štiavnici, (7), 198 s.

Jaloviar, P., 2004: Výškový rast následného porastu smreka v podmienkach clonno-okrajového rubu. *Beskydy*, 17: 125–130.

Korpeľ, Š., Saniga, M., 1993: Výberný hospodársky spôsob. Matica lesnícka Písek, 127 s.
Kramer, H., 1988: Waldwachstumslehre. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 374 s.
Leibundgut, H., 1989: Über die waldbauliche Bedeutung des Wachstumsverlaufes und Schlankheitsgrades von Bäumen. *Schweiz. Z. Forstwes*., 140 (9): 791–800.
Magin, R., 1958: Kronengrösse und Zuwachs in mehrschichtigen Mischbeständen. Forst-u. Holzwirtschaft, 13 (15): 309–312.
Mitscherlich, G., 1961: Untersuchungen in Plenterwäldern des Schwarzwaldes. *Allg. Forst-u. Jagdzeitung*, 132 (3): 61–73.
Mitscherlich, G., 1963: Untersuchungen in Schlag- und Plenterwäldern. *Allg. Forst-u. Jagdzeitung*, 134 (1): 1–12.
Pagan, J., 1996: Lesnícka dendrológia. TU vo Zvolene. 378 s.
Pechmann, H., Lippemeier, P., 1975: Untersuchungen über die Schnittholzqualität von Tannen- und Fichtenholz aus Plenterbeständen. *Forstw. Centralblatt*, 94: 351–364.
Polanský, B., 1960: Náměty na spřesnění pojmu výběrného hospodářství a jeho principů. *Lesnictví*, (3): 255–258.
Preuhsler, T., 1981: Ertragskundliche Merkmale oberbayerischer Bergmischwald-Verjünungsbestände auf kalkalpinen Standorten im Forstamt Kreuth. *Forstw. Centralblatt*, 100 (5): 313–345.
Reininger, H., 1992: Zielstärken-Nutzung oder die Plenterung des Altersklassenwaldes. Österreichischer Agrarverlag, Wien, 163 s.
Reininger, H., 2000: Das Plenterprinzip oder die Überführung des Alterklassenwaldes. Leopold Stocker Verlag, Graz, 238 s.
Saniga, M., Szanyi, O., 2000: Vplyv výberkového rubu na štruktúru a regeneračné procesy smrekového výberkového lesa. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, XLII: 135–148.
Schütz, J.-Ph., 1969: Etude des phénomènes de la croissance en hauteur et en diamètre du sapin (*Abies alba* Mill.) et de l´epicéa (*Picea abies* Karst.) dans deux peuplements jardinés et une foret vierge. *Beih. Z. Schweiz. Forstver*., 44: 115 s.
Schütz, J.-Ph., 1981: Que peut apporter le jardinage á notre sylviculture? *Schweiz. Z. Forstwes*., 132 (4): 219–242.
Schütz, J.-Ph., 1989: Der Plenterbetrieb. ETH Zürich, 54 s.
Schütz, J.-Ph., 2001: Der Plenterwald und weitere Formen strukturierter und gemischter Wälder. Parey Buchverlag, Berlin, 220 s.
Schütz, J.-Ph., 2002: Die Plenterung und ihre unterschiedlichen Formen. Skript zu Vorlesung Waldbau II und Waldbau IV. ETH Zentrum, Zürich, 126 s.
Sommer, H. G., 1962: Alter und Baumhöhen in Plenterbeständen. *Forstwiss. Centralblatt,* 81: 11–17.
Spiecker, H., 1986: Das Wachstum der Tannen und Fichten auf Plenterwaldversuchsflächen des Schwarzwaldes in der Zeit von 1950 bis 1984. *Allg. Forst- u. Jagdzeitung*., 157 (8): 152–164.
Šafar, J., 1954: Die Entwicklung des Tannenjungwuchses in den Plenterwäldern Kroatiens. *Schweiz. Z. Forstwes*., 105 (11): 592–613.
Šebík, L., Polák, L., 1990: Náuka o produkcii dreva. Príroda, Bratislava, 322 s.
Šmelko, Š., Wenk, G., Antanaitis, V., 1992: Rast, štruktúra a produkcia lesa. Príroda, Bratislava, 342 s.
Vyskot, M. a kol., 1971: Základy růstu a produkce lesů. Státni zemědělské nakladatelství, Praha, 440 s.

Adresa autora:
Ing. Jaroslav Vencurik
Katedra pestovania lesa
Lesnícka fakulta
TU vo Zvolene
Masarykova 24
960 53 Zvolen

e-mail: jarovencurik@pobox.sk

Die Dynamik des Höhenwachstums der Bäume in der Unterschicht des Plenterwaldes in der orographischen Ganzheit Volovské vrchy

Zusammenfassung

Der Beitrag analysiert den Einfluss des Beschattungsgrads von den Bäumen der mittleren und oberen Schicht, der Baumart (Fichte, Tanne) und des BHD auf den 10-jährigen Höhenzuwachs von Bäumen in der Unterschicht des Plenterwaldes (Bestand 149, Forstamt Mníšek nad Hnilcom). Der Einfluss von allen untersuchten Faktoren wurde als statistisch hochsignifikant bestätigt ($\alpha = 0{,}001$).

Die durchschnittlichen Werte der 10-jährigen Höhenzuwächse von Fichten bei dem Beschattungsgrad der mittleren und oberen Schicht 51–80 % sind etwa um 1/4 kleiner als jene bei dem Beschattungsgrad bis 50 %. Mit zunehmendem BHD des Baumes steigt der Einfluss des Beschattungsgrads auf den Höhenwachstum von Fichte in der Unterschicht des Plenterwaldes.

In der Unterschicht des Plenterwaldes wächst Tanne im Vergleich mit der Fichte schneller heran, was sich positiv auch auf die Dynamik ihrer Höhenverschiebungen auswirkt.

ACTA FACULTATIS FORESTALIS XLVIII
ZVOLEN – SLOVAKIA 2006

POROVNANIE NIEKTORÝCH ZNAKOV ŠTRUKTÚRY PORASTOV DUBA ČERVENÉHO (*QUERCUS RUBRA* L.) A DUBA ZIMNÉHO (*QUERCUS PETRAEA* (MATTUSCH) LIEBL.)

Karol G U B K A – Pavol S K L E N Á R

Gubka, K., Sklenár, P.: Porovnanie niektorých znakov štruktúry porastov duba červeného (*Quercus rubra* L.) a duba zimného (*Quercus petraea* (Mattusch) Liebl.). Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLVIII**, 2006, s. 183–196.

Dub červený (*Quercus rubra* L.) je drevina pochádzajúca z východnej časti severoamerického kontinentu, ktorá bola úspešne zavedená do Európy. U nás sa pestuje v južných častiach Slovenska. Čo najlepšie využitie jeho produkčných, estetických a ostatných funkcií je možné ovplyvniť vhodnými pestovnými opatreniami. V porovnaní s rovnako usmerňovanými spoločenstvami duba zimného (*Quercus petraea* (Mattusch) Liebl.), vykazuje pri rovnakom veku (82 rokov) vyššiu objemovú produkciu, lepší hrúbkový rast, lepšiu kvalitu kmeňa. V tomto veku sa však začínajú prejavovať prvky zhoršujúce tvarové a fyziologické charakteristiky korún, čo upozorňuje na jeho rubnú zrelosť.

Kľúčové slová: dub červený, dub zimný, štruktúra porastov

1. ÚVOD A PROBLEMATIKA

V priebehu minulého storočia zastúpenie duba (*Quercus sp*.) na Slovensku klesalo. Predpokladalo sa, že zníženú produkciu dubových sortimentov bude môcť v relatívne krátkom časovom úseku nahradiť rýchlorastúci dub červený (*Quercus rubra* L.). Otázka zvyšovania produkcie drevnej hmoty sa mala riešiť zvyšovaním zastúpenia duba červeného v nižších lesných vegetačných stupňoch a zavádzaním jedle obrovskej (*Abies grandis* Lindl.) a duglasky tisolistej (*Pseudotsuga menziesi*i (Mirb.) Franco) vo vyšších vegetačných stupňoch.

V súlade s touto myšlienkou sa problematike duba červeného začal intenzívne venovať Doc. Ing. Jozef Réh, CSc., už v šesťdesiatych rokoch minulého storočia. Založil sústavu trvalých výskumných plôch a získané poznatky publikoval v 13 publikáciách v rokoch 1967–1997. Touto problematikou sa zaoberal aj Doc. Ing. František Tokár, DrSc.

V Európe sa najmä otázkam objemovej produkcie venovalo viacero autorov (Assmann, 1968, Bauer, 1953, Bouček, 1958, Krahl-Urban, 1966, atď.). Štefančík (1992) upozornil na estetickú a kúpeľnoliečebnú funkciu ekosystémov so zastúpením duba červeného.

Na základe poznatkov a skúseností je potrebné brať do úvahy aj schopnosť duba červeného tvoriť funkčne účinné porasty aj v oblastiach s vyšším imisným spádom. Dôkazom je napr. funkčný a relatívne vitálny porast v A. pásme ohrozenia na lokalite Opatovce pri hlinikárni v Žiari nad Hronom (A_2 – kyslý imisný typ s popolčekom a zlúčeninami fluóru a chlóru).

Z hľadiska drevospracujúceho priemyslu sú dôležité poznatky o všestrannosti využitia dreva duba červeného. V USA a Kanade je dub červený využívaný na stavebné účely, parkety, podvaly, nábytok, atď. Vysoko sú hodnotené dekoračné dýhy tejto dreviny. Pre vysokú pórovitosť a neprítomnosť týl sa nehodí na výrobu sudov.(Réh. J, Réh. R.,1997)

Podľa databázy Lesoprojektu vo Zvolene sa dub červený vyskytuje v rámci Slovenska na ploche 2068,7 ha, väčšinou v zmesiach s inými drevinami, pri celkovej zásobe 195 770 $m^{3.}$ Najvyššie zastúpenie má v porastoch 2.–4. vekovej triedy (20–40-ročné), kde sa vyskytuje na ploche 1583,19 ha. Výskumná stanica v Liptovskom Hrádku eviduje 10 uznaných porastov na zber semena v celkovej výmere 78,14 ha.

Cieľom práce je urobiť analýzu kvantitatívnych a kvalitatívnych biometrických znakov spoločenstiev duba červeného a duba zimného na dvoch trvalých výskumných plochách a poukázať na ich rozdiely pri rovnakom, dlhodobom spôsobe obhospodarovania.

2. MATERIÁL A METODIKA

Sústava trvalých výskumných plôch (TVP) pre výskum duba červeného bola založená v roku 1960 na vtedajšej LS Šahy (OLZ Levice), v katastrálnom území Dolné Semerovce, lokalita Veľký Šomoš, dielce 112b a 112c (v súčasnosti 1157 a 1158). V roku 1969 bol pokus rozšírený o ďalšie TVP pre porovnanie vývoja s dubom zimným.

Oblasť patrí do povodia Ipľa a k Ipeľskej tabuli. Nadmorská výška objektu je v priemere 200 m, priemerné ročné zrážky 600 mm, cez vegetačné obdobie 400–430 mm. Priemerný počet dní so zrážkami 1 mm a viac je 90 až 110 dní. Priemerné ročné teploty sa pohybujú v rozpätí 8–9 °C, vo vegetačnom období 15–16 °C. V zimnom období prevládajú severné a západné vetry, v letnom južné.

Z typologického hľadiska ide o skupinu lesných typov *Carpineto-quercetum*, lesné typy 1307, 1308, 1309. Pôdnym typom sú sprašové hliny, mierne až stredne podzolované. Vek porastov (pred vegetačným obdobím 2005) bol 82 rokov., expozícia JV, sklon 15 %, zakmenenie 0,8, kategória H, (LHP Všeobecná časť 2001–2010, LHC Šahy.)

Trvalé výskumné plochy majú výmeru 0,25 ha. Na TVP I sú spoločenstvá duba červeného a na TVP II duba zimného. Stredom TVP vedú 10 m široké tranzekty po spádnici.

Na oboch TVP sa v priebehu sledovaného obdobia realizovala akostná úrovňová prebierka so silou zásahu 15 %, s vyznačením a postupnou redukciou čakateľov (v súčasnosti už cieľových stromov).

Na plochách sa evidovalo (podľa Réha, 1997):

– druh dreviny,

– hrúbka v $d_{1,3}$ s presnosťou na 1 mm,
– kvalita kmeňa na tri stupne (1 – kmene zodpovedajú I. a II. akosti priemyselných výrezov; 2 – zodpovedajú požiadavkám na III. stupeň akosti; 3 – kmene zodpovedajúce požiadavkám na výrezy IV. stupňa akosti),
– kvalita koruny na 3 stupne (1 – koruna symetrická, dostatočne veľká, 2 – koruna priemerná, 3 – asymetrická, príliš malá, alebo príliš veľká),
– biosociologické postavenie na 4 stromové triedy podľa Polanského: 1. predrastavé, 2. úrovňové, 3. vrastavé, 4. podúrovňové,
– zavlkatenie kmeňa – formou zlomku, kde v čitateli je výška nasadenia vlkov (0,5 m) a v menovateli stupeň zavlkatenia,
– ostatné kvantitatívne a zdravotné znaky – suchý vrchol (SV), ohnutý (OH), zlomený kmeň (Z).

Na tranzektoch a čakateľoch (cieľových stromoch) sa evidovala aj výška stromu a výška nasadenia koruny s presnosťou na 0,5 m. Pri vyhodnocovaní bola početnosť zaraďovaná do 2 cm hrúbkových tried.

3. VÝSLEDKY

V roku 1969 boli v priľahlom poraste duba zimného rovnakého veku ako mal dub červený vylíšené a stabilizované dve paralelné výskumné plochy. Vo veku 47 rokov bolo na plochách, ktoré sú predmetom nášho terajšieho výskumu zistených 1960 ks.ha^{-1} (TVP I – dub červený) resp. 1920 ks.ha^{-1} (TVP 2 – dub zimný). Za 36 rokov klesla početnosť na 360 ks.ha^{-1} duba červeného, resp. 504 ks.ha^{-1} duba zimného generatívneho pôvodu, čo predstavuje 18,36 % (TVP 1), resp. 26,25 % (TVP 2), z východzieho počtu.

Okrem koncepčne realizovaných prebierkových postupov sa na takomto radikálnom znížení počtov podieľa aj fenomén „hromadného hynutia duba“. Ako uvádza Réh (1997) v priebehu 80-tych rokov minulého storočia odumrelo vplyvom grafiózy spontánne okolo 14 % duba červeného a 23,6 % duba zimného. Súčasný stav rozdelenia početnosti podľa hrúbkových tried udáva tab. 1. Z tabuľky je evidentná absencia jedincov duba červeného generatívneho pôvodu v nižších hrúbkových triedach. Do hrúbky 22 cm sa vyskytuje len niekoľko jedincov. Pri dube zimnom sme po túto hrúbkovú triedu zaznamenali až 128 ks. ha^{-1}. Autori spomínaní v predchádzajúcich kapitolách pokladajú dub červený za tolerantnejší na zatienenie ako dub zimný. Napriek tomu v našom prípade je situácia opačná. Príčinu vidíme v dvoch faktoroch. Prvým by mohlo byť relatívne veľké zníženie počtu jedincov duba zimného vplyvom tracheomykózy. Odumierali najmä jedince 2. stromovej triedy, čím sa do porastu dostalo podstatne viac svetla, vplyvom ktorého prežilo viac jedincov nižších stromových tried. V dôsledku fototropizmu došlo u väčšiny z nich k presunu do vyšších stromových tried. Druhý faktor je antropogénneho pôvodu. Ide o vykrádanie porastov na palivo. (Najmä dub červený).

Tab. 1 Počet, objem hrubiny, objem stromový, kruhová základňa na sledovaných TVP v r. 2005 (prepočet na 1ha)
Tabelle 1 Die Anzahl, Derbholzvolumen, Baumvolumen und die Kreisfläche auf den augenommenen DVF im Jahre 2005 (hochgerechnet pro 1 ha)

Hrúbková trieda cm (1)	TVP I DUB ČERVENÝ (2)								TVP II DUB ZIMNÝ (3)							
	Počet (5)		Objem hrubiny (6)		Objem stromový (7)		Kruhová základňa (8)		Počet		Objem hrubiny		Objem stromový		Kruhová základňa	
	N	%	m^3	%	m^3	%	m^2	%	N	%	m^3	%	m^3	%	m^2	%
2	4	1,1		0,0		0,0	0,004		36	7,1			0,04	0,1	0,012	0,0
4									16	3,2			0,04	0,1	0,016	0,1
6									12	2,4			0,12	0,1	0,024	0,1
8	8	2,2	0,09	0,1	0,22	0,0	0,040	0,1	8	1,6	0,10	0,1	0,22	0,1	0,036	0,1
10									4	0,8	0,11	0,1	0,18	0,1	0,024	0,1
12																
14									16	3,2	1,74	0,4	2,15	0,5	0,224	0,8
16									16	3,2	2,61	0,6	3,08	0,7	0,304	1,0
18									8	1,6	1,72	0,4	1,98	0,5	0,184	0,6
20									12	2,4	4,13	1,0	4,63	1,1	0,372	1,3
22	8	2,2	3,22	0,7	3,62	0,8	0,304	0,9	32	6,4	14,10	3,5	15,62	3,6	1,204	4,1
24	12	3,4	5,85	1,3	6,50	1,4	0,528	1,6	52	10,3	27,22	6,7	30,05	6,7	2,244	7,6
26	24	6,7	14,57	3,2	16,15	3,4	1,240	3,7	48	9,5	30,80	7,6	33,84	7,6	2,416	8,2
28	36	10,0	26,59	5,8	29,33	6,2	2,172	6,5	52	10,3	40,44	10,0	44,20	10,1	3,064	10,4
30	40	11,1	34,70	7,6	38,06	8,0	2,740	8,2	32	6,3	30,48	7,5	33,16	7,5	2,232	7,6
32	16	4,4	16,07	3,5	17,57	3,7	1,220	3,7	32	6,3	35,02	8,7	38,00	8,7	2,480	8,5
34	40	11,1	47,36	10,4	51,48	10,9	3,540	10,6	36	7,1	45,75	11,2	49,44	11,3	3,196	10,9
36	40	11,1	54,96	12,1	59,61	12,6	4,008	12,0	32	6,3	45,34	11,2	48,85	11,2	3,120	10,6
38	28	7,8	42,86	9,4	46,26	9,8	3,064	9,2	20	4,0	32,64	8,1	35,06	8,0	2,200	7,5
40	40	11,1	69,06	15,2	74,48	15,7	4,900	14,7	12	2,4	22,75	5,6	23,10	5,3	1,512	5,2
42	40	11,1	78,44	17,2	84,51	17,8	5,476	16,4	12	2,4	25,12	6,2	26,89	6,1	1,668	5,7
44									4	0,8	9,36	2,3	10,01	2,3	0,608	2,1
46	8	2,2	18,70	4,1	20,10	4,2	1,272	3,8	4	0,8	9,80	2,4	10,49	2,4	0,636	2,2
48	12	3,4	31,18	6,9	20,94	4,4	2,108	6,3								
50	4	1,1	11,63	2,6	5,33	1,1	0,784	2,3	8	1,6	24,83	6,1	26,48	6,1	1,568	5,3
SPOLU (4)	360	100,0	455,27	100,0	474,16	100,0	33,400	100,0	504	100,0	404,08	100,0	437,63	100,0	29,344	100,0

(1) – Stärkeklasse
(2) – Roteiche
(3) – Wintereiche
(4) – insgesamt
(5) – Stammzahl
(6) – Derbholzvolumen
(7) – Baumvolumen
(8) – Kreisfläche

Nižšie nároky duba červeného na svetelný požitok a jeho vyššia reprodukčná vegetatívna schopnosť sa prejavuje vo výskyte výmladkov a tvorbe spodnej etáže (4. stromová trieda). Na TVP I sme v prepočte na 1 ha zistili až 432 životaschopných pňových výmladkov s priemernou hrúbkou 2,1 cm a priemernou výškou 2,6 m. V priemere bolo na každom živom pni po zrúbaní duba červeného 3,4 výmladku (1–11 ks). Okrem výmladkov duba červeného sa na tvorbe spodnej etáže podieľala aj baza čierna (*Sambucus nigra* L.). V prepočte na 1 ha sme na tejto ploche zistili až 744 životaschopných kmeňov (osí – výmladkov) bazy väčšinou v trsoch od 2–7 kusov.

Baza čierna dominovala aj v spodnej etáži na TVP II (dub zimný). Z 916 kmeňov kríkovitých drevín na 1 ha, bola baza zastúpená až 596 kmeňmi (65,1 %). Z ostatných druhov sa v tejto etáži vyskytol aj vtáči zob, (*Ligustrum vulgare* L.) v počte 248 kmeňov na 1 ha. V menších množstvách bol zaregistrovaný výskyt aj čerešne vtáčej (*Prunus avium* L.), hlohu obyčajného (*Crataegus oxyacantha* L.) a 17 výmladkov duba červeného (5 pňov). Nebol však zistený žiaden výmladok duba zimného. Na tvorbe 4. stromovej triedy sa podieľa aj 140 jedincov generatívneho pôvodu duba červeného, ktorých vitalita je však oveľa nižšia ako výmladkov na TVP I.

Rozdielny počet stromov sledovaných dubov v jednotlivých hrúbkových triedach sa zákonite prejavuje aj vo vertikálnej výstavbe porastov. Dub červený generatívneho pôvodu je v 3. a 4. stromovej triede zastúpený len 6,6 % (24 ks. ha^{-1}). Jadro jeho výskytu je v 2. stromovej triede (256 stromov na ha, 71,1 %). Aj dub zimný má v tejto stromovej triede najviac jedincov (304 ks. ha^{-1}, resp. 60,3 %). Výskyt v ostatných stromových triedach je relatívne vyrovnaný (tab. 3).

Diferencovaná hrúbková štruktúra , ako aj rôzna vertikálna výstavba sa zákonite prejavujú v priemerných hodnotách sledovaných biometrických znakov. Rozdiel priemerných hrúbok porastov duba červeného a duba zimného je evidentný jednak vizuálne v teréne, ako aj z tab. 2 (Rozdiel je štatisticky významný. Testované analýzou rozptylu a Duncanovým testom). Hodnoty smerodajných odchýlok dávajú informáciu o „rozkolísaní“ hodnôt sledovaného biometrického znaku. Priemerné hodnoty hrúbok čakateľov (resp. cieľových stromov) nie sú tak rozdielne. Príčina je v relatívne podobných rastových podmienkach jedincov uvoľňovaných akostnou úrovňovou prebierkou. Aj z priemernej hodnoty hrúbky stromov porastu, aj z hrúbky čakateľov je zrejmé, že dub červený má intenzívnejší hrúbkový rast.

Priemerná výška porastov aj čakateľov (cieľových stromov) je vzácne vyrovnaná. Rozdiel priemerných hodnôt je štatisticky nevýznamný. Dub červený v mladom veku prirastá výškovo intenzívnejšie ako dub zimný, avšak časom sa rozdiel prírastku znižuje a dub zimný výškovo dorastá dub červený (tab. 2).

Tab. 2 Biometrické charakteristiky duba červeného a duba zimného na sledovaných TVP v roku 2005
Tabelle 2 Biometrische Charakteristiken der Roteiche und der Wintereiche auf den untersuchten DVF im Jahr 2005

ZNAK (1)	TVP I DUB ČERVENÝ (2)				TVP II DUB ZIMNÝ (3)			
	Všetky 360 ks ha^{-1} (4)		Cieľové stromy 164 ks ha^{-1} (5)		Všetky 504 ks ha^{-1}		Cieľové stromy 116 ks ha^{-1}	
	$\bar{x}$	$S_{\bar{x}}$	$\bar{x}$	$S_{\bar{x}}$	$\bar{x}$	$S_{\bar{x}}$	$\bar{x}$	$S_{\bar{x}}$
$d_{1,3}$ (cm) (6)	33,20	8,25	37,60	5,43	24,63	11,51	31,93	6,48
h (m) (7)	25,31	4,38	26,16	1,68	25,82	3,34	26,72	1,78
hk (m) (8)	15,85	2,70	15,83	2,67	17,02	2,60	17,16	1,51
l koruny (m) (9)	9,46		10,33		8,80		9,56	
štíhl. koef. (10)	76,23		69,57		104,83		83,68	
zakmenenie ks (11)	0,66				0,93			
zakmenenie m^3	1,04				0,96			
zakmenenie m^2	1,04				0,91			

(1) – Charakteristik, (2) – Roteiche, (3) – Wintereiche, (4) – insgesamt, (5) – Z-Bäume, (6) – BHD, (7) – Höhe, (8) – Höhe des Kronenansatzes, (9) – Kronenlänge, (10) – Schlankheitsgrad, (11) – Bestockung

Rozdiel v počte, príslušnosti k hrúbkovým triedam ako aj rozdiel v priemerných hodnotách hrúbok sa prejavuje na kruhovej základni a súčasnej zásobe porastu. Kruhová základňa duba červeného (TVP I) je cca o 4 m^2 väčšia ako duba zimného (tab. 1). Rozdiely sa prejavili aj v zásobe pričom aj objem hrubiny aj objem stromovia je na TVP I vyšší, ako na TVP II. Z uvedeného je zrejmé, že dub červený je v konkrétnych podmienkach danej lokality vo veku 82 rokov produktívnejší ako dub zimný, tab. 1 (poznámka: neanalyzujeme celkovú objemovú produkciu).

Relatívne vysokú bezpečnosť produkcie je možné zabezpečiť cez usmerňovanie hodnôt štíhlostného koeficientu a vhodnej veľkosti korún. Priemerné hodnoty štíhlostného koeficientu cieľových stromov duba červeného sú priaznivejšie ako pri dube zimnom (tab. 2). Taktiež priemerné hodnoty dĺžok korún sú pri dube červenom väčšie. Vysoká priemerná hodnota štíhlostného koeficientu porastu duba zimného je zrejme zapríčinená relatívne vysokým počtom preštíhlených jedincov z nižších hrúbkových tried.

Dôležitým produkčným ukazovateľom je kvalita kmeňa (tab. 3). Porovnanie kvality kmeňov v relatívnom vyjadrení je preukazne lepšie v prospech duba červeného. Až 29% stromov duba červeného dosahuje najvyšší stupeň kvality kmeňa. Pri dube zimnom je to len 7,2 % jedincov. Dub červený má najvyšší relatívny počet jedincov v druhom stupni kvality kmeňa. Pri dube zimnom je počet jedincov v druhom a treťom stupni kvality kmeňa takmer rovnaký. Priemerná kvalita kmeňa duba červeného (1,9) je lepšia ako duba zimného (2,4).

Tab. 3 Rozdelenie početnosti duba červeného a duba zimného podľa stromových tried a kvality kmeňa (r. 2005, prepočet na 1ha)
Tabelle 3 Stammzahlverteilung der Roteiche und der Wintereiche in den Baumklassen und Stammqualität (Jahr 2005, hochgerechnet pro 1 ha)

Stromová trieda (1)	Kvalita kmeňa (6)	DB Červený (2)			DB Zimný (3)		
		TVP I			TVP II		
		N	%	% Celkom	N	%	% Celkom
1	1	64	80,0	17,8	12	18,8	2,4
	2	16	20,0	4,4	52	81,2	10,3
	3						
	Spolu	80	100,0	22,2	64	100,0	12,7
2	1	40	15,6	11,1	24	7,9	4,8
	2	172	67,2	47,8	180	59,2	35,7
	3	44	17,2	12,2	100	32,9	19,8
	Spolu	256	100,0	71,1	304	100,0	60,3
3	1						
	2						
	3	12	100,0	3,3	56	100,0	11,1
	Spolu	12	100,0	3,3	56	100,0	11,1
4	1						
	2						
	3	12	100,0	3,3	80	100,0	15,9
	Spolu	12	100,0	3,3	80	100,0	15,9
Celkom (4)	1	104	89,0	28,9	36	7,2	7,1
	2	188	52,2	52,2	232	46,0	46,0
	3	68	18,8	18,9	236	46,8	46,8
	Spolu	360	100,0	100,0	504	100,0	100,0
Priemerná kvalita (5)		1,9			2,4		

(1) – Baumklasse, (2) – Roteiche, (3) – Wintereiche, (4) – insgesamt, (5) – durchschnittliche Qualität, (6) – Stammqualität

Aj porovnanie kvality koruny hovorí v prospech duba červeného. Rozdiely nie sú až také veľké ako pri hodnotení kvality kmeňa. Ako vyplýva z tab. 4, najviac korún dubov červených je zaradený do druhého stupňa kvality v 1. a 2. stromovej triede. Vplyv na tento stav má zrejme výskyt negatívnych kvalitatívnych znakov v korune. Odschýnajúci vrchol má napr. 14,4 % zo všetkých dubov červených, pričom najviac bolo zistených v 2. stromovej triede (84,6 %). Dub zimný nedosahuje taký počet ani v absolútnom, ani v relatívnom vyjadrení. Koruny duba červeného sú v 1. a 2. stromovej triede napádané

imelovcom (*Loranthus europaeus* Jack.) (14,4 % jedincov), pričom dub zimný v tomto veku nie je imelovcom napádaný vôbec. Veľmi vysoký je aj výskyt deformácie kmeňa v korunovej časti – ohnutie. Toto negatívum sa vyskytuje až pri 32,2 % všetkých evidovaných duboch červených, pričom maximum výskytu je v 2. stromovej triede. Pri dube zimnom sa táto deformácia korunovej časti vyskytovala len pri 7,9 % jedincov (tab. 5).

Osobitnú pozornosť sme venovali zavlkateniu kmeňov. Pri dube červenom sa zistilo, že 84,4 % stromov trpí zavlkatením. Skoro všetky jedince 2. stromovej triedy (92,2 %) sú takto postihnuté . Dub zimný tvorí menej adventívnych výhonkov na kmeni. 69 % jedincov má tendenciu zvyšovať plochu asimilačného aparátu tvorbou vlkov. Ide najmä o stromy 2. a 3. stromovej triedy. Tvorba vlkov na kmeni stromov môže ovplyvniť kvalitu produkcie dreva, v kladnom aj zápornom smere. Pri evidencii bolo na plochách identifikované aj niekoľko jedincov s očkovým resp. svalcovým kmeňom.

Tab. 4 Rozdelenie početnosti duba červeného a duba zimného podľa stromových tried a kvality koruny (r. 2005, prepočet na 1ha)
Tabelle 4 Stammzahlverteilung der Roteiche und der Wintereiche in den Baumklassen und Qualität der Krone (Jahr 2005, hochgerechnet pro 1 ha)

Stromová trieda (1)	Kvalita koruny (6)	DB Červený (2)			DB Zimný (3)		
		TVP I			TVP II		
		N	%	% Celkom	N	%	% Celkom
1	1	40	50,0	11,1	28	48,8	5,6
	2	36	45,0	10,0	36	56,2	7,1
	3	4	5,0	1,1			
	Spolu	80	100,0	22,2	64	100,0	12,7
2	1	12	4,7	3,3	28	9,2	5,6
	2	128	50,0	35,6	116	38,2	23,0
	3	116	45,3	32,2	160	52,6	31,7
	Spolu	256	100,0	71,1	304	100,0	60,3
3	1						
	2						
	3	12	100,0	3,3	56	100,0	11,1
	Spolu	12	100,0	3,3	56	100,0	11,1
4	1						
	2						
	3	12	100,0	3,3	80	100,0	15,9
	Spolu	12	100,0	3,3	80	100,0	15,9

Tab. 4 Pokračovanie
Tabelle 4 Fortsetzung

Stromová trieda (1)	Kvalita koruny (6)	DB Červený (2)			DB Zimný (3)		
		TVP I			TVP II		
		N	%	% Celkom	N	%	% Celkom
Celkom (4)	1	52	14,4	14,4	56	11,1	11,1
	2	164	45,6	45,6	152	30,2	30,2
	3	144	40,0	40,0	296	58,7	58,7
	Spolu	360	100,0	100,0	504	100,0	100,0
Priemerná kvalita (5)		2,3			2,5		

(1) – Baumklasse, (2) – Roteiche, (3) – Wintereiche, (4) – insgesamt, (5) – durchschnittliche Qualität, (6) Qualität der Krone

Tab. 5 Absolútna a relatívna početnosť evidovaných kvalitatívnych znakov v porastoch duba červeného a duba zimného na TVP (prepočet na 1 ha), podľa stromových tried (r. 2005)

Tabelle. 5 Die absoluten und die relativen Häufigkeiten der aufgenommenen Qualitätsmerkmale in den Beständen der Rot- und der Wintereiche auf den Dauerversuchsflächen (hochgerechnet pro 1 ha) unterteilt nach Baumlkassen (im Jahre 2005)

DUB ČERVENÝ (3)												
Stromová trieda (1)	Zavlkatenie (2)				Odschnutý vrchol (4)				Imelovec (5)			
	N	Spolu % (6)	Celkom % (7)	Všetky % (8)	N	Spolu %	Celkom %	Všetky %	N	Spolu %	Celkom %	Všetky %
1	56	18,4	53,8	70,0					24	46,2	23,1	30,0
2	236	77,6	57,3	92,2	44	84,6	10,7	17,2	28	53,8	6,8	10,9
3	12	4,0	42,9	100,0	4	7,7	14,3	33,3				
4					4	7,7	25,0	33,3				
Spolu	304	100,0	54,3	84,4	52	100,0	9,3	14,4	52	100,0	9,3	14,4
Stromová trieda	Ohnuté				Ostatné				Celkom kval. zn.		Všetky stromy	
	N	Spolu %	Celkom %	Všetky %	N	Spolu %	Celkom %	Všetky %	N	Spolu %	N	%
1	20	17,2	19,2	25,0	4	11,1	3,9	5,0	104	18,6	80	130,0
2	84	72,4	20,4	32,8	20	55,6	4,8	7,8	412	73,6	256	160,9
3	12	10,4	42,8	100,0					28	5,0	12	233,3
4					12	33,3	75,0	100,0	16	2,8	12	133,0
Spolu	116	100,0	20,7	32,2	36	100,0	6,4	10,0	560	100,0	360	156,1

Tab. 5 Pokračovanie
Tabelle 5 Fortsetzung

DUB ZIMNÝ (9)												
Stromová trieda	Zavlkatenie				Odschnutý vrchol				Imelovec			
	N	Spolu %	Celkom %	Všetky %	N	Spolu %	Celkom %	Všetky %	N	Spolu %	Celkom %	Všetky %
1	44	12,6	84,6	68,7								
2	252	72,4	79,7	82,8	28	70,0	8,9	9,2				
3	48	13,8	70,6	85,7	12	30,0	17,6	21,4				
4	4	1,2	33,3	5,0								
Spolu	348	100,0	77,7	69,0	40	100,0	8,9	7,9				
Stromová trieda	Ohnuté				Ostatné				Celkom kval. zn.		Všetky stromy	
	N	Spolu %	Celkom %	Všetky %	N	Spolu %	Celkom %	Všetky %	N	Spolu %	N	%
1					8	40,0	15,4	12,5	52	11,6	64	81,3
2	28	70,0	8,9	9,2	8	40,0	2,5	2,6	316	70,5	304	103,9
3	8	20,0	11,8	14,3					68	15,2	56	121,4
4	4	10,0	33,3	5,0	4	20,0	33,3	5,0	12	2,7	80	15,0
Spolu	40	100,0	8,9	7,9	20	100,0	4,5	4,0	448	100,0	504	88,9

(1) – Baumklasse, (2) – Wasserreiser, (3) – Roteiche, (4) – trockener Wipfel, (5) Loranthus sp., (6) – insgesamt, (7) – zusammen, (8) – alle, (9) – Wintereiche

4. DISKUSIA A ZÁVER

Dub červený (*Quercus rubra* L.) sa u nás začal vo väčšej miere vnášať do porastov až v 20. storočí. Ekologické nároky, rýchly rast v mladom veku a objemová produkcia dávali predpoklady pre jeho pestovanie najmä v nižších lesných vegetačných stupňoch.(Bauer, 1953, Réh, 1997, Tokár, 1982)

Poznatky získané z porovnávacích plôch duba červeného a duba zimného poukazujú na rozdiely v štruktúre a produkcii porastov týchto dvoch drevín.Potvrdzuje to poznatky Assmanna (1968), Boučeka (1958) a ďalších.

Za obdobie odkedy prebieha výskum vplyvu úrovňovej prebierky s pozitívnym výberom so silou zásahu 15 % sa na sledovaných plochách značne zvýšili rozdiely v počte jedincov. Tento rozdiel nevyplynul ani tak z realizovaných zásahov a autoredukcie, ako z vykrádania porastov (najmä duba červeného) a odumierania vplyvom tracheomykózy. Na TVP s dubom červeným prežilo menej jedincov ako na ploche duba zimného, pričom ale dub červený generatívneho pôvodu absentuje v nižších stromových triedach. Spodná etáž v poraste duba červeného je tvorená pňovými výmladkami tejto dreviny a bazou čiernou. Baza, vtáči zob a iné druhy tvoria spodnú etáž aj pod porastom duba zimného. V tejto etáži (4. stromová trieda) sa však nenachádzajú žiadne výmladky duba zimného. Vegetatívna obnova duba zimného na zatienených pňoch nie je taká intenzívna ako na voľnej ploche.

Zásoba a kruhová základňa porastu duba červeného je aj pri menšej početnosti stromov väčšia ako má dub zimný. K podobným záverom prišiel aj Reh (1989, 1992). Pri relatívne rovnakej výške sa tu prejavuje štatisticky významný rozdiel v priemerných hrúbkach v prospech duba červeného. Priemerná kvalita kmeňov duba červeného je podstatne lepšia ako pri dube zimnom. Obidve dreviny trpia „zavlkatením“, čo sa môže prejaviť na zmene kvality dreva.

Koruny duba červeného začínajú javiť prvky zníženia vitality. Prejavuje sa to deformáciami v korunách, odschýnaním terminálnych výhonkov a celých vetiev, napádaním korún imelovcom,...

Tieto poznatky spolu so spontánnou fruktifikáciou a prirodzenou obnovou duba červeného indikujú potrebu realizácie obnovných rubov už vo veku 70–80 rokov Caron (1956) In Réh, J, Réh, R (1997) taktiež odporúča 70 ročnú rubnú dobu, kdežto Mittscherlich (1957) až viac ako 100-ročnú. (In Réh, J, Réh, R (1997). Dub červený je drevina, ktorá má mnohé prednosti a možnosti uplatnenia. Je na zamyslenie, či sa k nemu budeme stavať ako k introdukovanej alebo domestifikovanej drevine. Agát biely bol tak isto ako dub červený zavedený do Európy v 17. storočí, pričom agát berieme ako domestifikovaný a v LHP dostáva priestor aj pri obnove porastov. Predpis obnovy duba červeného (prirodzená alebo umelá obnova) sa v LHP takmer nevyskytuje. (Podľa Lesoprojektu Zvolen je obnova duba červeného predpísaná v 259 dielcoch so zastúpením 10–30 %).

V prevádzke sa väčšinou „náhodne“ obnovuje z nazbieraného semena. Nie je želateľné, aby sa dub červený začal spontánne preferovať na úkor domácich dubov, ale v hospodárskych lesoch nižších lesných vegetačných stupňov s nízkym stupňom ochrany prírody by mohol nájsť širšie uplatnenie.

Literatúra

Assmann, E., 1968: Náuka o výnose lesa. Príroda, Bratislava, 488 s.

Bauer, F., 1953: Die Roteiche, Frankfurt a. M, 108 s.

Bouček, B., 1958: Dub červený. Lesnícka práce, č. 5, s. 202–205.

Holubčík, M., 1968: Cudzokrajné dreviny v lesnom hospodárstve, S VPL, Bratislava, s. 299–313.

Krahl-Urban, J., 1966: Vorläufige Ergebnisse eines Roteichen Provenienzsversuchs. All. Forst.- und Jagdz.,137, 3/4, s. 91–100.

Kremer, B., P.,: Stromy. Ikar Bratislava, 128 s.

Réh, J., 1967: Štúdium štruktúry a vývoja žrďoviny duba červeného. ZB. ved. prác LF VŠLD vo Zvolene, č. 1, s. 85–104.

Réh, J., 1992: Rast a produkcia duba červeného (*Quercus rubra* L.) v podmienkach Ipeľskej tabule. Acta Fac. For. Zvolen. XXXIV, s. 191–204.

Réh, J., 1989: Vývoj, štruktúra a rastové procesy žrďovín duba červeného (*Quercus rubra* L.) vplyvom prebierok. ZS výsk. úlohy, LF VŠLD ZVOLEN, 330 s.

Réh, J., 1995: Produkčné možnosti duba červeného (*Quercus rubra* L.) v podmienkach Lučeneckej kotliny. Acta Fac. For. Zvolen XXXVII, s. 49–61.

Réh, J., Réh, R., 1997: Dub červený (*Quercus rubra* L.), jeho vývoj, štruktúra a rastové procesy vplyvom prebierok a možnosti využitia jeho dreva v drevospracujúcom priemysle, Vedecké štúdie TU vo Zvolene, 12/1997/A, 71 s.

Štefančík, L., 1992: Vplyv výchovného zásahu na porast duba červeného (*Quercus rubra* L.) s kúpeľnoliečebnou a produkčnou funkciou. Lesnícky časopis 38, č. 3, s. 253–268

Tokár, F., 1982: Štruktúra , kvalita a produkcia rovnorodého porastu duba červeného (*Quercus rubra* L.) na alúviu rieky Nitry. Lesnícky časopis 28, č. 2, s. 75–85.

Tokár, F., 1983: Štruktúra a produkcia miešaného porastu orecha čierneho (*Juglans nigra* L.) a duba červeného (*Quercus rubra* L.). Lesnictví, 29, s. 321–332.

Adresa autorov:
Doc. Ing. Karol Gubka, CSc.
Ing. Pavol Sklenár
Katedra pestovania lesa
Lesnícka Fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen

Vergleich einiger Strukturmerkmale der Bestände der Roteiche (*Quercus rubra* L.) und der Traubeneiche (*Quercus petraea* Mattusch Liebl.)

Zusammenfassung

Die Roteiche (*Quercus rubra* L.) ist bei uns in einem größeren Ausmaß erst im 20. Jahrhundert eingetragen worden. Ihre ökologischen Ansprüche, schnelles Wachstum im jungen Alter und ihre Volumenleistung haben sie für den Waldbau vor allem in den unteren Vegetationsstufen vorausbestimmt.

Die Ergebnisse, die auf den Vergleichsflächen der Rot- und Traubeneiche (*Quercus petraea* Mattusch Liebl.) gewonnen wurden zeigen die Unterschiede in der Struktur und in der Produktion beider Baumarten. Seitdem man den Einfluss der positiven Hochdurchforstung mit einer Eingriffstärke von 15 % untersucht, haben sich die Unterschiede in der Stammzahl verdeutlicht. Dieser Unterschied ist im wesentlichem nicht durch die Pflegemaßnahmen verursacht, sondern ist sowohl ein Ergebnis der Herausplünderung der Bestände, vor allem der der Roteiche als auch das Ergebnis des Eichensterbens verursacht durch die Tracheomykose. Auf der Dauerversuchsfläche der Roteiche überlebten wenigere Bäume als auf der Fläche der Traubeneiche, wobei die kernwüchsigen Roteichen in den unteren Baumklassen fehlen. Die untere Etage im Roteichenbestand besteht aus den Stockausschlägen der Roteiche und aus dem Holunder. Der Holunder, der Liguster und andere Holzarten bilden auch die untere Etage des Traubeneichenbestandes. Hier (die 4. Baumklasse) fehlen jedoch die Stockausschläge der Traubeneiche.

Der Holzvorrat und die Grundfläche sind trotz einer geringeren Stammzahl bei der Roteiche größer, als bei der Traubeneiche.

Bei einer relativ ausgeglichenen Baumhöhe zeigt sich ein statistisch signifikanter Unterschied der durchschnittlichen Baumstärken zugunsten der Roteiche.

Die durchschnittliche Stammqualität der Roteiche ist deutlich besser als die der Traubeneiche. Beide Baumarten leiden unter der Wasserreiserbildung, was sich in der Verringerung der Qualität ausprägen könnte.

Die Kronen der Roteichen zeigen eine sich verschlechternde Vitalität. Dies zeigt sich in den Deformierungen in dem Kronen, Austrocknen der Terminalaustriebe und ganzer Äste, Befall durch den Loranthus europaeus...

Diese Erkenntnisse, zusammen mit der spontanen Fruktifizierung und der Naturverjüngung der Roteiche deuten auf die Notwendigkeit hin, die Verjüngungshiebe bereits im Alter von 70–80 Jahren zu beginnen.

Die Roteiche ist eine Baumart von vielen Vorteilen und Anwendungsmöglichkeiten. Es ist zum Bedenken, ob wir sie als eine introduzierte oder als eine domestifizierte Baumart behandeln werden. Die Robinie wurde ebenso wie die Roteiche im 17. Jahrhundert eingeführt. Dabei betrachten wir die Robinie als eine domestifizierte Baumart und sie bekommt in den Forsteinrichtungsplänen den Raum bei der Planung der Verjüngung. Die Verjüngung der Roteiche (ob Natur– oder Kunstverjüngung) wird in den Forsteinrichtungsplänen kaum vorgeschrieben. In der Praxis wird sie „zufällig“ aus den gesammelten Samen verjüngt. Es ist ungewünscht, dass sich die Roteiche in den Gebieten verjüngt, die sich in den höheren Naturschutzstufen befinden, doch in den unteren Vegetationsstufen und Gebieten mit den niedrigen Naturschutzstufen würde sie eine breitere Anwendung finden.

Übersetzung: P. Jaloviar

ACTA FACULTATIS FORESTALIS XLVIII
ZVOLEN – SLOVAKIA 2006

TESTOVANIE MYKORÍZNYCH HÚB A TYPOV HUBOVÉHO INOKULA PRI PESTOVANÍ SEMENÁČIKOV BOROVICE LESNEJ (*PINUS SYLVESTRIS* L.)

Ivan R E P Á Č – Michal G A J D O Š

Repáč, I., Gajdoš, M.: Testovanie mykoríznych húb a typov hubového inokula pri pestovaní semenáčikov borovice lesnej (*Pinus sylvestris* L.). Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLVIII**, 2006, s. 197–207.

Práca sa zaoberá posúdením vplyvu umelej inokulácie vybranými druhmi ektomykoríznych (EKM) húb na rast a rozsah mykoríznej symbiózy voľnokorenných semenáčikov borovice lesnej (*Pinus sylvestris* L.) a zistením závislosti medzi hodnotami sledovaných biometrických znakov a rozsahom mykoríz. Celý pokus obsahoval celkovo 6 variantov s trojnásobným opakovaním. Formou vegetatívneho granulového inokula boli aplikované EKM huby čírovka zelenohnedastá, masliak zrnitý a slzivka obyčajná. V jednom z variantov granule neobsahovali žiadnu hubu. Ako kontrolný variant slúžili neinokulované semenáčiky. Ďalším variantom bolo inokulum Ectorize (spóry) francúzskej firmy Biorize. Po prvom vegetačnom období boli odobraté vzorky a zistené hodnoty výšky stonky, hrúbky koreňového krčka, hmotnosti nadzemnej časti a koreňovej sústavy v sušine, pomer týchto hmotností a rozsah mykoríz v percentách.

Rozsah mykoríz bol nasledovný: čírovka 77 %, masliak 81 %, slzivka 79 %, ectorize 66 %, granule 82 %, kontrola 65 %. Rozdiely neboli štatisticky významné. Na tvorbe mykoríz sa pravdepodobne podieľali aj prirodzene sa vyskytujúce huby. Analýzou variancie sme zistili štatisticky významný vplyv inokulácie na výšku stonky a hrúbku koreňového krčka. Najnižšie hodnoty týchto ukazovateľov dosiahli semenáčiky inokulované prípravkom Ectorize. Medzi kontrolnými a inokulovanými semenáčikmi nebol zistený významný rozdiel ani v jednom ukazovateli. Výsledky jednoduchej lineárnej korelácie ukázali významnú závislosť biometrických charakteristík od rozsahu mykoríz u semenáčikov inokulovaných Ectorize a s aplikáciou čistých granúl.

Kľúčové slová: *Pinus sylvestris,* ektomykorízna symbióza, voľnokorenné semenáčiky, hubová inokulácia

1. ÚVOD

Napriek vzrastajúcej tendencii uplatňovania prírode blízkych zásad pestovania lesa – prírode blízke hospodárstvo sa principiálne uplatňuje preto, aby sa dosiahol a udržoval prírode blízky (prirodzený) les s jeho lokálne typickými znakmi a schopnosťami (Saniga 2004), má umelá obnova dnes stále výrazný podiel a s jej uplatňovaním je potrebné počítať i do budúcnosti. Potreba intenzívneho pestovania veľkého množstva sadbového materiálu v podmienkach Slovenska je stále veľmi aktuálnou úlohou nielen v súčasnosti ale aj v dlhšom časovom horizonte (Šmelková – Tichá 2003).

U viac ako 90 % všetkých rastlinných druhov na celej planéte je prirodzene vytvorená mykorízna symbióza (Mejstřík 1988). Symbiotický vzťah s ektomykoríznymi (EKM) hubami je jedným z charakteristických znakov aj koreňovej sústavy lesných drevín. V závislosti od symbiotických partnerov a podmienok prostredia sa ektomykorízy odlišujú morfologickými a inými znakmi (Agerer 1991). Veľkovýrobné technológie pestovania sadbového materiálu (polyetylénové kryty a skleníky, umelé substráty, aplikácia chemikálií) a narušené mykorízne pomery na výsadbových plochách sťažujú prirodzenú tvorbu mykoríz (Repáč 2001). Umelé podnietenie mykorízy je preto v takýchto prípadoch nevyhnutný predpoklad pre dopestovanie kvalitného sadbového materiálu.

Borovica lesná (*Pinus sylvestris* L.) patrí medzi naše hospodársky dôležité dreviny. Vytvára menšie rovnorodé skupiny, ktoré sa viažu na extrémne podmienky prostredia, podmienené predovšetkým edaficky. Väčšinou tvorí porastové zmiešaniny od 1. – dubového až po 7. – smrekový lvs na minerálne málo zásobených až chudobných horninách, ale hlavne na karbonátoch s dubom, brezou, bukom, smrekovcom, jedľou, smrekom a inými drevinami. Borovica lesná má nezastupiteľné postavenie pri zalesňovaní devastovaných, poľnohospodárskych a iných nelesných plôch (Repáč 2003). Po vytipovaní vhodného hubového symbionta, adaptovaného na podmienky výsadbovej plochy, by umelá mykorizácia v lesných škôlkach mohla zvýšiť ujímavosť, odolnosť a odrastanie kultúr tejto dreviny.

Cieľom tejto práce je posúdenie vplyvu umelej inokulácie vegetatívnym inokulom vybraných druhov ektomykoríznych húb a komerčným prípravkom Ectorize (spóry) na rast a rozsah mykoríznej symbiózy voľnokorenných semenáčikov borovice lesnej (*Pinus sylvestris* L.) a zistiť závislosť medzi hodnotami sledovaných biometrických znakov a rozsahom mykoríz.

2. MATERIÁL A METÓDY

2.1 Použité huby, inokulum

Pokus bol založený v Arboréte Borová hora Technickej univerzity vo Zvolene ako jednofaktorový pokus, v znáhodnených blokoch. Pri umelej mykorizácii bolo použité vegetatívne inokulum (granule) a spóry. Celý pokus obsahoval celkovo 6 variantov s trojnásobným opakovaním. Formou vegetatívneho granulového inokula boli aplikované EKM huby: *Hebeloma crustuliniforme*, *Suillus granulatus*, *Tricholoma sejunctum*. V jednom z variantov granule neobsahovali žiadnu hubu. Ako kontrolný variant slúžili neinokulované semenáčiky. Ďalším variantom bolo inokulum Ectorize. Ide o komerčný biologický preparát, ktorý sme získali z Francúzska. Vyrába ho firma Biorize a obsahuje spóry endomykoríznych a štyroch nešpecifikovaných EKM húb.

Tab. 1 Čisté kultúry ektomykoríznych húb použité pri inokulácii semenáčikov borovice lesnej
Tab. 1 Pure cultures of ectomycorrhizal fungi used for inoculation of Scots pine seedlings

Huba[1)]	Označenie izolátu[2)]	Miesto zberu plodnice[3)])	Rok izolácie[4)]	Médium[5)]	Najbližšia drevina[6)]
Slzivka obyčajná *Hebeloma crustuliniforme* (Bull.:St-Am.) Quél	TUZ 128	Vrch Dobroč, 810 m n. m.	1998	BAF	*Picea abies*
Masliak zrnitý *Suillus granulatus* (L.:Fr.) O. Kuntze	TUZ 140	Kašova Lehôtka, 450 m n. m.	1991	MMN	*Picea abies*
Čírovka zelenohnedastá *Tricholoma sejunctum* (Sow.:Fr.) Quél	TUZ 182	Kováčová, 300 m n.m.	1995	BAF	*Quercus sp.*

[1)]Fungus, [2)]Isolate designation, [3)]Place of sporocarp collection, [4)]Year of isolation, [5)]Medium, [6)]Nearest tree species at collection

2.2 Zakoreňovací substrát, inokulácia, výsev, usporiadanie pokusu

Rastový substrát sme pripravili zmiešaním rašeliny a perlitu v objemovom pomere 4 : 1. Substrát sme po dôkladnom premiešaní rozdelili do bedničiek s rozmermi 15 × 46 × 12 cm (0,07 m^2). Každý zo šiestich variantov bol v troch opakovaniach, pričom jedno opakovanie predstavovali dve bedničky (0,14 m^2).

Aplikácia vegetatívneho inokula spočívala v celoplošnej aplikácii granúl vo vrstve asi 3 cm pod výsev. Granulové inokulum bolo pripravené podľa Kropáčka – Cudlína (1989). Ectorize bolo rovnomerne premiešané s vrchnou vrstvou rastového substrátu v pomere 1 : 4.

Na výsev bolo použité semeno borovice lesnej s evidenčným kódom 05563ZV – 349 (Očová, zber 2002). Pred výsevom bolo semeno premyté v tečúcej vode, sterilizované namáčaním 15 min. v 30 % H_2O_2, premyté niekoľkokrát destilovanou vodou a potom dôsledne pretrepané s Dithane M-45 (1 % hmotnosti semien).

Výsevová dávka bola 12 $g.m^{-2}$. Výsev sa urobil ručne celoplošne na mierne zhutnený povrch inokulovaného substrátu. Po miernom pritlačení bolo semeno zasypané cca 1 cm vrstvou substrátu. Následne boli bedničky s výsevom umiestnené do PEK-u. Semenáčiky boli počas rastu priebežne ošetrované pletím, zavlažovaním a preventívnymi postrekmi proti padaniu semenáčikov.

2.3 Zber a hodnotenie pokusného materiálu

Po skončení vegetačného odbobia (november) sa uskutočnil odber vzoriek. Náhodným výberom sa opatrne, tak aby nedošlo k nadmernému poškodeniu koreňovej

sústavy, vyzdvihlo z každého variantu a opakovania 15 semenáčikov, čo pri šiestich variantoch a troch opakovaniach predstavuje celkový počet 270 semenáčikov. Odobraté vzorky sme uskladnili v chladničke, odkiaľ boli vybraté až tesne pred vyhodnocovaním.

Pred samotným vyhodnocovaním sa korienky dôsledne a starostlivo očistili od čiastočiek substrátu a nečistôt tečúcou vodou. Na takto pripravených vzorkách sme zisťovali nasledovné charakteristiky:

- výška stonky (cm),
- hrúbka koreňového krčka (mm),
- hmotnosť nadzemnej časti v sušine (mg),
- hmotnosť koreňovej sústavy v sušine (mg),
- pomer hmotnosti koreňovej sústavy a nadzemnej časti v sušine,
- rozsah ektomykoríz (%).

Počet ektomykoríz, samostatne podľa morfologických typov a počet všetkých krátkych korienkov sme zistili pomocou binokulárnej lupy pri 10–15 násobnom zväčšení. Hmotnosti koreňov a výhonkov boli zisťované po sušení 48 hodín pri teplote 80 °C.

Ektomykorízy boli hodnotené na celej koreňovej sústave semenáčikov, pričom sme ich na základe predbežného morfologického hodnotenia zatrieďovali do šiestich mykoríznych typov.

Stručná charakteristika mykoríznych typov:

Typ 1 – oranžovohnedé mykorízy – kyjačikovite zakončené mykorízy, belavé, svetlé až oranžové,
Typ 2 – vatovité mykorízy – mykorízy s bielym vatovitým mycéliom na povrchu,
Typ 3 – hrubé svetlohnedé mykorízy,
Typ 4 – hrubé hnedé, tmavohnedé mykorízy,
Typ 5 – hrubé hnedočierne až čierne mykorízy,
Typ 6 – tenké mykorízy, dlhšie korienky bez koreňových vláskov, rôzneho odtieňa hnedej farby.

Všetky tieto typy mali charakteristické znaky mykoríznych korienkov – skrátené, mierne zhrubnuté, bez koreňových vláskov, dichotomicky vetvené, odlišnosti boli väčšinou iba vo sfarbení ektomykoríz.

Biometrické charakteristiky a rozsah ektomykoríz boli analyzované pomocou jednofaktorovej analýzy variancie s rovnakým počtom pozorovaní. Zisťoval sa vplyv známeho faktora (huby) na celkový rozptyl hodnôt daného znaku. Ak sa F-testom ukázalo, že faktor (huba) vplýva štatisticky významne na skúmaný znak, tak sa potom posudzovala významnosť rozdielov priemerných hodnôt tohto znaku medzi jednotlivými variantami (úrovňami faktora) pomocou Tukeyovho testu ($\alpha = 0,05$).

Závislosť biometrických charakteristík (výška stonky, hrúbka koreňového krčka, hmotnosť sušiny nadzemnej časti a hmotnosť sušiny koreňovej sústavy) od rozsahu EKM infekcie bola zisťovaná jednoduchou lineárnou korelačnou analýzou. Všetky údaje boli spracované pomocou balíka štatistických programov STATISTICA.

3. VÝSLEDKY

Analýzou variancie jednofaktorového pokusu sa potvrdil štatisticky významný vplyv EKM húb na dva zo sledovaných biometrických znakov (Tab. 2), a to na výšku stonky, kde najvyššia priemerná hodnota bola zistená vo variante granule (8,37 cm) a najnižšia vo variante Ectorize (7,55 cm) a na hrúbku koreňového krčka, kde najvyššia zistená priemerná hodnota (0,84 mm) bola vo variante slzivka a najnižšia opäť vo variante Ectorize (0,58 mm) (Tab. 3). Pri ostatných sledovaných biometrických znakoch (hmotnosť koreňovej sústavy v sušine, hmotnosť nadzemnej časti v sušine a pomer hmotností) sa štatisticky významný vplyv EKM húb nepreukázal.

Tab. 2 Analýza variancie (F-hodnoty) účinku hubového inokula na rastové ukazovatele a rozsah mykoríz voľnokorenných semenáčikov borovice lesnej

Tab. 2 Analysis of variance (F-values) of effect of fungal inoculum on the growth measurements and extent of ectomycorrhizae of bare root Scots pine seedlings

Zdroj variability[1)]	F-hodnota[4)]					
	Výška stonky[5)]	Hrúbka koreňového krčka[6)]	Hmotnosť koreň. sústavy v sušine[7)]	Hmotnosť nadz. časti v sušine[8)]	Pomer hmotn. koreň. súst. a nadz. časti[9)]	Rozsah mykoríz[10)]
Huba[2)]	2,57*	2,03*	0,38	0,52	0,47	2,40
Blok[3)]	0,41	2,33	1,23	2,62	0,15	1,40

Stupne voľnosti – Degrees of freedom: Huba-Fungus – 5, Blok-Block – 2, Experimentálna chyba-Experimental error – 10, Reziduál-Residual – 252, Celkom-Total – 269

* F-hodnota významná pri $\alpha = 0,05$; F-values significant at $p = 0.05$

[1)]Source of variation, [2)]Fungus, [3)]Block, [4)]F-value, [5)]Stem height, [6)]Root collar diameter, [7)]Root dry weight, 8)Top dry weight, [9)]Ratio of root and top dry weights, [10)]Extent of ectomycorrhizae

Výskyt hodnotených EKM typov a celkový rozsah mykoríz v percentách je uvedený v tab. 4. Najbohatšia kolonizácia korienkov EKM hubami sa zistila vo variante s čistými granulami. V kontrolnom variante bez akejkoľvek aplikácie sa výskyt ektomykoríz zistil ako najnižší. Tak isto nízky výskyt ektomykoríz je vo variante Ectorize. Výsledky analýzy variancie však nepreukázali štatisticky významný vplyv EKM húb na celkový rozsah mykoríz.

Výsledky zistené korelačnou analýzou neukázali jednoznačne významnú tesnosť alebo smer závislosti biometrických charakteristík od rozsahu EKM infekcie (Tab. 5). Všetky štatisticky významné závislosti majú kladný charakter, čiže možno povedať, že s rozsahom mykoríz narastá aj hodnota daného biometrického znaku. Z jednotlivých variantov má najviac štatisticky významných závislostí variant Ectorize a granule, kde sa okrem pomeru hmotností preukázala závislosť vo všetkých ostatných biometrických znakoch. Na druhej strane, ani raz sa nepreukázala závislosť vo variante čírovka a iba raz, v prípade hmotnosti koreňovej sústavy v sušine, vo variante slzivka.

Tab. 3 Priemerné hodnoty biometrických znakov semenáčikov borovice lesnej inokulovaných granulovým inokulom vybraných ektomykoríznych húb a komerčným prípravkom Ectorize obsahujúcim spóry ektomykoríznych húb.

Tab. 3 Mean values of growth characteristics of Scots pine seedlings inoculated with vegetative inoculum of selected ectomycorrhizal fungi and with commercial inoculum Ectorize containing spores of ectomycorrhizal fungi.

Huba[1)]	Výška stonky (cm)[8)]	Hrúbka koreňového krčka (mm)[9)]	Hmotnosť koreňovej sústavy v sušine (mg)[10)]	Hmotnosť nadzemnej časti v sušine (mg)[11)]	Hmotnosť v sušine spolu (mg)[12)]	Pomer hmotností koreň. súst. /nadz. časť[13)]
Čírovka[2)]	7,64ab[14)]	0,67 ab	27,0	81,3	108,3	0,34
Masliak[3)]	7,73 ab	0,65 ab	26,5	70,5	97,0	0,37
Slzivka[4)]	7,62 ab	0,84 a	22,2	79,4	101,6	0,29
Ectorize[5)]	7,55 b	0,58 b	24,3	68,8	93,1	0,35
Granule[6)]	8,37 a	0,70 ab	27,0	80,7	107,7	0,34
Kontrola[7)]	7,87 ab	0,68 ab	29,8	81,2	110,9	0,37

[1)]Fungus, [2)]*Tricholoma sejunctum*, [3)]*Suillus granulatus*, [4)]*Hebeloma crustuliniforme*, [5)]Ectorize, [6)]Beads without fungi, [7)]Control, [8)]Stem height, [9)]Diameter at root collar, [10)]Root dry weight, [11)]Shoot dry weight, [12)]Total-weight, [13)]Ratio of root dry weight and shoot dry weight. [14)]Medzi priemernými hodnotami označenými rôznym písmenom je významný rozdiel (α = 0,05) podľa Tukeya. Means sharing the different letter are significantly different (p = 0.05) by Tukey

Tab. 4 Priemerné hodnoty zastúpenia mykoríznych typov a celkový rozsah mykoríz (%) semenáčikov borovice lesnej inokulovaných vegetatívnym inokulom vybraných ektomykoríznych húb a prípravkom Ectorize

Tab. 4 Mean values of occurrence of mycorrhizal morphotypes and total mycorrhizal colonization (%) of Scots pine seedlings inoculated with vegetative inoculum of selected ectomycorrhizal fungi and commercial inoculum Ectorize

Huba[1)]	Typ 1[8)]	Typ 2[9)]	Typ 3[10)]	Typ 4[11)]	Typ 5[12)]	Typ 6[13)]	Rozsah mykoríz[14)]
Čírovka[2)]	1,2	1,2	18,9 ab[15)]	35,3	20,1 ab	0	76,8
Masliak[3)]	1,2	0,2	12,9 ab	29,4	37,0 a	0,2	81,0
Slzivka[4)]	0,7	2,6	24,3 a	36,2	13,0 b	2,5	79,3
Ectorize[5)]	0	0	7,9 ab	28,2	30,1 ab	0	66,3
Granule[6)]	1,1	0,1	14,1 ab	36,3	28,9 ab	1,3	81,9
Kontrola[7)]	0,9	1,1	4,2 b	22,6	36,4 a	0	65,2

[1)]Fungus, [2)]*Tricholoma sejunctum*, [3)]*Siullus granulatus*, [4)]*Hebeloma crustuliniforme*, [5)]Ectorize, [6)]Beads without fungi, [7)]Control, [8)–13)]ektomykorízne typy – ectomycorrhizal types, [14)]total mycorrhizal colonization, [15)]Medzi priemernými hodnotami označenými rôznym písmenom je významný rozdiel (α = 0,05) podľa Tukeya. Means sharing the different letter are significantly different (p = 0.05) by Tukey

Tab. 5 Korelačné koeficienty jednoduchej lineárnej závislosti rastových ukazovateľov od rozsahu mykoríz semenáčikov borovice lesnej inokulovaných vegetatívnym granulovým inokulom vybraných druhov ektomykoríznych húb a prípravkom Ectorize.

Tab. 5 Correlation coefficients of the dependence of the growth characteristics on the ectomycorrhizal colonization of Scots pine seedlings inoculated with vegetative-bead inoculum of selected ectomycorrhizal fungi and commercial inoculum Ectorize

Huba[1)]	Výška stonky[8)]	Hrúbka koreňového krčka[9)]	Hmotnosť koreňovej sústavy[10)]	Hmotnosť nadzemnej časti[11)]	Hmotnosť v sušine spolu[12)]	Pomer hmotností koreň. súst. /nadz. časť[13)]
Čírovka[2)]	–0,008	0,12	0,13	0,11	0,12	–0,03
Masliak[3)]	0,13	0,30*	0,44**	0,24	0,33*	0,36*
Slzivka[4)]	0,20	0,28	0,37*	0,23	0,28	0,23
Ectorize[5)]	0,46**	0,51**	0,34*	0,36*	0,41**	0,20
Granule[6)]	0,49**	0,31*	0,29*	0,39**	0,38**	–0,25
Kontrola[7)]	0,29*	0,13	0,22	0,10	0,15	0,33*

Významná závislosť –Significant correlation , *α = 0,05, ** α = 0,01

1)Fungus, 2)*Tricholoma sejunctum*, 3)*Suillus granulatus*, 4)*Hebeloma crustuliniforme*, 5)Ectorize, 6)Beads lack of fungi, 7)Control, 8)Stem height, 9)Diameter at root collar, 10)Root dry weight, 11)Shoot dry weight, 12)Total dry weight, 13) Ratio of root and shoot dry weights.

4. DISKUSIA

Rozdiely medzi priemernými hodnotami rozsahu mykoríz vplyvom hubovej inokulácie neboli v našom pokuse štatisticky významné. Výsledky poukazujú na pravdepodobný vplyv náhodných a nekontrolovaných faktorov.

Je potrebné si uvedomiť, že zvlášť po odstránení polyetylénového krytu výrazne vzrástlo riziko infekcie substrátu prirodzene sa vyskytujúcimi hubami. Kolonizácia koreňov prirodzene sa vyskytujúcimi miestnymi hubami je bežná a časom sa rozdiely medzi inokulovanými a neinokulovanými semenáčikmi vyrovnávajú (Berry – Marx 1976, Kropáček – Cudlín 1989). Je pravdepodobné, že neznáme domáce druhy húb, ktoré infikovali substrát po umiestnení na voľnú plochu, mali vyššiu konkurenčnú schopnosť. V dôsledku toho mohlo dôjsť k potlačeniu vývinu ektomykoríz vybraných druhov húb.

Dôležitým faktorom je aj spôsob hodnotenia ektomykoríz na korienkoch. V našom pokuse sme hodnotili iba tie korienky, ktoré sa dali jednoznačne zaradiť medzi mykorízne. Na jednotlivých semenáčikoch ale boli často prítomné aj belavé korienky, u ktorých sa dá predpokladať, že ide o mladšiu vývojovú fázu mykoríz. Na overenie či ide skutočne len o mladšie mykorízy, ktorých plášť postupne zhnedne, alebo či sa jedná o EKM typické pre niektoré domáce druhy EKM húb, by bolo potrebné urobiť ďalší odber vzoriek (s určitým časovým odstupom od prvého odberu) a zistiť zastúpenie jednotlivých typov

EKM. Tak isto pre presnejšie výsledky by bolo potrebné v sporných prípadoch urobiť priečny rez korienkom a tak hodnotiť výskyt, resp. absenciu ektomykoríz, prípadne ich vývojovej fázy.

Na proces tvorby ektomykoríz má priamy vplyv viacero činiteľov, okrem iného dávka inokula. Kropáček – Cudlín (1989) dosiahli zvýšenú tvorbu mykoríz práve pri vyšších dávkach inokula. Na druhej strane v pokuse Mortiera a kol. (1988) najvyššia z troch aplikovaných dávok inokula huby *Laccaria laccata* nestimulovala tvorbu mykoríz. Napriek tomu, že inokulačné dávky v našom pokuse môžeme na základe porovnania s inými prácami považovať za pomerne vysoké, nezaznamenali sme stimulačné účinky inokulácie semenáčikov.

Viacerými pokusmi je potvrdené (Molina 1982), že očkovanie semenáčikov nemusí vždy stimulovať ich rast, dokonca nie je nezvyčajné ak dôjde aj k utlmeniu rastu semenáčikov, čo spôsobuje pravdepodobne odčerpávanie asimilátov rastlín symbiotickou hubou. V našom pokuse sa priemerné hodnoty výšky stonky pri variantoch s hubou pohybujú vo viac menej vyrovnaných hodnotách, zatiaľ čo vo variantoch bez huby sú tieto hodnoty vyššie. Prvoradou funkciou mykoríz nie je zabezpečiť zvýšený rast semenáčikov, aj keď tento jav je určite vítaný. Keď porovnáme jednotlivé varianty, zistíme že variant s masliakom má aj napriek nízkej priemernej výške stonky pomerne vysoké zastúpenie ektomykoríz. Vzrastove najslabším variantom bol variant Ectorize, ktorý má aj výrazne nízke zastúpenie EKM korienkov.

Pri hodnotení biometrického znaku hrúbka koreňového krčka sme zistili opäť najnižšie priemerné hodnoty vo variante Ectorize. Najvyššie hodnoty sa dosiahli pri aplikácii slzivky. Priemerné hodnoty v ostatných variantoch sú viac menej vyrovnané. Rozdielnosť výsledkov v sledovaných biometrických znakoch poukazuje na výrazný vplyv faktorov prostredia, možnú kolonizáciu hubami z pozadia a neznámych príčin.

Problematikou umelej mykorizácie sadbového materiálu sa zaoberalo viacero autorov. Výsledky ich prác sú ale značne rozdielne. Viaceré inokulačné pokusy s *Pinus sylvestris* a rôznymi EKM hubami (najčastejšie *Laccaria laccata*) vykonané rôznymi autormi poukazujú na nízku závislosť rastu semenáčikov od rozsahu mykoríz. Redukcia rastu inokulovaných semenáčikov je bežným prejavom umelej mykorizácie vzhľadom na odčerpávanie asimilátov symbiotickou hubou (Molina 1982, Rouhier – Read 1998). Tento fakt však nemožno zovšeobecňovať. Vplyv EKM húb na rast semenáčikov *Pinus sylvestris* je rôzny – od stimulačného (Högberg 1989 – huba *Pisolithus arhizus*, Repáč 2003 – *Tricholoma sejunctum* a *Suillus luteus*), cez indiferentný (Kropáček a kol. 1989 – *Laccaria laccata* a *Suillus luteus*, Nylund – Wallander 1989 – *Hebeloma crustuliniforme* a *Laccaria laccata*), po inhibujúci (Stenström a kol. 1990 – *H. crustuliniforme* a *L. laccata*). Reakcia semenáčikov na inokuláciu závisí od mnohých okolností, ktoré môžeme zahrnúť do vlastností a metódy aplikácie inokula, interakcie huba – drevina – prostredie a technológie pestovania semenáčikov (Molina 1982, Rouhier – Read 1998). Pri takto rozdielnych

záveroch je potrebné si uvedomiť, že výsledky rôznych pokusov, uskutočnených v rôznych podmienkach je možné porovnávať len vo všeobecnej a hypotetickej rovine, pretože na tvorbu mykoríz a účinky húb aplikovaných formou rôzneho inokula vplýva množstvo častokrát nekontrolovateľných faktorov.

5. ZÁVER

V našom pokuse sa neprejavil významnejší vplyv inokulácie húb na celkový rast semenáčikov borovice lesnej. Účinok inokulácie vegetatívnym granulovým inokulom môžeme považovať za indiferentný. V prípade aplikácie komerčného inokula Ectorize možno hovoriť o utlmení rastu vplyvom umelej mykorizácie. To však neznamená, že použité EKM huby nie sú vhodné pre umelú mykorizáciu semenáčikov borovice lesnej, alebo iných druhov drevín. Treba si tiež uvedomiť, že prvoradou úlohou mykorizácie nie je podnietenie rastu semenáčikov v lesnej škôlke. Význam mykoríznej symbiózy pre lesné dreviny je nesporný a overený. Je potrebné pokračovať v experimentálnych prácach s EKM hubami, vyvíjať nové technológie a postupy hodnotenia.

Poďakovanie

Autori ďakujú vedeniu Arboréta Borová hora Technickej univerzity vo Zvolene za možnosť realizovať pokus v objekte arboréta, technickým pracovníkom arboréta za pomoc pri ošetrovaní pokusu. Poďakovanie za pomoc pri laboratórnych a technických prácach patrí tiež Janke Povaľačovej. Práca bola spracovaná v rámci riešenia grantového projektu VEGA č. 1/3514/06.

Literatúra

Agerer, R.: Colour atlas of ectomycorrhizae, 1st – 5th edn. Einhorn, Schwäbisch Gmünd, 1987–1991.

Berry, C. R., Marx, D. H.: Sewage sludge and *Pisolithus tinctorius* ectomycorrhizae: their effect on growth on pine seedlings. Forest Sci., 22, 1976, s. 351–358.

Högberg, P.: Growth and nitrogen inflow rates in mycorrhizal and non-mycorrhizal seedlings of *Pinus sylvestris*. For. Ecol. Manage., 28, 1989, s. 7–17.

Kropáček, K., Cudlín, P.: Preparation of granulated mycorrhizal inoculum and its use in forest nurseries. In: V. Vančura, F. Kunc (eds.): Interrelationships between microorganisms and plants in soil. Proceedings of International Symposium, Academia, Praha, 1989, s. 177–181.

Kropáček, K., Cudlín, P., Mejstřík, V.: The use of granulated ectomycorrhizal inoculum for reforestation of deteriorated regions. Agric., Ecosyst. Environ., 28, 1989, s. 263–269.

Mejstřík, V.: Mykorrhizní symbiózy, Akademia, Praha, 1988, 150 s.

Molina, R.: Use of the ectomycorrhizal fungus *Laccaria laccata* in forestry. I. Consistency between isolates in effective colonization of containerized conifer seedlings. Can. J. For. Res., 12, 1982, s. 469–473.

Mortier, F., Le Tacon, F., Garbaye, J.: Effect of inoculum type and inoculation dose on ectomycorrhizal development, root necrosis and growth of Douglas fir seedlings inoculated with *Laccaria laccata* in a nursery. Ann. Sci. For., 45, 1988, s. 301–310.

Nylund, J. E., Wallander, H.: Effects of ectomycorrhiza on host growth and carbon balance in a semi-hydroponic cultivation system. New Phytol., 112, 1989, s. 389–398.

Repáč, I.: Tvorba mykoríz a rast smenáčikov borovice lesnej (*Pinus sylvestris* L.) inokulovaných symbiotickými hubami. Acta Facultatis Forestalis, Zvolen, 2001, s. 275–285.

Repáč, I.: Pestovanie mykorizovaných semenáčikov borovice lesnej (*Pinus sylvestris* L.). Acta Facultatis Naturalium Universitatis Ostraviensis, Ostrava, 2003, s. 125–131.

Rouhier, H., Read, D.J.: Plant and fungal responses to elevated atmospheric carbon dioxide in mycorrhizal seedlings of *Pinus sylvestris*. Environ. Exp. Bot., 40, 1998, s. 237–246.

Saniga, M.: Prírode blízke pestovanie lesa – základná koncepcia obhospodarovania lesov Slovenska. Hlavní úkoly pěstovaní lesů na počátku 21. století. Sborník z 5. česko-slovenského vědeckého sympozia pedagogických a vědeckovýzkumných pracovišť oboru Pěstování lesa, Brno, 2004, s. 371–376.

Stenström, E., EK, M., Unestam, T.: Variation in field response of *Pinus sylvestris* to nursery inoculation with four different ectomycorrhizal fungi. Can. J. For. Res., 20, 1990, s. 1796–1803.

Šmelková, Ľ., Tichá, I.: Obaľované semeno a krytokorenné sadenice – progresívne spôsoby modernej škôlkárskej technológie. Aktuálne problémy lesného škôlkárstva a semenárstva 2003. Lesnícky výskumný ústav Zvolen, 2003, s. 37–42.

Adresa autorov:
Ing. Ivan Repáč, PhD.
Ing. Michal Gajdoš
Katedra pestovania lesa
Lesnícka fakulta
Technická Univerzita vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen

Testing of mycorrhizal fungi and inoculum types at cultivation of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings.

Summary

In nature, roots of forest trees live in symbiosis with mycorrhizal fungi, that provide any advatages to trees (increased uptake of nutrients and water, production of growth hormones, protection against diseases and pathogens). Mycorrhizas, the symbiotic interaction of fungi and roots, are formed by nearly all terrestrial plants. Root systems of seedlings grown in small nurseries placed in or near forests are naturally colonized by propagules of symbiotic fungi from surrounding.

Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) is one of important forest tree species in Slovakia. Nursery inoculation experiment with bare-root Scots pine seedlings is reported in this study. Growth substrate (peat:perlite, 4 : 1) was inoculated either with vegetative alginate-bead inoculum of ectomycorrhizal fungi *Hebeloma crustuliniforme*, *Suillus granulatus*, *Tricholoma sejunctum*, or with commercial spore inoculum Ectorize. The other treatments were application of pure granules without fungi and uninoculated (control) seedlings.

Seedlings of *Pinus sylvestris* were inoculated at sowing and grown in plastic tunnel in operational conditions. After the first growing season (in november), 15 seedlings from each treatment and block were randomly selected and evaluated for mycorrhizal colonization (% number of ectomycorrhizas from all short roots), stem height, diameter at root collar, root dry weight, shoot dry weight, ratio of root and shoot dry weights. The ectomycorrhizal colonization was not significantly different between treatments and was as followed: *Tricholoma sejunctum* 77 %, *Suillus granulatus* 81 %, *Hebeloma crustuliniforme* 79 %, Ectorize 66 %, pure beads 82 %, control 65 %. Ectomycorrhizas were probably developed as a consequence of combine effect of applied and naturally occurred fungi. Analysis of variance revealed significant effect of inoculation on stem height and root collar diameter of seedlings, however, significant difference between uninoculated seedlings and the other treatments was not found. Correlation analysis showed significant positive dependencies of growth measurements on mycorrhiza formation in Ectorize and pure beads treatments.

ACTA FACULTATIS FORESTALIS XLVIII
ZVOLEN – SLOVAKIA 2006

VPLYV DEFORMÁCIE KOREŇOVÉHO SYSTÉMU VYSÁDZANÝCH SADENÍC NA ICH VÝVIN A ZDRAVOTNÝ STAV

MILAN KODRÍK

Kodrík, M.: Vplyv deformácie koreňového systému vysádzaných sadeníc na ich vývin a zdravotný stav. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLVIII**, 2006, s. 209–220.

Výskumom zdravotného stavu sadeníc sme zistili, že ich deformovaný koreňový systém je výrazným predispozičným faktorom pre niektoré druhy parazitických húb. Analýza 515 troj- až päťročných sadeníc smreka, jedle a buka ukázala, že na napadnutí koreňov sadeníc sa najviac podieľala podpňovka smreková *Armillaria ostoyae* (Romagn.) Herink – na smreku priemerne 65,2 %, na jedli 62,2 % a na buku *Armillaria mellea* (Vahl) P. Kumm 43,9 %. Z hľadiska napadnutia hubami bola druhá v poradí koreňovka vrstevnatá *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref., ktorej prítomnosť na smreku bola 12,3 % a na jedli 10,0 %. Na buku sme zaznamenali prítomnosť húb z rodu *Ophiostoma* (Syd. Et P. Syd.) na 21,7 %. Sucho ako príčina odumierania sadeníc sa prejavilo na smreku 22,5 %, na jedli 27,8 % a na buku 34,4 %.

Kľúčové slová: koreňový systém, podpňovka, koreňovka vrstevnatá, *Ophiostoma sp.*, sadenice

ÚVOD

V posledných desaťročiach sme vo svete zaznamenali zvýšený záujem o výskum koreňových systémov lesných drevín. Viacero pozoruhodných rhizologických výsledkov nachádzame aj v našej literatúre. Medzi prvými, ktorý riešil túto problematiku bol Oszlányi (1975, 1986). Vo svojich prácach sa venoval výskumu podzemnej biomasy smreka a buka, ktoré neskôr doplnil údajmi o ich nadzemnej biomase a produkcii. s výskumom celkovej biomasy smreka a buka. Benčať (1986, 1989, 1991) sa v 80-tych rokoch venoval analýze podzemnej biomasy agátu a cudzokrajných drevín. Kodrík (1993, 1994, 2002, 2005) sa venoval analýze celkovej podzemnej biomasy smrečín, bučín a jedľových porastov, ale aj ich porastových zmesí s rôznym zastúpením, denzitou a vekom. Výskumom produkcie jemných koreňov v rôznych typoch smrekových porastov, ako aj problematikou kompetičných vzťahov jemných koreňov v našich podmienkach sa zaoberal Jaloviar (1998, 2001, 2003, 2004). Z uvedených literárnych prameňov spôsob a kvalita práce pri výsadbe sadeníc môže natrvalo vtlačiť hlavné črty založených porastov, dokonca aj podstatne ovplyvniť zdravotný stav založených porastov. V našich výskumoch sme sa snažili overiť, do akej miery je tento predpoklad pravdivý.

CIEĽ PRÁCE

Cieľom práce bolo na základe výsledkov rhizologických analýz prispieť k objasneniu vývoja zdravotného stavu deformovaných vysadených sadeníc smreka, jedle a buka. Druhým cieľom bolo zistiť, ktoré parazitické huby a v akom množstve sú najnebezpečnejšie pri určitej forme výsadby a ako vplývajú na vývoj zdravotného stavu porastu.

MATERIÁL A METODIKA PRÁCE

Pri výskume zdravotného stavu deformovaných koreňových systémov vysadených sadeníc boli použité rhizologické analýzy na štyroch lokalitách Vysokoškolského lesného podniku: Jablonka, Poruba, Bieň a Brestová. Starostlivo sme vykopali 3–5-ročné sadenice, ktoré zjavne vykazovali presýchanie až úplné odumretie. Získané sadenice boli podrobené jednak makroskopickému pozorovaniu typických hubových prejavov ako aj mikroskopovaniu. Za účelom kvantifikácie hubového agensu sme použili kultivačné metódy. Kultivácia bola vykonaná na živných pevných agarových pôdach. Determinácia mikroskopom sa vykonala podľa Svrčeka (1987).

Na uvedených lokalitách bolo celkovo preskúmaných 515 vysadených sadeníc, z čoho smrek predstavoval 155 ks, jedľa 180 ks a buk 180 ks. Suché sadeničky, na ktorých neboli zistené žiadne parazitické huby sme vyhodnotili ako vplyv sucha.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Prehľad o výskyte parazitických húb a vplyve sucha na sadenice udáva tabuľka č. 1. Na všetkých lokalitách dominovala na smreku a jedli podpňovka smreková – *Armillaria ostoyae* (Romagn.) Herink a na buku *Armillaria mellea* (Vahl) P. Kumm. Na smreku sa napadnutie pohybovalo od 54,3 do 77,2 %, na jedli 40,0–72,0 % a na buku 38,2–47,5 %.

Napadnutie koreňovkou vrstevnatou – *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. bolo na sadeniciach smreka od 8,6 do 15,5 %, na jedli od 7,5 do 12,5 %. Nižší počet infikovaných koreňov sadeníc smreka a jedle poukazuje na to, že sú napádané väčšinou staršie jedince. Na buku sme zistili pomerne rovnomerné napadnutie hubami rodu *Ophiostoma* (Syd. Et P. Syd.) 20–25 %. Sucho bolo príčinou odumierania na všetkých lokalitách: smrek 11,4 –37,1 %, jedľa 16,3–47,5 %, buk 27,5–40,0 %.

Pri celkovom zhodnotení 515 sadeníc sa podpňovka na smreku vyskytla v priemere 65,2 %, na jedli 62,2 % a na buku 43,9 %. Napadnutie koreňovkou vrstevnatou bolo v priemere na smreku 12,3 % a na jedli 10,0 %. Na buku sme zistili prítomnosť húb rodu *Ophiostoma* (Syd. Et P. Syd.) v priemere 21,7 %.

Pôsobenie sucha sa prejavilo na všetkých vysadených sadeniciach. Najintenzívnejšie na buku v priemere 34,4 %, na smreku 22,5 % a na jedli 27,8 %. Zdravotný stav všetkých sadeníc s deformovaným koreňovým systémom bol nevyhovujúci.

Tabuľka 1 Prehľad výskytu parazitických húb a vplyvu sucha na sadenice v štyroch lokalitách VŠLP TU vo Zvolene

Table 1 Frequency of parasite fungi survey and impact of drought consequence on four plots in the School forest enterprise of Technical university, Zvolen.

Lokalita	Drevina	Počet	Parazitické huby – sucho							
			Arm.	%	Het.	%	Oph.	%	Sucho	%
Jablonka (Železná Breznica)	Sm	45	29	64,5	7	15,5			9	20,0
	Jd	55	40	72,2	6	11,0			9	16,3
	Bk	30	14	46,6			6	20,0	10	33,3
Poruba	Sm	35	27	77,2	4	11,4			4	11,4
	Jd	40	16	40,0	5	12,5			19	47,5
	Bk	55	25	45,9			11	20,0	19	34,5
Bieň	Sm	35	19	54,3	3	8,6			13	37,1
	Jd	40	27	67,5	3	7,5			10	25
	Bk	40	19	47,5			10	25	11	27,5
Brestová	Sm	40	26	65,0	5	12,5			9	22,5
	Jd	45	29	64,4	4	8,9			12	26,7
	Bk	55	21	38,2			12	21,8	22	40,0
	Sm	155	101	65,2	19	12,3			35	22,5
	Jd	180	112	62,2	18	10,0			50	27,8
	Bk	180	79	43,9			39	21,7	62	34,4
	Σ	515	292	56,7	37	7,2	39	7,6	147	28,5

Vysvetlivky:
Arm. = *Armillaria ostoyae* (Romagn.) Herink, *Armillaria mellea* (Vahl) P. Kumm.
Het. = *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.
Oph. = huby rodu *Ophiostoma* (Syd. Et P. Syd.)

Z hľadiska rozmiestnenia sa podpňovka najviac vyskytovala na sadeniciach vysadených okolo pňov po ťažbe, ktoré boli prirodzene infikované. Podobne to bolo aj pri koreňovke vrstevnatej. Výskyt húb na bukových sadeniciach bol rovnomerný po celej ploche, ale vždy v menších skupinkách. Rhizomorfy podpňovky sa vo veľkom množstve vyskytovali v humusovej vrstve opadu, v blízkosti koreňového krčka. Podhubie obyčajne obrastalo celý koreňový systém. Čím viac bol koreňový systém deformovaný, tým rýchlejšie postupovalo usýchanie. Najväčšie presýchanie s prítomnosťou húb sme zistili na sadeniciach, kde bol hlavný koreň ohnutý a smeroval hore.

Na základe vykonaných rhizologických analýz je deformovaný koreňový systém výrazným predispozičným faktorom chradnutia a odumierania vysádzaných sadeníc. Aj keď odchýlky architektoniky koreňov môžu byť zapríčinené mnohými faktormi, predsa výsadba patrí medzi najčastejšie. Pri nesprávnej výsadbe sadenice nevytvoria pozitívne geotropicky rastúce korene a väčšina povrchových koreňov sa rozrastá v rôznych polohách. Všetky tieto skutočnosti negatívne ovplyvňujú vitalitu sadeníc. Korene sú napadnuté parazitickými hubami, najčastejšie podpňovkou. Takto deformované koreňové systémy, napadnuté hubami spôsobujú značné straty a založené porasty nemôžu zabezpečiť hospodársky efekt.

DISKUSIA

Z literárnych prameňov nie sú zatiaľ známe údaje o spektre húb, ktoré sa vyskytujú na zdeformovaných sadeniciach. Sú známe len všeobecné konštatovania, že najviac sú poškodzované podpňovkou. Mauer, Palátová (2004a) uvádzajú zo svojich výskumov, že podpňovka môže infikovať až 64 % smrekových sadeníc. Tieto čísla korešpondujú aj s našimi výsledkami.

Podobné sú rhizologické analýzy „brnenskej rhizologickej školy“. Mauer, Palátová (2004b) uvádzajú, že pri výsadbách zohrávajú podstatnú úlohu steny, jamky alebo štrbiny. Ak sú hladké, koreň nedokáže prerásť touto hladkou stenou. K týmto záverom sme dospeli aj pri našom pozorovaní. Zároveň potvrdzujeme aj konštatovanie, že k deformácii dochádza, ak dĺžka koreňového systému je väčšia ako hĺbka použitej jamky alebo štrbiny. Koreň sa v tomto prípade stáča (obr. 3). Naše pozorovania preukázali, že práve v tomto prípade sú sadenice smreka, jedle a buka mimoriadne disponované voči parazitickým hubám - až 80 %. Nárovcová (2004) uvádza, že takto deformovaný koreň rastie dohora a až neskoršie sa dokáže preorientovať na pozitívny geotropický rast.

Podobne je veľmi dôležitá príprava stanovíšť (Mauer, Palátová 2004a). Koreňový systém sadeníc smreka rastie v humusových horizontoch. Ak sa pri výsadbe odstráni alebo zhrnie humusová vrstva a sadenice smreka sú vysadené do minerálnej pôdy, všetky korene sa stáčajú smerom k humusovým horizontom.

Všetky opísané stresy majú odraz na dispozíciu sadeníc, čo potvrdzujú aj naše výskumy. Okrem uvedených skutočností nemôžeme opomenúť fakt, že takto deformované sadenice skôr podliehajú suchu, príp. mrazu, čo prispieva k ich predispozícii k ataku húb a hmyzu.

Výskumom prísuškov sa cez vegetačné obdobie venovali Grabářová, Martinková (2000), a s ich výsledkami súhlasíme. Plne súhlasíme aj s názormi Mauera a Palátovej (2000), ktorí tvrdia, že aj keď sa zdá, že deformácie koreňového systému lesných drevín sú len javom výnimočným, opak je pravdou.

ZÁVER

Pre intenzitu napadnutia deformovaných koreňových systémov sadeníc podstatnú úlohu ako predispozičný faktor predstavuje spôsob výsadby. Najviac napadnuté sadenice sa vyskytli pri jamkovom alebo štrbinovom spôsobe výsadby s hladkými stenami. Podobne je tomu aj v prípadoch, ak je koreňový systém sadenice dlhší ako hĺbka jamky alebo štrbiny. Takto deformované sadenice boli obsadené parazitickými hubami ale aj postihnuté suchom spolu až na 85 %.

Literatúra

Benčať, T., 1986 : Biomass of the Oldest Individuals of Thuja occidentalis L. cv 'Malonyana'. In: Benčať, F. (Ed.): Folia dendrologica, *13*, Bratislava, VEDA, s. 109–141.

Benčať, T., 1989: Black locust biomass production in southern Slovakia. Acta dendrobiologica. Bratislava, VEDA, 192 s.

Benčať, T., 1991: Complex productive-ecological evaluation of introduced woody plants. Folia dendrologica, 18, 2, Bratislava, s. 71–74.

Grabářová, S., Martinková, M., 2000: Changes of Norway spruce (Picea abies [L.] Karst.) growth characteristics under the impact of drought.. Ekológia (Bratislava), 19, Supplement 1/2000, s. 81–103.

Jaloviar, P., 1998: Produkcia jemných koreňov smreka v prírodných smrekových lesoch NPR Babia Hora a BR Poľana. In: Stav, vývoj, produkčné schopnosti a využívanie lesov v oblasti Babej hory a Pilska, konferencia, Zvolen 1998, s. 55–59.

Jaloviar, P., 2001: Vplyv hospodárskeho spôsobu na koncentráciu jemných koreňov smreka a buka v pôde. Acta Facultatis Forestalis, *43*, Zvolen, s. 133–145.

Jaloviar, P., 2003:Produkcia a kompetičné vzťahy jemných koreňov v rovnorodých a zmiešaných častiach porastu. Acta Facultatis Forestalis, *45*, Zvolen, s. 161–172.

Jaloviar, P., 2004: Vplyv východiskového sponu na intenzitu jemného prekorenenia v smrekovej žrdkovine. Acta Facultatis Forestalis, *46*, Zvolen, s. 187–198.

Kodrík, M., 1993: Tree layer below-ground biomass of fir-beech forest in the Middle Slovakia. Ekológia (Bratislava), 12, 4, s. 403–408.

Kodrík, M., 1994: Distribution of root biomass and length in Picea abies ecosystem under different immission regimes. Plant and Soil, *167*, s. 173–179.

Kodrík, M., Barna, M., 2002: Tree biomass of a beech stand treated by regeneration cutting. Ekológia (Bratislava), 21, Supplement 2/2002, s. 117–123.

Kodrík, M., 2005: Below-ground biomass of spruce, fir and beech. Vedecké štúdie 12/2004/A, Technická univerzita vo Zvolene, 78 s.

Mauer, O., Palátová, E., 2000: Root system response to stress in artificially estabilished Norway spruce stands. Ekológia (Bratislava), *19*, Supplement 1/2000, s. 151–161.

Mauer, O., Palátová, E., 2004a: Deformace kořenového systému a stabilita lesních porostů. In: Možnosti použití sadebního materiálu z intenzivních školkařských technologií pro obnovu lesa. Sborník přednášek z mezinárodního semináře, Opočno, 3. a 4. 6. 2004, Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce 2004, s. 22–26.

Mauer, O., Palátová, E., 2004b: Vývin kořenového systému smrku ztepilého, dubu letního a borovice lesní z umělé a přirozené obnovy. In: Sborník přednášek ze semináře Přirozená a umělá obnova. Přednosti, nevýhody a omezení. KPL FLE ČZU v Praze, Lesnická práce 2004. [ISBN 80-213-1147-9].

Nárovcová, J., 2004: Zkušenosti s hodnocením kvality kořenového systému sadebního materiálu lesních dřevin. In: Mauer et al. (Eds.): Kořenový systém – základ stromu. Sborník referátů z konference, Křtiny u Brna, 25. 8. 2004, LDF MZLU v Brně, s. 103–114. [ISBN 80-239-3335-3]

Oszlányi, J., 1975: Characteristics of ecological structure of the growing stock at the research site of Báb. In: Biskupský, V., (Ed.): Research Project Báb IBP Progress Report II. Publish. House of the Slovak Acad. Sci. Bratislava, Slovakia, s. 61–70.

Oszlányi, J., 1986: Analýza produkcie biomasy a jej energetického ekvivalentu stromovej vrstvy v piatich lesných ekosystémoch. Biologické práce, *32*, 1, Veda Bratislava, 157 s.

Rolín, M., 1984: Posúdenie náhodilých ťažieb vyvolaných podpňovkou obyčajnou na LZ Mošovce – LHC Horná Štubňa. Diplomová práca, Vysoká škola lesnícka a drevárska, Zvolen, 68 s.

Svrček, M., Vančura, B., 1987: Huby. Príroda Bratislava.

Adresa autora:
Doc. Ing. Milan Kodrík, CSc.
Katedra ochrany lesa a poľovníctva
Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
T. G. Masarykova 24
960 53 Zvolen

e-mail: kodrik@vsld.tuzvo.sk

Impact of root system deformation of plants to their development and health condition

Summary

Root system deformation of plants is strong sub-disposition factor to parasitic fungi as we presented. According to root system analysis of 515 Norway spruce, silver fir and European beech 3-5 years old plants we found attendance of honey fungus *Armillaria ostoyae* (Romagn.) Herink – on spruce average 65.2%, on fir average 62.2% and beech was attacked by *Armillaria mellea* (Vahl) P. Kumm 43.9%. The second fungus from point of attendance is *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. There were attacked 12.3% of spruce plants and 10.0% fir plants. We occurred on 21.7% beech plants attendance of *Ophiostoma* sp. We observed dieback of 22.5% spruce, 27.8% fir and 34.4% beech plants as the result of drought impact.

Obr. 1 Deformovaný koreňový systém 3-ročnej sadenice jedle bielej (*Picea abies* L. KARST.)

Fig. 1 Deformed root system of 3-years-old Silver fir (*Abies alba* MILL.) plant

Obr. 2 Deformovaný koreňový systém 3-ročnej sadenice jedle bielej (*Picea abies* L. KARST.)

Fig. 2 Deformed root system of 3-years-old Silver fir *Abies alba* MILL.) plant

Obr. 3 Hynúce sadenice jedle bielej (*Picea abies* L. KARST.) vysadené v plytkej jamke

Fig. 3 Dying Silver fir (*Abies alba* MILL.) plants out planted in shallow hole

Obr. 4 Sadenice buka obyčajného (*Fagus sylvatica* L.) napadnuté hubou rodu Ophiostoma sp.
Fig. 4 European beech (*Fagus sylvatica* L.) plants infested with fungi Ophiostoma sp.

Obr. 5 Plodnice podpňovky *Armillaria ostoyae* (Romagn.) Herink na odumretom 5-ročnom smreku (*Picea abies* L. KARST.)

Fig. 5 Sporophores of honey fungus *Armillaria ostoyae* (Romagn.) Herink on dead 5-years-old Norway spruce (*Picea abies* L. KARST.) plant

Obr. 6 Sadenica smreka (*Picea abies* L. KARST.) v trse plodníc podpňovky Armillaria ostoyae (Romagn.) Herink

Fig. 6 Norway spruce (*Picea abies* L. KARST.) plant in bunch of sporophore of honey fungus *Armillaria ostoyae* (Romagn.) Herink

ACTA FACULTATIS FORESTALIS XLVIII
ZVOLEN – SLOVAKIA 2006

VYHODNOTENIE FREKVENCIE PODKÔRNIKA DUBOVÉHO AKO VEKTORA OPHIOSTOMATÁLNYCH HÚB NA LZ TRENČÍN, LS DUBODIEL

Juraj G A L K O

Galko, J.: Vyhodnotenie frekvencie podkôrnika dubového ako vektora optiostomatálnych húb na LZ Trenčín, LS Dubodiel. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLVIII**, 2006, s. 221–229.

Otázka zdravotného stavu dubín je dnes veľmi aktuálna, aj napriek tomu, že epifitócia duba kulminovala v 80-tych rokoch minulého storočia. V minulosti bol podkôrnik dubový (*Scolytus intricatus* Ratz.) ako vektor tracheomykóznych ochorení veľmi významným škodcom. Dnes je jeho rozšírenie síce menšie, ale netreba na tohto škodcu zabúdať.

Výskyt *Scolytus intricatus* sa sledoval v porastoch LS Dubodiel. Sledovala sa frekvencia výskytu a gradácia na ťažbových zvyškoch duba. Odobrané vzorky sa vkladali do fotoeklektorov a zaznamenávali sa počty odchytených jedincov, súčasne sa hodnotil podiel podkôrnika dubového na prenose ophiostomatálnych húb (očkovaním na živné pôdy).

V sledovaných porastoch LS Dubodiel sa zistila prítomnosť podkôrnika dubového. Ďalej sa zistilo, že zo 150 hodnotených jedincov, 8 % prenášalo spóry ophiostomatálnych húb.

Kľúčové slová: podkôrnik dubový, tracheomykóza, ťažbové zvyšky, ophiostomatálne huby.

1. ÚVOD

Na Slovensku je z listnatých drevín azda najviac poškodzovaný dub (*Quercus* sp.). Na dube škodí množstvo podkôrneho a listožravého hmyzu. Z podkôrnych škodcov je a hlavne v minulosti bol najdôležitejší podkôrnik dubový (*Scolytus intricatus* Ratz.). Nielenže fyziologicky oslabuje naše dubiny, ale je aj významným prenášačom ophiostomatálnych húb. Toto sa prejavilo najmä v 80-tych rokoch minulého storočia. Do povedomia vstúpilo toto ochorenie ako hromadné hynutie duba (ďalej HHD).

Dubové porasty boli tradične považované za značne odolné, najmä proti mechanicky pôsobiacim abiotickým škodlivým činiteľom i proti imisiám a kambiofágnym škodcom (Gogola, Chovanec, 1987).

Hromadným hynutím na Slovensku najviac trpí *Quercus dalechampii*, ďalej *Quercus robur*. *Quercus petrea* je podobne postihnutý ako predchádzajúce dva a to aj na odľahlejších lokalitách. Pri *Quercus polycarpa* sa zistili nákazy len od úživného žeru na spadnutých

konárikoch a hynutie stromov sa nepozorovalo. Ojedinele sa nákaza zistila aj na *Quercus cerris*, ale ten býva postihnutý len výnimočne (Leontovyč, Gontková, 1987).

Po objavení cievnych húb a ich významu pre HHD vynikol aj význam ich prenášačov, najmä podkôrneho hmyzu. Zistilo sa, že *Scolytus intricatus* prenáša tracheomykózy a oslabuje duby. Hromadné hynutie duba spôsobujú najmä huby z rodu *Ophiostoma* a *Ceratocistis*.

Prenášačmi (vektormi) tohto patogénu sú viaceré druhy nielen podkôrneho, ale aj listožravého a iného hmyzu, medzi najvýznamnejšie vektory sa však zaraďuje podkôrnik dubový, ktorý rozširuje tracheomykózu hlavne svojím zrelostným žerom, ale aj pri zakladaní generácie (Gogola, Chovanec, 1987).

Pre prevenciu a ochranu proti HHD je dôležitá najmä čistota v porastoch a asanácia napadnutého dreva, preto som sa zameral na túto problematiku, že ako vlastne vplýva prítomnosť ťažbového odpadu z duba v porastoch na frekvenciu výskytu podkôrnika dubového.

2. MATERIÁL A METÓDY

Keď boli dobre známe charakteristiky porastov, mohli sa začať terénne práce. Z porastov sa odoberali 0,5 m sekcie z ťažbových zvyškov, ktoré boli vkladané do fotoeklektorov. Slúžili na zistenie frekvencie výskytu podkôrnika dubového. Stručná charakteristika sledovaných porastov je uvedená v tabuľke 1.

Tab. 1 Základné charakteristiky sledovaných porastov
Tab. 1 Grundcharakteristiken von beobachteten Beständen

Porast	LS	LO/Urbár	Výmera [ha]	Vek	Zastúpenie	Zakm.
326a	Dubodiel	Dubodiel	4,47	120	Db52, sc25, hb23	1
327	Dubodiel	Dubodiel	13,85	110	Db55, sm40, sc5	1
340a	Dubodiel	Dubodiel	7,78	110	Db80, sm20	08
341b	Dubodiel	Dubodiel	6,58	110	Db95, sc5	08
125	–	Urbár Bobot	5,25	115	Db75, hb20, cr5	08

Pred tým ako sa vložili vzorky do fotoeklektorov, bola zaznamenaná hrúbka jednotlivých sekcií. Keďže fotoeklektory boli dvojkomorové, umožňovalo to sledovať a hodnotiť dve merania naraz z jedného porastu, pretože vzorky boli rozdelené do dvoch hrúbkových intervalov: do 2 cm a nad 2 cm.

Prvé vzorky sa odobrali z porastu 327 01. 06. 2004. 08. 06.2004 sa odobrali ďalšie 0,5 m sekcie z porastu 326a a vložili sa do druhého fotoeklektora. Súčastne v tento deň boli odobrané aj sekcie z porastu 125, ktorý patrí k urbáru Bobot. Hodnotenie výsledkov z

tohto porastu slúžilo ako kontrolné meranie, na porovnanie s výsledkami z LS Dubodiel. Pre tretie meranie sa odobrali vzorky 18. 07. 2004 z porastu 340a a pre posledné meranie boli odobrané vzorky z porastu 341b 20. 08. 2004. Po skončení doby trvania výletu podkôrnika dubového z jednotlivých meraní sa nechali vzorky vo fotoeklektoroch ešte 30 dní. Na sprehľadnenie týchto meraní slúži tabuľka 2.

Ďalšie terénne práce, ktoré sa vykonávali v týchto porastoch, bolo odoberanie tenkých vzoriek z beľovej časti dubových pňov, ktoré boli potrebné pre vyhodnotenie rastrovacím elektrónovým mikroskopom (REM). Odoberanie vzoriek sa vykonalo v októbri. Na porovnanie výsledkov z tejto lokality sa ešte odobrali aj vzorky z lokalít Sláče, Machnáč a urbár Bobot. Tieto sekundárne lokality slúžia iba na porovnanie výsledkov, preto neboli ani bližšie popísané, pretože primárne porasty pre túto prácu sú porasty z LS Dubodiel.

Na zhodnotenie významu podkôrnika dubového ako vektora tracheomykóznych ochorení existuje viacero metód, pričom každá z nich ovplyvňuje určitým spôsobom objektivitu výsledku. V tomto prípade sa použila *metóda zmývania spór z tela podkôrnika*.

Princíp metódy spočíva v zmytí spór z tela podkôrnika jeho pretrepávaním („praním“) v destilovanej vode. Podobnú metódu použili pri svojej práci Juzwik, Frensch (1983) , Šrůtka (1996) a Hlaváč (2001).

Usmrtené podkôrniky sa po jednom osobitne vložili do uzatvárateľnej sterilnej skúmavky, do ktorej sa pridali 2 ml destilovanej vody. Skúmavka, resp. skúmavky boli následne ručne pretrepávané po dobu 15 minút. Po skončení trepania bol obsah skúmavky v sterilnom prostredí rozliaty na sladinový agar v Petriho miske o priemere 10 cm a tá umiestnená do biologického termostatu s konštantnou teplotou 24–25 °C. Po 2–3 týždňoch kultivácie sa vzorky priebežne určovali a mikroskopicky vyhodnocovali. Výsledky tohoto pokusu sú uvedené v tabuľke 4.

Ďalšou laboratórnou prácou bolo zisťovanie prítomnosti ophiostomatálnych húb na vzorkách odobraných z beľovej časti dubových pňov zo sledovaných porastov na REM.

Odobrané vzorky pre toto meranie sa ďalej laboratórne spracovávali. Boli upravené skalpelom a žiletkou na rozmery zhruba 0,5 x 0,5 cm. Následne boli nalepené disperzným lepidlom na špeciálne hliníkové podložky. Tieto podložky, s upravenými vzorkami, boli následne pokovované zlatom, aby sa dali sledovať a vyhodnotiť REM značky Teskan, Brno. Tento mikroskop sa nachádza na drevárskej fakulte, katedra náuky o dreve. Zisťovanie prítomnosti ophiostomatálnych húb na týchto vzorkách malo doplňujúci charakter a malo slúžiť ako odpoveď na otázku, či sa v skutočnosti v sledovaných porastoch vyskytujú tieto huby.

3. VÝSLEDKY A DISKUSIA

3.1 Vyhodnotenie meraní frekvencie rojenia podkôrneho hmyzu

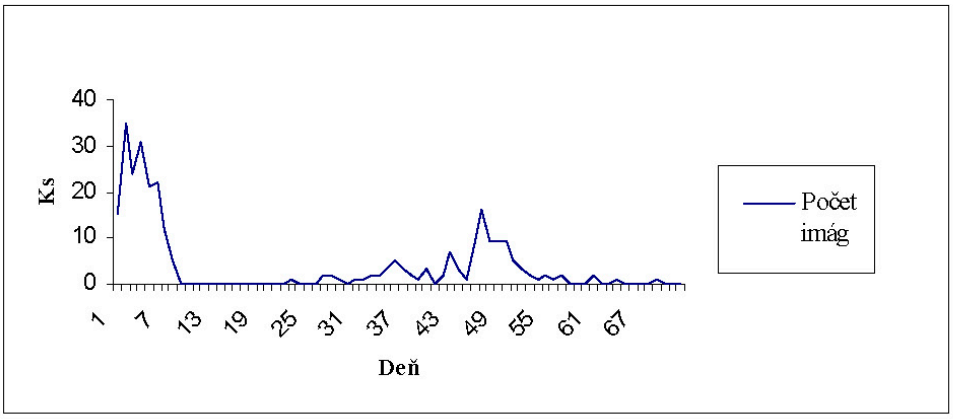
Pre hlavné vyhodnotenie meraní frekvencie rojenia podkôrneho hmyzu slúži prehľadná tabuľka 2, kde sú zároveň uvedené hlavné výsledky z hodnotenia fotoeklektorov. Z tabuľky môžeme vidieť, že boli vykonané 4 merania, podľa dátumu vloženia vzoriek do fotoeklektorov. Pre merania II. boli vzorky odobrané z dvoch lokalít a to, z LS Dubodiel a z porastu 125, ktorý sa nachádza v urbáry Bobot. Výsledky, ktoré sa získali z porastu 125 slúžili ako kontrolné meranie a malo sa potvrdiť, či aj v dubovom poraste nachádzajúcom sa 15 km od LS Dubodiel je zastúpený podkôrnik dubový. Z tabuľky 2 môžeme vidieť, že zo 14 sekcii, ktoré boli vložené do fotoeklektora a za dobu 37 dní, vyleteli z tohto kontrolného porastu len dva podkôrniky a dva krasone. Obe vzorky boli odoberané v ten istý deň z polotieňa a predsa vidíme, že z porastu 326a z LS Dubodiel vyletelo za rovnakú dobu až 43 jedincov podkôrnika a to je oveľa viac ako z kontrolného porastu. Zrejme je to spôsobené tým, že v porastoch sledovaných na LS Dubodiel, bol zvýšený výskyt podkôrnika dubového už v minulosti, najmä v prvej polovici 80-tych rokov minulého storočia.

Okrem *Scolytus intricatus*., bol zastúpený aj *Agrilus* sp. a to najmä v prvom meraní. Z tabuľky 2 vidíme, že z prvého merania vyletelo až 59 jedincov *Agrilus* sp. Z ostatných meraní sú jeho počty len zanedbateľné a to preto, že tento škodca sa rojí začiatkom júna, čo zodpovedá výsledkom z prvého merania.

Tab. 2 Základné charakteristiky sledovania rojenia podkôrného hmyzu z ťažbových zvyškov
Tab. 2 Grundcharakteristiken der Beobachtung der Ausschwärmung von xylophagen Insekten aus den Nutzresten

Meranie	Dátum založenia pokusu	Lokalita	Dielec	Počet sekcií [ks]	Doba trvania výletu [v dňoch]	Počet imág	
						Scolytus sp.	Agrilus sp.
I.	01.06. 2004	LS Dubodiel	327	14	8	165	59
II.	08. 06. 2004	LS Dubodiel	326a	13	37	43	0
	08. 06. 2004	Urbár Bobot	125	14	37	2	2
III.	18. 07. 2004	LS Dubodiel	340a	12	32	72	1
IV.	20. 08. 2004	LS Dubodiel	341b	13	12	1	0

Predmetom sledovania boli ale len jedince *Scolytus* sp., teda v tomto prípade *Scolytus intricatus* Ratz. Z merania III. vidíme, že vyletelo ešte 72 podkôrnikov dubových, čo je spôsobené dlhou dobou rojenia tohto škodcu. Z merania IV. vyletel len jeden jedinec, pretože doba rojenia podkôrnika trvá maximálne do polovice augusta. Súčasťou každého merania bolo denné zaznamenávanie vyletených jedincov.



Obr. 1 Priebeh rojenia *Scolytus intricatus* zo všetkých meraní
Abb. 1 Verlauf von Ausschwärmung des *Scolytus intricatus* aus allen Messungen

Grafické znázornenie celého merania frekvencie výskytu podkôrnika dubového na LS Dubodiel je znázornené na obrázku 1. Z tohto grafu vidíme, že celé meranie a denné zaznamenávanie počtu odchytených jedincov trvalo 72 dní. Prvý vrchol rojenia podkôrnika dubového z ťažbových zvyškov vidieť už v prvých desiatich dňoch merania, t. j. zhruba do 10. 06. 2004, druhý vrchol je oveľa neskôr, čo zodpovedá asi polovici júla. Rojenie sa skončilo v prvej polovici augusta, čo zodpovedá aj koncu dĺžky rojenia ako vyplýva aj z bionómie tohto škodcu.

Každé meranie bolo rozdelené do dvoch hrúbkových intervalov:

– 0–2 cm,
– 2 cm a viac.

Pre grafické vyhodnotenie neboli počty vyletených jedincov *Scolytus intricatus* vyhodnocované samostatne pre hrúbkové intervaly, ale tieto počty boli sčítané.

Z tabuľky 3 môžeme vidieť, že zo vzoriek s hrúbkou do 2 cm vyletelo len 9,5 % z celkového počtu odchytených jedincov podkôrnika dubového. Tento výsledok zhruba korešponduje aj s výsledkami VALÚCHOVEJ (1998).

Z tabuľky 3 vidíme, že celkový počet sekcii 66 kusov, sa primerane rozdelil v každom meraní na polovicu, teda jedna polovica vzoriek sa dala do prvej časti fotoeklektora a druhá polovica vzoriek do druhej časti fotoeklektora. Týchto fotoeklektorov bolo 5. Ako už bolo uvedené najviac jedincov vyletelo z prvého merania 165, ale zo vzoriek s hrúbkou do 2 cm vyletelo len 20 jedincov, čo je 12 % z tohto počtu. Z druhého merania vyleteli z tohto hrúbkového intervalu len 4 jedince, z celkového počtu 43, čo predstavuje 10 % z tohto počtu. Z tretieho merania bol tento pomer dokonca len 8 % z počtu 72 vyletených jedincov.

Tab. 3 Počet odchytených jedincov *Scolytus intricatus* podľa hrúbkových intervalov
Tab. 3 Anzahl von abgefangenen Individuen des *Scolytus intricatus* je nach stärken Klassen

Meranie	Porast	Počet sekcií			Počet odchytených jedincov zo vzoriek					
		v ks			v ks			v %		
		do 2 cm	nad 2 cm	Spolu	do 2 cm	nad 2 cm	Spolu	do 2 cm	nad 2 cm	Spolu
I.	327	7	7	14	20	145	165	12	88	100
II.	326a	6	7	13	4	39	43	10	90	100
	125	7	7	14	0	2	2	0	100	100
III.	340a	6	6	12	6	66	72	8	92	100
IV.	341b	6	7	13	0	1	1	0	100	100
Spolu		32	34	66	30	253	283	9,5	90,5	100

Z celkového počtu vyletených jedincov 283, vyletelo 30 jedincov zo vzoriek s hrúbkou do 2 cm a ostatných 253 jedincov zo vzoriek s hrúbkou nad 2 cm.

Z odchytených jedincov zo vzoriek do 2 cm vyplýva, že je to 9,5 % z celkového počtu vyletených jedincov.

Na porovnanie Valuchová (1998) vo svojej práci uvádza 8 % podiel odchytených jedincov v hrúbkovej kategórií do 2 cm a až 59 % podiel v hrúbkovej kategórií od 2 do 7 cm.V tejto práci boli z dôvodu veľkosti fotoeklektorov, rozdelené vzorky len do dvoch hrúbkových kategórií, takže vzorky nad 7 cm neboli merané ale výsledky, ktoré boli získané v tejto práci a výsledky, ktoré dosiahla Valúchová (1998) vo svojej práci sú navzájom porovnateľné.

Môžeme teda skonštatovať, že odpad po ťažbe z hrúbkou do 2 cm je pre podkôrnika dubového málo atraktívny a radšej vyhľadáva hrubší materiál.

3.2 Vyhodnotenie *Scolytus intricatus* ako vektora tracheomykóznych ochorení

Tieto výsledky sú z laboratórneho zisťovania húb, ktoré sa získali v sterilnom prostredí zo spór zmytých z tiel podkôrnikov dubových destilovanou vodou metódou zmývania spór z tiel podkôrnikov. Z tabuľky 4 je zrejmé, že sa hodnotilo 150 jedincov, t. j. 150 Petriho misiek.

Z celkového počtu hodnotených vzoriek ophiostomatálne huby prenášalo len 12 podkôrnikov, čo predstavuje 8 %. Na ostatných Petriho miskách bolo zaznamenaných 139 iných húb. Tieto sa vzhľadom na cieľ práce bližšie neurčovali.

Tab. 4 Počet húb prenášaný podkôrnikom dubovým
Tab. 4 Anzahl von Pilzen übertragen durch den Eichensplintkäfer

Huba	**[ks]**	**[%]**
Ophiostomátálne huby	12	8,0
Iné huby	139	92,7
Sterilné vzorky	6	4,0
Spolu	150	–

Podobný postup použili aj Hlaváč, Pavlík Š. (2000), ktorí použili metódu čiastočného ponárania podkôrnika do živného média s využitím bežných kultivačných a izolačných postupov. Je to rozdielna metóda aká sa použila v tejto práci, ale v podstate sú podobné. Títo autori hodnotili vo svojej práci 500 ks podkôrnikov a z nich bolo 28 ks pozitívnych, t. j. ktorí prenášali spóry ophiostomatálnych húb, čo predstavuje 5,6 %. Ich výsledky a výsledky získané v tejto práci poukazujú na skutočnosť, že za súčasného stabilizovaného zdravotného stavu dubových porastov a pomerne nízkej početnosti výskytu podkôrnika dubového je percentuálny podiel tohto vektora tracheomykózneho ochorenia oproti iným hubám, ktoré prenáša, nízky. Napriek tomu tieto výsledky pri porovnaní so závermi Šrůtku (1996) a Novotného (1999), ktorí podkôrnika dubového nepovažujú za efektívneho vektora, predsa len vyznievajú v prospech podkôrnika dubového. K podobným záverom došli aj Gogola a Chovanec (1987).

Pri globálnom hodnotení terajšej situácie je potrebné brať do úvahy aj tú skutočnosť, že i pomerne malé percento aktívnych prenášačov spór z populácie predstavuje v celkových číslach potencionálne obrovské množstvo chrobákov, ktorých negatívny vplyv na dubové porasty v prípade premnoženia sa mnohonásobne zvyšuje (Hlaváč, Pavlík Š., 2000).

Aj Gogola, Chovanec (1987) upozorňujú, že hoci veľká časť populácie podkôrnika sa vyvíja na dubovej hmote, ktorá nebola postihnutá tracheomykózou, aj celkom nízke percento z populácie chrobákov, ktoré sú aktívnymi nositeľmi patogéna, predstavuje pri premnožení obrovský počet jedincov a tomu zodpovedajúce možnosti infekcie vetvičiek.

3.3 Vyhodnotenie odobraných vzoriek na REM

Vzorky odobrané z beľovej časti dubových pňov sa hodnotili na REM. Tieto vzorky sa nalepili na hliníkové podložky. Týchto podložiek bolo 6.

Výsledky získané z preparátov, ktoré boli sledované REM, mali len doplňujúci význam. Zistilo sa, že najviac pozitívnych vzoriek bolo práve zo sledovaných (primárnych) porastov na LS Dubodiel, kde sa nachádzalo tracheomykózne ochorenie už v minulosti. Na preparátoch so vzorkami zo sekundárnych porastov bol zistený menší

výskyt ophiostomatických húb, zrejme preto, že v týchto porastoch sa nenachádzali tieto huby v minulosti v takej intenzite ako na LS Dubodiel.

4. ZÁVER

V minulosti, najmä v prvej polovicu 80-tych rokov minulého storočia, bol význam podkôrnika dubového oveľa väčší. Tohto škodcu však aj dnes musíme považovať za významného vektora tracheomykóznych ochorení. Toto ochorenie sa začalo označovať termínom hromadné hynutie duba.

Táto práca bola zameraná na sledovanie výskytu podkôrnika dubového v dubových porastoch na LS Dubodiel a na to, aký má tento škodca význam, ako vektor tracheomykóznych ochorení. Získané výsledky preukázali, že podkôrnik dubový je vektorom tracheomykóznych ochorení a v prešetrovanej oblasti sa zistilo, že 8 % zo všetkých sledovaných jedincov bolo pozitívnych a nachádzali sa na nich spóry ophiostomatálnych húb. Ako už bolo spomínané je problematické konštatovať, či je toto percento malé alebo vysoké, pretože to závisí od celkovej veľkosti populácie tohto škodcu, početnosti samotného patogéna a ďalších faktorov (porastová hygiena, počasie ap.). Ďalej sa zistilo, že radšej vyhľadáva hrubší materiál (>2cm), pretože v tenších vzorkách (<2cm) bol jeho výskyt oveľa menší (9 %).V súčasnosti nedochádza k jeho premnoženiu, ale netreba neustále pripomínať, že je treba dodržiavať preventívne opatrenia a to hlavne čistotu v porastoch a asanáciu napadnutého dreva.

Poďakovanie

Chcem poďakovať grantovej agentúre VEGA za finančnú podporu grantového projektu č. 1/1328/04 (Trvalo udržateľné využívanie lesa vo vzťahu k ekologickej stabilite krajiny Biosférickej rezervácie chránenej krajinnej oblasti Poľana), v rámci ktorého sa uvedený výskum realizoval.

Literatúra

Gogola, E. – Chovanec, D. 1987: Podkôrnik dubový a tracheomykóza dubov. Bratislava: Videopress MON, 1987, s. 9–20.

Hlaváč, P., 2001: Hodnotenie epifitócie dubových porastov na modelových územiach Slovenska. Dizertačná práca, Zvolen: TU, 2001, s. 184.

Hlaváč, P. – Pavlík, Š. 2000: Podkôrnik dubový (*Scolytus intricatus* Ratz.) – vektor tracheomykóznych ochorení. In: Hlaváč, P. – Reinprecht, L. – Gáper, J.: Zborník z medzinárodnej konferencie Ochrana lesa a lesnícka fytopatológia 2000, Zvolen, TU, 2000, s. 243–247.

Juzwik, J. – French, D. W. 1983: *Ceratocystis fagacearum* and *C. piceae* on the Surfaces of Free – Flying and Fungus – Mat – Inhabiting Nitidulids. In: Phytopathology, 1983, vol. 73, s. 1164–1168.

Leontovyč, R. – Gontková, E. 1987: Napadnutie, náchylnosť a odolnosť jednotlivých druhov k hromadnému hynutiu dubov. In: Čapek et al. (ed.): Vedecké práce VÚLH 36. Bratislava: Príroda, 1987, s. 211–232.

Novotný, D. 1999: Bělokaz dubový jako přenášeč mikroskopických húb. Poster. Konferencia Houby a les. MZLU Brno.

Šrůtka, P., 1996: Prenos spór hub kůrovci rodu *Scolytus* so zreteľom k bělokazu dubovému (*Scolytus intricatus*). Lesnictví – Forestry 42 (11): s. 510–517.

Valuchová, G. 1998: Význam podkôrnika dubového (*Scolytus intricatus*) ako vektora húb spôsobujúcich tracheomykózu. In. Pavlík, M.: Mykoflóra pod vplyvom zmien životného prostredia, Zvolen, TU, 1998, s. 96–99.

Adresa autora:
Ing. Juraj Galko
Katedra ochrany lesa a poľovníctva
Technická univerzita vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen

Überwachung der Häufigkeit des Eichesplintkäfers als Vektor von ophiostomatischen Pilzen an dem Forstbetrieb Trenčín, Forstverwaltung Dubodiel

Zusammenfassung

In der Vergangenheit, besonders in der ersten hälfte 80-er Jahre vergangenes Jahrhunderts, war die Bedeutung des Eichensplintkäfer wesentlich größer. Diesen Schädling müssen wir aber auch heute noch als einen bedeutenden Vektor von tracheomykosichen Erkrankungen ansehen. Diese Erkrankung haben wir mit Termin Massensterben der Eichen gekennzeichnet.

Diese Arbeit ist auf die Überwachung von Auftreten des Eichensplintkäfer in Eichenbeständen der Forstverwaltung Dubodiel orientiert und auch dass, wie groß ist die Bedeutung dieses Schädlings als ein Vektor für die tracheomykosischen Erkrankungen. Gewonnenen Ergebnissen haben gezeigt, dass der Eichensplintkäfer ein Vektor von tracheomykosischen Erkrankungen ist und in dem durchgeforschten Gebiet haben wir festgestellt, dass 8 % aus allen beobachteten Individuen (150) waren positiv und auf ihnen befanden sich die Sporen von ophiostomatischen Pilzen. Wie schon bemerkt war ist sehr problematisch zu feststellen, ob dieses Prozent groß oder klein ist, weil es von der gesamter Größe der Population dieses Schädlings, der Anzahl des eigentlichen Pathogen und anderen Faktoren (Bestandespflege, Wetter usw.) abhängt. Weiter haben wir festgestellt, dass er lieber ein dickeres Material (>2 cm) aufsucht, denn in dünneren Proben (<2 cm) trat er viel weniger auf (9 %). In der Gegenwart kommt nicht zur seiner Verbreitung vor, aber wir müssen uns immer erinnern, dass wir die prevetativen Maßnahmen und das hauptsächlich die Bestandespflege und die Asanation von angefalennen Holz einhalten müssen.

ACTA FACULTATIS FORESTALIS XLVIII
ZVOLEN – SLOVAKIA 2006

DOPAD ZMIEN POČASIA NA LETOVÚ AKTIVITU LYKOŽRÚTA SMREKOVÉHO

Andrej G U B K A

Gubka, A.: Dopad zmien počasia na letovú aktivitu lykožrúta smrekového. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLVIII**, 2006, s. 231–236.

V oblasti CHKO BR Poľana sme postavili bariéru feromónových lapačov typu Theysoh a Ekotrap. Ako atraktant sme použili feromónový odparník Pheroprax A, určený pre odchyt lykožrúta smrekového (*Ips typographus* L., Col., Scolytidae). Počas dvoch rokov kontrolovania lapačov sme zaznamenali výrazný vplyv počasia na letovú aktivitu lykožrúta smrekového. V roku 2004 došlo vplyvom zmien počasia k rozdeleniu prvého rojenia na dva vrcholy a v roku 2005 došlo vplyvom ochladenia a zvýšenej zrážkovej činnosti k výraznému poklesu odchytu tohto nebezpečného škodcu v smrekových porastoch.

Kľúčové slová: lps typographus, letová aktivita

1. ÚVOD

V oblasti CHKO BR Poľana bola vybudovaná bariéra feromónových lapačov za účelom výskumu letovej aktivity lykožrúta smrekového (*Ips typographus* L.,) (Coleoptera, Scolytidae), najvýznamnejšieho škodcu v smrekových porastoch. Za podpory štátnych lesov SR a Grantového projektu VEGA „Trvalo udržateľné využívanie lesa vo vzťahu k ekologickej stabilite krajiny Biosférickej rezervácie – Chránenej krajinnej oblasti Poľana“, sme vybudovali bariéru dvadsiatich feromónových lapačov, ktoré sme kontrolovali počas dvoch rokov. V priebehu tohto pomerne krátkeho obdobia, sme získali výsledky, ktoré naznačujú a potvrdzujú zistenia o závislosti lykožrúta smrekového od zmien počasia.

2. MATERIÁL A METODIKA

Dňa 30. 04. 2005 sme pri porastových stenách porastov 11a a 12 rozmiestnili striedavo 20 kusov feromónových lapačov typu Theysohn a Ekotrap, pričom z každého typu bolo umiestnených po 10 kusov. Ekotrap je nárazový, krížový lapač so selektívnou mriežkou vyrábaný na Slovensku. Jeho účinná nárazová plocha je 5550 cm^2. Jeho výhodou je stavebnicový systém s možnosťou výmeny poškodených častí. Theysohn je

štrbinový nárazový, umelohmotný lapač s nárazovou plochou približne 4800 cm2 vyrábaný v Nemecku. Ako lákadlo je do oboch typov lapačov použité feromónové vnadidlo typu Pheroprax A. Účinnou látkou je zmes špecifických feromónov S-cis-verbenol a ips-dienol atraktívnych pre lykožrúta smrekového. Feromón je umiestnený v ampulkách umožňujúcich vizuálnu kontrolu množstva účinnej látky.

Porasty sa nachádzajú v blízkosti Slatinského Jarku pri lokalite Skalky, v nadmorskej výške okolo 750 až 825 metrov.

Porast 11a sa nachádza na južne exponovanom svahu so sklonom približne 40 %, pričom porastová stena má prevažne východnú expozíciu. Vek porastu je 85 rokov a zaberá plochu 15,90 ha. Zastúpenie drevín je: buk – 50 %, smrek – 40 %, jaseň – 10 % s nerovnomerným zmiešaním a zakmenením 0,8. Priemerná zásoba na ha je 475 m^3 drevnej hmoty.

Porast 12, porastová skupina 1, sa nachádza na svahu s juhovýchodnou expozíciou pričom porastová stena má prevažne južnú expozíciu. Sklon terénu je 40 % a vek porastu je 90 rokov. Plocha porastu je 6,71 ha. Drevinové zloženie je: buk – 55 % a smrek – 45 % s jednotlivým až skupinovitým zmiešaním a zakmenením 0,8, priemerná zásoba na 1/ha je 508 m^3. Oba porasty sú klasifikované ako stredne ohrozené (LHP 2001).

Feromónové lapače v bariére sú označené kódom, pričom E znamená, že ide o lapač typu Ekotrap a T znamená, že sa ide o lapač typu Theysohn. Lapače nachádzajúce sa pri porastovej stene porastu 11a sú označené písmenom P a poradovým číslom od 1 do 5. Lapače nachádzajúce sa pri porastovej stene porastu 12 sú označené písmenom L a poradovým číslom od 6 do 10. Lapače sú inštalované podľa pokynov uvedených v STN 48 2711 „Ochrana lesa proti hlavným druhom podkôrneho hmyzu na ihličnatých drevinách“.

- lapače sú postavené 15 až 25 m od porastovej steny, aby sa zvýšila účinnosť zariadenia a zároveň znížilo riziko, že použitý atraktant priláka lykožrúta na okolité stromy,
- lapače sú navzájom vzdialené v rade približne 20 m,
- stred nárazovej plochy lapača je približne vo výške 1,5 až 2 m nad zemou, tak aby odparník bol umiestnený vo výške asi 1,3 m,
- zberná nádobka je umiestnená vo výške okolo 0,5 m,
- lapače nie sú prikryté burinou,
- lapače sú kontrolované v intervaloch 7 až 14 dní (podľa potreby).

V rámci evidencie sme pre každý lapač zaznamenávali nasledovné informácie:

- dátum a miesto inštalácie lapačov,
- dátum kontroly,
- dátum výmeny feromónových odparníkov,
- dátum, množstvo a druh odchytených jedincov v jednotlivých lapačoch.

Keďže je veľkosť tela podkôrnikov malá a tvar pravidelný, používame pre zistenie počtu nepriamu metódu – zistenie celkového objemu podkôrneho hmyzu s následným prepočtom na počet jedincov.

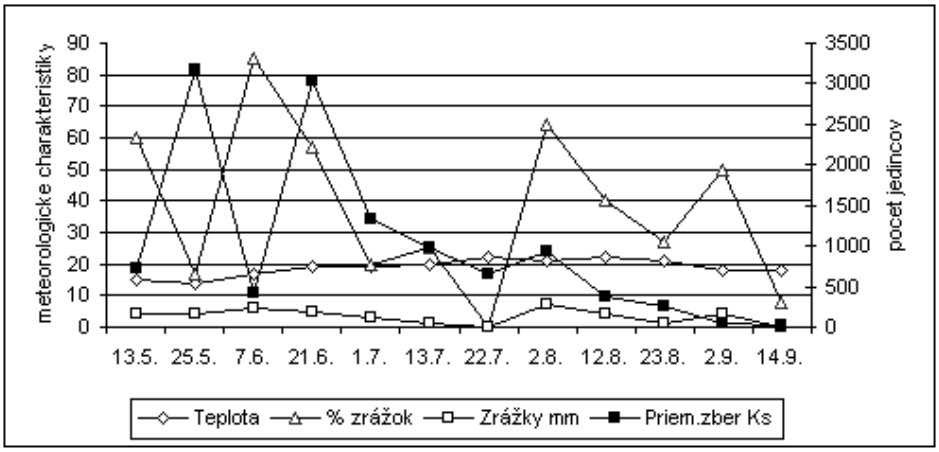
Uvedené lapače boli kontrolované počas dvoch rokov. V roku 2004 boli lapače inštalované 30.04. 2004 a sledované do 14. 09. 2004. Počas tohto obdobia boli do lapačov umiestnené tri sady feromónových odparníkov. Vroku 2005 boli lapače inštalované 01. 05. 2005 a sledované do 15. 08. 2005. V tomto roku boli použité dve sady feromónových odparníkov.

Porovnaním klimatických údajov získaných z meteorologickej stanice z vodného diela Hriňová a množstvom odchytených chrobákov môžeme zistiť možný vplyv počasia na priebeh rojenia podkôrnikov.

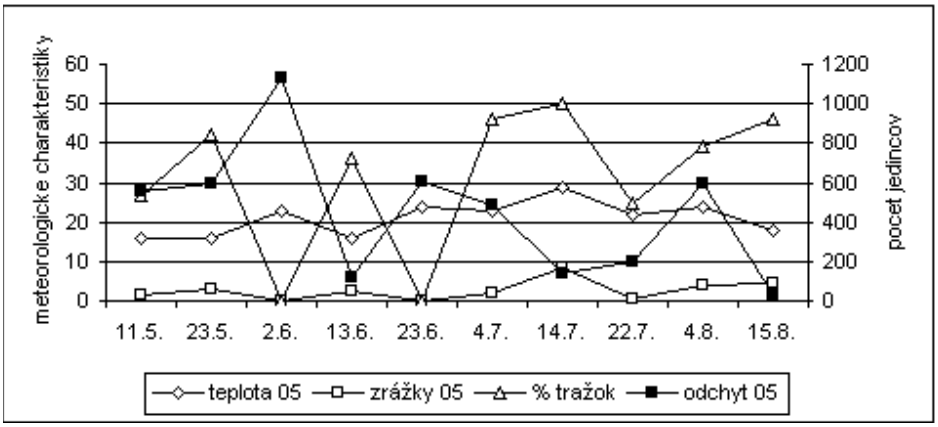
3. VÝSLEDKY

V roku 2004 bolo počas sledovaného obdobia odchytených do feromónových lapačov spolu 238 996 jedincov lykožrúta smrekového. Pri porovnávaní množstva odchytených jedincov v jednotlivých lapačoch, môžeme stanoviť obdobie, počas ktorého dochádzalo k rojeniu lykožrúta smrekového (tab. 1). Zo získaných údajov vyplýva že prvé rojenie prebiehalo v období medzi 13. májom a 13. júlom s vrcholmi okolo 25. mája a 21. júna. Druhé rojenie prebiehalo medzi 22. júlom a 2. augustom. V priebehu prvého rojenia došlo k zhoršeniu počasia, čo spôsobilo rozdelenie rojenia na dva vrcholy. Svedčí o tom aj porovnanie počtu jedincov v zberných nádobách v období 25. 05. 2004, 07. 06. 2004 a 21. 06. 2004. Dňa 25. 05. 2004 bolo v zberných nádobách priemerne 3174,7 jedinca lykožrúta smrekového, pričom priemerná teplota bola 14 °C, priemerné zrážky dosahovali 4 mm a množstvo dní, počas ktorých k zrážkam dochádzalo, bolo 17 %. Pri následnej kontrole 07. 06. 2004 bolo v priemere odchytených len 430,9 jedinca, pri priemernej teplote 17 °C, zrážkach 6 mm a frekvencii zrážok 85 %. Pri kontrole 21. 06. 2004 sme zistili priemerné množstvo 3025,8 odchytených jedincov lykožrúta smrekového. Priemerná teplota dosahovala hodnoty 19 °C, priemerné zrážky 5 mm a frekvencia zrážok 57 % (obr. 1).

V roku 2005 došlo k vrcholu rojenia 02. 06. 2005. Pri priemernej teplote 23 °C a za suchého počasia sme pri kontrole lapačov zaznamenali v priemere 1133,5 jedincov lykožrúta smrekového na lapač. Následné ochladenie na priemerných 16 °C, zvýšená zrážková činnosť 2,4 mm a 36 % dní so zrážkami spôsobili výrazné zníženie odchytu na úroveň 114,3 jedincov na lapač. Po oteplení na priemerných 24 °C a suchom počasí sme zaznamenali odchyt len 609,6 jedincov na lapač. Uvedené údaje potvrdzujú, že vrchol prvého rojenia už prebehol a letová aktivita lykožrúta smrekového v tomto období klesala. Druhé rojenie, ktoré prebehlo okolo 04. 08. 2005, bolo výraznejšie slabšie ako prvé. Pri priemernej teplote 24 °C, 3,8 mm zrážkach a 39 % frekvencii zrážok sme zaznamenali odchyt v hodnote 594,5 jedincov lykožrúta smrekového na jeden lapač (obr. 2).



Graf 1 Závislosť množstva odchytených jedincov lykožrúta smrekového od klimatických podmienok 2004
Graf 1 Dependence of quantity of trapped individuals of spruce bark-beetle from climatic condition in the year 2004



Graf 2 Závislosť množstva odchytených jedincov lykožrúta smrekového od počasia 2005
Graf 2 Dependence of quantity of trapped individuals of spruce bark-beetle from climatic condition in the year 2005

4. DISKUSIA

Lykožrút smrekový potrebuje pre svoj vývoj teplé a suché počasie (Pfeffer, 1994). Citlivosť lykožrúta smrekového na zmeny klimatických pomerov dokazujú aj nami získané výsledky. Podľa Wermelingera a Seiferta (1999) je minimálna teplota potrebná na úspešné kladenie vajíčok nad 12 °C. Funke a Petershagen (1994) zistili že, minimálna teplota pri ktorej je lykožrút smrekový letovo aktívny je 16,5 °C. My sme v prvom roku pozorovania, v priebehu prvého vrcholu prvého rojenia zaznamenali priemernú teplotu 14 °C a počas obdobia od 13. 05. do 25. 05. sa zrážky vyskytovali len dva dni. Aj napriek nízkej teplote bola letová aktivita lykožrúta smrekového pomerne vysoká. Teploty, ktoré boli v čase druhého vrcholu prvého rojenia a v čase druhého rojenia namerané, sa blížia k teplotám ktoré sú uvádzané ako optimálne pre rojenie lykožrúta smrekového (Skuhravý, 2002, Faccoli, 2002, Facoli, Stergulc, 2004, Wermeilinger, 2004). Podobné údaje sme zaznamenali aj nasledujúci rok. Tu sa však oproti roku 2004 prvé rojenie posunulo až na koniec mája, začiatok júna. Tento posun bol pravdepodobne spôsobený chladným počasím a pomerne častými zrážkami.

5. ZÁVER

Počasie je jedným z najdôležitejších faktorov ovplyvňujúcich nielen letovú aktivitu lykožrúta smrekového, ale aj jeho vývin. Na pokusnú plochu, ktorá bola založená v porastoch 11a a 12 v oblasti LHC Poľana, sme striedavo rozmiestnili lapače typu Ekotrap a Theysohn. Ako návnadu sme použili feromónový odparník Pheroprax A. Počas sledovaného obdobia (od 30. 04. 2004 do 14. 09. 2004 a od 01. 05. 2005 do 15. 08. 2005) sme kontrolovali množstvo odchyteného hmyzu do feromónových lapačov v intervaloch 9–14 dní. Dospeli sme k záveru že vplyvom zmien počasia môže dôjsť k prerušeniu rojenia lykožrúta smrekového, alebo k jeho utlmeniu. Počas obdobia s častými zrážkami, dochádzalo k utlmovaniu letovej aktivity lykožrúta smrekového, čo viedlo až k rozdeleniu prvého rojenia v roku 2004 na dve časti.

Literatúra

Faccoli, M., 2002: Winter mortality in subcorticolous populations of Ips typographus (Coleoptera, Scolytidae) and parasitoids in the south-eastern Alps. J.Pest Science 75/2002, s. 62–68

Faccoli, M., Stergluc, F., 2004: I*ps typographus* (L.) pheromone trapping in south Alps: spring catches determine damage tresholds. J. Entomology 128, Blackwell Verlag, Berlin, 2004, s. 307–311

Funke, W., Petershagen, M., 1994: Zur Fluktivität von Borkernkäfern. Jahresber. Naturw. Ver. Wuppertal 47, 1994, s. 5–10, in Wermeilinger, B., 2004: Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus* – a review of recent research, Forest Ecology and Management 202, 2004, s. 67–82

Pfeffer, A., 1994: Příčiny vzniku kůrovcové kalamity, Kůrovcová kalamita: příčiny, rozsah, ochrana, Brno 1994, s. 38–43
Skuhravý, V., 2002: Lýkožrout smrkový a jeho kalamity, Agrospoj s.r.o., v Praze 2002, str. 151.
Wermelinger, b., seifert, M., 1999: Temperature dependent reproduction of the spruce bark beetle Ips typographus and analysis of the potential population growth, Ecological Entomology 24/1999, s. 103–110.
Wermeilinger, B., 2004: Ecology and management of the spruce bark beetle Ips typographus – a review of recent research, Forest Ecology and Management 202, 2004, s. 67-82.
STN 48 2711 Ochrana lesa proti hlavným druhom podkôrneho hmyzu na ihličnatých drevinách. LHP LHC Poľana 2001.

Adresa autora:
Ing. Andrej Gubka
Katedra ochrany lesa a poľovníctva
Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
T. G. Masaryka 20
960 53 Zvolen

Impact of weather changes to soldering movement of spruce bark-beetle

Conclusion

Weather is among most important factors affecting not only soldering movement of spruce bark beetle but also his development. In forest stands 11a and 12 v in Polana area, are we distributed pheromone traps Ekotrap a Theysohn baited with Pheroprax A. In the period from 30. 04. 2004 to 14. 09. 2004 and from 01. 05. 2005 to 15. 08. 2005 we caught insects in intervals 9-14 days. We have concluded, that impact of Weather changes may cause disruption of swarming. During the period with frequent rainfalls, separation of the first swarming is possible, as observed in 2004.

ACTA FACULTATIS FORESTALIS XLVIII
ZVOLEN – SLOVAKIA 2006

NEGATÍVNY VPLYV NÁHODNÝCH ŤAŽIEB NA PRIRODZENÚ OBNOVU LESA NA PRÍKLADE VYBRANÉHO LESNÉHO UŽÍVATEĽSKÉHO CELKU

Ivan D A N Č E K

Danček, I.: Negatívny vplyv náhodných ťažieb na prirodzenú obnovu lesa na príklade vybraného lesného užívateľského celku. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLVIII**, 2006, s. 237–254.

Cieľom tejto práce bolo zhodnotenie dopadu náhodných ťažieb na prirodzenú obnovu lesa. Pre dosiahnutie výsledkov sa najskôr vykonal celkový rozbor obnovných ťažieb v sledovanom lesnom užívateľskom celku za obdobie rokov 2000–2005. Potom sa z celkovej realizovanej obnovnej ťažby zistil podiel náhodnej ťažby podľa drevín a sumárne. Celková výška náhodnej ťažby dosiahla hodnotu až 87,35 %. Realizáciou podrastového hospodárskeho spôsobu v rokoch 2001 a 2002 v ďalších rokoch stúpol podiel prirodzeného zmladenia aj napriek vysokému podielu zalesnenia kalamitných plôch umelou sadbou. Ďalej bolo cieľom tejto práce na základe založených výskumných plôch poukázať ako vplýva ťažbový zásah na vývoj početnosti prirodzeného zmladenia. Pri správnej realizácii clonného rubu sa zvýšila početnosť jedincov prirodzeného zmladenia o 30–40 %. Poukázali sme tiež na výhody umelej obnovy lesa v hlúčikoch pri ťažko zalesniteľných plochách vzniknutých rozpadom materského porastu v horských lesoch 6–7 v. s. Pri tomto spôsobe sadby sa dosiahli menšie straty na zalesnení. Pre zníženie dopadu náhodných ťažieb na obnovu lesa boli navrhnuté niektoré opatrenia.

Kľúčové slová: obnovná ťažba, náhodná ťažba, prirodzená obnova, lesný užívateľský celok

1. PROBLEMATIKA A CIEĽ PRÁCE

Za posledné roky aj na Slovensku dochádza k výraznejšej zmene v prístupe k prirodzenej obnove lesa. Postupne sa jej význam dostáva z roviny teoretickej do roviny praktickej, a to nielen v zmenách hospodárskych opatrení, ktoré naštartovali proces uprednostnenia jemnejších spôsobov hospodárenia a tým podporu prirodzenej obnove, ale aj v zmene myslenia a prístupu pracovníkov samotnej lesnej prevádzky k tejto problematike. Prínos prirodzenej obnovy je nesporný či už po stránke ekologickej, kde táto tvorí jeden zo základných princípov prírode blízkeho obhospodarovania lesa, alebo z hľadiska finančného, kde prirodzená obnova tvorí podstatné racionalizačné opatrenie a v neposlednom rade z hľadiska genetického ako prostriedok zachovania populácie lesných drevín v kontinuálnom prirodzenom vývoji, pri ktorom nedochádza k zužovaniu genetickej variability potomstva.

Napriek tomu dosahované výsledky ani zďaleka nezodpovedajú možnostiam ktoré nám v tomto smere lesný ekosystém ponúka. Príčiny sú rôzne. Chyby sa robia už v evidencii,

kedy sa už existujúce prirodzené zmladenie evidenčne nepodchytí a v ďalšom decéniu sa stratí, v lepšom prípade je zaradené do druhej etáže (Žíhlavník, 2004a). Za najvážnejšiu príčinu zníženej efektívnosti prirodzenej obnovy sa však dá považovať veľký rozsah náhodných ťažieb a to z dvoch dôvodov. Prvým je odsun nových aj rozpracovaných obnovných úmyselných ťažieb, najmä podrastových. Druhým dôvodom je ponechanie zväčša rovnorodých porastov v horských lesoch, najmä ochranných bez zásahu s nepretržitou obnovnou dobou, respektívne s uplatňovaním pasívnej ochrany, pri ktorých toto ponechanie na samovývoj speje vo väčšine prípadov na veľkých plochách do štádia rozpadu bez možnosti dostatočného priebehu reprodukčných procesov. Toto sa deje v dôsledku synergického pôsobenia viacerých negatívnych faktorov najmä na porasty v hrebeňových partiách horských lesov (s prevahou dreviny smrek). Tieto sú vystavené tlaku imisií, prudkým prepadovým vetrom vzikajúcim extrémnymi výkyvmi počasia v dôsledku globálnych klimatických zmien. Takto oslabené a častokrát rozvrátené porasty sú následne atakované podkôrnym hmyzom a hubovými ochoreniami. Nižšie položené smrekové porasty (4. a 5. vegetačný stupeň) tiež nie sú ušetrené od nepriaznivého pôsobenia klimatických zmien, čo sa prejavuje hlavne nedostatkom vlahy.

Aj keď podiel prirodzeného zmladenia každý rok stúpa, viď obrázok 1, stále nedosahuje uspokojujúce výsledky .

Dôležité je ako predísť kalamitám v nami obhospodarovaných lesoch a zvýšiť podiel prirodzenej obnovy čo na najvyššiu mieru a tým lepšie realizovať hospodárske zámery. Dá sa povedať,že zaručený postup neexistuje,pretože kalamity vznikajúce vplyvom extrémnych škodlivých činitelov nemožno vylúčiť ani im zamedziť.Preto sa treba zamerať na zníženie náhodných ťažieb vznikajúcich vplyvom bežných škodlivých činiteľov (Žíhlavník, 2005) Pri riešení tejto problematiky je treba postupovať veľmi uvážene a zohľadniť všetky možné faktory, ktoré na riešenie môžu vplývať, tým skôr že jeho správnosť sa dá overiť až v budúcnosti a prípadné chyby sa odstraňujú len veľmi ťažko. Náhodné ťažby výrazne ovplyvňujú stav porastov a ich vekovú štruktúru, hlavne v porastoch obhospodarovaných podrastovým hospodárskym spôsobom (Žíhlavník 2002; Dančeк, Žíhlavník 2003). Potom aj riešenie ťažbovej úpravy lesa v takýchto porastoch je problematické (Žíhlavník 2004b; Laš, Žíhlavník 2004) čo následne súvisí aj s prognózovaním vývoja zásob (Marušák 1996)

Náhodná ťažba nie je vždy negatívom pre prirodzené zmladenie. Z dlhodobých sledovaní bolo zistené, že pri spracovaní rozptýlenej kalamity najmä v ochranných lesoch (6. a 7. vegetačného stupňa), v rámci realizácie ozdravných opatrení, boli zlepšené podmienky pre prežitie už existujúceho prirodzeného zmladenia a aj podmienky pre vznik nového prirodzeného zmladenia. Úplne opačný účinok majú však kalamity sústredené pri spracovaní ktorých sa existujúce prirodzené zmladenie zničí. V tomto prípade sa zmladí nanajvýš okraj kalamitiska pod materským porastom, ak nejaký zostal a väčšia časť plochy sa musí obnoviť nákladnou umelou sadbou. Keďže umelá obnova sa nedá z procesu obnovy takýchto porastov vylúčiť, je nutné ju realizovať tak, aby sa znížil podiel opakovaného

zalesňovania a to prostredníctvom výsadby sadbového materiálu vyprodukovaného z vlastných génových zdrojov. Tieto by sa mali využiť najmä pri umelej obnove na extrémnych stanovištiach (Mrkva 2005). Pre zlepšenie ujatosti sadbového materiálu je nemenej dôležitá dôsledná ochrana koreňovej sústavy sadeníc, skvalitnenie procesu výroby, zvyšovanie podielu krytokorenných sadeníc.

Cieľom tejto práce je poukázať na vplyv náhodných ťažieb na prirodzenú obnovu lesa a to na základe rozboru a zhodnotenia obnovných ťažieb v sledovanom lesnom užívateľskom celku. Ďalej na základe výsledkov z trvalých výskumných plôch chceme poukázať na dynamiku prirodzeného zmladenia pri správne realizovanom clonnom rube a výhody umelej obnovy v hlúčikoch na ťažko zalesniteľných plochách vzniknutých rozpadom materského porastu v horských lesoch 6. a 7. vegetačného stupňa.

Na základe analýz stavu lesa a doterajších skúseností v sledovanom lesnom užívateľskom celku chceme na záver navrhnúť postup ďalšieho hospodárenia. Tento by mohol napomôcť pri eliminácii náhodných ťažieb a ich negatívnoho vplyvu na prirodzenú obnovu. Dosiahnuté výsledky sa použijú pre ďalšie riešenie uvedenej problematiky, hlavne problematiky ťažbovej úpravy horských lesov. Príspevok vznikol v rámci riešenia vedeckého grantového projektu VEGA 1/3530/06 „Metódy HUL pre trvalo udržateľné hospodárenie v lesoch v rôznych vlastníckych formách a ekologických podmienkach“.

2. PODKLADOVÝ MATERIÁL A METODICKÝ POSTUP PRÁCE

2.1. Podkladový materiál

Podkladový materiál tejto práce sa použil z lesného hospodárskeho plánu (LHP) vytvoreného pre lesný užívateľský celok v rámci Mestských lesov Ružomberok vo forme databáz lesnej hospodárskej evidencie za decénium 1998–2007. Sledované LUC sme označili číslom 1 (LUC 1) aby nedošlo k zneužitiu údajov o vlastníctve majetku treťou osobou. Výskyt náhodných ťažieb sa sledoval v jednotkách priestorového rozdelenia lesa (JPRL) z kategórie hospodárskych a ochranných lesov 6. a 7. vegetačného stupňa patriacich do hospodárskych skupín lesných typov (HSLT):

601 – extrémne vápencové jedľovo-bukové smrečiny,
604 – extrémne kyslé jedľovo-bukové smrečiny,
605 – kyslé jedľovo-bukové smrečiny,
611 – živné jedľovo-bukové smrečiny,
694 – kamenité jedľové smrečiny s bukom,
719 – vysokohorské smrečiny,
759 – vysokohorské javorové smrečiny.

V rámci uvedeného súboru porastov boli taktiež vybrané JPRL, v ktorých boli založené trvalé výskumné plochy (TVP) pre sledovanie vývoja prirodzeného zmladenia a sledovanie dvoch spôsobov umelej výsadby v ťažko zalesniteľných terénoch.

V drevinovom zložení týchto porastov dominuje smrek 85 %, ďalšími drevinami sú buk 10 % a jedľa 5 %. Ojedinele sa vyskytuje javor, jaseň, jarabina. Priemerné zakmenenie je v rozpätí 0,6–0,7.

2.2. Metodický postup práce

2.2.1. Založenie trvalých výskumných plôch (TVP)

Pre sledovanie vplyvu ťažbových zásahov na dynamiku prirodzeného zmladenia bolo založených 14 trvalých výskumných plôch v piatich porastoch – 476, 457B, 390, 497, 472A. Výmera každej trvalej výskumnej plochy je 0,05 ha – 20 x 25 m. Plochy boli stabilizované farebnými značkami na okolitých stromoch.

Pre sledovanie a porovnanie dvoch spôsobov umelej obnovy sa v dvoch porastoch 464 a 442 založilo po 25 trvalých výskumných plôch s rozmerom 0,01 ha a v dvoch porastoch 412A a 456B po 10 trvalých výskumných plôch s rozmerom 0,01 ha sadených sponom 140cm a ten istý počet trvalých výskumných plôch s rozmerom 0,01 ha sadených zhusteným sponom – sadenice sa navzájom dotýkajú (4 až 5 hlúčikov po 10 sadeníc na 1 plochu). Plochy boli stabilizované farebnými značkami.

2.2.2. Vypracovanie prehľadových tabuliek LUC a spracovanie informácií z lesnej hospodárskej evidencie

Na vypracovanie tabuľkových výstupov bola použitá databáza LHE. Prehľadová tabuľka vykonanej ťažby podľa druhu (úmyselná, náhodná, mimoriadna) a podľa drevín, tabuľky početnosti prirodzeného zmladenia a tabuľky porovnania dvoch spôsobov umelej obnovy sme vytvorili pomocou programu Exel. Štatistické porovnania sa vyhotovili v programe Statistika. Ako podklad pre zostavenie výstupov, ich zhodnotenie a vyvodenie záverov sa použila evidencia obnovnej ťažby. Vytvorila sa databáza evidencie ťažby dreva v rubných porastoch. Údaje sa zoradili podľa jednotlivých HSLT a vytvorili sa tabuľky sumárnych údajov za LUC.

2.2.3. Rozdelenie náhodných ťažieb

Pre rozbor dopadu náhodných ťažieb na obnovu lesa sa ťažba rozdelila podľa druhu na obnovnú úmyselnú (OÚ), rubnú náhodnú v rubných porastoch (RN) a mimoriadnu (MR). Ďalej sa ťažba rozdelila podľa drevín. Realizovaná ťažba podľa druhu (OÚ, RN, MR) a drevín (SM, JD, BO, BK) sa uviedla v m3 hrubiny bez kôry a vyhodnotila sa v % z celkového sumáru obnovnej ťažby. Na základe takto získaných výsledkov sa vyhodnotil dopad náhodných ťažieb na prirodzenú obnovu lesa.

2.2.4. Vyhodnotenie dynamiky prirodzeného zmladenia a porovnanie dvoch spôsobov umenej obnovy

Na sledovanie a porovnanie vývoja početnosti jedincov prirodzeného zmladenia sa zvolila nasledovná klasifikácia:

- 1 ročné semenáčiky,
- 2 ročné jedince,
- 3 ročné jedince,
- 4 ročné jedince,
- 5 ročné jedince,
- jedince dosahujúce výšku 21–50 cm,
- jedince dosahujúce výšku 51–80 cm,
- jedince dosahujúce výšku 81–130 cm,
- jedince dosahujúce výšku 131 cm +.

Ďalej sa prirodzené zmladenie sledovalo aj podľa drevín. Vývoj početnosti sa sledoval a porovnal v dvoch obdobiach v roku 2000 a v roku 2005. Z dôvodu rozsahu príspevku sme do hodnotenia vybrali tri trvalé výskumné plochy (TVP1, TVP2, TVP3) založené v poraste 472A a dve trvalé výskumné plochy založené v poraste 497 (TVP1, TVP2).

Porovnanie dvoch spôsobov umelej obnovy vychádza z dvoch rôznych použitých sponov. Pri prvom je rozostup 140 cm, pri druhom sa sadenice dotýkajú podobne ako pri prirodzenom nálete.

Sledovanie sa uskutočnilo v 5 ročnom časovom období 2000–2004. Percentuálne sa vyhodnotila potreba doplnenia sadeníc na 100 % stav v každom roku podľa drevín za plochu a celkom. Nakoniec sa percentuálne vyhodnotil stav spotreby sadeníc a dosiahnuté výsledky sa porovnali medzi obidvoma spôsobmi zalesnenia. Pre rozsah príspevku sme vybrali 10 výskumných plôch založených v poraste 412A. Rovnosť aritmetických priemerov počtu doplnených sadeníc pri dvoch spôsoboch zalesňovania sa testovala Studentovým t-testom

3. DOSIAHNUTÉ VÝSLEDKY A NÁVRH OPATRENÍ

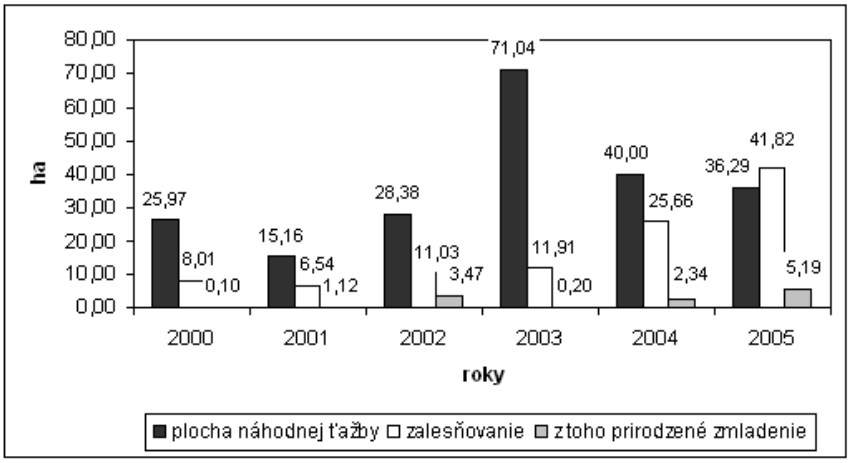
3.1. Vplyv náhodných ťažieb na prirodzenú obnovu lesa

V tabuľke č. 1 a obrázku č. 1 sú spracované údaje o vývoji obnovných ťažieb a prirodzeného zmladenia za obdobie 2000–2005 na vybranom LUC 1.

Tab. 1 Prehľad ťažieb
Tab 1 Overview of cut

Druhťaž-by/Type of felling	Drevina /Tree species	Rok/Year												Spolu (m^3) /Total (m^3)	Spolu % z celkovej ťažby /Percentage of total cut
		2000		2001		2002		2003		2004		2005			
		m^3	%	m^3	%	m^3	%	m^3	%	m^3	%	m^3	%		
Úmyselná/ Planned	SM[1)]	160	0,24	4258	6,33	1685	2,5	0	0	0	0	1252	1,86	7355	10,93
	JD[2)]	0	0	182	0,27	0	0	0	0	0	0	0	0	182	0,27
	BO[3)]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	BK[4)]	0	0	479	0,71	224	0,3	0	0	0	0	0	0	703	1,04
	Spolu[5)]	160	0,24	4919	7,31	1909	2,84	0	0	0	0	1252	1,86	8240	12,24
Náhodná/ Incidental	SM[1)]	6602	9,81	3117	4,63	5382	7,99	18902	28,08	10111	15,02	9670	14,36	53784	79,89
	JD[2)]	0	0	36	0,05	42	0,06	283	0,42	0	0	35	0,05	396	0,59
	BO[3)]	0	0	57	0,08	0	0	0	0	0	0	15	0,02	72	0,11
	BK[4)]	26	0,04	100	0,15	60	0,09	2584	3,84	1509	2,24	269	0,4	4548	6,76
	Spolu[5)]	6628	9,85	3310	4,92	5484	8,15	21769	32,34	11620	17,26	9989	14,84	58800	87,35
Mimo-riadna/ Extraordi--nary	SM[1)]	0	0	0	0	0	0	161	0,24	91	0,14	0	0	252	0,37
	JD[2)]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	BO[3)]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	BK[4)]	0	0	0	0	0	0	27	0,04	0	0	0	0	27	0,04
	Spolu[5)]							188	0,28	91	0,14	0	0	279	0,41
Spolu za rok/Total	SM[1)]	6762	10,04	7375	10,96	7067	10,5	19063	28,32	10202	15,15	10922	16,22	61391	91,19
	JD[2)]	0	0	218	0,32	42	0,06	283	0,42	0	0	35	0,05	578	0,86
	BO[3)]	0	0	57	0,08	0	0	0	0	0	0	15	0,02	72	0,11
	BK[4)]	26	0,04	579	0,86	284	0,42	2611	3,88	1509	2,24	269	0,04	5278	7,84
	Spolu[5)]	6788	10,08	8229	12,22	7393	10,98	21957	32,62	11711	17,4	11241	16,7	67319	100

[1)]spruce, [2)]fir, [3)]pine, [4)] eech, [5)]total



Obrázok 1 Vývoj prirodzeného zmladenia a plôch náhodnej ťažby
Fig. 1 Development of natural regeneration and area pf incidental felling

Ako vyplýva z tabuľky 1, podiel náhodnej ťažby z celkovej realizovanej obnovnej ťažby tvorí až 87,35 %. V rokoch 2003 a 2004 nebola z dôvodu veľkej veternej kalamity realizovaná žiadna obnovná úmyselná ťažba. Kalamita zasiahla porasty bez plánovaného obnovného zásahu ale aj porasty obnovne rozpracované. Najmä v clonne rozpracovaných porastoch došlo k veľkým stratám prirodzeného zmladenia (takmer 100 %), kedy sa jeho prevažná časť zničila pri samotnej kalamite a zostatok pri jej spracovaní. Vplyv kalamity sa však negatívne prejavil aj na ňou nezasiahnutých porastoch, čo malo za následok, že sa v niektorých rozpracovaných porastoch z dôvodu prednostného spracovania kalamity odsunula ťažba. Tým sa premeškala optimálna doba odclonenia prirodzeného zmladenia a výrazne poklesla jeho početnosť. Z tabuľky ďalej vidieť, že plošne a objemovo najviac poškodzovanou drevinou, vzhľadom na jej zastúpenie, je smrek. Podiel náhodnej ťažby smreka v rubných porastoch z celkovej obnovnej ťažby predstavuje 79,89 %. Ako bolo už spomenuté, je to dôsledok synergického pôsobenia viacerých negatívnych faktorov.

Následkom kalamít rapídne stúpol rozsah zalesnenia v roku 2004 a 2005, viď obrázok 1. Podiel prirodzeného zmladenia sa ale zvýšil, čo je výsledok dôslednej realizácie jemnejších hospodárskych spôsobov predpísaných hospodárskym plánom realizovaných najmä v rokoch 2001 a 2002.

Môžeme konštatovať, že dopad náhodných ťažieb významne negatívne ovplyvňuje prirodzenú obnovu lesných porastov a tým sťažuje cieľavedome obhospodarovanie lesa. Okrem toho má náhodná ťažba dopad na ekonomiku lesnej výroby, pretože enormne narastajú náklady aj v ďalších lesníckych činnostiach.

3.2. Dynamika početnosti jedincov prirodzeného zmladenia

Dynamika početnosti jedincov prirodzeného zmladenia sa na sledovaných plochách vyvíjala nasledovne:

porast 472A

V roku 1999 bola v poraste spracovaná suchárová kalamita. V rámci ozdravného opatrenia boli odstránené všetky sucháre, ktoré sa ešte dali ekonomicky zhodnotiť. Takisto sa tu realizoval účelový výber nad už existujúcim prirodzeným zmladením za účelom vytvorenia priaznivejšieho prostredia pre jeho ďalší rozvoj. Týmito dvoma zásahmi sa z porastu odčerpalo 845 m^3 zásob smreka. Tým sa vytvorili podmienky pre sledovanie vývoja početnosti jedincov prirodzeného zmladenia (tab. 2, 3, 4).

Tab. 2 Početnosť jedincov podľa drevín, vekových a výškových kategórií, TVP 1, rok 2000
Tab. 2 Tree frequency according tree species, height and age categories, PRP 1 in 2000

kategória / category	drevina (ks / 0,05 ha) / tree species (pcs / 0,05 ha)				
	smrek[1)]	jedľa[2)]	buk[3)]	spolu[4)]	%
semenáčiky 1-ročné[5)]	165	0	0	165	55 %
2-ročné / 2 years old	81	1	0	82	27 %
3-ročné / 3 years old	32	1	0	33	11 %
4-ročné / 4 years old	16	0	0	16	5 %
5-ročné / 5 years old	3	0	0	3	1 %
21–50 cm	0	0	0	0	0 %
51–80 cm	0	0	0	0	0 %
81–130 cm	0	0	0	0	0 %
131 cm +($d_{1,3}$ do 2 cm)	1	0	0	1	0 %
Spolu/ Total	298	2	0	300	100 %
%	99 %	1 %		100 %	
$d_{1,3}$ 2–7 cm					

[1)]spruce, [2)]fir, [3)]beech, [4)] total, [5]seedlings 1years old

Rovnaký princíp ťažby sa uplatňoval aj v nasledujúcom období, až po rok 2005 a z daného porastu sa odčerpalo ďalších 1402 m^3 zásob smreka. Na TVP1 a TVP2 sa realizoval hlavne účelový výber z ohľadom na uvoľnenie prirodzeného zmladenia. TVP3 bola ponechaná na samovývoj. Početnosť jedincov prirodzeného zmladenia sa oproti roku 2000 zmenila nasledovne (tab. 5, 6, 7).

Tab. 3 Početnosť jedincov podľa drevín, vekových a výškových kategórií, TVP 2, rok 2000
Tab. 3 Tree frequency according tree species, height and age categories, PRP 2 in 2000

kategória / category	drevina (ks / 0,05 ha) / tree species (pcs / 0,05 ha)				
	smrek[1)]	jedľa[2)]	buk[3)]	spolu[4)]	%
semenáčiky 1-ročné[5)]	71	7	0	78	54 %
2-ročné / 2 years old	32	3	0	35	24 %
3-ročné / 3 years old	12	0	0	12	8 %
4-ročné / 4 years old	6	0	0	6	4 %
5-ročné / 5 years old	0	0	0	0	0 %
21–50 cm	0	0	0	0	0 %
51–80 cm	3	0	0	3	2 %
81–130cm	10	0	0	10	7 %
131 cm +($d_{1,3}$ do 2 cm)	1	0	0	1	1 %
Spolu / Total	135	10	0	145	100 %
%	93 %	7 %		100 %	
$d_{1,3}$ 2–7 cm					

[1)–5)]see Tab. 2

Tab. 4 Početnosť jedincov podľa drevín, vekových a výškových kategórií, TVP 3, rok 2000
Tab. 4 Tree frequency according tree species, height and age categories, PRP 3 in 2000

kategória / category	drevina (ks / 0,05 ha) / tree species (pcs / 0,05 ha)				
	smrek[1)]	jedľa[2)]	buk[3)]	spolu[4)]	%
semenáčiky 1-ročné[5)]	68	0	0	68	18 %
2-ročné / 2 years old	82	0	0	82	22 %
3-ročné / 3 years old	36	0	0	36	10 %
4-ročné / 4 years old	64	0	0	64	17 %
5-ročné / 5 years old	20	0	0	20	5 %
21–50 cm	21	0	0	21	6 %
51–80 cm	26	0	0	26	7 %
81– 30cm	30	0	0	30	8 %
131 cm + ($d_{1,3}$ do 2 cm)	28	0	0	28	7 %
Spolu / Total	375	0	0	375	100,0 %
%	100 %			100 %	
$d_{1,3}$ 2–7 cm	12				

[1)–5)]see Tab. 2

Tab. 5 Početnosť jedincov podľa drevín, vekových a výškových kategórií, TVP 1, rok 2005
Tab. 5 Tree frequency according tree species, height and age categories, PRP 1 in 2005

kategória / category	drevina (ks / 0,05 ha) / tree species (pcs / 0,05 ha)				
	smrek[1)]	jedľa[2)]	buk[3)]	spolu[4)]	%
semenáčiky 1-ročné[5)]	12	0	0	12	3 %
2-ročné / 2 years old	30	0	0	30	7 %
3-ročné / 3 years old	53	2	0	55	14 %
4-ročné / 4 years old	57	0	0	57	14 %
5-ročné / 5 years old	118	0	0	118	29 %
21–50 cm	119	0	0	119	30 %
51–80 cm	4	0	0	4	1 %
81–130cm	3	0	0	3	1 %
131 cm + ($d_{1,3}$ do 2 cm)	3	0	0	3	1 %
Spolu / Total	399	2	0	401	100 %
%	99,5 %	0,5 %	0	100 %	
$d_{1,3}$ 2–7 cm					

[1)–5)]see Tab. 2

Tab. 6 Početnosť jedincov podľa drevín, vekových a výškových kategórií, TVP 2, rok 2005
Tab. 6 Tree frequency according tree species, height and age categories, PRP 2 in 2005

kategória / category	drevina (ks / 0,05 ha) / tree species (pcs / 0,05 ha)				
	smrek[1)]	jedľa[2)]	buk[3)]	spolu[4)]	%
semenáčiky 1-ročné[5)]	10	0	0	10	5 %
2-ročné / 2 years old	8	0	0	8	4 %
3-ročné / 3 years old	9	0	0	9	5 %
4-ročné / 4 years old	13	1	0	14	7 %
5-ročné / 5 years old	55	0	0	55	29 %
21–50 cm	44	0	0	44	23 %
51–80 cm	16	0	0	16	8 %
81–130 cm	5	0	0	5	3 %
131 cm + ($d_{1,3}$ do 2 cm)	30	0	0	30	16 %
Spolu / Total	190	1	0	191	100 %
%	99,5 %	0,5 %	0	100 %	
$d_{1,3}$ 2–7 cm	9			9	

[1)–5)]see Tab. 2

Tab. 7 Početnosť jedincov podľa drevín, vekových a výškových kategórií, TVP 3, rok 2005
Tab. 7 Tree frequency according tree species, height and age categories, PRP 3 in 2005

kategória / category	drevina (ks / 0,05 ha) / tree species (pcs / 0,05 ha)				
	smrek[1)]	jedľa2)	buk[3)]	spolu[4)]	%
semenáčiky 1-ročné[5)]	36	0	0	36	14 %
2-ročné / 2 years old	37	0	0	37	14 %
3-ročné / 3 years old	24	0	0	24	9 %
4-ročné / 4 years old	33	0	0	33	12 %
5-ročné / 5 years old	26	0	0	26	10 %
21–50 cm	39	0	0	39	15 %
51–80 cm	23	0	0	23	9 %
81–130 cm	17	0	0	17	6 %
131 cm + ($d_{1,3}$ do 2 cm)	30	0	0	30	11 %
Spolu / Total	265	0	0	265	100,0 %
%	100 %			100 %	
$d_{1,3}$ 2–7 cm	37				

[1)–5)]see Tab. 2

Porovnanie dynamiky prirodzeného zmladenia TVP1 a TVP2:

Ako vyplýva z tabuliek, hlavnou zmladzujúcou sa drevinou na TVP1 a TVP2 je smrek, veľmi zriedka jedľa. Preto ju z ďalšieho hodnotenia vynecháme. V roku 2005 oproti roku 2000 došlo k celkovému nárastu jedincov smreku na TVP 1 z 298 na 399 ks, čo je o 34 %, na TVP2 zo 135 na 190 ks čo je o 41 %. Tiež nastal presun v početnosti jedincov z kategórií 1, 2, 3-ročné do kategórií 4, 5-ročné a 21–50 cm a tiež do kategórie 31–80 cm a 131 cm + ($d_{1,3}$ do 2 cm). Na TVP2 sa 9 jedincov presunulo dokonca do kategórie $d_{1,3}$ od 2–7 cm.

Môžeme konštatovať, že realizované ťažby, najmä však účelový výber pôsobil priaznivo na vývoj prirodzeného zmladenia na uvedených TVP, ale aj celej zasiahnutej ploche porastu.

TVP3:

Aj na TVP3 je hlavnou zmladzujúcou sa drevinou smrek, a to až na 100 %. Na tejto ploche sa nerealizovala žiadna ťažba. Početnosť prirodzeného zmladenia klesla z 375 ks v roku 2000 na 265 ks v roku 2005, čo je o 41 %. Je zrejmé, že prirodzené zmladenie na tejto ploche stráca na dynamike. Priaznivo možno hodnotiť len presun jedincov do kategórie $d_{1,3}$ od 2–7 cm, ktoré svoj disponibilný priestor získali pri spracovaní kalamity už v roku 1999. Celkovo môžeme vývoj prirodzeného zmladenia na tejto ploche hodnotiť ako nepriaznivý.

V rokoch 1998, 1999 a 2000 bola v tomto poraste spracovaná suchárová a vetrová kalamita v množstve 375 m^3 smreka. Tak vznikol väčší priestor pre rozvoj existujúceho prirodzeného zmladenia (tab. 8, 9).

Tab. 8 Početnosť jedincov podľa drevín, vekových a výškových kategórií, TVP 1, rok 2000
Tab. 8 Tree frequency according tree species, height and age categories, PRP 1 in 2000

kategória / category	drevina (ks/0,05 ha) / tree species (pcs/0,05 ha)				
	smrek[1)]	jedľa[2)]	buk[3)]	spolu[4)]	%
semenáčiky 1-ročné[5)]	63	61	2	126	43 %
2-ročné / 2 years old	62	13	6	81	28 %
3-ročné / 3 years old	30	19	6	55	19 %
4-ročné / 4 years old	16	5	0	21	7 %
5-ročné / 5 years old	3	1	0	4	1 %
21–50 cm	3	0	0	3	1 %
51–80 cm	0	0	0	0	0 %
81–130 cm	0	0	0	0	0 %
131 cm + ($d_{1,3}$ do 2 cm)	0	0	0	0	0 %
Spolu / Total	177	99	14	290	100 %
%	61 %	34 %	5 %	100 %	
$d_{1,3}$ 2–7 cm					

[1)–5)]see Tab. 2

Tab. 9 Početnosť jedincov podľa drevín, vekových a výškových kategórií, TVP 2, rok 2000
Tab. 9 Tree frequency according tree species, height and age categories, PRP 2 in 2000

kategória / category	drevina (ks / 0,05 ha) / tree species (pcs / 0,05 ha)				
	smrek[1)]	jedľa[2)]	buk[3)]	spolu[4)]	%
semenáčiky 1-ročné[5)]	76	40	5	121	48 %
2-ročné / 2 years old	24	14	2	40	16 %
3-ročné / 3 years old	31	17	4	52	21 %
4 ročné / 4 years old	12	17	0	29	11 %
5 ročné / 5 years old	3	6	0	9	4 %
21–50 cm	0	1	1	2	1 %
51–80 cm	0	0	0	0	0 %
81–130 cm	0	0	0	0	0 %
131 cm + ($d_{1,3}$ do 2 cm)	0	0	0	0	0 %

Tab. 9 Pokračovanie
Tab. 9 Continued

kategória / category	drevina (ks / 0,05 ha) / tree species (pcs / 0,05 ha)				
	smrek[1)]	jedľa[2)]	buk[3)]	spolu[4)]	%
Spolu / Total	146	95	12	253	100 %
%	58 %	38 %	5 %	100 %	
$d_{1,3}$ 2–7 cm					

[1)–5)]see Tab. 2

V roku 2001 sa v poraste realizovala obnovná úmyselná ťažba (OÚ) maloplošnou podrastovou formou (MP). Pri realizácii tejto ťažby bola snaha a vytvorenie čo najlepších podmienok pre prežitie a rozvoj už existujúceho prirodzeného zmladenia, ale aj pre vytvorenie priaznivých stanovištných podmienok pre nálet semena tam, kde ešte prirodzené zmladenie neexistuje. Na tento zámer boli použité dva typy rubov – skupinovitý clonný rub a účelový výber. Touto ťažbou bolo z porastu odčerpaných 556 m^3 zásob smreka a 84 m^3 zásob buka. V rokoch 2002–2005 bola postupne ešte spracovávaná suchárová a vetrová kalamita, celkom 263 m^3 smreka.

Stav početnosti jedincov prirodzeného zmladenia po takto realizovaných ťažbových zásob bol nasledovný (tab. 10, 11).

Tab. 10 Početnosť jedincov podľa drevín, vekových a výškových kategórií, TVP 1, rok 2005
Tab. 10 Tree frequency according tree species, height and age categories, PRP 1 in 2005

kategória / category	drevina (ks / 0,05 ha) / tree species (pcs / 0,05 ha)				
	smrek[1)]	jedľa[2)]	buk[3)]	spolu[4)]	%
semenáčiky 1-ročné[5)]	4	2	0	6	1 %
2-ročné / 2 years old	15	17	0	32	6 %
3-ročné / 3 years old	38	26	0	64	13 %
4-ročné / 4 years old	39	30	2	71	14 %
5-ročné / 5 years old	56	58	3	117	24 %
21–50 cm	94	84	1	179	36 %
51–80 cm	15	7	0	22	4 %
81–130 cm	3	0	0	3	1 %
131 cm + ($d_{1,3}$ do 2 cm)	0	0	0	0	0 %
Spolu / Total	264	224	6	494	100 %
%	53 %	45 %	1 %	100 %	
$d_{1,3}$ 2–7 cm	4	2	0	6	1%

[1)–5)]see Tab. 2

Tab. 11 Početnosť jedincov podľa drevín, vekových a výškových kategórií, TVP 2, rok 2005
Tab. 11 Tree frequency according tree species, height and age categories, PRP 2 in 2005

kategória / category	drevina (ks / 0,05 ha) / tree species (pcs / 0,05 ha)				
	smrek[1)]	jedľa[2)]	buk[3)]	spolu[4)]	%
semenáčiky 1-ročné[5)]	3	0	0	3	1 %
2-ročné / 2 years old	7	6	0	13	5 %
3-ročné / 3 years old	20	9	0	29	10 %
4-ročné / 4 years old	22	7	0	29	10 %
5-ročné / 5 years old	50	31	2	83	30 %
21–50 cm	74	36	2	112	40 %
51–80 cm	9	3	0	12	4 %
81–130 cm	0	0	0	0	0 %
131 cm + ($d_{1,3}$ do 2 cm)	0	0	0	0	0 %
Spolu / Total	185	92	4	281	100 %
%	66 %	33 %	1 %	100 %	
$d_{1,3}$ 2–7 cm					

[1)–5)]see Tab. 2

Porovnanie dynamiky prirodzeného zmladenia na TVP1 a TVP2:

Na obidvoch výskumných plochách vplyvom ťažbových zásob vzrástol počet jedincov prirodzeného zmladenia. Na TVP1 sa zvýšila početnosť jedincov smreka zo 177 na 264, čo je o 49 %, početnosť jedle z 99 na 224, čo je až o 126 % a početnosť buka klesla zo 14 na 6 jedincov, čo je pokles o 130 %. Môžme konštatovať, že aj keď početnosť buka klesla, veľmi uspokojivé výsledky sa dosiahli v zmladení jedle aj smreka.

Na TVP2 sa zvýšila početnosť smreka zo 146 na 185 jedincov, čo je o 27 %, početnosť jedle klesla z 95 na 92 jedincov, čo je pokles o 3 % a početnosť buka klesla z 12 na 4 jedince, čo je o 200 %.

Z prehľadu vidieť, že napriek značnému poklesu početnosti buka a vyrovnanej početnosti jedle sa dynamika prirodzeného zmladenia na tejto TVP vyvíja priaznivo, nakoľko zmladený smrek nielenže doplnil, ale aj navýšil celkový počet jedincov. Ten vzrástol z 253 jedincov v roku 2000 na 281 jedincov v roku 2005, čo je nárast o 11 %.

Na obidvoch TVP nastal tiež presun jedincov prirodzeného zmladenia do vyšších, stabilnejších kategórií nad 5 rokov veku.

Z dosiahnutých výsledkov môžeme konštatovať, že včas a správne aplikovaný ťažbový zásah výrazným spôsobom prispeje k rozvou dynamiky prirodzeného zmladenia. Naopak, ponechanie na samovývoj znižuje schopnosti autoreprodukcie, čím sa vytvára priestor pre narastanie holých plôch, častokrát ťažko zalesniteľných.

3.3. Porovnanie dvoch spôsobov umelej obnovy

Ak chceme porasty v ťažko zalesniteľných terénoch najmä vysokohorských lesov obnovovať v súlade s legislatívou je pri absencii prirodzeného zmladenia umelá obnova nevyhnutná. Aby sa dosiahli čo najnižšie straty na zalesňovaní je okrem vhodnej dreviny a prípravy stanovišťa dôležitý spôsob zalesnenia. Pri porovnaní dvoch spôsobov zalesnenia a to bežného (spon 140 cm) a hlúčikového (sadenice sa navzájom dotýkajú) sa testovaním rovnosti aritmetických priemerov počtu doplnených sadeníc dosiahli nasledovné výsledky (tab. 12, porast 464 TVP1 až 50).

Tab. 12 Štatistické porovnanie sponu 140 cm a zhusteného sponu
Tab. 12 Statistical comparison of planting space 140 cm and condensed planting space

rok / year	spon 140 cm[1)]		zhustený spon[2)]		t
	$\bar{x}$	s_x	$\bar{x}$	s_x	
2000	8	4,9	7,1	3,5	0,751
2001	13,8	8,3	10,8	5,3	1,465
2002	10,5	5,6	5,2	4,3	3,649**
2003	12,9	7,6	4,3	3,1	5,122**
2004	10,6	6,4	2,7	1,9	5,814**
Spolu / Total	95,8	70,2	22,4	11	5,049**

[1)]planting space 140 cm, [2)]condensed planting space

Z dosiahnutých výsledkov je vidieť, že podiel opakovaného zalesnenia je veľmi vysoký. Pri porovnaní hodôt „t“ v jednotlivých rokoch s kritickou hodnotou $t_{0,05}$ (48) rovnajúcou sa 1,679 sme zistili, že v prvých dvoch rokoch sledovania rozdiel nie je signifikantný. V treťom až piatom roku ako aj celkovo je vplyv spôsobu zalesnenia signifikantný.

Celkovo z výsledkov výskumu vyplynulo, že na extrémnejších stanovištiach je z hľadiska vytvorenia priaznivejšej mikroklímy lepšia ujatosť sadeníc sadených v hlúčikoch, v ktorých sa sadenice navzájom chránia a tým majú väčšiu možnosť prežitia.

3.4. Odporúčania na predchádzanie vzniku náhodných ťažieb

Na základe analýzy stavu lesa, rozboru problematiky a dosiahnutých výsledkov navrhujeme v sledovanom lesnom užívateľskom celku postup hospodárenia, ktorý by mohol napomôcť pri eliminácii náhodných ťažieb a ich negatívneho vplyvu na prirodzenú obnovu.

V prvom rade je zámerom dopestovať stabilné porasty s ohľadom na zosúladenie ekologizácie a ekonomickej efektivity v lesnej výrobe. Tento zámer možno dosiahnuť za

predpokladu, že sa do praxe dostanú také riešenia, ktoré pomôžu pri zlepšovaní celkového stavu lesa. Na začiatku celého zámeru je nutné presadiť jemnejšie spôsoby hospodárenia v novom LHP a to najmä podrastového. Jeho dôslednou realizáciou sa darí zvyšovať podiel prirodzeného zmladenia. Aby však jedince prirodzeného zmladenia mohli splniť svoj účel t. j. dospieť do stabilného a plne funkčného mladého lesného porastu, je nutné im na to vytvoriť podmienky, od prípravy pôdy cez ochranu proti burine až po ochranu proti zveri, pri jej väčšej koncentrácii najmä pri jedli a smreku. Vplyv jemnejších hospodárskych spôsobov sa na stabilite porastov prejaví až v následnom poraste ak sa pri obnove docieli výškovo a plošne diferencovanej štruktúry s etážovým alebo stupňovitým usporiadaním rastových fáz. Do tej doby je však stabilita porastu ovplyvnená výchovnými zásahmi, čo je jeden z ďalších faktorov na ktorý sa treba zamerať.

Pri výchove porastov je treba vychádzať z rastových predpokladov, ako komplexného ukazovateľa tých vlastností jedinca a vlastností rastového priestoru, ktoré je možné vizuálne posúdiť a majú vplyv na prírastok prostredníctvom výkonu asimilačného aparátu. V procese vývoja porastu sú formované faktormi prostredia, konkurenčnými vzťahmi a zásahmi do porastu. Tu je však potrebné zohľadniť aj ďalšie kritériá ako napr. zdravotný stav kmeňa, kvalitu kmeňa, s ohľadom na potencionálnu možnosť vychádzajúcu z existujúceho stavu porastu. Rešpektovanie rastových predpokladov sa odzrkadlí na zvýšení prírastku zostávajúceho porastu.

Pri riešení postupu obnovy treba vychádzať predovšetkým zo štruktúry materského porastu a technologického zvládnutia obnovy s ohľadom na terénne podmienky.

V porastoch stabilných je potrebné aplikovať maloplošné clonné ruby buď skupinové alebo pásové, v porastoch so zníženou stabilitou clonno-okrajovú obnovu (ako variant Wagnerovho kombinovaného obnovného postupu). Pre dosiahnutie reprodukcie prirodzenou obnovou v ochranných lesoch a lesoch osobitého určenia je vhodné realizovať účelový výber.

Najdôležitejšou úlohou vnútornej priestorovej úpravy pri obnove lesa je umiestnenie východísk obnovy vrátane ich orientácie, tvaru i veľkosti a určenie smeru obnovy. Ako východiská obnovy je potrebné podľa možnosti využívať existujúce hlúčiky prirodzeného zmladenia, resp. existujúce skupiny po vyťažení niekoľkých stromov v rámci náhodných ťažieb, bez ohľadu na to, či sú na nich zastúpené jedince následnej generácie. Často však využívame aj bočné hrebene ako jeden z technologicky zvládnuteľných variantov približovania drevnej hmoty.

Počet východísk obnovy a ich veľkosť vyplývajú z časového riešenia obnovy. Tu je prvoradou úlohou stanovenie rubnej zrelosti jednotlivých porastov s ohľadom na ich zakmenenie. Druhou úlohou je stanovenie vhodnej obnovnej doby. Podľa možností v rámci efektívneho využitia obnovnej doby je žiadúce šetrenie výrazne prirastavých stromov na úkor menej prirastavých a tiež dosiahnutie maximálnej prirodzenej obnovy porastu. Tomu musí zodpovedať aj doba návratu, ktorá je v mnohých prípadoch kratšia ako 10 rokov.

4. ZÁVER

Cieľom práce bola analýza a hľadanie riešenia dôsledkov a možnosti predchádzania vzniku náhodných ťažieb a ich vplyvu na prirodzenú obnovu, ale aj na celkové hospodárenie v lesných celkoch. V prvej fáze sa vykonal rozbor obnovných ťažieb v sledovanom lesnom užívateľskom celku za obdobie 2000–2005. Ďalej sa z dosiahnutých výsledkov zistil podiel náhodných ťažieb z celkovej výšky realizovanej obnovnej ťažby. Za analyzované obdobie 2000–2005 dosiahla celková výška náhodnej ťažby v rubných porastoch 87,35 %. Následne sa spracovali údaje o zalesnení a podiele prirodzeného zmladenia. Realizáciou clonných rubov v rokoch 2001, 2002 podiel prirodzeného zmladenia napriek vysokému podielu zalesnenia kalamitných plôch stúpol. Na základe výsledkov z výskumných plôch sa poukázalo ako vplýva správne realizovaný ťažbový zásah na dynamiku prirodzeného zmladenia. Pri aplikácii takéhoto zásahu sa početnosť jedincov v sledovanom období 2000–2005 zvýšila o 30–40 %. Naopak, pri ponechaní porastov na samovývoj sa početnosť znížila o 40 %. Ďalej sa poukázalo na výhody umelej obnovy v hlúčikoch pri ťažko zalesniteľných plochách vzniknutých rozpadom materského porastu v horských lesoch 6. a 7. vegetačného stupňa. Pri takejto výsadbe sa dosiahli menšie straty na zalesnení v porovnaní s klasickým zalesnením voľným sponom.

Boli navrhnuté odporúčania, ktoré by napomohli eliminovať vznik a negatívny dopad náhodných ťažieb na hospodárenie v lesnom užívateľskom celku.

5. Literatúra

Danček, I., Žíhlavník, A.,2003: Vplyv náhodných ťažieb na obhospodarovanie lesa jemnejšími spôsobmi. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, XLV, s. 237–251.

Laš, M., Žíhlavník, A., 2004: Problematika a možnosti použitia ťažbových ukazovateľov v nepravidelných vekových štruktúrach lesa. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, XLVI, s. 197–208.

Marušák, R., 1996: Prognózovanie vývoja zásob lesných porastov, In: Hospodárska úprava a trvalé obhospodarovanie lesov, Zvolen, s. 111–115.

Mrkva, R., 2005: Ochrana adaptačního procesu lesa, Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy, s. 22–23.

Žíhlavník, A., 2002: Zhodnotenie realizácie obnovných ťažieb v lesnom užívateľskom celku. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, XLIV, s. 85–97.

Žíhlavník, A., 2004a: Prirodzená obnova a ťažbová úprava lesa, In. „ Přirozená a umělá obnova, přednosti, nevýhody a omezení“. ČZU Praha, FLE, Kostelec nad Černými lesy, s. 93–100.

Žíhlavník, A., 2004b: Regulácia vekovej štruktúry podrastového lesa počas rubnej doby. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, XLVI, s. 185–195.

Žíhlavník, A., 2005: Uplatnenie ťažbových ukazovateľov v dlhodobom sledovaní vývoja vekovej štruktúry lesa. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, XLVII, s. 311–323.

Adresa autora:
Ing. Ivan Danček
Lesnícka fakulta TU vo Zvolene
KHÚLaG
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen

Negative influence of incidental felling on natural regeneration in chosen forest user unit

Summary

The aim of the work is to evaluate the influence of incidental fellings on natural regeneration. The total final cut in a Forest User Unit in the period from 2000 to 2005 was analysed. The percentage of incidental felling derived from total realised cut according to tree species was determined. The total percentage of incidental felling was 87.35%. Using of shelterwood silvicultural system in 2001 and 2002 caused the increasing of natural regeneration in subsequent years despite of high ratio of artificial regeneration of gale-disaster area. The next aim of the work is to find out the influence of felling on development of natural regeneration. For this purpose the Permanent Research Plots (PRP) were established. Correct realisation of shelterwood cut caused the increasing of a number of young trees of natural regeneration by 30 to 40%. It was pointed at the advantage of condensed planting space of artificial regeneration at the areas regenerated with difficulties originated by the decay of mature stand at 6th and 7th altitudional vegetation zone. Using this way of seedling, less losses of reforestation were obtained. Some arrangements how to reduce influence of incidental felling on regeneration were suggested.

ACTA FACULTATIS FORESTALIS XLVIII
ZVOLEN – SLOVAKIA 2006

VYUŽITIE PRIRODZENEJ OBNOVY BUKA PRI RIEŠENÍ ŤAŽBOVEJ ÚPRAVY LESA

Anton Ž Í H L A V N Í K

Žíhlavník, A.: Využitie prirodzenej obnovy buka pri riešení ťažbovej úpravy lesa. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLVIII**, 2006, s. 255–268.
Cieľom príspevku je poukázať na využitie prirodzenej obnovy buka pri riešení problematiky ťažbovej úpravy lesa. Riešenie súvisí s použitím jemnejších spôsobov obhospodarovania lesa. V práci sa uvádzajú výsledky zo zhodnotenia prirodzenej obnovy z trvalých výskumných plôch. Tieto boli založené v bukových porastoch. Navrhujú sa rôzne alternatívy ťažbových zásahov. Predpokladá sa až 35 % intenzita ťažbových zásahov. Možnosť využitia výsledkov je už pri navrhovaní hospodárskych opatrení v lesnom hospodárskom pláne. Zhodnotenia z trvalých výskumných plôch sú prínosom pre riešenie problematiky prirodzenej obnovy podrastového lesa. Ich využitie je možné aj pri prognózovaní výskytu prirodzeného zmladenia v typických bučinách.

Kľúčové slová: prirodzená obnova buka, hospodársky spôsob, ťažbová úprava lesa

1. PROBLEMATIKA A CIEĽ PRÁCE

V súčasnom období dochádza k výrazným zmenám vo všetkých oblastiach hospodárskej úpravy lesov (HÚL). Nastali zmeny v kategorizácii lesov, v priestorovom rozdelení lesa, v časovej a ťažbovej úprave lesa. Zvlášť významne sa tieto zmeny prejavili v ťažbovej úprave lesa pri použití hospodárskych spôsobov a ich foriem. Uplatnenie jemnejších hospodárskych spôsobov je problematické vzhľadom na rozdelenie ucelených lesných častí na menšie jednotky, patriace rôznym vlastníckym subjektom.

V minulosti prevažne používaný hospodársky spôsob holorubný využíval jednoduchšie postupy riešenia ťažbovej úpravy lesa, ako je to pri použití výberkového a podrastového hospodárskeho spôsobu. Zákon NR SR č. 326/2005 Z. z. o lesoch ako aj vyhláška o hospodárskej úprave lesov stanovuje používať podrastový a výberkový hospodársky spôsob. Z uvedeného vyplýva, že súčasná legislatíva dáva možnosti prioritne použiť podrastový hospodársky spôsob a následne výberkový hospodársky spôsob, čím prispieva k zvyšovaniu podielu podrastového a výberkového typu lesa. Tieto typy lesa sú charakteristické diferencovanou vekovou a priestorovou štruktúrou s vysokým podielom prirodzenej obnovy. Predpokladom ich použitia je vhodné drevinové zloženie a maximálne využitie prirodzenej obnovy lesa.

V lesoch Slovenska má najväčšie zastúpenie buk 30,5 %, potom smrek 26,7 % a dub 11,0 %. Pre všetky porasty tvorené týmito drevinami, ako aj drevinami s nižším zastúpením a pre ich vzájomné zmesi, by mal byť podrastový hospodársky spôsob rozhodujúcim. Pre určité drevinové skladby je výhodné použiť aj výberkový hospodársky spôsob.

Postupným zvyšovaním použitia týchto dvoch hospodárskych spôsobov je možné zabezpečiť uplatňovanie prírode blízkych hospodárskych spôsobov. V súčasnom období veľmi významne prispievajú k rozhodnutiu o príslušnej forme hospodárskeho spôsobu výsledky z ekologického prieskumu.

V rokoch 1980-1985 prirodzená obnova predstavovala približne 12 % z celkovej obnovy porastov. Pri drevinách buk a smrek boli tieto hodnoty o niečo vyššie. Podľa údajov zelených správ sa podiel prirodzenej obnovy od roku 1990 zvyšuje. V roku 1990 podiel prirodzenej obnovy bol 18 %, v roku 2001 už 20 % a v roku 2002 bol 25 %. Zelená správa z roku 2005 uvádza podiel prirodzenej obnovy až 36 %. I napriek trendu stúpania prirodzenej obnovy nedosahuje súčasný stav úroveň lesnícky vyspelých štátov s porovnateľnými porastovými a orografickými podmienkami, kde tvorí podiel prirodzenej obnovy 40–88 %. Príčin neúspešnej obnovy je veľa. Tieto však nie sú predmetom tohto príspevku.

Správne odborné posúdenie celkového stavu obnovovaného porastu už pri plánovaní návrhov hospodárskych opatrení v rámci vypracovávania lesného hospodárskeho plánu (LHP) zaručuje predpoklad úspešnej realizácie jemnejších foriem obhospodarovania lesa.

Základným a významným prvkom pri rozhodovaní o použití týchto hospodárskych spôsobov je stav a predpoklady prirodzenej obnovy v príslušnej jednotke priestorového rozdelenia lesa.

Z doterajších výsledkov riešenej problematiky prirodzenej obnovy v príslušnej jednotke priestorového rozdelenia lesa sa potvrdzuje, že úspešnosť uplatnenia spomínaných jemnejších hospodárskych spôsobov závisí od miery správneho určenia prirodzenej obnovy v plánovaných hospodárskych opatreniach v rámci obnovy lesa (Žíhlavník 2004).

Ďalej výrazný vplyv na uplatnenie jemnejších spôsobov hospodárenia majú náhodné ťažby (Balogh 2005, Danček, Žíhlavník 2003).

Z tohto dôvodu by sa malo uplatňovanie hospodárskych spôsobov a ich foriem odrážať aj v odlišných postupoch riešenia ťažbovej úpravy lesa so zameraním na jemnejšie spôsoby obhospodarovania lesa. Ide hlavne o uplatňovanie podrastového hospodárskeho spôsobu, ktorý svojimi cieľmi zodpovedá prírode blízkemu obhospodarovaniu lesa. Riešením ťažbovej úpravy lesa s podrastovým hospodárskym spôsobom, ako aj problematikou podrastového lesa sa doteraz zaoberalo len málo autorov: Greguš (1976), Gašperšič (1995), Kurth (1994), Poznański (2001), Miś (2001), Žíhlavník (2000, 2002). To isté platí aj pre výberkový hospodársky spôsob (Korpeľ a kol., 1991, Saniga 2000).

Len niektorí z týchto autorov uvažovali pri rôznych riešeniach vytvárania modelov podrastového lesa, ako jednu z podmienok zabezpečenia tohto modelu stav a možnosti prirodzenej obnovy vyjadrenú cez použitie lesných typov a skupín lesných typov. Riešenie problému využitia prirodzenej obnovy v metódach ťažbovej úpravy lesa je dlhodobé.

V praktickej HÚL na tieto momenty upozorňoval už v minulosti Hančinský (1977), ktorý pri posudzovaní prirodzenej obnovy zdôrazňoval využitie typologického prieskumu. Pri jednotlivých lesných typoch a hospodárskych súboroch lesných typov uvádza schopnosť jednotlivých drevín prirodzene sa obnovovať. Podobné posúdenie podmienok prirodzenej obnovy smreka uvádzajú vo svojej práci Plíva – Průša (1969). Na tieto prvé priekopnícke práce nadväzujú práce, ktoré sa zaoberajú hodnotením prirodzenej obnovy z hľadiska pestovania lesov priamo pri realizácii jednotlivých fáz clonných rubov Korpeľ a kol. (1991), Saniga (2000), Průša (2001) a ďalší.

V súčasnosti sa tento významný prvok využíva aj z hľadiska hospodársko-úpravníckeho a to už pri plánovaní hospodárskych opatrení.

V minulosti nebola opodstatnená kritika vyhotovovateľov lesného hospodárskeho plánu, že pri vyhotovovaní LHP predpisujú úlohy v prirodzenej obnove v určitých prípadoch bez podrobného poznania porastových, pôdnych a klimatických podmienok.

Tak, ako už bolo spomenuté, v praktickej HÚL sa už v minulosti využívali výsledky typologického prieskumu. V súčasnom období sú to výsledky ekologického prieskumu vykonávaného Lesoprojektom Zvolen, ktorého výsledkom sú modely hospodárenia. Tieto sú súčasťou rámcového plánovania, ktoré sa diferencuje podľa funkcií lesa, prírodných a porastových pomerov, stavu lesa a jeho potencionálneho ohrozenia pre jednotlivé lesné oblasti, podoblasti alebo ich časti.

Na rámcové plánovanie nadväzuje podrobné plánovanie na určenie hospodárskych opatrení pre jednotlivé porasty na obdobie platnosti LHP. V rámci podrobného plánovania je dôležitou časťou práve stanovenie obnovnej ťažby v súvislosti s určením vhodnej formy hospodárskeho spôsobu.

Cieľom tejto práce je poukázať na využitie prirodzenej obnovy buka pri riešení ťažbovej úpravy lesa. Ide o jej využitie pri riešení návrhov ťažieb v jednotlivých porastoch v súvislosti s použitím jemnejších spôsobov obhospodarovania lesa. Ďalej zhodnotiť vybrané porastové veličiny v hornej a dolnej etáži. Na základe zhodnotenia týchto veličín porastu na trvalých výskumných plochách (TVP) navrhnúť rôzne alternatívy intenzity ťažbových zásahov. Tieto využiť v riešení ťažbovej úpravy lesa s podrastovým hospodárskym spôsobom pri návrhoch hospodárskych opatrení pri vypracovaní LHP.

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

2. PODKLADOVÝ MATERIÁL A METODICKÝ POSTUP PRÁC

2.1. Výber porastov a charakteristika trvalých výskumných plôch

Problematika využitia prirodzenej obnovy pri ťažbovej úprave lesa sa riešila na TVP LHC Vysokoškolského lesníckeho podniku (VšLP) Technickej univerzity vo Zvolene.

Ide o TVP zakladané sústavne s obnovou LHP a to v rokoch 1983–1992 a 1993–2002. Jedná sa o sledovanie vývoja získaného z údajov zo starších TVP ako aj nových TVP zakladaných v posledných 5 rokoch.

Tieto TVP boli založené v porastoch so začínajúcou obnovou, aby bolo možné sledovať priebeh obnovy počas celej obnovnej doby. Základnou jednotkou hodnotenia bola výmera založenej TVP. Pre spresnenie, kontrolu a porovnateľnosť základných údajov s údajmi LHP a LHE boli následne zisťované údaje aj v rámci porastu, v ktorom sa TVP nachádzala.

Pre hodnotenie bukového hospodárstva bolo založených v rokoch 1998 až 2000 desať nových TVP v bukových porastoch. Dôvodom založenia novej série TVP bolo silné poškodenie pôvodných TVP kalamitami. Časť týchto TVP prešla reprivatizáciou lesného majetku do neštátneho sektoru a časť TVP je pred ukončením obnovy. Ide o TVP založené pri vypracovaní LHP v rokoch 1982 a 1992. TVP boli založené v porastoch, v ktorých bol predpoklad na realizáciu rôznych foriem clonnej obnovy.

TVP majú tvar obdĺžnika o stranách 50 x 100 m s dlhšou stranou po vrstevnici. Výmera TVP je 0,50 ha. Plochy boli vytýčené použitím buzolového teodolitu a stabilizované. Pri vytyčovaní a stabilizovaní plôch bol dodržaný stanovený postup podľa ŽÍHLAVNÍKA, Š. (1999, 2004). Plochy boli zakladané v porastoch tak, aby čo najviac vystihli charakter a pomery príslušného porastu. Zároveň porast, v ktorom sa TVP zakladala, musel spĺňať priemerné charakteristiky a pomery ostatných porastov nachádzajúcich sa v danej lokalite. Pred vlastným založením sa vykonalo niekoľko predbežných fotogrametrických a terestrických zisťovaní základných charakteristík lesa, aby následne založené TVP reprezentovali danú lokalitu. Veľmi dobrou pomôckou v nadväznosti na hodnotenie stavu porastov klasickým spôsobom bolo využitie výsledkov interpretácie leteckých farebných infračervených snímok s následnou praktickou realizáciou podľa postupu ŽÍHLAVNÍK, Š., CHUDÝ, F. (2002).

Každá TVP bola rozdelená na 10 čiastkových plôch s výmerou 0,05 ha (25 x 20 m), ktoré boli označené veľkými písmenami A, B, C... atď.

V rohoch každej čiastkovej plochy boli založené plôšky o výmere 1 m^2, za účelom sledovania následného porastu, ktorý bude tvoriť druhú etáž. Tieto sa označili arabskými číslami od 1–40. Na týchto sa vyhodnocoval následný porast podľa rôznych vekových štádií s triedením jedincov do troch kategórií.

Ďalej v rámci každej čiastkovej plochy v jej hornej a dolnej časti boli založené pásy na sledovanie následného porastu vo vyššom vývojovom štádiu.

Metodický postup zakladania TVP ako aj meranie porastových veličín vychádza čiastočne z poznatkov metodík a dlhodobo riešených výskumných úloh v tejto oblasti na Katedre hospodárskej úpravy lesov a geodézie, napr. ŠUŠKA (1975). Tento postup bol vhodne upravený a aktualizovaný na súčasné podmienky vzhľadom na stanovené ciele. Ide o dlhodobý výskum na pôvodných ako aj novozaložených plochách.

Pre veľký rozsah charakteristík TVP a publikovanie časti výsledkov z niektorých TVP budem stručne charakterizovať len skusné plochy TVP3, TVP4 a TVP5.

Trvalá výskumná plocha č. 3 (TVP3) bola založená v dielci 332 s výmerou 4,23 ha a súčasným vekom 95 rokov. Sklon svahu je tu 30 % so severnou expozíciou. Nachádza sa tu lesný typ č. 4302 – zubačková bučina, vyšší stupeň, na celej ploche dielca. Dielec patrí do skupiny lesných typov Fagetum pauper a hospodárskeho súboru lesných typov HSLT 410 – svieže bučiny. Zastúpenie drevín je nasledovné: buk 90 %, hrab 10 %. Hrab sa prevažne vyskytuje v severnej časti dielca. Ojedinele sa vyskytuje jedľa, smrek, breza a dub. Je to nerovnomerne vyspelá kmeňovina so začínajúcou obnovou. Rubná doba je 110 rokov a obnovná doba 30 rokov.

Trvalá výskumná plocha č. 4 a 5 (TVP4, TVP5) sa nachádza v dielci 261. Dielec má výmeru 14,39 ha, vek 125 rokov, rubnú dobu 110 rokov a obnovnú dobu 30 rokov. V dielci je zastúpený lesný typ č. 3305 – ostricovo-marinková živná dubová bučina (90 %) a lesný typ č. 2305 – kamenitá lipnicová buková dúbrava s chlpaňou (10 %). Dielec podľa prevládajúceho lesného typu sme zaradili do skupiny lesných typov *Querceto-Fagetum* a hospodárskeho súboru lesných typov HSLT 311 – živné dubové bučiny. Priemerný sklon dielca je 40 % so západnou expozíciou. Drevinové zloženie je buk 74 %, dub 20 %, hrab 6 % a ojedinele lipa, javor horský, jaseň a smrek.

2.2. Zisťovanie porastových veličín na trvalých výskumných plochách v hornej a dolnej etáži

V hornej etáži na celej výmere čiastkovej plochy boli zisťované tieto veličiny: drevina, hrúbka $d_{1,3}$, výška, biosociologické postavenie stromov, kvalita kmeňa, poškodenie kmeňa, vek a zakmenenie. Pri zisťovaní týchto veličín boli uplatnené bežné dendrometrické taxačné postupy používané v praktickej HÚL. Okrem týchto veličín sa určovalo aj postavenie jednotlivých stromov vzhľadom na obnovný prvok. Či sa nachádzajú na okraji obnovného prvku, či priamo v obnovnom prvku alebo mimo obnovného prvku, prípadne ďalšie veličiny, ktoré boli použité pre iné účely sledovania.

V dolnej etáži bola vykonaná kvantitatívna a kvalitatívna inventarizácia. Následný porast v štádiu náletu a nárastu sme sledovali na plôškach umiestnených v rohoch čiastkových plôch, kde sme zisťovali druh dreviny a počet jedincov dreviny. Druh dreviny sa zisťoval preto, lebo na niektorých TVP sa vyskytovalo v malom rozsahu aj zmladenie duba a jaseňa. Počet jedincov sa zisťoval podľa výškovej vyspelosti a to: do výšky 5 cm – jednoročné, 6–15 cm – dvojročné, 16–25 cm – trojročné. Existujúci následný porast vo vyššom vývojovom štádiu nachádzajúci sa na pásoch sme taktiež zatriedili do určitých výškových kategórií podľa stanovených kritérií a rozpätia.

V rámci každej TVP sa na všetkých 10 čiastkových plochách (A, B... J) zisťovali údaje pre kvantitatívnu a kvalitatívnu inventarizáciu pre hornú etáž a následne vyhodnotili. Zistené hodnoty porastových veličín podľa čiastkových plôch sú uvedené pre TVP3, TVP4 a TVP5 v tabuľkách č. 1, 2 a 3.

Následne sme zistené údaje v jednotlivých etážach zhodnotili. Pri hodnotení úspešnosti prirodzenej obnovy sme sledovali splnenie základných podmienok prirodzenej obnovy.

Podľa Korpeľa a kol. (1991), resp. Sanigu (2000) predpokladom úspešného začiatku prirodzenej obnovy, t. j. vzniku náletu a biologicky zabezpečeného nárastu je splnenie základných nevyhnutných podmienok:

1. Prítomnosť stromov schopných semenenia v dostatočnom počte a vhodne rozmiestnených, ktoré po genetickej stránke vyhovujú ako žiadúce druhy drevín.
2. Vhodný stav pôdy na klíčenie semena, vzídenie a začiatočné prežitie semenáčikov.
3. Vhodné klimatické podmienky (priaznivý stav porastovej klímy) a priaznivý chod poveternosti od opadu po ujatie semenáčikov.
4. Výskyt semennej úrody (semenný rok).

3. DOSIAHNUTÉ VÝSLEDKY, NÁVRHY A MOŽNOSTI REALIZÁCIE

3.1. Horná etáž

Zistené hodnoty porastových veličín, počet jedincov (N), objem (V), kruhová plocha (G) a skutočné zakmenenie (zak.sk.), na jednotlivých čiastkových plochách sú uvedené pre TVP3, TVP4, a TVP5 v tabuľkách č. 1, 2 a 3. Porastové veličiny jednotlivých čiastkových plôch sú prepočítané na ha.

Tabuľka 1. Porastové veličiny na TVP 3
Tab. 1. Stand characteristics on the permanent research plot Nr. 3

Č. pl.[1)]	N (ks)[2)]	N/ha (ks)[3)]	V (m^3)[4)]	V/ha (m^3)[5)]	G (m^2)[6)]	G/ha (m^2)[7)]	zak. sk[8)]
A	19	380	13,85	276,91	1,14	22,73	0,58
B	22	440	32,61	652,28	2,22	44,49	1,00
C	31	620	31,50	630,00	2,12	42,34	1,00
D	42	840	27,56	551,25	2,10	42,00	1,00
E	31	620	25,20	504,04	1,86	37,16	0,94
F	18	360	19,84	396,76	1,38	27,68	0,70
G	25	500	22,82	456,43	1,68	33,63	0,85
H	30	600	30,87	617,49	2,09	41,86	1,00
I	30	600	27,04	540,89	1,84	36,80	0,93
J	34	680	21,07	421,35	1,58	31,66	0,80
∑	**282**	**564**	**252,37**	**504,74**	**18,02**	**36,03**	**0,88**

[1)]Partial plot, [2)]Number of trees, [3)]Number of trees/hectare, [4)]Stock (m^3), [5)]Stock/hectare, [6)]Circular base (m^2), [7)]Circular base/hectare (m^2), [8)]Crop density

Tabuľka 2. Porastové veličiny na TVP 4
Tab. 2. Stand characteristics on the permanent research plot Nr. 4

Č. pl.[1)]	N (ks)[2)]	N/ha (ks)[3)]	V (m^3)[4)]	V/ha (m^3) [5)]	G (m^2)[6)]	G/ha (m^2) [7)]	zak. sk[8)]
A	38	760	21,83	436,69	2,21	44,17	1,00
B	35	700	23,27	465,35	2,32	46,32	1,00
C	25	500	14,75	294,99	1,47	29,34	0,74
D	18	360	20,99	419,84	1,59	31,77	0,80
E	12	240	12,56	251,15	0,93	18,56	0,47
F	25	500	19,11	382,17	1,77	35,34	0,89
G	47	940	24,68	493,56	2,30	46,06	1,00
H	42	840	33,02	660,31	2,83	56,69	1,00
I	37	740	26,89	537,76	2,21	44,16	1,00
J	24	480	25,92	518,38	2,06	41,25	1,00
∑	**303**	**606**	**223,01**	**446,02**	**19,68**	**39,37**	**0,89**

[1)]Partial plot, [2)]Number of trees, [3)]Number of trees/hectare, [4)]Stock (m^3), [5)]Stock/hectare, [6)]Circular base (m^2), [7)]Circular base/hectare (m^2), [8)]Crop density

Vo väzbe na zistený stav a následnú prognózu možnosti výskytu prirodzeného zmladenia sa využili len niektoré kvalitatívne veličiny hornej etáže. Výsledkom ich zhodnotenia boli návrhy ťažbových zásahov do hornej etáže v rôznych alternatívach, za účelom stanovenia optimálnej alternatívy.

Tabuľka 3. Porastové veličiny na TVP 5
Tab. 3. Stand characteristics on the permanent research plot Nr. 5

Č. pl.[1)]	N (ks)[2)]	N/ha (ks) [3)]	V (m^3)[4)]	V/ha (m^3) [5)]	G (m^2)[6)]	G/ha (m^2) [7)]	zak. sk[8)]
A	28	560	29,22	584,42	2,10	42,02	1,00
B	18	360	21,60	431,93	1,60	31,91	0,81
C	13	260	17,52	350,34	1,25	25,02	0,63
D	21	420	28,54	570,87	1,91	38,12	0,97
E	26	520	25,12	502,38	1,81	36,26	0,92
F	11	220	22,75	455,10	1,57	31,32	0,79
G	19	380	31,33	626,65	2,12	42,32	1,00
H	23	460	34,39	687,73	2,46	49,29	1,00
I	19	380	30,00	599,93	2,08	41,65	1,00
J	24	480	29,00	580,00	2,04	40,80	1,00
∑	**202**	**404**	**269,47**	**538,93**	**18,94**	**37,87**	**0,71**

[1)]Partial plot, [2)]Number of trees, [3)]Number of trees/hectare, [4)]Stock (m^3), [5)]Stock/hectare, [6)]Circular base (m^2), [7)]Circular base/hectare (m^2), [8)]Crop density

Pri odoberaní porastovej zásoby sme prihliadali na kvalitu a možnosť vytvárania prírastku.

Ďalšie zisťované údaje z hornej etáže sa použili k spracovaniu rôznych vyhodnotení a stanovení prvkov v rámci riešenia ťažbovej a časovej úpravy bukového hospodárstva. Ide napríklad o stanovenie vhodnej rubnej doby, obnovnej doby, začiatku obnovy, riešenie sortimentácie ťažbového fondu, možnosť využitia svetlostných prírastkov a ďalších prvkov ťažbovej a časovej úpravy lesa.

Celková zásoba porastu na TVP3 je 252,37 m^3. Z tejto zásoby bol navrhnutý objem na ťažbu vo výške 78,13 m^3, čo predstavuje 27,75 % intenzitu zásahu. Vzhľadom na to, že sa jedná o prvý zásah a prirodzená obnova s objavila len minimálne, je to veľká intenzita zásahu. Aby sme zabránili zaburineniu plochy a následnej straty možnosti ďalšieho využitia prirodzenej obnovy, navrhli sme 2. alternatívu a to zníženie intenzity zásahu na 20 %. Dosiahne sa tým zakmenenie približne 0,7. Touto alternatívou na jednej strane podporíme vývoj prirodzenej obnovy a na druhej strane zabránime nežiadúcim dôsledkom prudšieho odclonenia povrchu pôdy. Predpokladá sa, že po dosiahnutí priaznivej situácie čo sa týka vývoja prirodzenej obnovy príde včas ďalší zásah, ktorý bude riešiť ďalšie postupné uvoľňovanie materského porastu a znižovanie zakmenenia.

Návrh zásahu na jednotlivých čiastkových plochách pre 1. alternatívu je uvedený pre TVP3v tabuľke 4.

Tabuľka 4. Návrh intenzity ťažbového zásahu (TVP3)
Tab. 4. Project of intensity of cutting (PRP3)

Č. p.[1)]	m^3	%	Č. p.	m^3	%
A	3,14	18,98	F	1,52	6,73
B	20,4	54,33	G	3,86	15,28
C	9,45	27,96	H	7,54	22,51
D	4,82	15,49	I	5,58	18,99
E	17,08	60,58	J	4,74	19,92
Spolu:[2)]				78,13	27,75

[1)]Partial plot, [2)]Sum

Celková zásoba porastu na TVP4 je 223,01 m^3. Z tejto zásoby bol navrhnutý objem na ťažbu vo výške 81,37 m^3, čo predstavuje 31,39 % intenzitu zásahu. Použitím tejto alternatívy sa zníži zakmenenie na 0,7. Vzhľadom na súčasné vysoké zakmenenie je intenzita zásahu opodstatnená, čím sa zabezpečí možnosť zvýšenia prirodzenej obnovy.

Návrh intenzity zásahu na jednotlivých plochá pre príslušnú alternatívu je uvedené pre TVP4 v tabuľke 5.

Celková zásoba porastu na TVP5 je 269,47 m^3. Z tejto zásoby bol navrhnutý objem na ťažbu vo výške 59,49 m^3, čo predstavuje 17,54 % intenzitu zásahu. Vzhľadom na súčasné vysoké zakmenenie je potrebné zvýšiť intenzitu zásahu a použiť 2. alternatívu a to s intenzitou zásahu až 30 %.

Návrh intenzity zásahu na jednotlivých plochách pre príslušnú alternatívu je uvedený pre TVP5 v tabuľke 6.

Tabuľka 5. Návrh intenzity ťažbového zásahu (TVP4)
Tab. 5. Project of intensity of cutting (PRP4)

Č. p.[1)]	m^3	%	Č. p.	m^3	%
A	5,77	23,29	F	14,45	64,17
B	5,23	20,73	G	15,44	56,1
C	4,14	21,32	H	13,52	33,71
D	4,68	20,08	I	6,7	21,45
E	1,21	7,82	J	10,23	34,56
Spolu:[2)]				81,37	31,39

[1)]Partial plot, [2)]Sum

Tabuľka 6. Návrh intenzity ťažbového zásahu (TVP5)
Tab. 6. Project of intensity of cutting (PRP5)

Č. p.[1)]	m^3	%	Č. p.	m^3	%
A	2,91	7,25	F	12	47,34
B	3,3	10,51	G	7,01	20,31
C	1,61	4,78	H	7,03	20,6
D	10,62	24,58	I	4,29	11,33
E	6,54	20,22	J	4,16	15,86
Spolu:[2)]				59,49	17,54

[1)]Partial plot, [2)]Sum

Takýmto postupom sme navrhli ťažbové zásahy vo všetkých TVP. Vychádzali sme z biosociologického postavenia a kvality kmeňa jednotlivých stromov. Vyberali sme predovšetkým stromy podúrovňové, nekvalitné, silné stromy s mohutnými korunami, ktoré bránia odrastaniu prirodzeného zmladenia. Poradie hľadísk pri výbere stromov bolo nasledovné: odstránenie chorých a poškodených jedincov, odstránenie nekvalitných hrubých stromov, podpora kvalitných jedincov.

Na ploche sa ponechávali stromy kvalitné, pri ktorých sa očakávalo plnenie funkcie semenných stromov ako aj prírastková reakcia na zmenu svetelných podmienok. Zvýšenie prírastku sa očakáva následne v tom, že stromy zareagujú na ich uvoľnenie. Z porovnania maximálneho a kritického zakmenenia so skutočným zakmenením by na sledovaných TVP nemalo dôjsť k prírastkovým stratám. Intenzita ťažbových zásahov na čiastkových plochách bola ovplyvnená počtom jedincov prirodzeného zmladenia nachádzajúcich sa na týchto plochách a tiež možnosťou následnej semennej úrody. Keďže v roku 2004 bola úroda semena buka dostatočná, možno v nasledujúcich rokoch očakávať zvýšenie rozsahu prirodzeného zmladenia.

3.2. Dolná etáž

V tabuľkách 7–9 sú uvedené údaje o prirodzenom zmladení nameranom podľa výškovej vyspelosti v dolnej etáži na TVP3–TVP5. Na jednotlivých čiastkových plochách boli zisťované počty jedincov podľa veku a to: jednoročné, dvojročné a trojročné s určitým výškovým rozpätím do 5 cm, 6–15 cm a 16–25 cm. Podobne bolo zistené prirodzené zmladenie aj na ostatných TVP. K vyhodnoteniu sa používali hodnoty prepočítané na ha.

Zo zhodnotenia prirodzeného zmladenia na jednotlivých TVP vyplynulo, že prirodzená obnova buka na niektorých TVP bola slabá. Dôvodom bolo vysoké zakmenenie hornej etáže 0,8–1,0 a oneskorené presvetlenie týchto porastov (TVP 3, TVP 4, TVP 5). Ďalším dôvodom bolo nevykonanie uvoľňovacej prebierky pred začatím obnovy týchto porastov. Použitím slabšej intenzity zásahov na TVP založených v roku 2000 sa nepodarilo zabezpečiť 2. a 3. podmienku úspešného začiatku prirodzenej obnovy (Korpeľ a kol. 1991), čo sa preukázalo aj v predchádzajúcich výsledkoch na sledovaných TVP (Žíhlavník 2004).

Napriek uvedenému možno konštatovať, že následným znížením zakmenenia na 0,6–0,7 a vykonaním silnejšieho ťažbového zásahu je možné dosiahnuť prirodzenú obnovu buka na 100 %. Možnosť dosiahnutia 100 %-nej prirodzenej obnovy buka potvrdzujú výsledky zo starších TVP ako aj z TVP založených v rokoch 1998 a 1999. Preto sme sa rozhodli na všetkých TVP pre alternatívu so silnejším zásahom až do 35 %. Uplatňovaním rôznych foriem podrastového hospodárskeho spôsobu je predpoklad vytvárania diferencovanej vekovej a priestorovej štruktúry jednotlivých lesných porastov. Pri výbere rôznych foriem hospodárskeho spôsobu je potrebné zohľadňovať stabilitu porastu a vplyv náhodných ťažieb na jeho ďalší vývoj (Balogh 2004, 2005).

Ak chceme dosiahnuť aj prímes cenných listnáčov prirodzenou obnovou, je nutné vykonať určité hospodárske opatrenia vzhľadom na veľkú živelnosť bukového zmladenia. Vyplýva to z toho, že HSLT, na ktorých sú TVP založené, sa vyznačujú tvorbou hrubej vrstvy nerozloženého bukového opadu, ktorá sťažuje prirodzenú obnovu ostatných drevín a tým spôsobuje biologickú prevahu buka.

Časť spracovaných výsledkov zo zhodnotenia TVP bola využitá už v danej lokalite pri vypracovaní LHP na roky 2000–2009 a LHP na roky 2003–2012. Vyhotovovateľ LHP mohol na základe poskytnutých výsledkov z TVP rozhodnúť o príslušnej forme hospodárskeho spôsobu a predpokladanej intenzite ťažbového zásahu. Využil znalosti o podmienkach možnosti uplatnenia prirodzenej obnovy. Pre praktickú aplikáciu tohto metodického postupu zisťovania prirodzenej obnovy je možnosť použiť zjednodušený postup na vzorových plochách s výmerou 0,01–0,02 ha. Tento postup bol aj využitý pre získanie údajov o prirodzenom zmladení v alternatívnom riešení návrhov intenzity obnovnej ťažby v porastoch, kde neboli založené TVP.

Zhodnotenie súčasného stavu a následného prognózovania výskytu prirodzeného zmladenia nám dáva možnosť vyriešiť otázku započatia obnovy ako dôležitého základného prvku clonných rubov. Komplexne budú spracované výsledky po opätovných meraniach a po vykonaní navrhnutých ťažbových zásahov v nasledujúcich rokoch podľa termínu založenia TVP. Tieto bude možné zovšeobecniť aj pre ďalšie lokality VŠLP TU Zvolen pre lesné porasty nachádzajúce sa na tých istých alebo podobných HSLT. Budú sa dať využiť pri rozhodovaní odborného lesného hospodára v prípade potrebných zmien predpisov foriem hospodárskeho spôsobu. Ďalej sa využijú pri prognózovaní možnosti využitia prirodzeného zmladenia v typologicky podobných podmienkach v rámci Slovenska.

Tabuľka 7. Zmladenie na TVP 3
Tab. 7. Young-growth stand on the permanent research plot Nr. 3

Čiastkové plochy[1)]		A	C	E	F			G		N (ks)[8)]	%
číslo plôšky[2)]		3	10	18	21	23	24	27	28		
Bk[3)]	1-ročné (do 5 cm)[4)]	2	8			3	1	7		21	48
	2-ročné (6–15 cm)[5)]	1				3	2			6	14
	3-ročné (16-25 cm)[6)]			8	3	1	2	2	1	17	38
Spolu:[7)]		**3**	**8**	**8**	**3**	**7**	**5**	**9**	**44**	**44**	**100**

[1)]Partial plots, [2)]Number of plot, [3)]Bk = beech, [4)]one year old, [5)]Two years old, [6)]Three years old, [7)]Sum, [8)]Number of trees

Tabuľka 8. Zmladenie na TVP 4
Tab. 8. Young-growth stand on the permanent research plot Nr. 4

Čiastkové plochy[1]		B		C	D				E		F	G	H	J		N[8]	%
číslo plôšky[2]		7	8	10	13	14	15	16	17	19	23	26	29	37	38		
Bk[3]	1-ročné (do 5 cm)[4]		2				1	1			2	1	2			9	21
	2-ročné (6–15 cm)[5]		2	2						1						5	11
	3-ročné (16–25 cm)[6]	1	1	3	4	3		5	2	1	3		3	2	2	30	68
Spolu[7]		**1**	**5**	**5**	**4**	**3**	**1**	**6**	**2**	**2**	**5**	**1**	**5**	**2**	**2**	**44**	**100**

[1]Partial plots, [2]Number of plot, [3]Bk = beech, [4]one year old, [5]Two years old, [6]Three years old, [7]Sum, [8]Number of trees

Tabuľka 9. Zmladenie na TVP 5
Tab. 9. Young-growth stand on the permanent research plot Nr. 5

Čiastkové plochy[1]		A				B			C		D			E		F		G		H	I		J		N[8]	%
číslo plôšky[2]		1	2	3	4	5	7	8	9	12	13	14	15	17	18	21	22	27	28	31	33	36	39	40		
BK[3]	1-ročné (do 5 cm)[4]		1			2		2	8	1	1	1	3	1	3			2	1				1		27	32
	2-ročné (6–15 cm)[5]																	1	3				3		7	8
	3-ročné (15–25 cm)[6]	1		2	1		2	1	2	1		2	2	2		2	1	2	3	4	6	6	6	6	52	60
Spolu:[7]		**1**	**1**	**2**	**1**	**2**	**2**	**3**	**10**	**2**	**1**	**3**	**5**	**3**	**3**	**2**	**1**	**5**	**7**	**4**	**6**	**6**	**10**	**6**		

[1]Partial plots, [2]Number of plot, [3]Bk = beech, [4]one year old, [5]Two years old, [6]Three years old, [7]Sum, [8]Number of trees

4. ZÁVER

Cieľom príspevku je poukázať na využitie prirodzenej obnovy buka pri riešení problematiky ťažbovej úpravy lesa. Riešenie súvisí s použitím jemnejších spôsobov obhospodarovania lesa. Problematika využitia prirodzenej obnovy sa riešila na trvalých výskumných plochách LHC VŠLP TU vo Zvolene. Pre hodnotenie bukového hospodárstva bolo založených 10 nových trvalých výskumných plôch. V práci sa uvádzajú výsledky zo zhodnotenia prirodzenej obnovy z troch trvalých výskumných plôch. Navrhli sa rôzne alternatívy ťažbových zásahov. Predpokladá sa až 35 % intenzita zásahu. Zhodnotenie súčasného stavu a následné prognózovanie prirodzeného zmladenia nám dáva možnosť vyriešiť otázku započatia obnovy, prípadne ďalších prvkov časovej úpravy lesa. Možnosť využitia výsledkov je už pri navrhovaní hospodárskych opatrení v lesnom hospodárskom pláne. Zhodnotenia z trvalých výskumných plôch sú prínosom pre riešenie problematiky prirodzenej obnovy podrastového lesa ako aj doplnením dlhodobého výskumu v tejto oblasti. Ich využitie je možné aj pri prognózovaní výskytu prirodzeného zmladenia v typických bučinách. Uvedená práca prispeje k ďalšiemu prehĺbeniu väzby medzi pestovaním lesa a hospodárskou úpravou lesa.

Literatúra

1. Balogh, P., 2004: Incidental felling as significant factor at solving the cut regulation. In: Marušák, R., Žíhlavník, A., Gadow, K.v. (Eds): Sustainable harvest scenarios in forest management. Proceedings, IUFRO Conference, 25.–27. 8. 2004, Tále, Slovakia, s. 27–34.
2. Dančeк, I., Žíhlavník, A., 2003: Vplyv náhodných ťažieb na obhospodarovanie lesa jemnejšími spôsobmi. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, XLV, s. 237–251.
3. Balogh, P., 2005: Vplyv náhodných ťažieb na ťažbovú úpravu lesa v lesných užívateľských celkoch. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, XLVII, s. 249–261.
4. Gašperšič, F., 1995: Gozdnogospodarsko načrtovanje v sonaravnem ravnanju z gozdovi. Ljubljana, 403 s.
5. Greguš, C., 1976: Hospodárska úprava maloplošného rúbaňového lesa. Bratislava, 304 s.
6. Hančinský, L., 1977: Lesnícka typológia v prevádzkovej praxi. Príroda Bratislava, 223 s.
7. Korpeľ, Š. a kol., 1991: Pestovanie lesa. Bratislava, Príroda, 427 s.
8. Kurth, H., 1994: Forsteinrichtung Nachhaltige Regelung des Waldes. DLV Berlin, 592 s.
9. Miś, R., 2001: Optymalizacja etatu przebudowy w urządzaniu lasu. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu, CCCXXXI, Leśnictwo, 39: 187–193.
10. Plíva, K., Průša, E., 1969: Typologické podklady pěstování lesů. SZN, Praha,
11. Poznański, R., 2001: Metoda optymalnego porządku cięć w przerębowozrębowym sposobie zagospodarowania z rębnią częściową. Roczniki Akademii Rolnizcej w Poznaniu. CCCXXXI, Leśnictwo, 39: 203–208.
12. Průša, E., 2001: Pěstování lesů na typologických základech. Lesnícka práca s.r.o., Kostelec nad Černými lesy, 593 s.
13. Saniga, M., 2000. Pestovanie lesov. TU Zvolen, 274 s.

14. Šuška, M., 1975: Výskum štruktúry bukových porastov v obnove. Správa pre oponentúru etáp čiastkovej úlohy. Zvolen, 97 s.
15. Žíhlavník, A., 2000: Ťažbová regulácia v lesných užívateľských celkoch s podrastovým hospodárskym spôsobom. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, XLII, s. 213–225.
16. Žíhlavník, A., 2002: Zhodnotenie realizácie obnovných ťažieb v lesnom užívateľskom celku. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, XLIV, s. 187–200.
17. Žíhlavník, A., 2004: Prirodzená obnova a ťažbová úprava lesa. In: „Přirozená a umělá obnova, přednosti, nevýhody a omezení". ČZU Praha, Kostelec nad Černými lesy, s. 93–100.
18. Žíhlavník, Š., 1999: Geodézia a fotogrametria v lesníctve. Skriptá, TU Zvolen, 340 s.
19. Žíhlavník, Š., 2004: Geodézia a fotogrametria v lesníctve. VŠ učebnica, TU Zvolen, 388 s.
20. Žíhlavník, Š., Chudý, F., 2002: Možnosti využitia leteckých farebných infračervených snímok pri lesníckom mapovaní. Vedecké štúdie 5/2002/A, TU Zvolen, 53 s.
21. Vyhláška MP SR č. 119/2002 Z. z. o hospodárskej úprave lesov.
22. Zákon NR SR č. 326/2005 Z. z. o lesoch.

Adresa autora:
Prof. Ing. Anton Žíhlavník, CSc.
Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie
Lesnícka fakulta TU vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 53 zvolen
Slovakia

e-mail: azihlav@vsld.tuzvo.sk

Utilization of natural regeneration of beech at solving the cutting control

Summary

The aim of this paper is to call attention to the utilization of beech natural regeneration at solving forest cutting control problems. The solution is connected with finer ways of forest management. The paper presents results of the evaluation of natural regeneration of permanent plots based in beech stands. Various alternatives of cutting treatment are proposed. Up to 35 % intensity of intervention is expected. The results can be used already in the process of proposing measures within forest management planning. Evaluations from permanent sample plots are good contribution to solving the problems of natural regeneration under a shelterwood. Obtained results are usable also in prognosing the occurance of natural regeneration in typical beech stands.

Keywords: natural regeneration of the forest, silvicultural system, cutting control

ACTA FACULTATIS FORESTALIS XLVIII
ZVOLEN – SLOVAKIA 2006

PROBLEMATIKA NÁHODNÝCH ŤAŽIEB V RUBNÝCH PORASTOCH VO VÄZBE NA OBHOSPODAROVANIE LESA

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

Žíhlavník, A., Balogh, P., Bahýľ, J.: Problematika náhodných ťažieb v rubných porastoch vo väzbe na obhospodarovanie lesa, Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLVIII**, 2006, s 269–280.

V práci je riešená problematika náhodných ťažieb v rubných porastoch v lesných hospodárskych celkoch. V jednom celku sa vykonalo zhodnotenie ťažbovej úpravy za dve desaťročia, v rámci kategórie hospodárskych lesov. Podiel rubnej náhodnej ťažby z celkovej vykonanej rubnej ťažby v prvom desaťročí bol 49 % a v druhom desaťročí 78 %. V ďalšom lesnom hospodárskom celku sa vykonalo zhodnotenie len jedného desaťročia. Podiel rubnej náhodnej ťažby z celkovej vykonanej rubnej ťažby bol 73 %. Výsledky potvrdili negatívny vplyv náhodných ťažieb na ďalšie obhospodarovanie lesa. Vysoký podiel náhodných ťažieb spôsobil následne neúmerne vysoké náklady na zalesňovanie. Ďalej obmedzil použitie jemnejších spôsobov hospodárenia. Náhodné ťažby ovplyvnili požadovanú vyrovnanosť ťažieb v príslušných lesných hospodárskych celkoch a spôsobili veľkú nepravidelnosť ich vekových štruktúr. Uvedený nepriaznivý stav súvisí následne s problematickým stanovením optimálnej výšky rubnej ťažby pre príslušný lesný celok. Dosiahnuté výsledky sa použijú pri vypracovaní nových lesných hospodárskych plánov pre lesné celky s podobnými prírodnými podmienkami. Ich využitie je hlavne v hospodársko-úpravníckom plánovaní.

Kľúčové slová: ťažbová úprava lesa, náhodná ťažba, rubná ťažba

1. PROBLEMATIKA A CIEĽ PRÁCE

Nové právne predpisy priniesli na základe výrazných zmien spoločensko-ekonomických a ekologických podmienok aj nové prvky do hospodárskej úpravy lesov. Zákon NR SR č. 326/2005 Z. z. o lesoch zavádza do priestorovej a ťažbovej úpravy lesa nové jednotky a to: lesné oblasti a podoblasti, lesné celky, vlastnícke celky, dielce a ostatné lesné pozemky. Pre sledovanie stavu a vývoja lesov naďalej ostávajú podľa tohto zákona lesné hospodárske celky. Preto aj uvedenú problematiku riešime v rámci tejto hospodársko-úpravníckej jednotky, ktorá však zároveň v našom prípade je stotožnená s lesným užívateľským celkom. Nový zákon o lesoch dáva na prvé miesto použitie podrastového hospodárskeho spôsobu. Uplatňovanie jednotlivých hospodárskych spôsobov a ich foriem by sa malo odrážať aj v odlišných spôsoboch a postupoch riešenia ťažbovej úpravy lesa.

So zmenami v priestorovej úprave lesa vzniká problém stanovenia vhodnej veľkosti základnej jednotky ťažbovej úpravy lesa. Tým, že sa doterajšie ucelené časti lesa rozdelili

na menšie jednotky, vznikajú jednotky s extrémnou vekovou štruktúrou, ktorá ovplyvňuje stanovenie vhodnej výšky ťažby príslušnej jednotky. Ďalší problém je v stanovení presnosti hraníc lesných pozemkov patriacim rôznym subjektom, s čím úzko súvisí presnosť výmer jednotiek priestorového rozdelenia lesa. Vytvorenie nových vlastníckych jednotiek a požiadavka presnosti v zmysle katastrálneho mapovania si vyžiada aj zmeny v lesníckom mapovaní. Podrobne problematiku vytýčenia a mapovania hraníc lesných pozemkov uvádza Žíhlavník, Š. (2003, 2004a, 2004b). Tieto uvedené faktory majú následne vplyv na metódy ťažbovej úpravy lesa.

Problémy v stanovení výšky obnovnej ťažby sa prejavili už v minulosti. Preto sa niektorí autori pokúšali túto problematiku ťažbovej úpravy lesa riešiť určitými metódami (Doležal 1975, Greguš 1976, Kouba 1983, Poznański 1976).

V súčasnom období metódy ťažbovej úpravy lesa ovplyvňujú nielen zmeny v priestorovej úprave lesa, ale hlavne náhodné ťažby, ktorých podiel sa každoročne zvyšuje (Balogh 2005, Dančeк, Žíhlavník, A. 2003). V niektorých lesných hospodárskych celkoch (LHC) dosahujú náhodné ťažby podiel z celkovej ťažby viac ako 70 %.

Všetky tieto nepriaznivé faktory narúšajú plánované obhospodarovanie lesa. Odsúvaním realizácie úmyselných obnovných ťažieb dochádza k prestárnutiu niektorých porastov, zhoršovaniu ich stability, čím vzniká riziko ďalších kalamít. Skracovanie obnovnej doby a súčasne prednostné spracovanie náhodnej ťažby zabraňuje uplatňovaniu zásad jemnejších hospodárskych spôsobov. Náhodné ťažby nie sú len problémom rubných porastov, ale postihujú aj predrubné porasty. A tu sa následky náhodných ťažieb prejavujú ešte výraznejšie.

Preto je potrebné sledovať a hodnotiť stav porastov a predpokladaný vývoj a možnosti vzniku náhodných ťažieb. Zistené skutočnosti následne použiť pri stanovení výšky ťažby v hospodársko-úpravníckom plánovaní.

Preto sa neustále hľadajú možnosti na zabezpečenie objektívneho stanovenia výšky obnovnej ťažby (Herich 1994, Kouba 2000, Poznański 2004, Žíhlavník, A. 2003, 2004, 2005).

Cieľom tejto práce je na základe rozboru jednotlivých druhov rubných ťažieb za príslušné desaťročia zhodnotiť ich vývoj a vplyv na obhospodarovanie lesa. Dosiahnuté výsledky tejto práce použiť pri vypracovaní nového lesného hospodárskeho plánu pre príslušný lesný hospodársky celok, prípadne pre LHC s podobnými prírodnými podmienkami. Ďalej použiť výsledky pri riešení špecifických problémov, ktoré vyplývajú z poslania lesov, ktoré tieto v rámci príslušných kategórií plnia. Ide o lesy silne poškodené náhodnými ťažbami. Vykonať rozbor náhodných ťažieb podľa druhu škodlivých činiteľov.

Práca vznikla v rámci riešenia vedeckého grantového projektu VEGA 1/3530/06 „Metódy HÚL pre trvale udržateľné hospodárenie v lesoch v rôznych vlastníckych formách a ekologických podmienkach“.

2. PODKLADOVÝ MATERIÁL A METODICKÝ POSTUP PRÁC

Podkladový materiál tvoria údaje získané z lesných hospodárskych plánov (LHP) a lesnej hospodárskej evidencie (LHE) vybratých lesných celkov (LHC) z Odštepného lesného závodu (OLZ) Liptovský Hrádok a OLZ Beňuš. Pre veľký rozsah údajov uvádzam v práci výsledky z dvoch LHC. Z dôvodu ochrany údajov o vlastníctve a majetku sledovaného subjektu pred zneužitím treťou osobu sú označené príslušné celky ako LHC 1 a LHC 2. Tieto LHC sú totožné s lesnými užívateľskými celkami, ktorých vlastník ako subjekt je štát. V LHC 1 použité jednotky priestorového rozdelenia lesa boli vybraté z kategórie hospodárskych lesov o výmere 4 039,57 ha, patriacich do dvoch hospodárskych súborov a to 51 HV-110 a 65 HV-110. Boli použité LHP s platnosťou 1984–1993 a 1994–2003 a to jednak všeobecná časť, opis porastov a plán hospodárskych opatrení ako aj lesná hospodárska evidencia.

Celková výmera kategórie hospodárskych lesov LHC 2 predstavuje 3 940,88 ha. Táto kategória je zastúpená štyrmi hospodárskymi súbormi: 41HV 110 (0,19 %), 53HV 110 (3,66 %), 55HV 110 (77,63 %) a 65HV 110 (18,52 %).

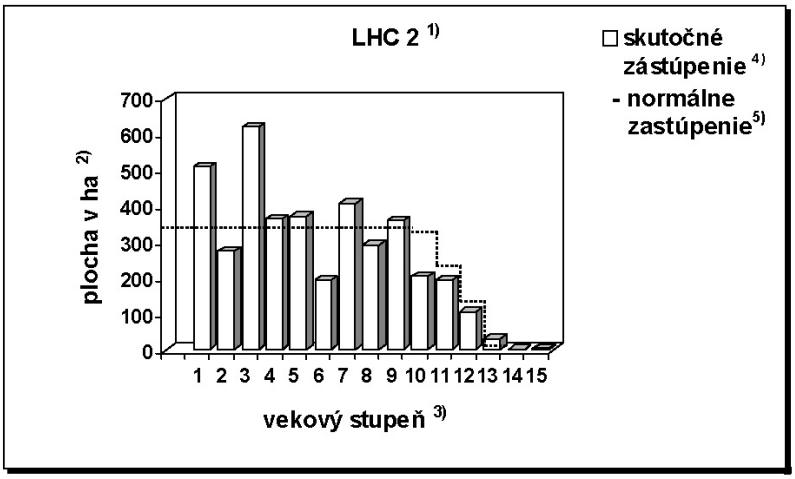
Základné údaje o stave porastov sa vypísali z lesnej hospodárskej evidencie. Ide hlavne o vykonané a plánované objemy rubných ťažieb podľa jednotlivých rokov v príslušných desaťročiach. Objemy ťažieb sa roztriedili podľa druhu na obnovnú úmyselnú a rubnú náhodnú ťažbu. Pre zatriedenie jednotiek priestorového rozdelenia lesa podľa podielu náhodných ťažieb z celkovej rubnej ťažby sa vytvorili 3 triedy. Prvá trieda do 20 %, druhá trieda 21–50 % a tretia trieda nad 51 %. Následne sa porovnali a vyhodnotili obnovné úmyselné a rubné náhodné ťažby podľa objemu a ťažbových plôch. Zhodnotil sa vývoj a vplyv náhodných ťažieb na obhospodarovanie lesov vo väzbe na možnosť použitia jemnejších spôsobov hospodárenia. Zhodnotila sa veková štruktúra príslušných LHC.

Vekové štruktúry týchto LHC hodnotíme na začiatku sledovaného desaťročia ako nepravidelné s nevyrovnaným zastúpením vekových stupňov. Ako príklad je uvedená veková štruktúra LHC č. 2 na začiatku sledovaného desaťročia a graficky je znázornená na obr. 1. Pre hodnotenie sa použil LHP s platnosťou 1994–2003.

Po dvoch desaťročiach nedošlo k výrazným zmenám vo vekovej štruktúre a ďalej ju môžeme v roku 2003 hodnotiť ako nepravidelnú. Podobný priebeh vekových štruktúr je aj pri ostatných LHC.

Na vytvorenie tabuľkových výstupov potrebných pre záverečné analýzy sa použili nasledovné programy: Etát4.exe, Azet7.exe, MicrosoftWord 6.0, prehlad slp.exe a MicrosoftExcel 97.

Prehľadové tabuľky plôch, zásob drevín, obnovnej ťažby ako aj percent obnovnej a výchovnej ťažby podľa kategórií lesov a hospodárskych súborov sme pre LHC 2 vytvorili pomocou uvedených programov.



Obr. 1. Veková štruktúra LHC 2
Fig. 1. Age structure of the FMU Nr. 2, 1)forest user unit, 2)area in hectares, 3)age class, 4)actual age-class distribution, 5)normal age-class distribution

Jednotlivé prehľady sa použili na porovnanie plánovaných ťažieb so skutočnosťou a na zhodnotenie vekovej štruktúry.

Pre zostavenie výstupov a pre vyvodenie záverov sa ako podklad použila evidencia obnovnej ťažby. Vytvorila sa databáza evidencie ťažby dreva za jednotlivé desaťročia. Po zoradení údajov o ťažbách podľa HS a ich vytriedení, pričom sa vynechávali porasty s ťažbou predrubnou, vytvorili sme tabuľky sumárnych údajov podľa HS, kategórií lesov a celkový sumár za LHC v jednotlivých desaťročiach. Získali sme údaje o realizovanej ťažbe a predpísaný plán ťažby.

Ďalej sme ťažbu rozdelili podľa druhu vykonanej ťažby a to: obnovná úmyselná (OÚ), rubná náhodná v rubných porastoch (RN), rubná náhodná v predrubných porastoch, po ktorej vznikla zalesňovacia povinnosť (RNP). Vyčíslili sme ťažbovú plochu, na ktorej bola ťažba realizovaná. Realizovaná ťažba je uvedená v m^3 a vyjadrená v percentách z celkovej realizovanej ťažby. Zhodnotenie sme robili z číselných a taktiež z grafických výstupov realizovanej ťažby.

Následne sa vykonal rozbor vplyvov náhodných ťažieb na obhospodarovanie lesa. Porovnala sa predpísaná výška ťažby s vykonanou ťažbou a to za obdobie platnosti LHP 1984–1993 a 1994–2003. Pri niektorých LHC sa toto porovnanie vykonalo len za jedno desaťročie. Ďalej sa zhodnotili jednotlivé druhy vykonaných ťažieb a percentuálne vyhodnotili oproti celkovej ťažbe. Urobil sa rozbor vplyvu náhodnej ťažby na plánovanú ťažbu podľa jednotiek priestorového rozdelenia lesa. Z tohto rozboru sa navrhli opatrenia na riešenie vzniknutej problematiky.

3. DOSIAHNUTÉ VÝSLEDKY

3.1. Zhodnotenie ťažbovej úpravy lesa na LHC 1 v desaťročí 1984–1993

V tomto plánovacom období sa mali obnovné ťažby realizovať na výmere 441 ha lesných porastov. Porovnanie realizovanej rubnej ťažby s plánom ťažby v sledovanom LHC v desaťročí 1984-1993 je uvedené v tabuľke č. 1. Realizovaná ťažba je rozdelená na jednotlivé druhy a to obnovnú úmyselnú (OÚ) a rubnú náhodilú (RN).

Tabuľka 1. Porovnanie realizovanej obnovnej ťažby s plánovanou ťažbou za desaťročie 1984–1993 v LHC 1
Table 1. Comparison of realized main felling with planned felling in decade 1984–1993 in the FMU Nr. 1

Realizovaná ťažba[1)]	Druh ťažby[2)]	Ťažbovná plocha[3)]		Ťažba[4)]	
		ha	%	m^3	%
	OÚ	176,93	53	60 565	51
	RN	157,04	47	58 557	49
	Spolu	333,97	100	119 122	100
Plán ťažby na decénium 1984–1993[5)]				158 050	
Rozdiel v m[6)]				–38 928	
Plnenie predpisu %[7)]				75,4	

[1)]realized cutting, [2)]kind of cutting, [3)]cutting area, [4)]cutting, [5)]prescribed yield in m^3, 6)difference in m^3, [7)]fulfillment of the plan %

Ako z predchádzajúcej tabuľky vyplýva, v desaťročí 1984–1993 vykonaná rubná ťažba v LHC 1 činila 119 122 m^3, z toho obnovná úmyselná ťažba 60 565 m^3 a rubná náhodná ťažba 58 557 m^3.

Realizovaná ťažba je oproti plánovanej ťažbe na decénium 1984–1993 menšia o 38 928 m^3. Plán obnovných ťažieb sa splnil na 75,4 %, z čoho na rubné náhodné ťažby pripadá 49 % a na obnovné úmyselné ťažby pripadá 51 %. Z plánovanej ťažby obnovná úmyselná bola splnená len na 38 %.

Z uvedeného rozboru vyplýva vysoké percento náhodných ťažieb, ktoré majú následne vplyv na ďalší vývoj vekovej štruktúry lesov sledovaného LHC.

Nevykonaním obnovnej úmyselnej ťažby bola dohodnutá stanovená obnovná doba. Tým sa zhoršili podmienky pre uvoľnenie prirodzeného zmladenia.

3.2. Zhodnotenie ťažbovej úpravy na LHC 1 a LHC 2 v desaťročí 1994–2003

V tomto hospodárskom období sa mali obnovné ťažby realizovať na LHC 1 na výmere 74 ha lesných porastov. Porovnanie realizovanej rubnej ťažby s plánom ťažby v sledovanom LHC 1 v desaťročí 1994–2003 je uvedené v tabuľke č. 2. Realizovaná ťažba je rozdelená na jednotlivé druhy a to obnovnú úmyselnú (OÚ) a rubnú náhodilú (RN).

Tabuľka 2. Porovnanie realizovanej obnovnej ťažby s plánovanou ťažbou za desaťročie 1994–2003 v LHC 1
Table 2. Comparison of realized main felling with planned felling in decade 1994–2003 in the FMU Nr. 1

Realizovaná ťažba[1)]	Druh ťažby[2)]	Ťažbovná plocha[3)]		Ťažba[4)]	
		ha	%	m^3	%
	OÚ	29,89	21	13 227	22
	RN	113,81	79	47 138	78
	Spolu	134,70	100	60 365	100
Plán ťažby na decénium 1994–2003[5)]				57 410	
Rozdiel v m[6)]				2 955	
Plnenie predpisu %[7)]				105,1	

[1)]realized cutting, [2)]kind of cutting, [3)]cutting area, [4)]cutting, [5)]prescribed yield in m^3, [6)]difference in m^3, [7)]fulfillment of the plan %

Ako z predchádzajúcej tabuľky vidieť, v desaťročí 1994–2003 vykonaná rubná ťažba v LHC 1 činila 60 365 m^3, z toho obnovná úmyselná ťažba 13 227 m^3 a rubná náhodná ťažba 47 138 m^3.

Realizovaná ťažba je oproti plánovanej ťažbe na decénium 1994–2003 väčšia, čiže plán bol dokonca prekročený o 2 955 m^3. Prekročenie plánu je spôsobené vysokým podielom rubnej náhodnej ťažby. Plán obnovných ťažieb sa splnil na 105,1 %, z čoho na rubné náhodné ťažby pripadá 47 138 m^3 (78 %) a na obnovné úmyselné ťažby pripadá 13 227 m^3 (22 %).

Z porovnania s predchádzajúcim desaťročím vyplýva ešte výraznejšie zvýšenie náhodných ťažieb.

V LHC 2 bola uskutočnená obnovná ťažba v celkovom objeme 214 691 m^3, čím bol predpis ťažby stanovený LHP (189 350 m^3) splnený na 113,4 %. Z uvedeného množstva však obnovná úmyselná ťažba (OÚ) tvorila len 27,2 %, t. j. 58 390 m^3. Náhodná ťažba v rubných porastoch (RN) predstavovala až 63,2 %. Na náhodnú ťažbu v predrubných porastoch, v ktorých vznikla zalesňovacia povinnosť (RNP) pripadlo 9,6 %. Podrobnejšie porovnanie v členení na ihličnaté a listnaté dreviny je zachytené v tabuľke 3.

Tabuľka 3. Porovnanie realizovanej obnovnej ťažby s plánovanou ťažbou za desaťročie 1994–2003 v LHC 2
Table 3. Comparison of realized regeneration cutting with planned cutting within the decade 1994–2003 in the FMU Nr. 2

	Druh ťažby[2)]	Ťažbová plocha[3)]	Ťažba[4)]					
			Ihličnaté[5)]		Listnaté[6)]		Spolu[7)]	
		ha	m^3	%	m^3	%	m^3	%
Realizovaná ťažba[1)]	OÚ	102,8	54446	93,2	3944	6,8	58390	27,2
	RN	201,0	131597	97,0	4053	3,0	135650	63,2
	RNP	37,2	20328	98,4	323	1,6	20651	9,6
	Spolu	341,0	206371	96,1	8320	3,9	214691	100,0
Plán ťažby v m[8)]			176740	93,3	12610	6,7	189350	100,0
Rozdiel v m[9)]			29631		–4290		25341	
Plnenie predpisu % 10)			116,8		66,0		113,4	

[1)]realized cutting, [2)]kind of cutting, [3)]cutting area, [4)]cutting, [5)]coniferous, [6)]broadleaves, [7)]sum, [8)]prescribed yield, [9)]difference, [10)]fulfilment of the plan

3.3. Rozbor rubných náhodných ťažieb podľa druhu škodlivého činiteľa

Z rozboru škodlivých činiteľov vyplynulo, že najviac pôsobiaci škodlivý činiteľ v obidvoch desaťročiach na LHC 1 bol vietor, ktorý v sledovanom desaťročí 1984-1993 dosiahol až 81 % a v desaťročí 1994–2003 dosiahol 76,8 % z náhodných rubných ťažieb. Vietor v tomto LHC spôsobuje veľké škody na smrekových porastoch z toho dôvodu, že smrek v tejto oblasti je labilnou drevinou. Ostatné škodlivé činitele sú uvedené na obr. č. 2, ktorý nám znázorňuje náhodnú ťažbu za roky 1984–1993 podľa jednotlivých škodlivých činiteľov. Na obr. č. 3 je znázornená náhodná ťažba v LHC 1 za desaťročie 1994–2003.

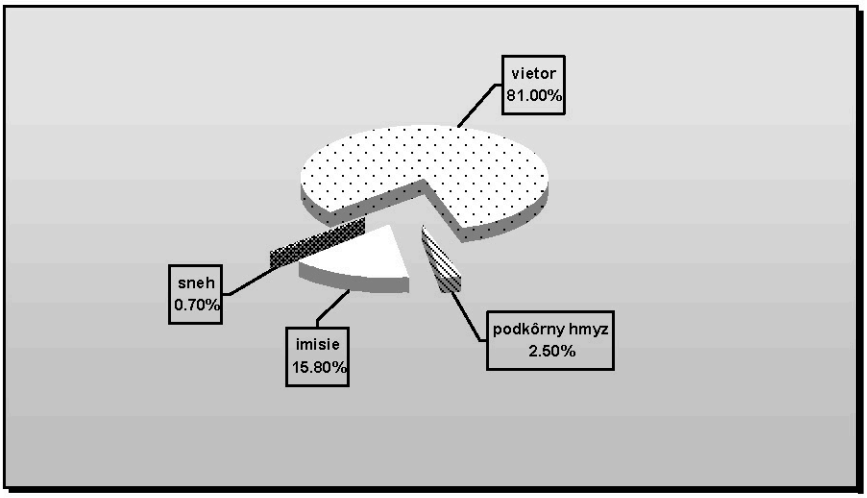
Vývoj rubných náhodných a obnovných úmyselných ťažieb za roky 1994–2003 na LHC 1 znázorňuje obr. č. 4.

Ako vyplýva z obrázku, najmenší objem obnovnej úmyselnej ťažby bol v roku 1994 (310 m^3) a v roku 2000 (754 m^3). Najväčší objem rubnej náhodnej ťažby v tomto desaťročí bol v roku 1994 (6592 m^3) a v roku 2003 (6610 m^3).

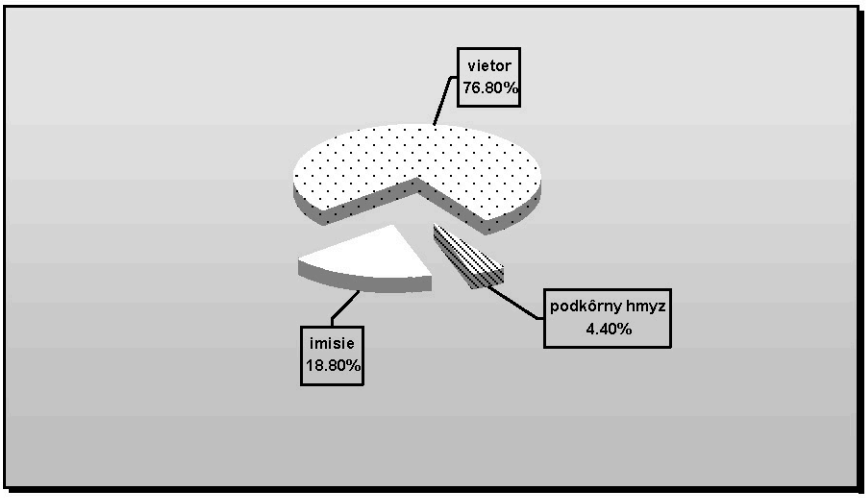
Podobný priebeh vývoja rubných náhodných a obnovných úmyselných ťažieb ako je na obr. č. 4 je aj na ostatných LHC.

V LHC 2 v kategórii hospodárskych lesov prevládajú živné stanovištia charakteristické vysokými bonitami drevín. V drevinovej skladbe dominujú smrečiny (42 %) s prímesou buka a jedle a čisté smrečiny (38 %). Tieto porasty sú síce produktívne, ale zároveň aj veľmi náchylné na poškodzovanie imisiami, s nižšou stabilitou voči vetru a snehu.

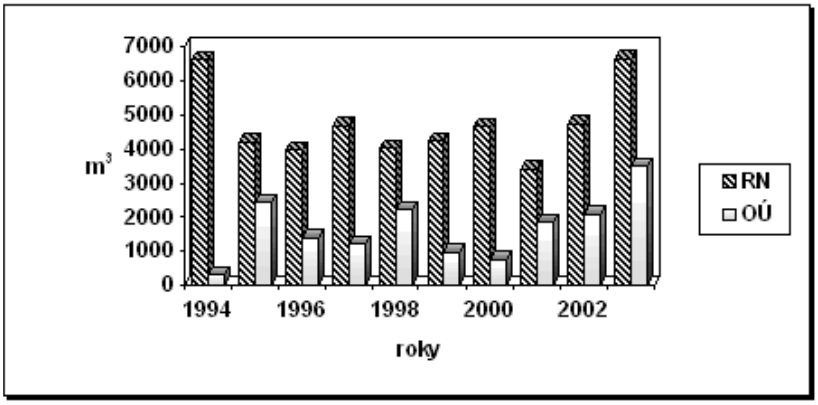
Dokumentujú to aj vysoké podiely náhodnej ťažby pri ihličnatých drevinách, keď predpis obnovnej ťažby na sledované desaťročie 1994–2003 bol prekročený až o 29 631 $m^{3,}$ čo predstavuje 116,8 % plnenie plánu.



Obr. 2. Náhodná ťažba v LHC 1 za roky 1984–1993 podľa škodlivých činiteľov
Fig. 2. Distribution of incidental cutting in the years 1984–1993 within the FMU Nr. 1 according to the harmful agents

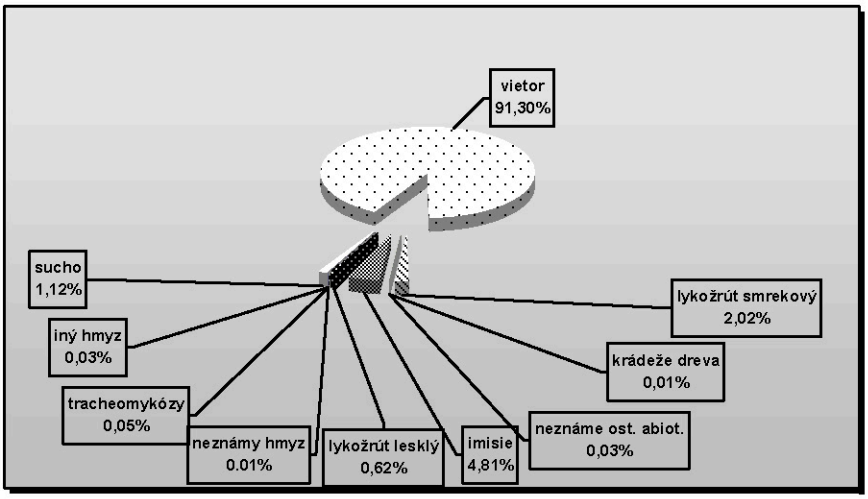


Obr. 3. Náhodná ťažba v LHC 1 za roky 1994–2003 podľa škodlivých činiteľov
Fig. 3. Distribution of incidental cutting in the years 1994–2003 within the FMU Nr. 1 according to the harmful agents



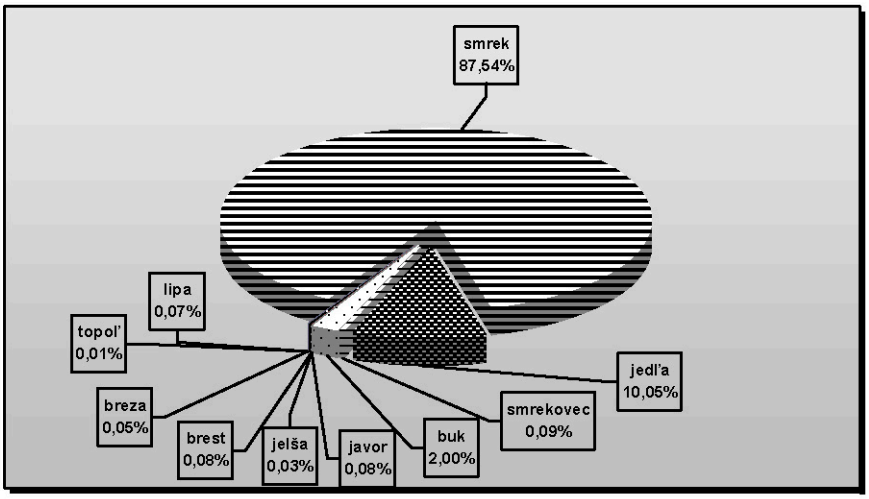
Obr. 4 Vývoj rubných náhodných a obnovných úmyselných ťažieb za roky 1994–2003 v LHC 1
Fig. 4 Development of mature incidental and intended regeneration cutting within the years 1994–2003 in the FMU Nr. 1, 1) mature incidental cutting, 2) intended regeneration cutting

Prevádzkové súbory s prevahou buka, ktoré sú ekologicky stabilnejšie tvoria 20,2 %. Na obrázku č. 5 je znázornená náhodná ťažba v LHC 2 za desaťročie 1994–2003 podľa škodlivých činiteľov.



Obr. 5. Náhodná ťažba v LHC 2 za roky 1994-2003 podľa škodlivých činiteľov
Fig. 5. Distribution of incidental cutting in the years 1994-2003 within the FMU Nr. 2 according to the harmful agents

Zo všetkých škodlivých činiteľov mal najväčší podiel na náhodných ťažbách v tomto LHC vietor (91,3 %), pričom najviac postihnutou drevinou bol smrek (až 87,54 %). Na obrázku č. 6 je znázornený podiel náhodnej ťažby podľa drevín.



Obr. 6. Náhodná ťažba v LHC 2 za roky 1994-2003 podľa drevín
Fig. 6. Distribution of incidental cutting in the years 1994-2003 within the FMU Nr. 2 according to the trees

3.4. Dôsledky vysokého podielu náhodných ťažieb a návrh možných opatrení

Ako vyplýva z dosiahnutých výsledkov, percento rubných náhodných obnovných úmyselných ťažieb na uvedených LHC je veľmi vysoké. Náhodné ťažby zapríčiňujú sústavné neplnenie obnovných úmyselných ťažieb. Prekračovanie predpisu ťažieb podľa LHP síce napĺňa celkovú výšku ťažieb, ale neplní pôvodný účel predpisu, ktorý bol stanovený v LHP. Náhodnými ťažbami je narušená vyrovnanosť ťažieb v jednotlivých LHC. Ďalej obmedzujú použitie jemnejších hospodárskych spôsobov. Spôsobujú nevyrovnanosť až extrémnosť vekových štruktúr LHC. Toto má za následok veľké výkyvy v plnení plánu obnovy porastov a následne to zapríčiňuje neplnenie ekonomických ukazovateľov lesnej výroby. Zvyšuje to náklady na ostatné pestovné a ťažbové činnosti. Ide hlavne o vysoké náklady na zalesňovanie, ochranu kultúr a pod. Vo väčšine prípadov sa len v malej miere dá uvažovať s prirodzenou obnovou. Uvedené vyplýva z nestabilných porastov, ktoré vznikli nevhodným zakladaním drevinou smrek, bez podielu ďalších drevín zaručujúcich vyššiu stabilitu hlavne voči vetru.

Z tohto dôvodu je potrebné v týchto LHC, ako aj LHC s podobnými podmienkami a stavom porastov dodržiavať určité zásady a opatrenia, použitím ktorých je možné zlepšiť stav lesov nestabilných LHC. Vykonávať včasnú a účinnú výchovu porastov v jednotlivých rastových fázach zameranú na stabilitu a bezpečnosť produkcie. Zabezpečiť obnovu porastov s využitím maximálneho prirodzeného zmladenia. Používať jemnejšie hospodárske spôsoby a ich formy.

V predpisoch LHP na základe dosiahnutých dlhodobých výsledkov uvažovať s predpokladaným percentom náhodných ťažieb. Tým sa dosiahne rovnomernosť odoberania zásob z jednotlivých vekových stupňov príslušných LHC a následná úprava vekovej štruktúry. Pri návrhoch predpisov LHP maximálne využívať súčasné výsledky ekologického prieskumu a modely hospodárenia stanovené pre príslušnú lesnú oblasť.

4. ZÁVER

V práci je riešená problematika náhodných rubných ťažieb v lesných hospodárskych celkoch. V jednom celku sa vykonalo zhodnotenie ťažbovej úpravy za dve desaťročia, v rámci kategórie hospodárskych lesov. Podiel rubnej náhodnej ťažby z celkovej vykonanej rubnej ťažby v prvom desaťročí bol 49 % a v druhom desaťročí 78 %. V ďalšom lesnom hospodárskom celku sa vykonalo zhodnotenie len jedného desaťročia. Podiel rubnej náhodnej ťažby z celkovej vykonanej rubnej ťažby bol 73 %. Výsledky potvrdili negatívny vplyv náhodných ťažieb na ďalšie obhospodarovanie lesa. Vysoký podiel náhodných ťažieb spôsobil následne neúmerne vysoké náklady na zalesňovanie. Ďalej obmedzil použitie jemnejších spôsobov hospodárenia. Náhodné ťažby ovplyvnili požadovanú vyrovnanosť ťažieb v príslušných lesných hospodárskych celkoch a spôsobili veľkú nepravidelnosť ich vekových štruktúr. Uvedený nepriaznivý stav súvisí následne s problematickým stanovením optimálnej výšky rubnej ťažby pre príslušný lesný celok. Dosiahnuté výsledky sa použijú pri vypracovaní nových lesných hospodárskych plánov pre lesné celky s podobnými prírodnými podmienkami. Ich využitie je hlavne v hospodársko-úpravníckom plánovaní.

5. Literatúra

1. Balogh, P., 2005: Vplyv náhodných ťažieb na ťažbovú úpravu lesa v lesných užívateľských celkoch. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, XLVII, s. 249–261.
2. Danček, I., Žíhlavník, A., 2003: Vplyv náhodných ťažieb na obhospodarovanie lesa jemnejšími spôsobmi. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, XLV, s. 237–251.
3. Doležal, B., 1975: Hospodářská úprava lesů. VŠZ Brno, 168 s.
4. Greguš, C., 1976: Hospodárska úprava maloplošného rúbaňového lesa. Bratislava, 304 s.
5. Herich, I., 1994: Model regulácie etátu obnovnej ťažby – uplatnenie princípu ťažbovej vyrovnanosti. Lesnícky časopis, č. 5, s. 317–333.
6. Kouba, J., 1983: Teorie normálního lesa na základě náhodných procesů. Lesnictví, č. 10, s. 915–930.

7. Kouba, J., 2000: Život lesa a jeho nejistota v čase. In: Zborník referátov. Medzinárodné sympózium „Perspektívy rozvoja hospodárskej úpravy lesov v SR“, TU Zvolen, s. 47–51.
8. Poznański, R., 1976: Zmodyfikowane formuly metod regulacji EBSA, PEREAL. Sylwan č. 8, s. 15–29.
9. Poznański, R., 2004: Nowe metody regulacji w urządzaniu lasu. Katedra Urządzania Lasu Akademii Rlniczej, Krakow, 195 s.
10. Žíhlavník, A., 2003: Ťažbová úprava lesa v lesných užívateľských celkoch s malými výmerami. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, XLV, s. 311–321.
11. Žíhlavník, A., 2004: Regulácia vekovej štruktúry podrastového lesa počas rubnej doby. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, XLVI, s. 185–195.
12. Žíhlavník, A., 2005: Vplyv vlastníckych vzťahov k lesu na metódy ťažbovej úpravy lesa. Vedecké štúdie 10/2005a/A, TU Zvolen, 62 s.
13. Žíhlavník, Š., 2003: Kartografické informačné zdroje pri lesníckom mapovaní. Geodetický a kartografický obzor, roč. 49/91, č. 7-8, s. 150-153.
14. Žíhlavník, Š., 2004a: Geodézia, fotogrametria a mapovanie v lesníctve. VŠ učebnica, TU Zvolen, 388 s.
15. Žíhlavník, Š., 2004b: Problematika vytyčovania hraníc pri reprivatizácii lesných pozemkov. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, XLVI, s. 235-245.
16. Zákon NR SR č. 326/2005 Z.z. o lesoch.

Adresa autorov:
Prof. Ing. Anton Žíhlavník, CSc.
Ing. Peter Balogh
Ing. Ján Bahýľ
Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie
Lesnícka fakulta TU vo Zvolene
T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen
Slovakia

e-mail: azihlav@vsld.tuzvo.sk

Issue of incidental cutting in connection with the forest management

Summary

The issue of mature incidental cutting within the forest user units is dealt with in the paper. Analysis of the cutting control in the forest management unit Nr. 1 during two decades was executed within the category of production forests. The share of mature incidental cutting of the total realized regeneration cutting for the first decade was 49% and for the second decade was 78%. In the other forest management user unit, marked Nr. 2, the analysis of the cutting control only within a one decade was done the share of the incidental cutting of total realized regeneration cutting was 73%. These results confirmed negative influence of incidental cutting on forest management. The high share of the incidental cutting consequently caused disproportionately high reforestation costs. It also limited using of a softer form of management. Incidental cutting influenced required balance of cutting in the particular forest management units and also caused big irregularity of their age structures. Incidental cutting influence the long-term cutting regulation planning. The solution of cutting control is nowadays aimed at making the cutting volume determination more accurate and at taking the incidental cutting into consideration during planning of cutting for a long period in advance. Attained results will be used for processing new forest management plans in the forest user units with the conformable natural conditions.

ACTA FACULTATIS FORESTALIS XLVIII
ZVOLEN – SLOVAKIA 2006

VÝVOJ NÁSLEDNÝCH BUKOVÝCH PORASTOV POČAS PRIRODZENEJ OBNOVY A V JEJ POKROČILEJ FÁZE

Štefan M A J O R O Š – Róbert M A R U Š Á K

Majoroš, Š., Marušák, R.: Vývoj následných bukových porastov počas prirodzenej obnovy a v jej pokročilej fáze. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLVIII,** 2006, s. 281–296.

V práci sa skúmala hrúbková, výšková a kvalitová štruktúra následných bukových porastov v obnove a vzťahy medzi materským a následným porastom. Vychádzalo sa z údajov opakovaných meraní na porastových profiloch trvalých výskumných plôch (TVP). Zo spracovania sa vybrali tri TVP, ktoré patria do skupiny lesných typov *Querceto Fagetum* (*QF*), *Fagetum typicum* (*Ft*) a *Fagetum pauper* (*Fp*) v nadmorskej výške 450–750 m.

Cieľom práce bolo posúdiť: optimálnu dĺžku prípravného času, odvodiť optimálnu dobu predržania materského porastu nad následným porastom, interval pestovných zásahov, optimálnu dĺžku obnovnej doby.

Na základe štatistickej a regresnej analýzy vzťahov veličín materského a následného porastu počas trvania obnovy sa ukazujú optimálne hodnoty: prípravného času 4–7 rokov, doby predržania 5-10 rokov, prvý výchovný zásah vo veku 7–10 rokov priemerného veku, interval výchovných zásahov 5-6 rokov, optimálna obnovná doba v priemere okolo 30 rokov.

Získané poznatky možno využiť pri obnovách bukových porastov v podobných podmienkach pri podrastových formách hospodárenia.

Kľúčové slová: buk, prirodzená obnova, prípravný čas, doba predržania, obnovná doba

1. ÚVOD – ROZBOR PROBLEMATIKY – CIELE PRÁCE

Všeobecne je známe, že prirodzená obnova lesných porastov je významným faktorom v ekonomike a ekológii obhospodarovania lesov a ich trvalo udržateľného rozvoja.

Konštatovalo sa taktiež aj na zasadnutí IUFRO (Istanbul 1975), „*že prirodzená obnova je z hľadiska ekologického, biologicko-produkčného a ekonomického významu zložkou, plne nenahraditeľným prostriedkom v systéme pestovania lesa založenom na lesných ekosystémoch*“ (Korpeľ, 1978).

Počas obnovy lesa v rámci obnovnej doby (OD) je snahou lesného hospodára maximálne využiť produkčné možnosti materského porastu (MP) a zabezpečiť optimálny vývoj následného porastu (NP).

Súčasťou obnovnej doby je prípravný čas (*Pč*), v ktorom sa završuje – dokončuje výchova a zároveň pripravuje obnova a doba predržania – clonenia (*Dp*), počas ktorej sa následný porast vyvíja pod ochranou materského porastu stojaceho nad ním alebo vedľa neho.

Obnova začína trvalým znížením zakmenenia, vychádza z jedného alebo viacerých východísk na pracovnom poli určitej šírky (*Šp*) a postupne sa priraďujú ťažbové zásahy o šírke (*Št*), pri ktorej je alebo nie je vplyv zostávajúceho materského porastu na následný porast, podľa realizovanej formy rúbaňového hospodárskeho spôsobu. Pri časovej organizácii – úprave obnov vznikajú otázky, ako napr.:

– za aký čas sa po znížení zakmenenia, a to nielen v súvislosti s periodicitou semenných rokov, ale aj v závislosti na zrelosti biogeocenózy, objaví a udrží prvý nálet s určitým časovým spozdením,
– kedy najskôr – alebo najpozdejšie v závislosti na bioekologických vlastnostiach drevín sa môže následný porast uvolniť a ako sa bude vyvíjať, ak naše „vlastné" časové spozdenie bude nulové alebo naopak dlhé?

Na prvú otázku možno nájsť odpoveď v práci Korpeľa (1978), kde sú uvedené aj ďalšie otázky na ktoré sa treba zamerať v súvislosti s prirodzenou obnovou lesných porastov. Zároveň sa konštatuje, že niektoré otázky sa študovali najmä v zahraničí, ale na Slovensku takýto výskum absentuje. Čiastočne sa uvedeným problémom venuje Saniga (1994). Zahraničné údaje sa nedajú aplikovať v našich podmienkach, pretože väčšina sa určila na základe skúseností (Greguš, 1976). Zo zahraničných autorov treba spomenúť Škljar (1965), Badea (1965), Polaczek (1954), Bruschel (1961), Borchers (1954), z ktorých možno čerpať porovnávacie údaje pre drevinu buk.

V snahe odpovedať na tieto, ale aj ďalšie otázky sme si na základe analýz vývoja kvalitových taxačných veličín materského a následného porastu pri zmenách v postupe obnovy bučín, položili za cieľ:

– posúdiť optimálnu dĺžku prípravného času alebo doby od započatia obnovy až po vznik následného porastu,
– odvodiť optimálnu dobu predržania MP s ohľadom na úspešný vývoj následného porastu,
– interval pestovných zásahov v následnom poraste,
– na základe matematického vzťahu medzi prvkami časovej úpravy určiť variantné dĺžky OD.

Dlhodobo merané empirické údaje umožňujú dnes vyhodnotiť vývoj následných bukových porastov počas obnovy až do jej ukončenia. Tieto práce sú vykonávané v rámci grantového projektu VEGA 1/3530/06.

2. EMPIRICKÝ MATERIÁL A METODIKA MERANIA A HODNOTENIA ÚDAJOV

V podmienkach Vysokoškolského lesníckeho podniku TU Zvolen, kde základným hospodárskym spôsobom sú podrastové maloplošné formy, sú veľmi vhodné podmienky pre prirodzenú obnovu porastov. Najviac možností v tomto smere poskytujú porasty drevín buka, jedle a smreka. Pri správne načasovaných a šetrne vykonaných ťaž-

bových zásahoch je možné v daných ekologických podmienkach plne zabezpečiť obnovu porastov prirodzenou cestou.

Už v čase prípravy zákona č. 166/1960 Zb., boli založené trvalé výskumné plochy (TVP) bývalého školského lesného podniku TU Zvolen v bukových porastoch v obnove.

TVP sú umiestnené v bukových porastoch, ktoré patria do skupiny lesných typov *Querceto Fagetum* (*QF*), *Fagetum typicum* (*Ft*), *Fagetum pauper* (*Fp*). Stručná charakteristika dielcov, v ktorých sú skúmané TVP bola podľa LHP publikovaná Paškom (1986).

Metodika vonkajších meraní bola vypracovaná (Šuška, 1964) už pred zakladaním TVP. TVP na ktorých sme vykonávali účelové merania s cieľom zachytenia štruktúry následného porastu v rôznom štádiu obnovy, boli založené už v roku 1965. Opakované merania sa robili od r. 1965 5 krát v intervale 5 rokov, čo umožňuje získavať podklady pre zhodnotenie priebehu obnovy v bučinách v danej rastovej oblasti.

TVP sú štvorcového tvaru o veľkosti 0,5 ha. Sú usporiadané tak, aby celá plocha ležala v jednom pracovnom poli. Poloha bola volená tak, aby pri skupinovej obnove stred obnovného prvku bol aj stredom plochy. Rohy plôch sú stabilizované železnými kolíkmi. Stredom plochy po vrstevnici je vytýčený tranzekt o šírke 2 m pre následný a 10 m pre materský porast s dĺžkou 75 m.

Kvantitatívnu a kvalitatívnu inventarizáciu následného porastu sme vykonali na 5 m úsekoch tranzektu (10 m^2). Hodnotili sme nasledovné znaky: počet jedincov následného porastu N (ks); hrúbku vo výške 0,05 m $d_{0,05}$ (mm); hrúbku vo výške 1,3 m $d_{1,3}$ (mm); výšku dreviny v (cm); priemerný vek t (roky); odhadované zakmenenie materského porastu Z; t – čas od začiatku obnovy (vychádzalo sa z údajov z predchádzajúcich opakovaných meraní, z priemernej doby prípravy a časovej periódy medzi meraniami).

Okrem toho sme robili aj situačné meranie a kvalitové hodnotenie podľa Oxfordskej klasifikácie, na troch 10 m úsekoch (A, B, C). Úseky vystihovali postup obnovy A – v zapojenej časti materského porastu; B – na okraji obnovovaného prvku; C – v obnovnom prvku.

Na týchto úsekoch má každý jedinec následného porastu zmeranú výšku, hrúbku vo výške 1,3 m a 0,05 m a bol ohodnotený podľa Oxfordskej klasifikácie.

3. VÝSLEDKY SPRACOVANIA A VYHODNOTENIA ÚDAJOV

Numericko grafické spracovanie spočívalo vo výpočte štatistických charakteristík vybraných veličín a vo výpočte korelačnej a regresnej analýzy vybraných závislostí medzi veličinami materského (MP) a následného porastu (NP). Prípravné spracovanie údajov bolo vykonané vlastnými počítačovými programami, ktoré boli zverejnené v záverečných prácach výskumu (Šuška, 1980).

Na výpočet štatistických charakteristík (v tab. 1) lineárnej korelácie a výpočet regresných závislostí (tab. 2) sa použili štandardné počítačové programy. Na výpočet regresných rovníc bola použitá metóda najmenších štvorcov.

3.1 Základné štatistické charakteristiky vybraných veličín

Údaje z vlastných, ale aj predchádzajúcich meraní umožňujú vyhodnotiť vývoj a variabilitu priemerných údajov na 5 m úsekoch tranzektu TVP. Výpočet základných štatistických charakteristík bol vykonaný pre nasledovné taxačné veličiny: *t* – priemerný vek NP, *N* – početnosť NP, *tk* – čas trvania obnovy, *Z* – odhadované zakmenenie stromov v MP, $d_{0,05}$ – hrúbka stromkov v NP, *Y5* – kvalita kmienka stromkov v NP, *v* – výška stromkov v NP, *Y6* – kvalita korunky stromkov v NP.

Tab. 1 Základné štatistické charakteristiky taxačných a kvalitových veličín následného porastu na TVP 4, 11 a 13

Table 1 Basic statistical values of mensurational and quality data of sequential stand at PRP 4, 11 and 13

Taxačná veličina / Mensurational data	Počet meraní / Sample size	$\bar{x}$	S_x^2	S_x	$S_x^{\%}$	R
TVP 4 / PRP 4						
t (roky)	50	8,38	34,88	5,91	70,47	23,00
tk (roky)	50	20,28	62,00	7,87	38,83	24,00
v (cm)	52	77,83	11074,10	105,23	135,21	500,00
$d_{0,05}$ (mm)	52	8,25	81,91	9,05	109,70	46,00
N (ks)	52	50,2	2689,59	51,86	103,28	240,00
Z	52	0,65	0,06	0,25	37,85	1,00
Y5	23	50,75	9,99	3,16	6,23	10,38
Y6	16	5,38	0,87	0,93	17,38	2,77
TVP 11 / PRP 11						
t (roky)	44	11,70	34,93	5,91	50,50	21,00
tk (roky)	44	22,00	63,95	8,08	36,73	23,00
v (cm)	44	161,36	13669,00	118,27	73,29	377,00
$d_{0,05}$ (mm)	44	13,39	53,60	7,32	54,70	28,00
N (ks)	44	61,80	8556,30	92,50	149,69	543,00
Z	44	0,52	0,08	0,28	53,84	1,00
Y5	20	49,74	13,42	3,76	7,5	1,00
Y6	15	5,03	0,63	0,79	15,70	2,75

Tab. 1 Pokračovanie
Table 1 Continued

Taxačná veličina/ Mensurational data	Počet meraní / Sample size	$\bar{x}$	S_x^2	S_x	$S_x^{\%}$	R
TVP 13 / PRP 13						
t (roky)	56	8,16	28,21	5,36	65,67	18,00
tk (roky)	56	20,64	63,73	8,06	39,05	23,00
v (cm)	56	63,59	2741,49	52,36	82,34	164,00
$d_{0,05}$ (mm)	56	6,83	19,67	4,43	64,85	16,00
N (ks)	56	105,70	7010,03	83,72	79,21	338,00
Z	56	0,76	0,05	0,23	30,08	1,00
Y5	24	49,05	11,19	3,42	6,97	9,80
Y6	18	5,47	1,09	1,04	19,07	2,78

Stručný prehľad vybraných štatistických charakteristík je uvedený v tabuľke č. 1 pre TVP 4, 11, 13, kde počet meraní znamená počet údajov, z ktorých sa vypočítal aritmetický priemer x, rozptyl, smerodajná odchýlka S_x^2, variačný koeficient $S_x^{\%}$ a variačné rozpätie R.

Z vypočítaných štatistických charakteristík možno usúdiť, že na porastových profiloch všetkých troch TVP je značná variabilita všetkých taxačných veličín. Je to spôsobené umiestnením úsekov na TVP, ktoré sú situované tak, aby vystihovali postup obnovy. Preto sa do spoločného súboru údajov dostanú taxačné veličiny jedincov následného porastu, ktoré sú na obnovnom prvku, v rôznom rastovom štádiu a obnovnej rozpracovanosti materského porastu.

Zhodne možno konštatovať, že najväčšia variabilita je u závislých veličín výšky, hrúbky a početnosti stromkov na všetkých TVP. Najmenšia variabilita je všeobecne u kvality kmienkov (Y5) a koruny (Y6) stromkov NP. Ak porovnáme jednotlivé TVP, tak variabilita závisle premenných je najväčšia na TVP4 a najmenšia na TVP13.

3.2 Korelačná a regresná analýza vybraných závislostí a ich grafické zobrazenie

Namerané údaje sa vyniesli do pracovných grafov (ktoré sú archivované), čím vzniklo pre každú závislosť bodové pole, pre ktoré sa navrhli aproximačné krivky. V práci sú uvedené len krivky bez bodového poľa. Použité regresné funkcie a ich parametre sú v tab. 2.

3.2.1 Závislosť početnosti na priemernom veku, dobe trvania obnovy a zakmenení materského porastu

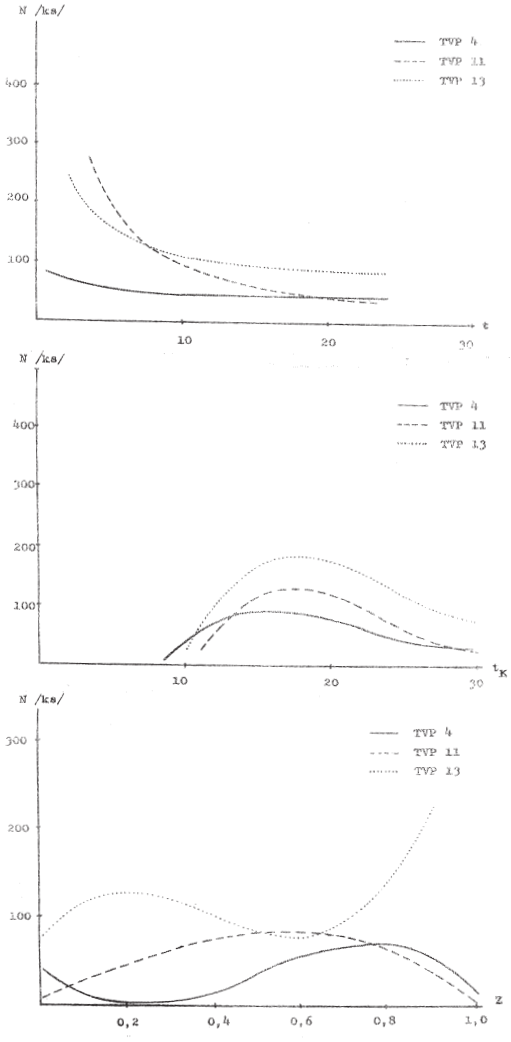
Pre aproximáciu závislosti $N = f(t)$ sme použili hyperbolu prvého stupňa $y = a + \frac{b}{x}$. Z obrázku č. 1 vidieť, že početnosť má neustále klesajúcu tendenciu, čo svedčí o značnej mortalite pričom najvýraznejší je pokles do 5–10 rokov priemerného veku následného porastu. Od tohto obdobia je pokles veľmi pozvoľný. Maximálny počet jedincov je v najmladších rastových fázach vo veku 2–3 roky a pohybuje sa v intervale 250–400 ks / 10 m^2. Výnimkou je TVP4, kde je omnoho nižšia početnosť (70–80 ks) od ostatných dvoch TVP (11, 13). Súvisí to s expozíciou a nadmorskou výškou (720 m n. m.). Z uvedeného vyplýva, že maximálna doba predržania v daných ekologických podmienkach je 5–10 rokov, čo zároveň predstavuje vek, v ktorom je potrebné vykonať prvé výchovné zásahy.

Závislosť priemerných hodnôt početnosti na dobe od začiatku obnovy $N = f(t_k)$ je vyrovnaná polynómom tretieho stupňa. Z priebehu vyrovnávajúcich kriviek na obrázku č. 1 je vidieť, že početnosť začína stúpať od nulových hodnôt v 8–10 roku od začiatku obnovy. Z toho vyplýva, že prípravný čas, t. j. čas od uskutočnenia prvých zásahov do materského porastu s cieľom vytvoriť optimálne podmienky pre vznik následného porastu, až po objavenie sa jedincov následného porastu, je 6–8 rokov, pričom počítame 2 roky ako dobu potrebnú na dorastenie jedincov po registračnú hranicu. Od tohto obdobia počet jedincov následného porastu prudko stúpa. Kulminuje v 16–20 rokoch od začiatku obnovy, pričom dosahuje hodnôt 100–200 ks /10 m^2. Ďalším vývojom početnosť neustále klesá až do doby 28 rokov od začiatku obnovy a ustaľuje sa na hodnote cca 40 ks / 10 m^2.

Ďalšiu zobrazenú závislosť početnosti následného porastu od zakmenenia materského porastu vyjadruje polynóm tretieho stupňa. Požiadavky na logický priebeh tejto závislosti spĺňajú len krivky pre TVP č. 4 a 11. Pre zakmenenie materského porastu 0,55–0,8 je početnosť následného porastu maximálna a s klesajúcim aj stúpajúcim zakmenením početnosť stále klesá. Teda existuje tu určité optimálne zakmenenie, pre ktoré je početnosť následného porastu maximálna. Vplyv zakmenenia na početnosti je na jednotlivých TVP rozdielny tak ako je rozdielny vplyv bočného svetla. Z toho vyplýva, že prípravným rubom treba znížiť zakmenenie materského porastu na 0,6–0,8, kedy v daných ekologických podmienkach vzniknú optimálne podmienky pre vznik následného porastu. Priebeh polynómu pre TVP č. 13 nezodpovedá logickému priebehu danej závislosti. Maximálne hodnoty početnosti nadobúda pri plnom zakmenení materského porastu. Je to spôsobené vplyvom bočného svetla, ktoré sa dostalo do skúmaného porastu založením približovacej linky blízko pri tranzekte, na ktorom sa táto závislosť študovala.

Proces zmladzovania je vo veľkej miere regulovaný stavom zakmenenia a zápoja hornej etáže – materského porastu. V tomto prípade sa však zákonite prejavuje časové spozdenie vo vývoji následného porastu. Skôr musí byť vykonaný rub – znížené zakmenenie, až potom sa dostavuje zmladenie.

Početnosť následného porastu nezávisí len na zakmenení materského porastu, ale aj na iných faktoroch, z ktorých možno spomenúť periodicitu semenných rokov, podmienky pre klíčenie a odrastanie náletov, prípadne zásahy hospodára.



Obr. 1 Závislosť priemernej početnosti stromkov (*N*) od priemerného veku (*t*), času trvania obnovy (*tk*) a zakmenenia materského porastu (*z*)

Fig. 1 Dependence of average tree number (*N*) of young trees on average age (*t*), time of regeneration (*tk*) and stocking of parent stand (*z*)

Tab. 2 Regresné vzťahy a parameter regresie
Tab. 2 Regression characteristics

Závislosť	Vyrovnávajúca funkcia	Počet údajov	Koeficienty kor. polynómov				Rez. rozptyl	Index kor.
			a	b	c	d		
TVP č. 4								
N=f(t)	y=a+b/x	50	42,53	51,02			2760,2	0,13
N=f(tK)	y=a+bx+cx2+dx3	50	–497,88	91,39	–4,46	0,066	2166,0	0,51
N=f(Z)	y=a+bx+cx2+dx3	50	14,31	503,90	–1338,79	857,2	2495,8	0,38
D=f(t)	y=a.exp(b.x)	50	2,86	0,11			9,2	0,98
D=f(tK)	y=a.exp(b.x2)	50	3,06	0,01			53,7	0,80
D=f(Z)	y=a+b/x	50	1,86	2,58			12,6	0,81
v=f(t)	y=a.exp(b.x)	50	19,69	0,13			838,1	1,00
v=f(tK)	y=a.exp(b.x2)	50	23,92	0,01			0,7	0,84
v=f(Z)	y=a+b/x	50	4,88	34,95			1469,9	0,86
Y5=f(t)	y=a+bx+cx2+dx3	24	47,10	0,61	–0,03	–0,0005	7,1	0,63
Y5=f(tK)	y=a+bx+cx2+dx3	23	72,84	–4,56	0,26	–0,0042	4,5	0,79
Y6=f(t)	y=a+bx+cx2+dx3	18	8,90	–0,95	0,07	0,002	0,6	0,71
Y6=f(tK)	y=a+bx+cx2+dx3	18	3,26	0,83	–0,06	0,0009	0,2	0,92
t=f(tK)	y=a+b.x	50	2,71	0,54			15,3	0,74
TVP č. 11								
N=f(t)	y=a+b/x	44	1312,65	–1,14				
N=f(tK)	y=a+bx+cx2+dx3	44	–1037,25	165,29	–7,45	0,104	7376,1	0,47
N=f(Z)	y=a+bx+cx2+dx3	44	8,84	186,13	40,72	–226,331	8867,7	0,24
D=f(t)	y=a.exp(b.x)	44	5,38	0,08			21,9	0,89
D=f(tK)	y=a.exp(b.x)	44	3,35	0,06			18,6	0,88
D=f(Z)	y=a+b/x	44	5,76	2,12			25,6	0,72
v=f(t)	y=a.exp(b.x)	44	51,64	0,09			5581,5	0,88
v=f(tK)	y=a.exp(b.x)	44	33,34	0,07			9191,1	0,85
v=f(Z)	y=a+b/x	44	63,48	24,51			7841,8	0,60
Y5=f(tK)	y=a+bx+cx2+dx3	20	129,18	–12,81	0,62	–0,009	5,1	0,83
Y5=f(t)	y=a+bx+cx2+dx3	20	67,52	–6,11	0,54	0,014	10,6	0,61
Y6=f(tK)	y=a+bx+cx2+dx3	15	79,81	–9,33	0,37	0,005	0,4	0,75
Y6= f(t)	y=a+bx+cx2+dx3	15	8,95	–0,79	4,93	–0,001	0,7	0,44
t=f(tK)	y=a+b.x	44	–2,61	0,65			8,2	0,88

Tab. 2 Pokračovanieie
Tab. 2 Continued

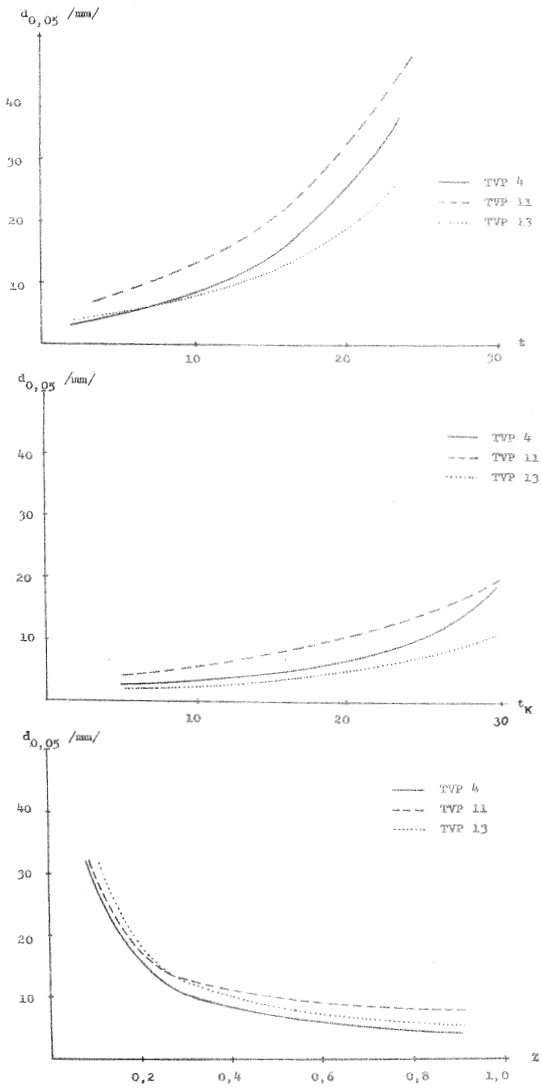
Závislosť	Vyrovnávajúca funkcia	Počet údajov	Koeficienty kor. polynómov				Rez. rozptyl	Index kor.
			a	b	c	d		
TVP č. 13								
N=f(t)	y=a+b/x	56	68,31	418,21			4385,2	0,57
N=f(tK)	y=a+bx+cx2+dx3	56	–1071,12	176,32	–7,91	0,11	4189,2	0,67
N=f(Z)	y=a+bx+cx2+dx3	56	388,42	–1741,11	317,12	–1711,13	7079,1	0,25
D=f(t)	y=a+b.exp(-x)	56	8,69	–87,91			11,4	0,66
D=f(tK)	y=a.exp(b.x)	56	1,64	0,06			7,7	0,84
D=f(Z)	y=a+b.log(x)	56	10,81	1,88			12,8	0,61
v=f(t)	y=a.exp(b.x)	56	21,52	0,12			831,7	0,97
v=f(tK)	y=a.exp(b.x)	56	53,01	1,42			1985,4	0,64
Y5=f(tK)	y=a+bx+cx2+dx3	24	100,02	–8,99	0,46	–0,0071	4,1	0,83
Y5=f(t)	y=a+bx+cx2+dx3	24	42,61	1,39	–0,05	–0,0004	0,7	0,70
Y6=f(tK)	y=a+bx+cx2+dx3	18	6,61	0,51	–0,05	–0,0009	0,1	0,95
Y6= f(t)	y=a+bx+cx2+dx3	18	10,90	–1,64	0,14	0,0036	0,1	0,96
t=f(tK)	y=a+b.x	56	–4,03	0,59			6,2	0,89

3.2.2 Závislosť priemernej hrúbky $d_{0,05}$ na priemernom veku, dobe trvania obnovy a zakmenení materského porastu

Závislosť hrúbky na priemernom veku následného porastu a dobe od začiatku obnovy bola vyrovnaná exponenciálnymi krivkami tvaru $y = a.exp(b.x)$. Tieto krivky dobre vystihujú danú závislosť, o čom svedčí aj pomerne vysoký korelačný koeficient 0,66–0,94. Štatistické charakteristiky a koeficienty regresných rovníc sú v tabuľke č. 2. Aproximačné krivky sú zobrazené na obrázkoch č. 2. Z obrázkov je vidieť, že hrúbkový prírastok nepretržite rastie, z čoho sa dá usudzovať na časovo správne umiestnené obnovné ťažbové zásahy, pretože nedošlo k spomaleniu hrúbkového prírastku vplyvom dlhej doby predržania a vysokého zakmenenia materského porastu.

Priebeh závislosti hrúbky na zakmenení vystihuje hyperbola prvého stupňa, ktorej grafický priebeh je na obrázku č. 2. Z grafu vidieť, že maximálny hrúbkový prírastok následného porastu je pri zakmenení materského porastu 0–0,35, teda u jedincov nachádzajúcich sa na úsekoch v obnovnom prvku. Z toho môžeme usudzovať, že nie je potrebné dlho predržiavať materský porast, čo by mohlo mať nepriaznivý (tlmivý) účinok na hrúbkový vývoj následného porastu.

Rozdiely medzi TVP sú spôsobené zrejme rôznou nadmorskou výškou a postupom obnovy, najmä dynamikou znižovania zakmenenia.



Obr. 2 Závislosť priemernej hrúbky stromkov ($d_{0,05}$) od priemerného veku (t), čase trvania obnovy (tk) a zakmenenia materského porastu (z)

Fig. 2 Dependence of average tree diameter ($d_{0,05}$) of young trees on average age (t), time of regeneration (tk) and stocking of parent stand (z)

3.2.3 Závislosť priemernej výšky na priemernom veku, dobe trvania obnovy a zakmenení materského porastu

Závislosť *v = f(t)* a *v = f(tk)* sú vyrovnané exponenciálnymi aproximačnými krivkami. Korelácia závislosti *v = f(t)* je veľmi tesná a index korelácie sa pohybuje v intervale 0,88–1,0. Z priebehu vyrovnávajúcich kriviek, ktoré sú zobrazené na obrázku č. 3 je vidieť, že priebeh výšky v závislosti na priemernom veku následného porastu a dobe od začiatku obnovy má rovnomerne stúpajúcu tendenciu na všetkých troch TVP, čo svedčí o plynulom priebehu obnovy. Rozdiely medzi TVP sú podobne ako u hrúbkového rastu.

Priebeh funkcie vyjadrujúcej závislosť *v = f(Z)* je zobrazený tiež na obrázku č. 3. Táto závislosť bola vyrovnaná hyperbolou prvého stupňa. Maximálna výška sa dosahuje po znížení zakmenenia materského porastu na hodnotu 0–0,35. S ďalším rastom zakmenenia výška klesá a minimálna je pri plnom zakmenení. Vplyv zakmenenia na výškový rast buka uvádza aj Polaczek (1954). Ako optimálne zakmenenie pre prežívanie a odrastanie uvádza 0,6–0,9.

3.2.4 Analýza vývoja kvalitových znakov Y5 a Y6 v závislosti na strednom veku a čase trvania obnovy

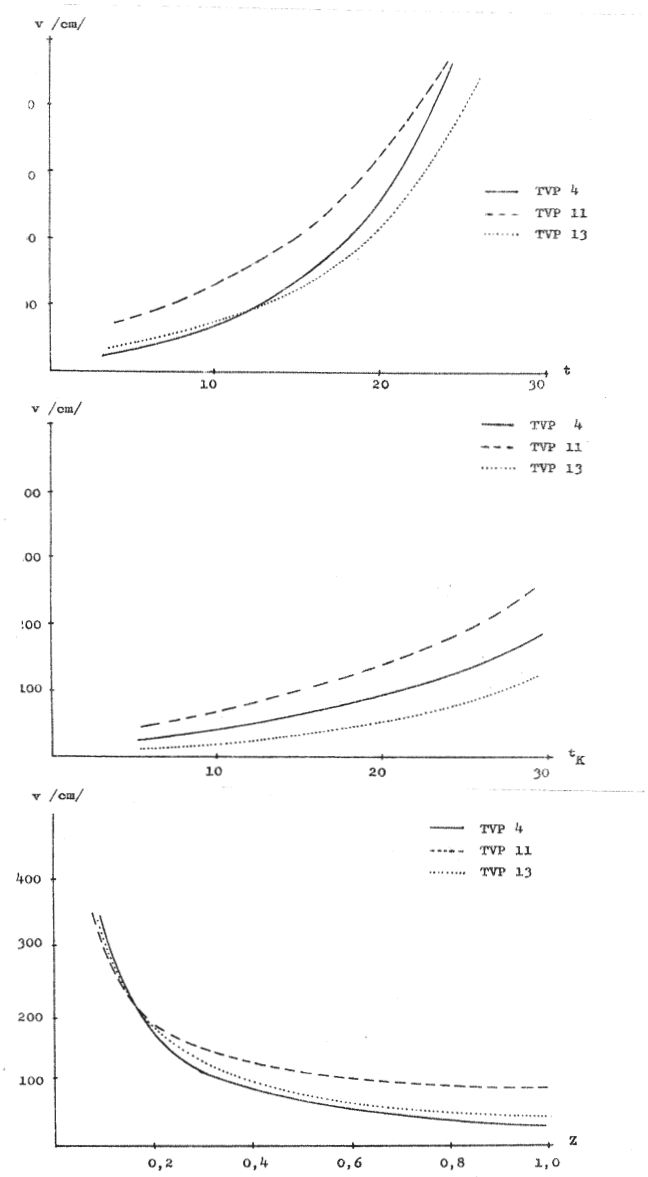
Na hodnotenie kvality stromkov sme použili čiastočne upravenú klasifikáciu IUFRO (Oxfordská klasifikácia). Pre zhodnotenie vývoja sme vybrali kvalitové znaky *Y5* a *Y6*, ktoré predstavujú kvalitu kmeňa (*Y5*) a kvalitu korunky (*Y6*).

Závislosti kvalitových znakov na priemernom veku následného porastu a dobe obnovy sú vyrovnané polynómami tretieho stupňa a sú zobrazené na obrázkoch č. 4. Z priebehu aproximačnej krivky pri závislosti *Y5 = f(t)* na obrázku vidíme mierne zhoršovanie kvality (rast kvalitového čísla) na TVP č. 4 a č. 11.

U plochy č. 13 dochádza k zhoršovaniu kvality kmienka do 11 roku, potom sa kvalita postupne zvyšuje až do priemerného veku 20 rokov. Z toho vyplýva potreba uskutočniť prvé výchovné zásahy už od 10–12 roku priemerného veku následného porastu, pretože už v týchto rastových štádiách sa tvorí základ budúceho fenotypu porastu.

U závislosti *Y5 = f(tk)* (obr. č. 4) sa kvalita kmienka v najmladších rastových fázach zlepšuje až do 14–15 roku od začiatku obnovy, potom sa začína zhoršovať, pravdepodobne vplyvom nešetrných ťažbových zásahov. Okolo 26–29 roku od začiatku od obnovy – po zapojení následného porastu, dochádza k stabilizácii a zastaveniu zhoršovania kvality a perspektívne sa očakáva jej zlepšenie.

Priebeh závislosti *Y6 = f(t)* (obr. č. 4) je nasledovný: korunky pre najmladšie rastové fázy (2–4 roky) nie sú vytvorené a kvalitové číslo nadobúda hodnotu 7. Od tohto veku sa postupne kvalita korunky zlepšuje do 10–12 roku priemerného veku, odkiaľ nastáva zhoršovanie kvality vplyvom ťažbových zásahov, ale aj vplyvom postupného zapájania porastu.



Obr. 3 Závislosť priemernej výšky stromkov (*v*) od priemerného veku (*t*), času trvania obnovy (*tk*) a zakmenenia materského porastu (*z*)

Fig. 3 Dependence of average tree height (*v*) of young trees on average age (*t*), time of regeneration (*tk*) and stocking of parent stand (*z*)

Polynómy vyrovnávajúce závislosť kvality korunky na dobe od začiatku obnovy sú zobrazené tiež na obr. č. 4, z ktorého je vidieť, že podobne ako u závislosti *Y6 = f(t)* kvalita korunky sa zlepšuje až do 24–28 roku od začiatku obnovy. Na ploche č. 11 kvalita korunky rastie do 20 roku, potom nasleduje prudký pokles kvality. V tomto období by sa mal vykonať druhý výchovný zásah v následnom poraste, aby nedochádzalo k zhoršeniu kvality v dôsledku prehustlosti následného porastu.

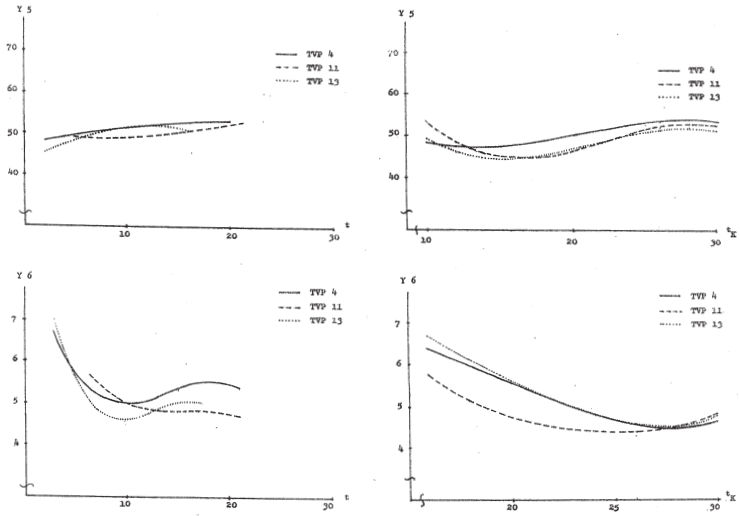
3.2.5 Závislosť priemerného veku následného porastu na dobe trvania obnovy

Táto závislosť je lineárna a približne sa dá vyjadriť rovnicou $t = 0{,}5t_k$. Index korelácie sa pohybuje od 0,74 do 0,90. Vyrovnávajúca priamka vytína na osi x úsek, ktorý predstavuje dĺžku prípravnej doby. Z obrázku č. 5 vyplýva, že v daných ekologických podmienkach sa prípravný čas pohybuje v intervale 4–7 rokov, z čoho vyplýva, že aj vo vychovávaných porastoch je potrebný prípravný rub na vytvorenie podmienok pre obnovu porastu.

4. STRUČNÉ ZÁVERY A DISKUSIA

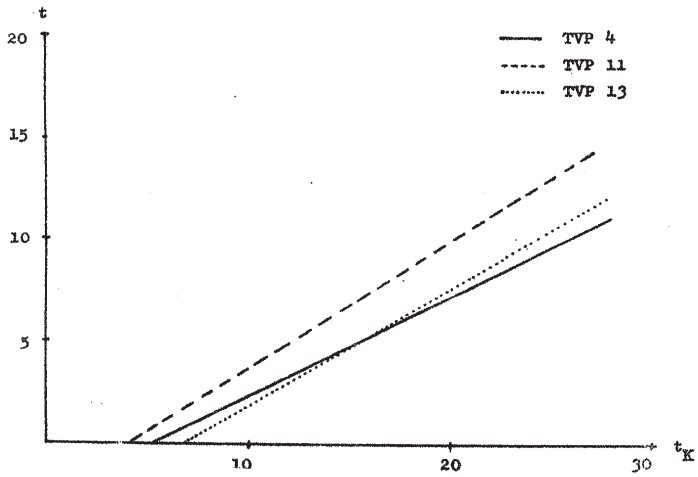
V práci sa na základe údajov z opakovaných meraní skúmali otázky štruktúry a dynamiky vývoja následného bukového porastu vo fáze pokročilej obnovy. Na základe vykonaného rozboru hrúbkovej, výškovej a kvalitovej štruktúry možno konštatovať, že hospodárenie na trvalých výskumných plochách č. 4, 11, a 13 z hľadiska časovej úpravy je správne, o čom svedčí nepretržitý hrúbkový aj výškový rast, bez akéhokoľvek spomalenia, zapríčineného dlhou dobou predržania materského porastu. Ťažbové (obnovné) zásahy do porastu však neboli uskutočnené dosť šetrne, čo sa prejavilo zhoršením kvality kmienka a korunky.

Zo závislosti *N = f(tk)* a *t = f(tk)* je možné odvodiť niektoré prvky časovej úpravy. Prípravný čas bol určený v kapitole 3.2.5 a pohybuje sa v intervale 4–7 rokov, čo zodpovedá logickým predpokladom, že vo vychovávaných porastoch treba aspoň jeden prípravný rub na zabezpečenie obnovy v priebehu decénia. Tento poznatok je zhodný s výsledkami Korpeľa (1978), ktorý uvádza minimálny prípravný čas 5 rokov. Doba predržania – z našich vyhodnotení možno usúdiť na dobu predržania 5–10 rokov. V tomto období sa dostavuje maximálny výškový rast a kulminácia kvality následného porastu. Pre porovnanie sa v literatúre uvádza interval 5–15 rokov (Badea 1965, Kadlus 1966, Korpeľ 1968 uvádza Korpeľ 1978). Prvý výchovný zásah v následnom poraste by mal hospodár vykonať najneskoršie do 15 roku od začiatku obnovy, čo odpovedá cca 7–10 rokom priemerného veku následného porastu. Ďalšie zásahy je potrebné vykonať najneskoršie vo veku 12–14 rokov v intervaloch 5–6 rokov.



Obr. 4 Závislosť priemernej kvality kmienka (*Y5*) a kvality korunky (*Y6*) od priemerného veku (*t*) a čase trvania obnovy ($_{tk}$)

Fig. 4 Dependence of average stem quality ($_{Y5}$) and crown quality of young trees ($_{Y6}$) on average age (*t*) and time of regeneration (*tk*)



Obr. 5 Závislosť priemerných vekov stromkov (*t*) od času trvania obnovy (*tk*)

Fig. 5 Dependence of average age of young trees (*t*) on time of regeneration (*tk*)

Obnovnú dobu obnovného prvku možno vypočítať podľa matematických vzťahov ako uvádza Šuška, 1980.

$$O_{dp} = P_{č} + 2D_p$$

kde: O_{dp} – obnovná doba obnovného prvku; $P_č$ – prípravný čas; D_p – doba predržania; za predpokladu, že obnovný prvok je obnovovaný rovnomerne od stredu na všetky strany a minimálna šírka pracovného poľa je rovná dvojnásobku výšky materského porastu. V našom prípade je $O_{dp} = 5 + 2*10 = 25$ rokov.

Obnovná doba porastu – je podmienená u maloplošnej podrastovej formy aj skutočnosťou, či začneme s prípravou obnovy na všetkých pracovných poliach v rovnakom desaťročí. Ak áno, najjednoduchšie sa vyjadruje schematickým vzorcom (Šuška, 1980)

$$O_d = \frac{\check{S}_p}{\check{S}_t} * D_p + P_{č}$$

Kde: $\check{S}p$ – šírka pracovného poľa; $\check{S}_t$ – šírka ťažbového zásahu; D_p – doba predržania,

$P_{č}$ – prípravný čas,

$\check{S}p$ – vzhľadom na technické možnosti a technologické postupy sa optimum šírky pracovného poľa pohybuje v rozmedzí 70–80 m,

$\check{S}_t$ – s ohľadom na koncentráciu ťažby bolo uvažované o šírke zásahu 20–30 m,

D_p – podľa našich zistení sa v daných podmienkach pohybuje v rozmedzí 5–10 rokov,

$P_{č}$ – z pestovného hľadiska je to doba zmladzovania, ktorá sa v našom prípade pohybovala od 4 do 7 rokov. Teda vychádzajúc z priemerných údajov:

$$O_d = \frac{75}{25} * 8 + 5 = 29\,\text{rokov} \approx 30\,\text{rokov}$$

Takto odvodená doba je najvýhodnejšia z hľadiska zabezpečenia úspešnej obnovy. Odvodením optimálnej obnovnej doby z hľadiska maximálnej produkcie materského porastu sme sa zaoberali v predchádzajúcich prácach (Majoroš, 2004), v ktorých sme dospeli k záverom, že obnovná doba 30 rokov je v daných ekologických podmienkach optimálna.

Literatúra

Badea, M., 1965: In legatura cu durata procesulni de regemorare. Rev. Padurilor, 9, s. 473–475.

Borchers, K., 1954: Zur Technik der Buchennaturverjungung in Niedersachen. Forst-und Holzwirt, s. 416421.

Burschel, P., 1961: Untersuchungen über die natürliche Verjüngung der Buche. Allgem. Forstzeitschrift, 2, s. 108–113.

Greguš, C., 1976: Hospodárska úprava maloplošného rúbaňového lesa. Príroda Bratislava, 304 s.

Korpeľ, Š., 1978: Začiatočné fázy prirodzenej obnovy bukových porastov. In: Pestovanie a produkcia buka. VÚLH Zvolen, Príroda Bratislava, s. 107–141.
Majoroš, Š., 2004: Časová a ťažbová úprava v malých súboroch lesných porastov na podklade kontroly vývoja stredných hrúbok a stavu porastov. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, XLVI, s. 223–233.
Paška, J., 1986: Štúdium rastu a kvality následného bukového porastu v pokročilej obnove. Diplomová práca (vedúci doc. Ing. M. Šuška, CSc., konzultant: Ing. Š. Majoroš, CSc.), KHÚLaG LF VŠLD Zvolen, 30 strán + archivované prílohy.
Polaczek, K., 1954: Die Entwicklung der Buchenverjungung im Wienerwald nach dem Mastjahr 1946. Zentralblatt f.d. gesaimte Forstwes., ½, s. 35–72.
Saniga, M., 1994: Vplyv obnovy materského porastu na počiatočné faktory prirodzenej obnovy buka. AFF Zvolen, XXXVI, s. 117–125.
Škljar, A., S., 1965: Bukovije lesa severnoj bukoviny i ich jestestvennoje vozobnovlenie. Autoreferát, USCHA, Kijev.
Šuška, M., 1964: Stručné zásady pre štúdium štruktúry a vývoja porastov v obnove na podklade trvalých pokusných plôch, 49 s.
Šuška, M., 1980: Použitie výpočtovej techniky, metód a prostriedkov kybernetiky v lesníckej biometrii a v hospodárskej úprave lesov. Záverečná správa výskumu, časť 1., zväzok 1., 175 str.

Adresa autorov:
Ing. Štefan Majoroš, CSc.
Ing. Róbert Marušák, PhD.
KHÚLaG
TU Zvolen
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen

Development of sequential beech stands during natural regeneration and in advanced phase

Summary

The paper deals with diameter, height and qualitative structure of regenerated beech stands during final cut and relation between parent and sequential stand. Data of repeated measurements on stand sections of permanent research plots (PRP) were a base for the study. Three PRP were selected. They belong in sets of forest type of *Querceto Fagetum* (*QF*), *Fagetum typicum* (*Ft*) and *Fagetum pauper* (*Fp*) located 450 to 750 m above the sea level. The aim of the work is to determine an optimal setting-up time, an optimal period of natural regeneration of parent stand above sequential stand, an interval of silvicultural measures and an optimal regeneration period. On the base of the statistical and regression analysis of relations of parent and sequential stand data, the optimal values were determined as follows: 4 to 7 years of setting-up time, 5 to 10 years of period of natural regeneration, first tending measures at 7 to 10 years of the age, interval of tending measures 5 to 6 years, regeneration period 30 years in average. Obtained knowledge can be used in beech stands under regeneration by shelterwood silvicultural system.

ACTA FACULTATIS FORESTALIS XLVIII
ZVOLEN – SLOVAKIA 2006

REGULÁCIA VÝŠKY ŤAŽBY PODĽA MODIFIKOVANEJ METÓDY MATEMATICKÝCH MODELOV A TEÓRIE NÁHODNÝCH PROCESOV

Peter B A L O G H

Balogh, P.: Regulácia výšky ťažby podľa modifikovanej metódy matematických modelov a teórie náhodných procesov. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLVIII**, 2006, s. 297–310.

V práci sa uvádza vzájomné porovnanie dvoch plochových ťažbových ukazovateľov odvodených modifikovanou metódou matematických modelov a metódou regulácie výšky ťažby podľa teórie náhodných procesov. Vhodnosť použitia obidvoch metód ťažbovej regulácie v lesných užívateľských celkoch bola posúdená na základe plynulosti priebehu vývoja plochových ťažbových ukazovateľov v jednotlivých desaťročiach rubnej doby a ich vplyvu na vyrovnávanie vekových štruktúr. Pri aplikácii modifikovanej metódy matematických modelov bola dosiahnutá priemerná hodnota rozdielov plochových ťažbových ukazovateľov medzi jednotlivými desaťročiami rubnej doby 17,05 % so smerodajnou odchýlkou 12,31 % a pri metóde ťažbovej regulácie podľa teórie náhodných procesov 5,75 % so smerodajnou odchýlkou 3,55 %. Variabilita vekových štruktúr sledovaných lesných užívateľských celkov sa použitím modifikovanej metódy matematických modelov za jedenásť desaťročí znížila priemerne o 34,42 % a aplikáciou metódy ťažbovej regulácie podľa teórie náhodných procesov priemerne o 50,85 %. Dosiahnuté výsledky potvrdili schopnosť obidvoch metód zabezpečiť primeranú plynulosť ťažbových ukazovateľov v dlhodobej perspektíve, ako aj ich pozitívny vplyv na vyrovnávanie vekových štruktúr lesných užívateľských celkov.

Kľúčové slová: ťažbová regulácia, náhodné ťažby, modifikovaná metóda matematických modelov, teória náhodných procesov

1. PROBLEMATIKA A CIEĽ PRÁCE

Ťažbová úprava lesa bola vždy veľmi dôležitou časťou hospodárskej úpravy lesov a vlastne základným motívom, na ktorom hospodárska úprava vznikla, bola vybudovaná a rozvíjaná. Plánovitá ťažbová úprava, ktorá vznikla so snahy o udržanie lesa ako surovinového zdroja, bola neustále riešená na princípe ťažbovej nepretržitosti, vyrovnanosti a hospodárnosti. V súčasnom období pristupuje k týmto aspektom nutnosť zohľadnenia všetkých funkcií lesa (produkčných, ekologických, environmentálnych), ako aj vytvorenia podmienok pre sústavné zvyšovanie produktívnosti a súčasne i stability lesných porastov.

Počas vývoja HÚL vzniklo so zreteľom na rôzne hospodárske spôsoby a v dôsledku prehlbujúcich sa poznatkov o lese mnoho metód a spôsobov, pomocou ktorých sa snažia jednotliví autori riešiť problematiku ťažbovej úpravy: Greguš (1983), Gašperšič (1995),

Šuška – Majoroš (1997), Žíhlavník (2003, 2004), Laš – Žíhlavník (2004), Poznański (2004a, 2004b) a ďalší. Ich spoločným cieľom je zisťovať ťažbové možnosti v porastoch upravovanej skupiny a prostredníctvom vhodne zvolených ťažbových ukazovateľov a rozboru stavu porastov navrhnúť najoptimálnejšiu výšku ťažby.

Väčšina doterajších ťažbových ukazovateľov výšky ťažby vyplýva z klasickej teórie normálneho lesa, ktorá predpokladá bezporuchový vývoj porastov upravovanej jednotky (Žíhlavník, 2005a). V praxi je však plánovitá činnosť lesného hospodárstva narušovaná prírodnými a antropogénnymi škodlivými činiteľmi, ktorých negatívne dôsledky sa prejavujú o. i. v podobe náhodných ťažieb.

Od roku 1988 podiel náhodných ťažieb z celkovej ťažby na Slovensku prekračuje hodnotu 34 %. Náhodné ťažby sú dlhodobo sústredené predovšetkým do horských oblastí s dominantným zastúpením ihličnatých drevín, kde ich podiel z celkovej ťažby neklesá pod 50 %. Preto je nanajvýš odôvodnené uvažovať s objektivizáciou ťažbových ukazovateľov zahrnutím vplyvu náhodných ťažieb do ich výpočtu (Dančeк – Žíhlavník, 2003).

Kouba (1989, 2000) pre vyjadrenie vplyvu náhodných ťažieb na produkciu lesov použil teóriu náhodných procesov. Na základe tejto teórie, špeciálne teórie Markovových reťazcov, vyjadril pravdepodobný výskyt kalamít po vekových stupňoch a zahrnul ich do ním navrhnutej novej teórie normálneho lesa.

Vývoj vekovej štruktúry lesov vyjadril jednoduchým homogénnym regulárnym Markovovým reťazcom, ktorý je charakterizovaný maticou pravdepodobnosti prechodu procesu (podielu plochy lesov) zo stavu *i* do stavu *j* s prvkami p_{ij} (i = 1, 2, .., n; j = 1, 2, .., n):

$$P = \begin{vmatrix} p_{11} & p_{12} & 0 & \dots & 0 \\ p_{21} & 0 & p_{23} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{n-1,1} & 0 & 0 & \dots & p_{n-1,n} \\ 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \end{vmatrix} \qquad (1)$$

V prvom stĺpci tejto matice sú prvky p_{i1}, ktoré vyjadrujú pravdepodobnosť zničenia alebo vyťaženia porastov i-teho vekového stupňa, prvky nad hlavnou diagonálou sú prvky $p_{i,i+1}$, vyjadrujúce pravdepodobnosť, že porasty *i*-teho vekového stupňa prejdú po uplynutí decénia (1 krok s časovým rozpätím t = 10 rokov) do najbližšieho vyššieho vekového stupňa (i + 1). Prvky (p_{ij}) sú nezáporné, súčet každého riadku je rovný 1. Zastúpenie vekových stupňov v kroku (decéniu) t je riadkový pravdepodobnostný vektor $p^{(t)}$ s prvkami ($p_1^{(t)}$, $p_2^{(t)}$, .., $p_n^{(t)}$), ktorých súčet je vždy rovný 1. Zastúpenie vekových stupňov v *t*-tom decéniu vychádzajúce z počiatočného zastúpenia – vektora $p^{(0)}$ vypočítame podľa vzorca:

$$p^{(t)} = p^{(0)} \cdot p^t \qquad (2)$$

Táto rovnica je základom teórie tzv. Markovových reťazcov (ktorá je časťou teórie náhodných procesov). Pre $t \to \infty$ platí:

$$\lim_{t\to\infty} p^{(0)} \cdot P^t = a \tag{3}$$

čo znamená, že postupnosť vektorov $p^{(t)}$ konverguje (blíži sa) pre $t\to\infty$ k tzv. stacionárnemu vektoru (v našom prípade normálnemu zastúpeniu vekových stupňov) – a, ktorý sa už ďalej nemení.

Pre vzťah matice pravdepodobnosti prechodu P a vektora a platí:

$$a = a \,.\, P \tag{4}$$

z tohto vzťahu, za podmienky, že $\sum_{i=1}^{n} p_i = 1$, vypočítame stacionárne zastúpenie (prvky vektora) takto:

$$a_i = \frac{\prod_{i=1}^{i-1} p_{i,i+1}}{\sum_{k=1}^{n} \prod_{i=1}^{k-1} p_{i,i+1}} \text{, k = 1, 2, .., n pre všetky i = 1, 2, .. n,} \tag{5}$$

$$\prod_{i=1}^{0} p_{i,i+1} \quad \text{je z definície rovné 1.} \tag{6}$$

Pomocou uvedených vzorcov môžeme prognózovať vývoj budúceho zastúpenia vekových stupňov, ako aj vypočítať ich stacionárne zastúpenie, a tak analyzovať vplyv náhodných ťažieb na vekovú štruktúru lesov (Kouba, 1983, 2000).

Matematický aparát teórie náhodných procesov pri riešení problematiky ťažbovej úpravy, najmä pri simulácii, regulácii a prognóze plošného etátu obnovnej ťažby okrem Koubu využili vo svojich prácach aj Suzuki (1981), Priesol – Ngô Kim Khôi (1991), Herich – Hladík (1993), Herich (1994).

Cieľom práce, ktorá vznikla v rámci vedeckého projektu VEGA 1/3530/06 („Metódy HÚL pre trvale udržateľné hospodárenie v lesoch v rôznych vlastníckych formách a ekonomických podmienkach“), je poukázať na problematiku a objektívnejšie možnosti riešenia ťažbovej regulácie v súvislosti s pôsobením škodlivých činiteľov predstavujúcich riziko hospodárenia v lese.

2. PODKLADOVÝ MATERIÁL A METODICKÝ POSTUP PRÁCE

K riešeniu danej problematiky boli použité údaje z lesných hospodárskych plánov (1994–2003) a lesnej hospodárskej evidencie troch lesných užívateľských celkov (LUC). LUC boli vybrané zo základného súboru jednoduchým náhodným výberom bez opakovania, pričom základný súbor tvorili všetky LUC s výmerou $P_{LUC} \geq 300$ ha, na ktorých sa počas posledných 4 decénií hospodárilo podľa LHP.

Vo vybraných LUC sa na výpočet plochového ťažbového ukazovateľa použil matematický aparát teórie náhodných procesov (t. n. p.).

Pravdepodobnosti vyťaženia p_{i1} v prvom stĺpci matice pravdepodobností prechodu procesu (podielu plochy lesov) zo stavu *i* do stavu *j*, boli nahradené úhrnnými empirickými percentami zväčšenými o priemerné percentuálne podiely náhodnej ťažby v jednotlivých vekových stupňoch ich pretransformovaním do intervalu (0, 1).

Priemerné percentuálne podiely náhodnej ťažby v jednotlivých vekových stupňoch sa odvodili z údajov lesnej hospodárskej evidencie (L 146) vybraných užívateľských celkov.

Veľkosť plochového ťažbového ukazovateľa v prognózovanom decéniu je daná výrazom:

$$u_{pt} = \sum_{i=1}^{n} a_{it} \cdot p_{i1} \tag{7}$$

kde: u_{pt} – plochový ťažbový ukazovateľ v decéniu *t* (ha),
ait – výmera i-teho vekového stupňa v decéniu *t* (ha),
p_{i1} – pravdepodobnosť vyťaženia.

V ďalšej časti práce sa odvodil plochový ukazovateľ pre jednotlivé desaťročia rubnej doby vybraných LUC podľa modifikovanej metódy matematických modelov (m. m. m. m.) "u_{plt} + PNŤO" (Balogh 2005). Schematické znázornenie metódy sa nachádza na obrázku 1.

Posúdenie plynulosti priebehu vývoja odvodených ťažbových ukazovateľov v rámci rubnej doby sa vykonalo na základe rozdielov hodnôt dvoch po sebe nasledujúcich ťažbových ukazovateľov kalkulovaných v príslušnom desaťročí. Z týchto rozdielov boli vypočítané základné štatistické charakteristiky (aritmetický priemer, smerodajná odchýlka a variačný koeficient).

$$u_t - u_{t+1} = \frac{u_t - u_{t+1}}{u_t} \cdot 100 \tag{8}$$

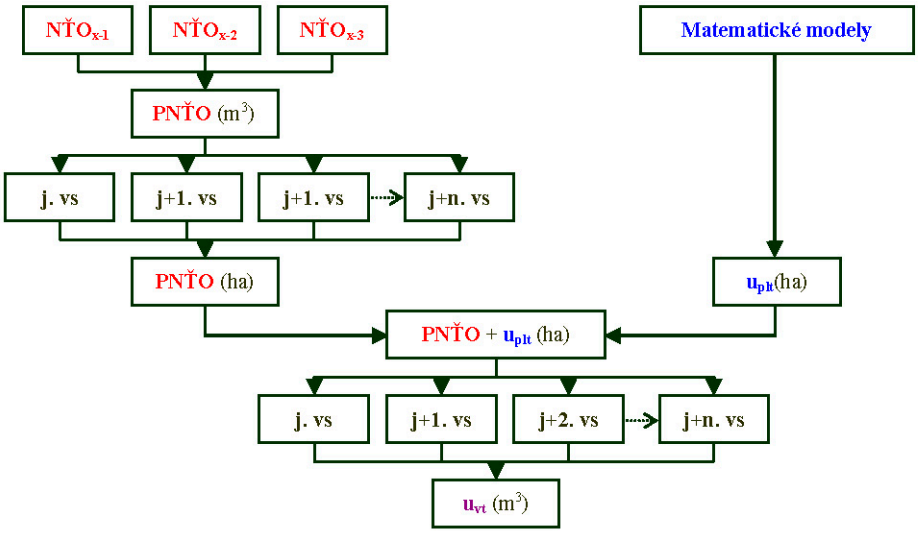
u_t – ťažbový ukazovateľ v decéniu *t* (ha),
u_{t+1} – ťažbový ukazovateľ v decéniu *t*+1 (ha).

Vhodnosť použitia obidvoch metód z hľadiska ich vplyvu na vyrovnávanie vekových štruktúr LUC sa posúdila na základe zmeny hodnoty variačného koeficienta vekovej štruktúry sledovaných LUC v priebehu rubnej doby, počas ktorej sa používali na určenie výšky ťažby v jednotlivých desaťročiach.

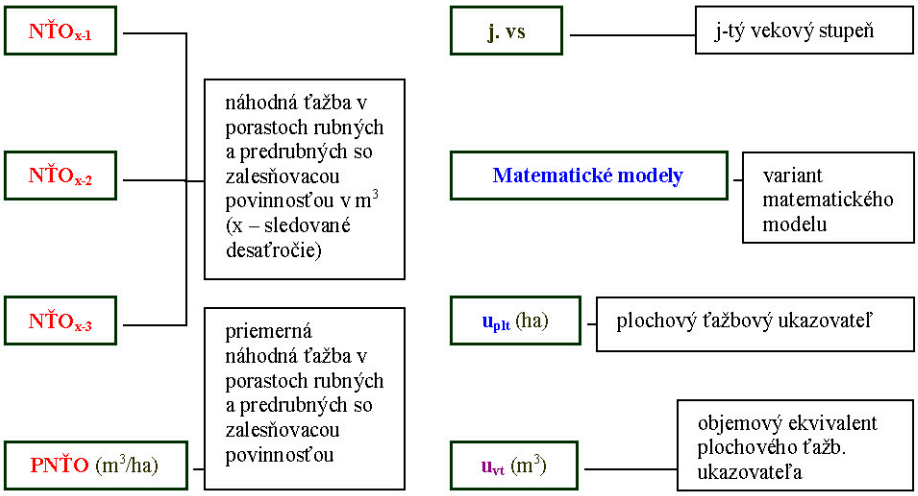
$$s_x\% = \frac{s_x}{\bar{x}} \cdot 100 \tag{9}$$

$s_x\%$ – variačný koeficient (%),
s_x – smerodajná odchýlka (ha),
– aritmetický priemer absolútnych odchýlok skutočných výmer vekových stupňov od ich normálnych (ha).

Klesanie hodnoty variačného koeficienta znamená približovanie sa skutočnej vekovej štruktúry ku normálnej.



Legenda:



Obr. 1 Odvodenie plochového ťažbového ukazovateľa a jeho objemového ekvivalentu podľa modifikovanej metódy matematických modelov

Fig. 1 Derivation of area cutting index by modified method of mathematical methods

3. DOSIAHNUTÉ VÝSLEDKY A DISKUSIA

Výsledky posúdenia plynulosti priebehu ťažbových ukazovateľov odvodených podľa modifikovanej metódy matematických modelov a teórie náhodných procesov v rámci rubnej doby (RD = 110 r) v troch sledovaných LUC sú zhrnuté v tabuľke 1.

Tabuľka 1 Priebeh vývoja hodnôt odvodených plochových ťažbových ukazovateľov v rámci rubnej doby
Table 1 Development of values of derived area cutting indexes within the cutting period

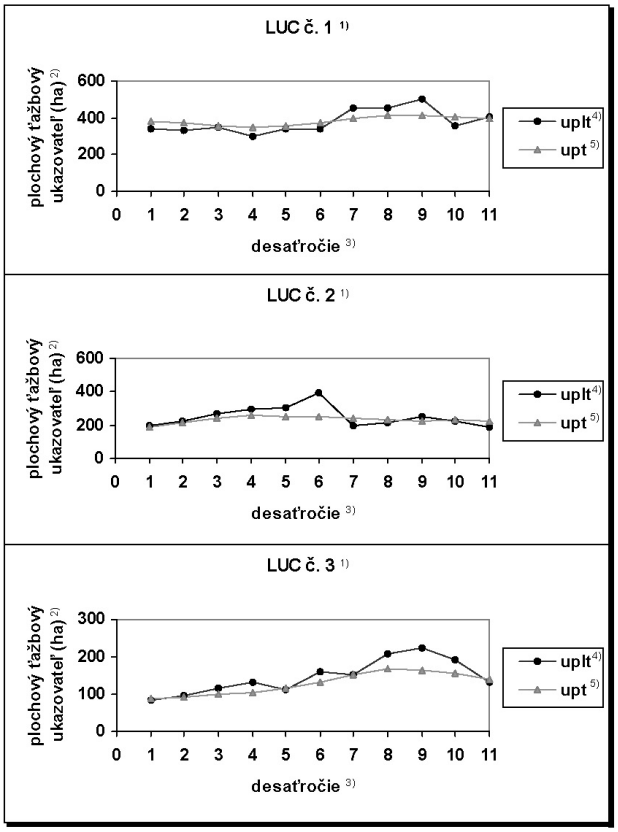
Desaťročie[1)]	Plochový ťažbový ukazovateľ (ha)[2)]					
	LUC č. 1[3)]		LUC č. 2		LUC č. 3	
	u_{plt}[4)]	u_{pt}[5)]	u_{plt}	u_{pt}	u_{plt}	u_{pt}
1.	343,34	382,06	199,95	188,10	85,98	88,25
(1.–2.)/1.* 100[6)]	2,55	2,41	10,60	13,88	12,82	4,63
2.	334,59	372,86	221,14	214,20	97,01	92,34
(2.–3.)/2.* 100	4,62	3,61	22,32	11,91	17,72	10,27
3.	350,06	359,40	270,49	239,72	114,20	101,82
(3.–4.)/3.* 100	14,45	3,41	8,63	7,34	16,45	1,53
4.	299,48	347,16	293,82	257,31	132,98	103,38
(4.–5.)/4.* 100	12,40	3,46	3,66	1,70	16,92	10,29
5.	336,63	359,17	304,57	252,94	110,49	114,02
(5.–6.)/5.* 100	0,61	4,79	29,95	1,21	44,12	15,13
6.	338,68	376,37	395,78	249,87	159,23	131,27
(6.–7.)/6.* 100	34,38	6,37	50,55	1,64	4,46	16,58
7.	455,11	400,35	195,72	245,77	152,12	153,04
(7.–8.)/7.* 100	0,51	2,46	9,11	4,85	37,43	10,39
8.	457,42	410,18	213,55	233,86	209,06	168,94
(8.–9.)/8.* 100	9,29	1,77	18,11	2,80	8,05	1,89
9.	499,91	417,45	252,22	227,32	225,88	165,75
(9.–10.)/9.* 100	27,99	2,69	6,13	2,04	14,58	4,79
10.	359,98	406,21	267,69	231,95	192,94	157,81
(10.–11.)/10.* 100	12,44	1,93	29,47	4,17	31,31	12,55
11.	404,75	398,36	188,80	222,27	132,52	138,01
Aritmetický priemer[7)]	379,99	384,51	254,88	233,03	146,58	128,60
	11,92	3,29	18,85	5,15	20,39	8,81
Smerodajná odchýlka[8)]	61,35	22,43	58,76	19,07	44,10	28,70
	10,84	1,34	13,83	4,27	12,27	5,05
Variačný koeficient[9)]	16,15	5,83	23,05	8,18	30,09	22,32
	90,94	40,61	73,37	82,93	60,17	57,41

[1]decade, [2]area cutting index, [3]forest user unit, [4]cutting index by modified method of mathematical models, [5]cutting index by theory of random processes, [6]diference between decades, [7]mean, [8]standard deviation, [9]coefficient of variation

Pri riešení ťažbovej regulácie modifikovanou metódou matematických modelov boli dosiahnuté nasledovné priemerné hodnoty rozdielov plochových ukazovateľov: 11,92 % so smerodajnou odchýlkou 10,84 % (LUC č. 1), 18,85 % so smerodajnou odchýlkou 13,83 % (LUC č. 2) a 20,39 % so smerodajnou odchýlkou 12,27 % (LUC č. 3).

Priemerná hodnota rozdielov plochových ťažbových ukazovateľov medzi jednotlivými desaťročiami rubnej doby odvodených podľa teórie náhodných procesov bola v LUC č. 1 3,29 % so smerodajnou odchýlkou 1,34 %, v LUC č. 2 5,15 % so smerodajnou odchýlkou 4,27% a v LUC č. 3 8,81 % so smerodajnou odchýlkou 5,05 %.

Grafické znázornenie priebehu vývoja hodnôt plochových ťažbových ukazovateľov odvodených preskúmavanými metódami pre jedenásť desaťročí vybraných LUC zachytáva obrázok 2.



Obr. 2 Priebeh hodnôt plochových ťažbových ukazovateľov vo vybraných LUC

Fig. 2 Development of area cutting indexes in the chosen forest user units; [1]foret user unit No., [2]area cutting index, [3]decade, [4]cutting index by modified method of mathematical models, [5]cutting index by theory of random processes

Z dosiahnutých výsledkov je zrejmé, že obidve aplikované metódy ťažbovej regulácie sú schopné zabezpečiť plynulosť ťažbových ukazovateľov, ktorá je dôležitá z hľadiska sledovania predpokladaného vývoja obnovných ťažieb.

Pri metóde matematických modelov existuje možnosť dosiahnuť ešte priaznivejšiu plynulosť hodnôt plochových ťažbových ukazovateľov medzi jednotlivými desaťročiami uplatnením 3. podmienky použitia pôvodnej metódy matematických modelov (Žíhlavník, 2000).

Okrem posúdenia schopnosti obidvoch metód zabezpečiť ťažbovú vyrovnanosť bol prostredníctvom zmeny hodnoty variačného koeficienta sledovaný aj ich vplyv na vyrovnávanie vekových štruktúr vybraných LUC.

Variačné koeficienty, charakterizujúce stav vekovej štruktúry v jednotlivých desaťročiach RD, počas ktorej boli metódy používané sú uvedené v tabuľke 2 a 3.

Tabuľka 2 Variačné koeficienty vekových štruktúr pri použití modifikovanej metódy matematických modelov
Table 2 Coefficients of variation of age structures during using of modified method of mathematical models

Desaťročie[1)]	LUC č. 1[2)]	LUC č. 2	LUC č. 3
	Variačný koeficient vek. štruktúry (%)[3)]		
1.	111,96	132,35	82,44
2.	127,41	130,35	85,19
3.	123,51	119,91	87,16
4.	127,33	113,44	70,79
5.	118,36	124,13	57,77
6.	99,19	150,18	67,92
7.	113,76	155,10	75,22
8.	120,23	142,13	69,52
9.	116,06	126,27	72,48
10.	94,82	80,24	73,29
11.	68,41	78,13	76,95

[1]decade, [2]forest user unit No., [3]coefficient of variation of age structure

Variabilita vekových štruktúr LUC sa použitím modifikovanej metódy matematických modelov za jedenásť desaťročí znížila priemerne o 34,42 %.

Tabuľka 3 Variačné koeficienty vekových štruktúr pri použití ťažbovej metódy podľa teórie náhodných procesov
Table 3 Coefficients of variation of age structures during using of cutting method by theory of random processes

Desaťročie[1)]	LUC č. 1[2)]	LUC č. 2	LUC č. 3
	Variačný koeficient vek. štruktúry (%)[3)]		
1.	116,95	144,87	84,93
2.	126,47	150,00	81,52
3.	129,14	153,05	78,30
4.	128,32	141,47	77,14
5.	127,70	125,31	79,63
6.	125,70	104,55	86,34
7.	118,35	88,92	85,38
8.	102,57	86,46	75,59
9.	79,99	84,97	64,88
10.	65,06	88,54	54,90
11.	59,62	76,64	57,95

[1]decade, [2]forest user unit No., [3]coefficient of variation of age structure

Aplikáciou metódy ťažbovej regulácie podľa teórie náhodných procesov došlo za jedenásť desaťročí k priemernému zníženiu hodnoty variačného koeficienta vekovej štruktúry o 50,85 %.

Pozitívny vplyv metód na vyrovnávanie vekových štruktúr sledovaných LUC dokumentujú aj obrázky 3, 4 a 5.

Uplatnením daných metód je možné čiastočné zabezpečenie vyrovnanosti vekových štruktúr, čo sa v dlhšom časovom horizonte prejaví aj na vyrovnanosti produkcie.

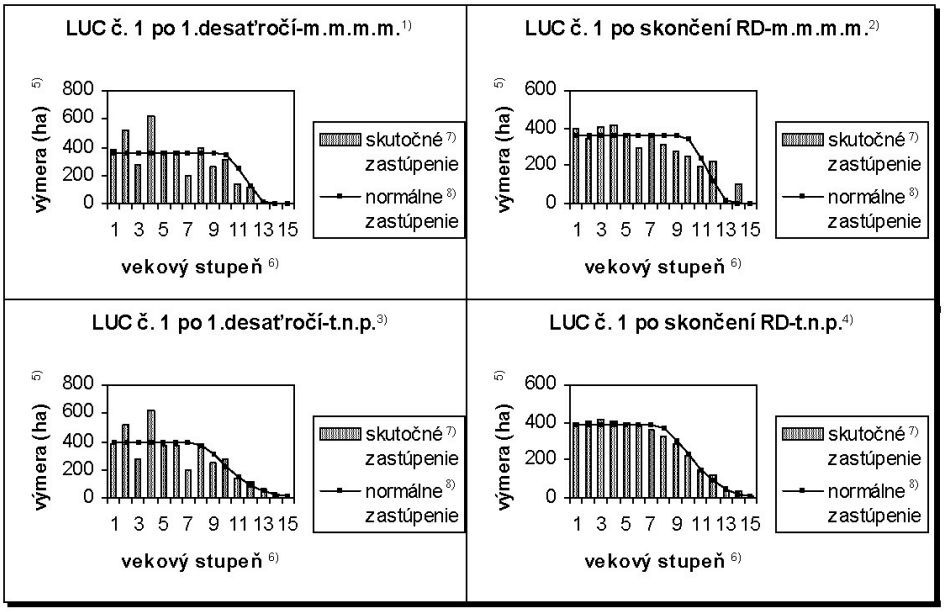
Vo vekových štruktúrach, ktoré boli silne narušené náhodnými ťažbami je však potrebné v spojitosti s príslušnými plochovými ťažbovými ukazovateľmi použiť väčšou váhou induktívny etát.

Veľkou výhodou plochových ukazovateľov vo všeobecnosti je možnosť rýchleho a presného odvodenia výšky ťažby aj na niekoľko desaťročí dopredu. Táto možnosť vyplýva z nemennosti plochy vo väčšine vekových stupňov počas celého obdobia výpočtu.

Treba tiež podotknúť, že plochová kontrola nie je výlučne viazaná na holorubný hospodársky spôsob. Zdôvodnenie potreby jej návratu v súčasnom období podľa Žíhlavník (1999) nie je snahou o zastávanie, či presadzovanie holorubného hospodárstva, ale jednoznačne vyplýva z nutnosti usmerňovania nepriaznivého stavu vekovej štruktúry našich lesov a snahy o dosiahnutie priaznivého pomeru vekových stupňov v príslušných jednotkách lesa. Toto je možné len s taxačnou veličinou, ktorá je presná, ľahko zmerateľná,

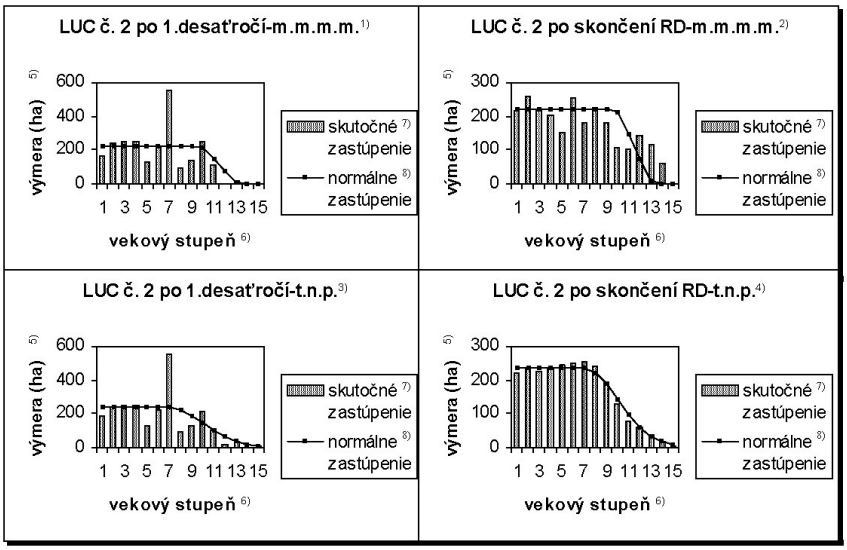
ktorá nepodlieha vývojovým zmenám počas uvažovaného obdobia a zároveň je ľahko kontrolovateľná. Plocha všetky uvedené kritériá kompletne spĺňa.

Výsledky tejto práce potvrdzujú nutnosť praktického využitia a realizácie plochového ekvivalentu obnovnej ťažby, ako záruky správneho zastúpenia vekových stupňov (ŽÍHLAVNÍK, 2005b).



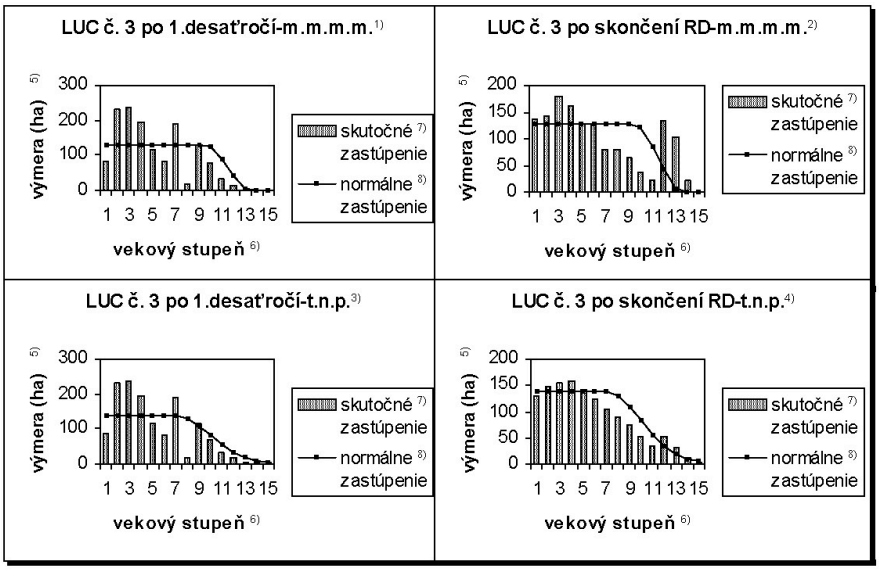
Obr. 3 Vyrovnávanie vekovej štruktúry LUC č. 1 (RD = 110 r) pri použití metódy matematických modelov a ťažbovej metódy podľa teórie náhodných procesov

Fig. 3 Equalizing of age structure of the FUU No. 1 (cutting period = 110) during using modified method modified metho mathematical models, [3]FUU after 1. decade by cutting method by theory of random processes, [4]FUU after finishing of cutting period by cutting method by theory of random processes, [5]area, [6]age classes, [7]actual distribution of age classes, [8]normal distribution of age classes



Obr. 4 Vyrovnávanie vekovej štruktúry LUC č. 2 (RD = 110 r) pri použití metódy matematických modelov a ťažbovej metódy podľa teórie náhodných procesov

Fig. 4 Equalizing of age structure of the FUU No. 2 (cutting period = 110) during using modified method of mathematical models and cutting method by theory of random processes; [1]FUU after 1. decade by modified method of mathematical models, [2]FUU after finishing of cutting period by modified method of mathematical models, [3]FUU after 1. decade by cutting method by theory of random processes, [4]FUU after finishing of cutting period by cutting method by theory of random processes, [5]area, [6]age classes, [7]actual distribution of age classes, [8]normal distribution of age classes



Obr. 5 Vyrovnávanie vekovej štruktúry LUC č. 3 (RD = 110 r) pri použití metódy matematických modelov a ťažbovej metódy podľa teórie náhodných procesov

Fig. 5 Equalizing of age structure of the FUU No. 3 (cutting period=110) during using modified method of ma thematical models and cutting method by theory of random processes; [1]FUU after 1. decade by modified method of mathematical models, [2]FUU after finishing of cutting period by modified method of mathematical models, [3]FUU after 1. decade by cutting method by theory of random processes, [4]FUU after finishing of cutting period by cutting method by theory of random processes, [5]area, [6]age classes, [7]actual distribution of age classes, [8]normal distribution of age classes

4. ZÁVER

Predmetom práce je poukázať na objektívnejšie možnosti riešenia ťažbovej regulácie v lesných užívateľských celkoch v súvislosti s pôsobením škodlivých činiteľov, predstavujúcich riziko hospodárenia v lese.

Boli preskúšané dve metódy ťažbovej regulácie, ktoré pri svojom výpočte uvažujú rôznym spôsobom aj s vplyvom náhodných ťažieb. Nízke priemerné hodnoty rozdielov plochových ťažbových ukazovateľov medzi jednotlivými desaťročiami rubnej doby pri aplikácii modifikovanej metódy matematických modelov (17,05 %) a pri metóde ťažbovej regulácie podľa teórie náhodných procesov (5,75 %) potvrdili schopnosť obidvoch metód zabezpečiť dlhodobú vyrovnanosť ťažbových ukazovateľov, dôležitú z hľadiska sledovania predpokladaného vývoja obnovných ťažieb. Priemerné zníženie hodnoty variačného koeficienta vekovej štruktúry za jedenásť desaťročí o 34,42 % pri použití modifikovanej metódy matematických modelov a o 50,85 % pri metóde ťažbovej regulácie podľa teórie

náhodných procesov dokumentuje pozitívny vplyv preskúmavaných metód na vyrovnávanie vekových štruktúr lesných užívateľských celkov.

5. Literatúra

BALOGH, P.: Vplyv náhodných ťažieb na ťažbovú úpravu lesa v lesných užívateľských celkoch. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, XLVII, 2005, s. 249–261.

DANČEK, I. – ŽÍHLAVNÍK, A.: Vplyv náhodných ťažieb na obhospodarovanie lesa jemnejšími spôsobmi. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, XLV, 2003, s. 237–251.

GAŠPERŠIČ, F.: Gozdnogospodarsko načrtovanje v sonaravnem ravnanju z gozdovi. Ljubljana 1995, 403 s.

GREGUŠ, C.: Výpočet etátu pomocou empirických ťažbových percent. Lesnícky časopis, 1983, č. 3, s. 251–267.

HERICH, I. – HLADÍK, M.: Model simulácie, regulácie a prognózy plochového etátu obnovnej ťažby. Lesnictví, 1993, 39, č. 10, s. 415–421.

HERICH, I.: Model regulácie obnovnej ťažby – uplatnenie princípu ťažbovej vyrovnanosti. Lesnícky časopis, 1994, 40, č. 5, s. 317–333.

KOUBA, J.: Teorie normálního lesa na základě náhodných procesů. Lesnictví, 1983, č. 10, s. 915–930.

KOUBA, J.: Teorie odhadu vývoje kalamit a řízení procesu vyrovnání lesa na normální les. Lesnictví, 1989, č. 10, s. 925–944.

KOUBA, J.: Život lesa a jeho nejistota v čase. In: Zborník referátov. Medzinárodné sympózium „Perspektívy rozvoja hospodárskej úpravy lesov v SR“, TU Zvolen 2000, s. 47–51.

LAŠ, M. – ŽÍHLAVNÍK, A.: Problematika a možnosti použitia ťažbových ukazovateľov v nepravidelných vekových štruktúrach lesa. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, XLVI, 2004, s. 197–208.

POZNAŃSKI, R.: Nowe metody regulacji w urządzaniu lasu. Katedra Urządzania Lasu Akademii Rolniczej, Kraków 2004a, 195 s.

POZNAŃSKI, R.: Foundations of a theory of the real forest. In: Proceedings. IUFRO Conference, WP 4.04.10 – Sustainable Harvest Scenarios in Forest Management, Zvolen 2004b, s. 9–12.

PRIESOL, A. – NGÔ KIM KHÔI: Regulácia výšky ťažby dreva podľa základných ťažbových ukazovateľov a počtu pravdepodobnosti. Správa pre oponentské pokračovanie čiastkového výskumu, VŠLD Zvolen 1989, 122 s.

SUZUKI, T.: Die Gentan-Wahrscheinlichkeit als Anwendung von Markow-Ketten in der Forstwissenschaft. XVII IUFRO World Congres, Kyoto, 1981, s. 165–170.

ŠUŠKA, M. – MAJOROŠ, Š.: Teoretické princípy a využitie adaptívnej regulácie a kontroly rubných ťažieb. Vedecké štúdie 10/1997/A, TU Zvolen, 57 s.

ŽÍHLAVNÍK, A.: Ťažbová úprava lesa v lesných užívateľských celkoch. Vedecké štúdie 4/1999/A, TU Zvolen, 78 s.

ŽÍHLAVNÍK, A.: Ťažbová regulácia v lesných užívateľských celkoch s podrastovým hospodárskym spôsobom. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, XLII, 2000, s. 213–225.

ŽÍHLAVNÍK, A.: Ťažbová úprava lesa v lesných užívateľských celkoch s malými výmerami. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, XLV, 2003, s. 311–321.

ŽÍHLAVNÍK, A.: Vplyv vlastníckych vzťahov k lesu na metódy ťažbovej úpravy lesa. Vedecké štúdie 10/2005a/A, TU Zvolen, 62 s.

ŽÍHLAVNÍK, A.: Uplatnenie ťažbových ukazovateľov v dlhodobom sledovaní vývoja vekovej štruktúry lesa. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, XLVII, 2005b, s. 311–323.

Adresa autora:
Ing. Peter Balogh
Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie
Lesnícka fakulta vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen

Regulation of cutting by modified method of mathematical models and theory of random processes

Summary

The aim of this paper is to point out more objective solution possibilities of forest cut regulation within forest user units with regard to effecting of harmful agents that are risk of forest management.

Two methods of cutting regulation, which consider influence of incidental cuttings during calculation in different ways, were examined. Low average values of the differences of area cutting indexes between individual decades during application of modified method of mathematical models (17,05%) and cutting method by the theory of random processes (5,75%) confirmed the ability of both methods to ensure long term balance of cutting indexes, which is important with regard to watching expected development of regeneration cuttings. The positive influence of measured methods on balancing of age structures of the forest user units has been proved by the average decrease of variation coefficient of the age structure within eleven decades by 34,42% (in application of the modified method of mathematical models) and by 50,85% (in application of cutting method by the theory of random processes).

ACTA FACULTATIS FORESTALIS XLVIII
ZVOLEN – SLOVAKIA 2006

MATEMATICKÉ MODELOVANIE ROZLIČNÉHO STUPŇA PODÚROVŇOVEJ PREBIERKY V ROVNORODÝCH BUKOVÝCH PORASTOCH

Tomáš VACULČIAK – Róbert SEDMÁK

Vaculčiak, T., Sedmák, R.: Matematické modelovanie rozličného stupňa podúrovňovej prebierky v rovnorodých bukových porastoch. Acta Facultatis Forestralis Zvolen, **XLVIII**, 2006, s. 311–326.

Predkladaný príspevok sa zaoberá matematickým modelovaním vyznačovania rozličného stupňa podúrovňovej prebierky definovanej metodikou Nemeckých výskumných ústavov (1902) v súbore rovnorodých bukových porastov skupín lesných typov *Fagetum pauper* (*Fp*) a *Fagetum typicum* (*Ft*) v rastovej fáze žŕdkoviny až žrďoviny. Na tento účel bol navrhnutý matematický model, ktorý je schopný na základe vizuálneho ohodnotenia výškového postavenia, kvality kmeňa a koruny a zdravotného stromu jednotlivého stromu určiť, či strom nachádzajúci sa v určitom vývojom štádiu bude alebo nebude zaradený do definovanej prebierky. Navrhnutý model patrí do skupiny lineárnych regresných modelov navrhovaných pre potreby klasifikácie výberových jednotiek podľa kombinácií hodnôt nezávislých premenných do vopred definovaných skupín závislej premennej. Model bol parametrizovaný a validovaný na jednorázovom empirickom materiáli založenom v rovnorodých bukových porastoch. Empirický materiál bol rozdelený na parametrizačnú a validačnú časť. V rámci validácie sa otestovala správnosť a presnosť zostaveného modelu a boli zistené uspokojivé výsledky úspešnosti triedenia stromov v príslušných klasifikačných maticiach so štatisticky dokázanou nevychýlenosťou modelu. Takto navrhnutý a overený matematický model umožňujúci simulovať vyznačovanie podúrovňovej prebierky podľa metodiky Nemeckých výskumných ústavov (1902) bude súčasťou prebierkového submodelu novovytváraného rastového simulátora rovnorodých bukových porastov.

Kľúčové slová: matematické modelovanie, parametrizácia, validácia, prebierkový submodel, podúrovňová prebierka

1. PROBLEMATIKA A CIEĽ PRÁCE

Vzhľadom na takmer štvrtinové zastúpenie rovnorodých bukových porastov skupín lesných typov *Fp* a *Ft* na rozlohe lesov SR vystupuje vo výskume i v praxi stále viac do popredia požiadavka predvídať ich budúci vývoj a produkciu na základe moderných metód matematického modelovania rastu lesa. Základným modelom rastu lesných porastov používaným v hospodársko-úpravníckej praxi na Slovensku sú rastové tabuľky 2. a 3. vydania (Halaj et al. 1987, Halaj, Petráš 1998). Rastové tabuľky popisujú vývoj biometrických veličín jednotlivých porastov v závislosti od veku, dreviny, bonity, príp. stupňa zásobovej úrovne.

Nový vývojový variant rastových tabuliek predstavujú rastové simulátory. Sú založené na systémovom prístupe a umožňujú na samočinnom počítači simulovať, t. j. predikovať rastový proces jednotlivých stromov i celého porastu pri rôznych ekologických faktoroch prostredia a pestových zásahoch. Je to veľmi efektívny postup, lebo pomocou simulátora sa v krátkom časovom okamihu získava predstava o rastovom procese, ktorý trvá v skutočnom poraste niekoľko desaťročí, a to pre ľubovoľné varianty obhospodarovania. Pri tom získavame informácie nielen o predpovedi očakávaného vývoja porastov, ale aj informácie potrebné pre hospodársko-úpravnícke plánovanie, plánovanie pestovateľských zásahov a ťažbovej činnosti. Okrem iného je možné ich využívať pri ekonomickom plánovaní a analýzach v lesnom hospodárstve, ako aj pri formulácii zásad lesníckej politiky (Ďurský 1996, 2002).

Simulačné techniky umožňujú preskúšať veľké množstvo pestovných programov bez potreby zakladať pre každú preverovanú kombináciu osobitnú trvalú výskumnú plochu (TVP), čo do značnej miery dovoľuje znížiť náklady dlhodobých výskumov. Súčasné modelovacie techniky dokážu vierohodne prognózovať budúci vývoj TVP pri zohľadnení meniacich sa prírodných podmienok, stavu porastu a režimov obhospodarovania a formulovať určité poznatky okamžite bez čakania na koniec produkčného cyklu. Môžeme konštatovať, že matematické modelovanie na báze rastových simulátorov môže značne zefektívniť obhospodarovanie porastov u drevín kvalitatívnej produkcie v meniacich sa prírodných a ekonomických podmienkach hospodárenia v lese.

Rastový simulátor je model rastu lesa pracujúci prostredníctvom matematických rovníc usporiadaných logickým spôsobom tak, aby reprezentovali vývoj porastu (Vanclay 1994). Predikciu tohto vývoja môžeme dosiahnuť činnosťou jednotlivých submodelov, ktoré sú súčasťou každého rastového simulátora. Keďže rovnorodé bukové porasty sú v kategórii hospodárskych lesoch vychovávané prebierkami, tak neodmysliteľnou súčasťou simulátora je i prebierkový submodel schopný modelovať rast lesa pri uplatňovaní rozličných druhov prebierok.

Prebierkový submodel rastového simulátora slúži na simuláciu vykonávania úmyselných hospodárskych zásahov v lesnom poraste. Triedi stromy existujúce v určitom čase na modelovanej ploche do dvoch kategórií: na stromy odstraňované prebierkou z porastu a stromy pokračujúce v raste ďalej v nasledujúcom období. Ich triedenie je dané druhom a silou prebierkového zásahu. Počítač dokáže vierohodne simulovať prebierky len na základe prebierkových pravidiel kvantitatívneho charakteru. Princíp fungovania prebierkového modulu spočíva v tom, že dokáže previesť súbor kvalitatívnych charakteristík a slovných opisov definujúcich druh prebierky na inštrukcie, na základe ktorých sa uskutoční počítačová simulácia danej prebierky (Sedmák 2005).

Cieľom predkladaného príspevku je modelovanie podúrovňovej prebierky rozličného stupňa podľa metodiky Nemeckých výskumných ústavov (Nvú 1902) stupňov A, B, C v rovnorodých bukových porastoch skupín lesných typov *Fp* a *Ft* v rastovej fáze žŕdkoviny až žrďoviny. Na tento účel bolo potrebné navrhnúť model, ktorý bude schopný

na základe jednotlivo stromových meraní simulovať vyznačovanie zvoleného druhu a stupňa prebierky. Predkladaný príspevok vznikol v rámci grantových projektov VEGA 1/3531/06 a VEGA 1/3530/06. Ide o štúdiu, v rámci ktorej sa zostaví metodika počítačových simulácií a preskúma sa jej presnosť pre jednoduchší a na vyznačovanie menej náročný druh prebierky s per-spektívnym cieľom preniesť overenú metodiku aj na simulácie vyznačovania úrovňových kvalitatívnych prebierok s pozitívnym výberom.

2. EMPIRICKÝ MATERIÁL A METODIKA

2.1 Empirický materiál

Empirický materiál použitý v práci pochádza z 11 temporálnych výskumných plôch založených na území ŠLP TU Zvolen v rovnorodých bukových porastoch, t. j. porastoch s min. zastúpením buka viac ako 90 %. Všetky porasty sa nachádzali v rastovej fáze žŕdkovín až žrďovín a rástli na približne rovnakých absolútnych výškových bonitách 28–30.

Plochy neboli fixne viazané na určitý rozmer, ale jedná sa o x-stromové pokusné plochy založené takým spôsobom, aby sa na každej nachádzalo 7–10 prirodzených bioskupín stromov. Na všetkých stromoch v rámci plôch sa zisťovali nasledovné biometrické veličiny: hrúbka stromu $d_{1,3}$ v cm, výška stromu h a výška nasadenia koruny h_{cb} v m a šírka koruny cw v m. Okrem týchto meraní sa vykonalo zameranie relatívnych pozícií stromov na pokusnej ploche [x, y], pri ktorom sa postupovalo od zvoleného hraničného stromu, ktorému sa priradili súradnice [0, 0]. Okrem toho sa na každom strome zisťovala štvorica kvalitatívnych znakov: sociálne postavenie, kvalita kmeňa, kvalita koruny a zdravotný stav.

Sociálne postavenie bolo hodnotené podľa Korpeľovej klasifikačnej stupnice do 5-tich stromových tried: 1. nadúrovňové stromy so silne vyvinutými korunami, 2. úrovňové stromy tvoriace hlavnú stromovú vrstvu, 3. vrastavé stromy, 4. podúrovňové stromy a 5. stromy úplne zatienené, resp. odumierajúce.

Kvalita kmeňa mala 4 nasledovné stupne: A. kmene vysokej kvality, dobre vyčistené, rovného vzrastu bez deformácií B. kmene primeranej kvality a menšími technickými chybami, prípustné zdravé hrče, priamy rovný vzhľad, C. kmene nekvalitné s väčšími technickými chybami, značne zavetvené, krivý alebo točitý kmeň, D. kmene najhoršej kvality vhodné len ako palivové drevo.

Kvalita koruny bola hodnotená nasledovne: 1. dobre vyvinutá, súmerná koruna, primerane rozložitá, zasahujúca max. do 1/3 výšky stromu s jemnejším vetvením, 2. dobre vyvinutá, mierne z jednej strany stiesnená koruna, zasahujúca max. do ½ výšky stromu s možným hrubším vetvením, 3. slabšie vyvinutá, z jednej alebo viacerých strán silne deformovaná koruna, príp. koruny s hrubým vetvením podieľajúcim sa na viac ako ½ výšky stromu, 4. veľmi slabo vyvinutá, silne deformovaná koruna alebo naopak extrémne netvárna koruna s hrubým vetvením tvoriacim podstatnú časť výšky stromu. Zdravotný

stav sa člení takisto na štyri stupne: 0. bez poškodenia, 1. poškodenie bez vplyvu na prírastok, 2. poškodenie so stratou na prírastku, 3. silné poškodenie (suchár). Percentuálne počty stromov u jednotlivých kvalitatívnych znakov sú uvedené v tab. 1.

Na každej temporálnej ploche bola na identickom súbore stromov opakovane vyznačená podúrovňová prebierka v zmysle metodiky Nemeckých výskumných ústavov NVÚ (1902) 3 stupňov A, B, C nasledovným spôsobom:

Pri stupni A (slabá) sa odstránila 5. stromová trieda, u stupňa B (mierna) sa úplne odstránila 5. a 4. stromová trieda a časť 2. stromovej triedy a to stromy s nekvalitným kmeňom alebo abnormálnou korunou a pri stupni C (silná) boli úplne odstránené stromy tried 5, 4, 3 a časť stromov 2. triedy a v prípade potreby ojedinelo aj stromy z 1. triedy. Počty ostávajúcich a modelom odstránených stromov v jednotlivých stupňoch prebierky sú uvedené v tab. 2.

Celková výberová vzorka bola podľa zásad konštrukcie a validácie rastových modelov rozdelená na parametrizačnú a validačnú časť. Parametrizačná časť sa získala náhodným výberom 8 temporálnych plôch (75 % empirického materiálu) a tvorilo ju 516 stromov, v prípade časti validačnej, ktorú tvorili 4 plochy, čo je cca 25 % z rozsahu empirických meraní to bolo 197 stromov.

Tab. 1 Percentuálne zastúpenie stromov jednotlivých kvalitatívnych znakov v príslušných klasifikačných stupňoch
Tab. 1 Tree rates for characteristics in competent grades

Klasifikačné stupne[1]						
Znaky[2]	Vzorka[3]	I.	II.	III.	IV.	V.
Výškové postavenie[4]	param. č.[8]	8,14	37,08	12,18	18,27	24,38
	valid. č.[9]	7,54	34,11	14,56	26,74	17,06
	spolu[10]	7,70	34,93	13,90	24,40	19,08
Kvalita kmeňa[5]	param. č.	6,10	28,42	30,47	35,01	–
	valid. č.	5,83	24,80	32,95	36,44	–
	spolu	5,91	25,80	32,27	36,04	–
Kvalita koruny[6]	param. č.	7,11	28,95	33,52	30,46	–
	valid. č	6,58	30,83	33,31	29,27	–
	spolu	6,73	30,31	33,37	29,60	–
Zdravotný stav[7]	param. č.	74,09	13,21	3,32	8,14	–
	valid. č.	73,25	15,13	3,69	7,96	–
	spolu	73,48	14,60	3,58	8,01	–

[1]classification grades, [2]characteristics, [3]sample, [4]social status, [5]stem quality, [6]crown quality, [7]health status, [8]parametrization sample, [9]validation sample, [10]sum

Tab. 2 Počty ostávajúcich a odstránených stromov v príslušných stupňoch prebierky
Tab. 2 Number of remaining and removal trees in thinning grades

Stupne prebierky[1]				
		A	B	C
Paramet. časť[2]	ostáva[5]	422	280	209
	prebierka[6]	86	223	296
Validačná časť[3]	ostáva	149	109	89
	prebierka	48	84	98
Spolu[4]	ostáva	571	389	289
	prebierka	134	307	394

[1]grades of thinning, [2]parametrization sample, [3]validation sample, [4]sum, [5]remains, [6]thinning

2. 2 Metodika

2. 2. 1 Návrh a parametrizácia modelu

Základnou jednotkou modelovania je jeden strom, pre ktorý sa v rámci terestrických meraní zistili štyri kvalitatívne znaky, ktoré sú spolu s rozmiestnením stromov po ploche kľúčové pre expertné subjektívne vyznačovanie prebierky v konkrétnom poraste.

Pri expertnom vyznačovaní sa pri každom strome ohodnotí jeho sociálne postavenie, kvalita kmeňa, koruny a zdravotný stav, strom sa priradí k určitej biosociologickej skupine a potom sa podľa predpísanej schémy charakteristickej pre definovaný druh a stupeň prebierky rozhodne o jeho vyťažení alebo ponechaní v poraste.

Podobne funguje aj počítačový model. Základom celého postupu – matematického prebierkového modelu je tzv. Saatyho algoritmus (Saaty 1977). To je postup vytvorený pôvodne v rámci psychologických výskumov použiteľný na riešenie všeobecného problému triedenia výberových jednotiek do kvalitatívnych tried definovaného závislého znaku na základe hodnôt jedného alebo viacerých nezávislých (opätovne kvalitatívnych) znakov.

Výberovými jednotkami v našom prípade sú stromy nachádzajúce sa na pokusných plochách so 4 kvalitatívnymi znakmi dôležitými pre vyznačenie prebierky (sociálne postavenie, kvalita kmeňa, kvalita koruny a zdravotný stav) a závislým kvalitatívnym znakom je rozhodnutie, či strom bude alebo nebude vyznačený do prebierky.

Počítačové triedenie konkrétneho stromu do kategórie ostáva na ploche – 0 alebo ťaží sa – 1 sa robí na základe výpočtu tzv. klasifikačného skóre *S*, čo je lineárna kombinácia sociálneho postavenia (*sp*), kvality kmeňa (*km*), kvality koruny (*kr*) a zdravotného stavu (*zs*) a im pridelených váh. Matematicky to môžeme vyjadriť vzťahom:

$$S = v_1 sp + v_2 km + v_3 kr + v_4 zs \qquad (1)$$

kde S je klasifikačné skóre a v_1, v_2, v_3, v_4 váhy jednotlivých nezávislých kvalitatívnych znakov.

Zatriedenie stromu do kategórie závislej premennej sa robí na základe porovnania vypočítaného klasifikačného skóre S s hraničnou hodnotou S_{krit}, keď:

$S \leq S_{krit} \rightarrow$ strom ostáva na ploche,

$S > S_{krit} \rightarrow$ strom sa ťaží.

Nezávislé premenné sú zisťované v rovnakej kvalitatívnej škále, majú stupne od 1 po 4 (s výnimkou soc. postavenia *sp*, ktoré má až 5 stupňov). Pôvodné hodnoty kvalitatívnych znakov vyjadrujú nielen príslušnosť stromu ku konkrétnej sociálnej skupine a úroveň jeho kvality a zdravotného stavu, ale sú pri simulovaní podúrovňových prebierok zároveň ukazovateľmi vhodnosti zaradenia alebo nezaradenia stromu do prebierky. Stromy nesúce stupne 1 posudzovaných znakov možno považovať za extrémne nevhodné pre zaradenie do podúrovňovej prebierky, stupne 2 za nevhodné, stupne 3 za menej vhodné a stromy nesúce stupeň 4 (5) sú stromy vhodné (veľmi vhodné) pre zaradenie do podúrovňovej prebierky.

Základnými metodickými otázkami použitého postupu je stanovenie optimálnych váh klasifikačnej funkcie (1) a stanovenie optimálnej prahovej hodnoty S_{krit} tak, aby sa zaručila, čo najvyššia úspešnosť zatriedenia jednotlivých stromov do kategórii ostáva na ploche/zaradený do prebierky. Stanovenie optimálnych váh a optimálnej hodnoty S_{krit} predstavuje parametrizáciu modelu.

Podľa Saatyho jednotlivé váhy pre výpočet S sa konštruujú špeciálnym postupom tak, aby boli z rozpätia 0 až 1 a ich súčet, aby bol vždy rovný 1 ($v_1 + v_2 + v_3 + v_4 = 1$). To pri rovnakých variačných rozpätiach hodnôt vstupných veličín 1–4 (5) znamená že klasifikačné skóre S môže nadobudnúť iba hodnoty z rovnakého rozpätia (v našom prípade 1–4,25) s rovnakou interpretáciou vhodnosti/nevhodnosti zaradenia do prebierky. Hodnotu klasifikačného skóre $S = 1$ nesie strom ideálny pre ponechanie na ploche (ide o úplne zdravý nadúrovňový strom s vynikajúcou kvalitou kmeňa a koruny) a naopak pri $S = 4{,}25$ vieme, že strom je maximálne vhodný preto, aby bol vyťažený (pretože ide o silne poškodený až suchý podúrovňový strom s nízkou kvalitou kmeňa a koruny).

Postup odvodenia optimálnych váh nezávislých kvalitatívnych znakov je nasledovný: Optimálne váhy boli stanovené iteratívnym preverovaním rozličných kombinácii možných hodnôt (hodnoty z intervalu 0–1) pre všetky 4 nezávislé kvalitatívne znaky. Pri každej váhe bolo preverovaných 10 potenciálnych hodnôt odstupňovaných po 0,1 (0,1; 0,2; ... 1). Takto vzniklo 10 × 10 × 10 × 10, čiže 10 000 potenciálnych kombinácií hodnôt váh. Každá potenciálna hodnota váhy vj bola preškálovaná tak, aby sa vždy dosiahol ich súčet 1 a preškálovaná váha pre j-tú kvalitatívnu premennú sa počítala podľa vzťahu:

$$v_j = \frac{k}{k + l + m + n} \tag{2}$$

kde *k, l, m, n* tvoria potenciálnu iteratívne menenú kombináciu hodnôt váh.

Celkovo sa pre každý druh a stupeň prebierky tak preverilo 10 000 potenciálnych kombinácií váh. Okrem toho sa v rámci týchto 10 000 cyklov iteratívne preverovalo ešte 50 hodnôt prahového klasifikačného skóre S_{krit} (z intervalu 1–4,25), čím vzniklo 10 000 x 50 = 500 000 kombinácií potenciálnych hodnôt váh a potenciálnej prahovej hodnoty klasifikačného skóre. Pre každú kombináciu potenciálnych váh a S_{krit} sa vykonalo predbežné triedenie stromov, výsledkom ktorého boli tzv. matice dichotomického triedenia:

Tab. 3 Matica dichotomického triedenia
Tab. 3 Matrix of dichotomous classification

		Predikované hodnoty závislej kvalitatívnej premennej[2]		Percento úspešnosti triedenia[3]
		0	1	
Skutočné hodnoty závislej premennej[1]	0	n_{00}	n_{01}	$n_{00} / (n_{00} + n_{01})$
	1	n_{10}	n_{11}	$n_{11} / (n_{10} + n_{11})$
Celkové úspešnosti triedenia[4]				$(n_{11} + n_{00}) / \Sigma n_{ij}$

[1]observed values of dependent variable, [2]model values of dependent qualitative variable, [3]rate of correct classification, [4]total rate of correct classification

Na diagonále matice (n_{00}, n_{11}) vidíme počty stromov úspešne zatriedených pomocou modelu. Z 500 000 klasifikačných matíc sa za optimálnu považovala tá, kde sa dosiahla najvyššia úspešnosť triedenia. Optimálnej matici triedenia odpovedajú optimálne váhy nezávislých znakov a optimálna hodnota prahového klasifikačného skóre S_{krit}.

Celý paramerizačný postup sa opakoval 3 x, pre 3 stupne preverovanej podúrovňovej prebierky.

2.2.2 Validácia modelu

Odkontrolovanie modelu sa vykonalo na validačnej vzorke tvorenej 3 plochami nezahrnutými do parametrizácie modelu. Samotná validácia spočíva v tom, že sa modely parametrizované na parametrizačnej časti empirického materiálu použijú na triedenie stromov nachádzajúcich sa v nezávislej validačnej časti empirického materiálu. Výsledkom validácie je opäť klasifikačná matica úspešnosti triedenia, kde nás zaujíma dosiahnutá úspešnosť zatriedenia stromov pre stupne vybraného druhu podúrovňovej prebierky. Úspešnosť triedenia stromov je základnou charakteristikou presnosti zostaveného modelu.

Okrem toho sa v rámci modelovania rastu lesa obyčajne preveruje aj nevychýlenosť modelu a je potrebné podotknúť, že vysoká úspešnosť triedenia nezaručuje nevychýlenosť modelu. Nevychýlenosť je zaručená vtedy, keď sa chyby triedenia v klasifikačnej matici vyrovnávajú (početnosti mimo diagonály klasifikačnej matice sú približne rovnaké), čo

sa nepriamo prejaví na tom, že model poskytne nevychýlené predpovede sily prebierky. Kvôli overeniu nevychýlenosti preto boli vypočítané modelové a skutočné prebierkové percentá $p\%$ z počtu stromov na jednotlivých plochách. Ďalej sa vypočítali jednotlivé chyby stanovenia relatívnej sily prebierky e_i pre i-tú pokusnú plochu podľa vzorca:

$$e_i = p\%_{mod.} - p\%_{skutoč.} \tag{3}$$

Keď máme vypočítané jednotlivé chyby $e_i\%$ môžeme pristúpiť k ich analýze a otestovať vychýlenosť, presnosť a správnosť modelu. S analýzou súvisia objektívne miery (charakteristiky) chýb, kde rozlišujeme (Šmelko 2000):

a) *Vychýlenie* – indikuje systematickú zložku chyby a mierou jej existencie je aritmetický priemer chýb $\bar{e}$ s ohľadom na znamienko:

$$\bar{e} = \frac{\sum_{i=1}^{n} e_i}{n} \tag{4}$$

kde n je počet pokusných plôch (testy nevýchylenosti modelu boli urobené vzhľadom na menší rozsah empirických meraní na celom nerozdelenom empirickom materiáli pochádzajúcom z 11 plôch),

b) *Presnosť* – charakterizuje náhodnú zložku chyby. Vyjadruje variabilitu jednotlivých chýb e_i okolo ich aritmetického priemeru $\bar{e}$. Mierou presnosti je stredná chyba s_e:

$$s_e = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (e_i - \bar{e})^2}{n}} \tag{5}$$

c) *Správnosť* – charakterizuje celkovú chybu merania, tak náhodnú ako aj systematickú. Kvantitatívne ju vyjadruje stredná kvadratická chyba m_e:

$$m_e\% = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} e_i^2}{n}} = \sqrt{\bar{e}^2 + s_e^2} \tag{6}$$

d) *Spoľahlivosť* – udáva pravdepodobnosť, s akou sa skutočné chyby e_i vyskytujú vo zvolených rámcoch presnosti.

Následne pomocou štatistického testu môžeme s vopred zvolenou spoľahlivosťou potvrdiť alebo vyvrátiť hypotézu o nevychýlenosti modelu:

$$t = \frac{\bar{e}}{\frac{s_e}{\sqrt{n-1}}} \tag{7}$$

A platí, že ak je hodnota testovacieho kritéria t je menšia alebo rovná kritickej hodnote Studentovho rozdelenia $t_{\alpha/2,f}$ pri počte stupňov voľnosti $f = n - 1$, tak môžeme nulovú hypotézu o nevychýlenosti modelu $H_0 : \bar{e} = 0$ prijať s $1 - \alpha$ % spoľahlivosťou a môžeme tvrdiť, že prebierkový model pre vybraný stupeň podúrovňovej prebierky systematicky nepodhodnocuje ani nenadhodnocuje silu prebierky počítanú z počtu stromov.

3. VÝSLEDKY

3.1 Nemecká podúrovňová prebierka, stupeň A

Z tab. 4 vidieť, že prebierkový model prikladá výrazne najvyššiu váhu na sociálne postavenie stromov v poraste. Ostatné váhy kvalitatívnych znakov sú približne rovnocenné. Ako vidieť z klasifikačnej matice pre parametrizačnú časť (tab. 5), tak pri zatriedovaní stromov sa dosiahla vysoká % úspešnosť (až 98,45 % pri prahovej hodnote S_{krit} = 4,00). Vo validačnej vzorke model vykazuje dokonca bezchybnú, až 100 % úspešnosť zatriedenia stromov.

Nevychýlenosť modelu je potvrdená testom (tab. 6). Tu môžeme vidieť, že hoci model v prípade tohto stupňa prebierky vykazuje slabé kladné vychýlenie +0,64 %, vychýlenie nebolo potvrdené ako signifikantné (model nevykazuje systematickú chybu). Ďalej z tab. 6 môžeme vidieť, že náhodne chyby stanovenia sily prebierky sa so 68 %-nou spoľahlivosťou vyskytujú v intervale ± 1,92 % okolo svojho aritmetického priemeru. Celková stredná kvadratická chyba modelu dosiahla ± 2,11 %. Percentuálne počty stromov skutočne a modelom zatriedených do prebierky sú graficky porovnané na obr. 1 a opäť môžeme vidieť takmer ideálny stav.

Tab. 4 Hodnoty optimálnych váh významnosti nezávislých kvalitatívnych znakov v_1–v_4 a prahová hodnota kritického klasifikačného skóre S_{krit}

Tab. 4 Optimal weights for independent qualitative characteristics v_1–v_4 and value of critical classification score

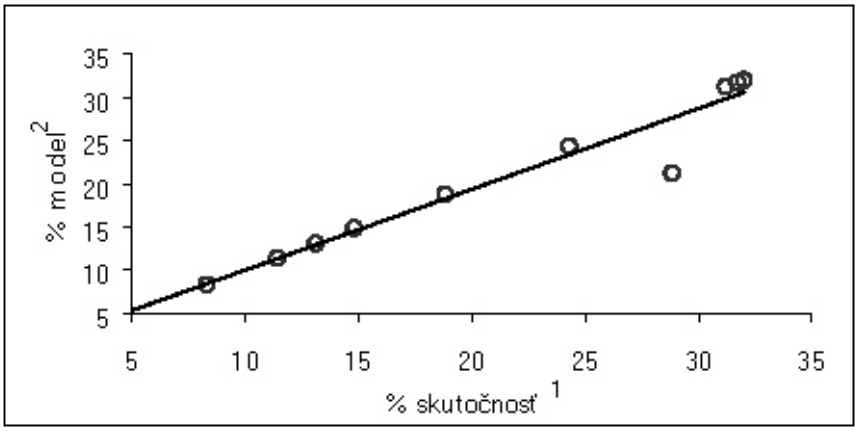
Výškové postavenie[1]	Kvalita kmeňa[2]	Kvalita koruny[3]	Zdravotný stav[4]	Krit. klas. skóre[5]
v_1	v_2	v_3	v_4	S_{krit}
0,7000	0,1000	0,1000	0,1000	4,00

[1]social status, [2]stem quality, [3]crown quality, [4]health status, [5]critical classification score

Tab. 5 Klasifikačné matice úspešnosti triedenia
Tab. 5 Classification matrices

Parametrizačná časť[1]		Predikované hodnoty[2]		Percento úspešnosti[3]	Validačná časť[5]		Predikované hodnoty[2]		Percento úspešnosti[3]
		0	1				0	1	
Skutočné hodnoty[4]	0	422	2	99,53	Skutočné hodnoty[4]	0	149	0	100,00
	1	6	86	93,48		1	0	48	100,00
				98,45					100,00

[1]parametrization sample, [2]predicted values, [3]rate of correct classification, [4]observed values, [5]validation sample



Obr. 1 Porovnanie skutočných a modelových prebierkových percent (podúrovňová prebierka st. A)
Fig. 1 Comparison of real and modelled thinning rates (thinning from below grade A)
[1]real thinning rates, [2]model thinning rates

Tab. 6 Overenie vychýlenosti a presnosti modelu pri predikcii sily prebierkových zásahov
Tab. 6 Model bias and precision for prediction of thinning intensity

Vychýlenie[1] $\bar{e}_{(\%)}$	Správnosť[2] $m_{e\%}$	Presnosť[3] $s_{e(\%)}$	Test. kritérium[4] t	Kritická hodnota[5] t_{krit}
0,636	2,11	1,919	1,049	2,228

[1]bias, [2]accuracy, [3]precision, [4]test criterion, [5]critical value

3.2 Nemecká podúrovňová prebierka, stupeň B

Podľa tab, 7 v prípade stupňa B sa pomery vo významnostiach jednotlivých znakov zmenili. Model ešte stále najvyššiu váhu prikladá sociálnemu postaveniu (0,5), ale už nie tak veľkú ako v prípade stupňa A (0,7). Druhým najvýznamnejším znakom je zdravotný stav (0,25) a potom nasleduje kvalita kmeňa a koruny so zhodnými váhami 0,125 pri prahovom klasifikačnom skóre S_{krit} = 2,80.

Ako vyplýva z tab. 8, vysoké % úspešnosti triedenia stromov sa dosiahli nielen v prípade vyznačenia stromov ostávajúcich na ploche, ale aj u stromov vyznačených do prebierky a to rovnako na parametrizačnej i validačnej časti empirického materiálu.

Test vychýlenosti modelu preukázal zanedbateľné vychýlenie +0,018 %, vysokú presnosť i správnosť modelu (tab. 9). Rámce možných chýb sú až prekvapujúco úzke, z dosiahnutej správnosti modelu môžeme usúdiť, že v rámci ± 0,12 % bude ležať 95 % všetkých chýb stanovenia sily prebierky.

Na obr. 2 môžeme vidieť, model len v prípade 3 plôch vykázal maličkú chybu stanovenia sily zásahu, pretože na zvyšných 7 plochách sa pri veľmi vysokej presnosti triedenia jednotlivých stromov náhodné chyby triedenia úplne vyvážili a model predpovedal počet stromov zaradených do prebierky a z neho odvodené % prebierky úplne presne.

Tab. 7 Hodnoty optimálnych váh významnosti nezávislých kvalitatívnych znakov v_1–v_4 a hodnota kritického klasifikačného skóre S_{krit}
Tab. 7 Optimal weights for independent qualitative characteristics v_1–v_4 and value of critical classification score

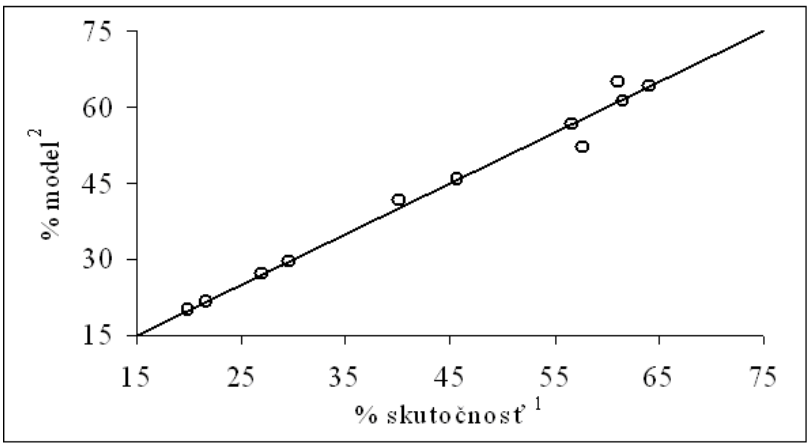
Výškové postavenie[1] v_1	Kvalita kmeňa[2] v_2	Kvalita koruny[3] v_3	Zdravotný stav[4] v_4	Krit. klas. skóre[5] *Skrit*
0,5000	0,1250	0,1250	0,2500	2,80

[1–5]See Tab. 4

Tab. 8 Klasifikačné matice úspešnosti triedenia
Tab. 8 Classification matrices

Parametrizačná časť[1]		Predikované hodnoty[2]		Percento úspešnosti[3]	Validačná časť[5]		Predikované hodnoty[2]		Percento úspešnosti[3]
		0	1				0	1	
Skutočné hodnoty[4]	0	280	5	98,25	Skutočné hodnoty[4]	0	109	4	96,46
	1	8	223	96,54		1	0	84	100,00
				97,48					98,23

[1–5]See Tab. 5



Obr. 2 Porovnanie skutočných a modelových prebierkových percent (podúrovňová prebierka st. B)
Fig. 2 Comparison of real and modelled thinning rates of model (thinning from below grade B)
[1–2]See Fig. 1

Tab. 9 Overenie vychýlenosti a presnosti modelu pri predikcii sily prebierkových zásahov
Tab. 9 Model bias and precision for prediction of thinning intensity

Vychýlenie[1] $\bar{e}_{(\%)}$	Správnosť[2] $m^{e\%}$	Presnosť[3] $s^{e(\%)}$	Test. kritérium[4] t	Kritická hodnota[5] t^{krit}
0,018	0,063	0,044	1,311	2,228

[1–5]See Tab. 6

3.3 Nemecká podúrovňová prebierka, stupeň C

Pri stupni C (tab. 10) je opäť najvyššia váha významnosti prikladaná sociálnemu postaveniu stromov a pridelená váha je porovnateľná so stupňom B (0,55) Druhým znakom v poradí je v tomto prípade kvalita koruny. Kvalita kmeňa so zdravotným stavom majú relatívne najnižšie váhy a významnosť.

Klasifikačné matice úspešnosti triedenia (tab. 11) dosahujú rovnako ako pri stupňoch A a B veľmi vysoké vysoké percentá úspešnosti triedenia, v prípade parametrizačnej časti je to 97,87 % a u časti validačnej je to hodnota o niečo nižšia, konkrétne 94,92 % pri S_{krit} = 2,50.

Ako vidieť z tab. 12 model v prípade tohto druhu prebierky vykazuje drobné nesignifikantné vychýlenie –0,05 %. Ďalej môžeme konštatovať so 68 % spoľahlivosťou, že náhodné chyby modelu sa vyskytujú v intervale ± 0,13 % okolo svojho aritmetického priemeru a celková stredná kvadratická chyba modelu je iba ± 0,18 % a teda 95 % všetkých chýb bude ležať približne v rámci ± 0,36 %.

Nevychýlenosť a výbornú presnosť modelu dobre ilustruje obr. 3. Tu vidíme, že takmer všetky hodnoty modelových a skutočných prebierkových % ležia na priamke, čo dokumentuje výbornú kvalitu modelu.

Tab. 10 Hodnoty optimálnych váh významnosti nezávislých kvalitatívnych znakov v_1–v_4 a hodnota kritického klasifikačného skóre Skrit

Tab. 10 Optimal weights for independent qualitative characteristics v_1–v_4 and value of critical classification score

Výškové postavenie[1] v_1	Kvalita kmeňa[2] v_2	Kvalita koruny[3] v_3	Zdravotný stav[4] v_4	Krit. klas. skóre[5] S_{krit}
0,5556	0,1111	0,2222	0,1111	2,50

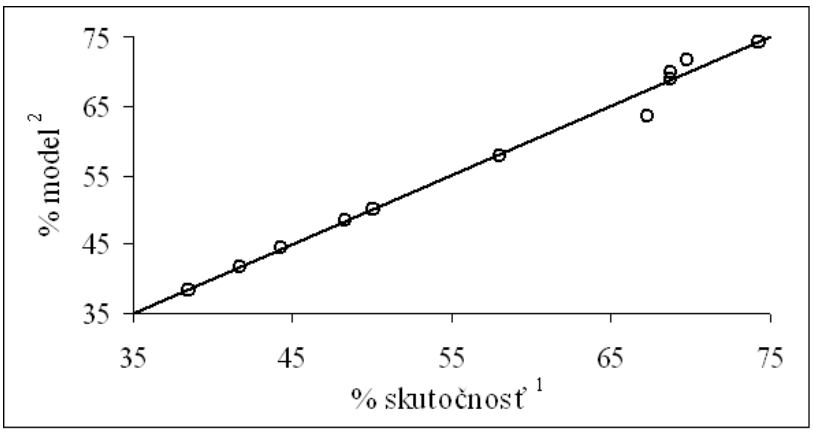
[1–5]See Tab. 4

Tab. 11 Klasifikačné matice úspešnosti triedenia

Tab. 11 Classification matrices

Parametrizačná časť[1]		Predikované hodnoty[2]		Percento úspešnosti[3]	Validačná časť[5]		Predikované hodnoty[2]		Percento úspešnosti[3]
		0	1				0	1	
Skutočné hodnoty[4]	0	209	5	97,66	Skutočné hodnoty[4]	0	89	1	98,89
	1	6	296	98,01		1	9	98	91,59
				97,87					94,92

[1–5]See Tab. 5



Obr. 3 Porovnanie skutočných a modelových prebierkových percent (podúrovňová prebierka st. C)

Fig. 3 Compare of real and modelled thinning rates (thinning from below grade C)

[1–2]See Fig. 1

Tab. 12 Overenie vychýlenosti a presnosti modelu pri predikcii sily prebierkových zásahov
Tab. 12 Model bias and precision for prediction of thinning intensity

Vychýlenie[1] $\bar{e}_{(\%)}$	Správnosť[2] $m^{e\%}$	Presnosť[3] $s^{e(\%)}$	Test. kritérium[4] t	Kritická hodnota[5] t^{krit}
0,054	0,180	0,132	1,298	2,228

[1–5]See Tab. 6

4. ZÁVER

Dosiahnuté výsledky potvrdili, že matematicko-štatistické simulovanie vyznačovania 3 stupňov kvalitatívne definovaných podúrovňových prebierok pomocou tzv. Saatyho algoritmu je možné. Saatyho algoritmus sa ukázal ako vhodná simulačná technika použiteľná pre simulovanie expertného vyznačovania jednoduchších, biosociologicky-kvalitatívne definovaných prebierok v rovnorodých bukových porastoch.

Počítačové rozhodovanie o vybratí alebo ponechaní stromu na ploche porastu z úrovne jednotlivého stromu je možné, musí sa však opierať o ohodnotenie rovnakých znakov, aké berie do úvahy samotný expert pri odbornom vyznačovaní prebierky. Zisťovanie kvalitatívnych informácií pre každý jednotlivý strom môže limitovať praktickú upotrebiteľnosť modelu.

Správnosť použitých postupov pre simulovanie podúrovňových prebierok definovaných podľa metodiky Nemeckých výskumných ústavov (1902) je dokumentovaná vysokou úspešnosťou jednotlivých stromov do kategórií ostáva na ploche a odstránený prebierkou. Ukázalo sa, že v prípade simulácie na parametrizačnej vzorke boli dosiahnuté vysoké percentá úspešnosti zatriedenia stromov, konkrétne pri stupni A 98,45 %, pri stupni B 97,48 % a v prípade stupňa C 97,87 % a najvyššia váha musí byť pri danom druhu prebierky priradená ohodnoteniu sociálneho postavenia.

Pri validácii boli v prípade stupňov A, B dosiahnuté dokonca 100 % úspešnosti triedenia a pri stupni C to je 94,92 %. Absolútna správnosť triedenia vo validačnej vzorke je trochu prekvapujúca, dá sa však pripísať skôr pomerne malému rozsahu validačnej vzorky.

Okrem toho boli pre všetky 3 preverované stupne podúrovňových prebierok vypočítané i testy nevychýlenosti modelu, z ktorých jednoznačne vyplýva, že modely nevykazujú signifikantné vychýlenie (systematické chyby) a naopak vykazujú vysokú presnosť predikcie sily prebierkového zásahu.

Uspokojivé výsledky modelovania možno čiastočne vysvetliť pomerne jednoduchým pestovateľským definovaním danej prebierky, pri ktorej ide o striktné odstránenie príslušnej stromovej triedy pri jej jednotlivých stupňoch.

Je potrebné podotknúť, že vďaka dobrým výsledkom parametrizácie a validácie sa môže navrhnutý model po jeho dopracovaní a parametrizácií na širšom empirickom mate-

riáli stať súčasťou prebierkového submodelu rastového simulátora pre rovnorodé bukové porasty. Súčasný trend možnosti výskumu kvantitatívnych metód simulácie komplexného (prevažne kvalitatívneho) postupu smeruje k využitiu prvkov umelej inteligencie (expertné systémy), metód neurónových sietí, celulárnych automatov atď.

Literatúra

Halaj, J., et al 1987: Rastové tabuľky hlavných drevín ČSSR. Príroda, Bratislava, 362 s.

Halaj, J., Petráš, R. 1998: Rastové tabuľky hlavných drevín, SAP Bratislava, 325 s.

Ďurský, J., 1996: Uplatnenie rastových simulátorov v plánovacom procese lesného hospodárstva. In: Hladík, M., Majoroš, Š.: „Hospodárska úprava lesov a trvalé obhospodarovanie lesov“, Technická univerzita Zvolen, s. 57–65.

Ďurský, J. 2002: SILVA 2.2 – Nová generácia rastových modelov. In: Ďurský, J.: „Nové metódy a techniky pre meranie lesa a dreva“, Technická univerzita Zvolen 2002, s. 1–8.

Saaty, T.L., 1977: A scaling method for priorities in hierarchical structures. Journal of Math. Psychology, 15, s. 234 –281.

Sedmák, R., 2005: Modelovanie rastu rovnorodých bukových porastov. Projekt dizertačnej práce. Technická Univerzita Zvolen, 59 s.

Šmelko, Š., 2000: Dendrometria. Technická univerzita Zvolen, 399 s.

Vanclay, J. K. , 1994: Modeling forest growth and yield (Application to Mixed Tropical Forests). CABI International, Wallingford, UK, 312 s.

Adresa autorov:
Ing. Tomáš Vaculčiak
Ing. Róbert Sedmák
Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie
Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
96053 Zvolen

Modelling of thinning from below of different grade in unmixed beech stands

Summary

Mathematical modelling of thinning from below in unmixed beech stands was the main work objective. Mathematical model has character individual tree simulation model. It was based on mathematical approach named Saaty alghorithm and it was designed for simulation of thinnings from below of various grade in young pure beech stands. Main objective of study was verification the simulation method. Verification was done on individual tree variables measured on established temporary plots within the area of ŠLP TU ZVOLEN divided on two parts – parametrization and validation sample. Thinning model was parametrised on the parametrization sample and was validated with regard to its accuracy and precision on the base comparison model and real thinning´s percentage from trees rate on validation sample. The achieved results of tree classification and prediction of thinning intensity were satisfactory. Moreover, the absence of the model bias was statistical demonstrated. Proposed and verified mathematical model for simulation of the defined thinning can be included to the greater thinning submodel of the complex simulation model designed for the growth and yield of the unmixed beech stands.

ACTA FACULTATIS FORESTALIS XLVIII
ZVOLEN – SLOVAKIA 2006

POSÚDENIE VHODNOSTI FOTOGRAMETRICKÉHO URČOVANIA HRANÍC LESNÝCH POZEMKOV

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

Žíhlavník, Š., Tunák, D.: Posúdenie vhodnosti fotogrametrického určovania hraníc lesných pozemkov. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLVIII**, 2006, s. 327–337.

V príspevku je urobený rozbor identifikácie a presnosti určovania lomových bodov hraníc lesných porastov na čiernobielych a na farebných infračervených leteckých meračských snímkach fotogrametrickým vyhodnotením analógovou a digitálnou metódou. Rozbor bol zameraný predovšetkým na posúdenie presnosti určovania vlastníckych hraníc. Snímky v mierke 1 : 15 000 neumožňujú dosiahnuť 4. triedu presnosti mapovania, ktorá je pre katastrálne mapovanie súvislých lesných celkov požadovaná. Súčasný trend vo fotogrametrii ide smerom využitia farebných infračervených snímok a digitálnej fotogrametrie, čo pri väčších mierkach snímok (predpoklad cca 1 : 8 000) bude jednoznačne výhoda oproti náročnému terestrickému meraniu pri určovaní vlastníckych hraníc lesných pozemkov.

Kľúčové slová: lesné pozemky, vlastnícke hranice, fotogrametrické vyhodnotenie

1. ÚVOD A ROZBOR PROBLEMATIKY

Lesnícke mapovanie možno prakticky rozdeliť do dvoch skupín. Do prvej skupiny patrí tématické účelové lesnícke mapovanie, ktorého cieľom je zobraziť lesný detail, príp. vyjadriť špeciálne lesnícke prvky podľa rozmanitých požiadaviek jednotlivých lesných disciplín. Druhá skupina predstavuje mapovanie lesných pozemkov. Táto skupina je špecifická tým, že ide o hospodársko-úpravnícke rozdelenie v rámci priestorovej úpravy lesa. V zmysle zákona NR SR č. 326/2005 Z. z. o lesoch na účely hospodárskej úpravy lesov sa lesné pozemky členia na jednotky priestorového rozdelenia lesa, ktorými sú: lesné oblasti a podoblasti, lesné celky, vlastnícke celky, dielce, ostatné lesné pozemky (napr. lesné cesty a zvážnice, lesné sklady, rozdeľovacie prieseky). Rozdiel medzi týmito skupinami je v náročnosti na geometrickú presnosť merania a zobrazenia jednotlivých predmetov merania. Zatiaľ čo pre mapovanie lesného detailu a hraníc jednotiek priestorového rozdelenia lesa s výnimkou vlastníckych celkov postačuje mapovanie v 5. triede presnosti, pre určenie hraníc vlastníckych celkov sa vyžaduje mapovanie v 4. triede presnosti. Je to v zmysle zákona NR SR č. 173/2004 Z. z. o katastri nehnuteľností a o zápise vlastníckych a iných práv k nehnuteľnostiam (katastrálny zákon), nakoľko ide o pozemky, ktoré sú vedené v katastri nehnuteľnosti. V zmysle Inštrukcie na tvorbu

Základnej mapy SR veľkej mierky (1993) pri určovaní súradníc x, y podrobných bodov polohopisu sa presnosť posudzuje podľa základnej strednej súradnicovej chyby m_{xy}, ktorá je daná vzťahom

$$m_{xy} = \sqrt{0,5(m_x^2 + m_y^2)} \tag{1}$$

kde m_x, m_y sú základné stredné chyby určenia súradní x, y .

Charakteristika m_{xy} nesmie prekročiť kritérium u_{xy} ktoré podľa kritérií presnosti (STN 01 3410 Mapy veľkých mierok) pre 3. triedu presnosti mapy je

$$u_{xy} = 0,14\ m \tag{2}$$

a pre 4. triedu presnosti mapy je

$$u_{xy} = 0,26\ m \tag{3}$$

4. trieda presnosti mapy sa volí spravidla pri mapovaní súvislých komplexov lesného pôdneho fondu, najmä pri použití fotogrametrickej mapovacej metódy.

Pri mapovaní ostatného lesného detailu (t. j. okrem vlastníckych hraníc) podľa STN 01 3410 je stanovené kritérium pre 5. triedu presnosti mapy

$$u_{xy} = 0,50\ m \tag{4}$$

Pre úplnosť je potrebné uviesť, že do nadobudnutia účinnosti zákona NR SR č. 326/2005 Z. z. o lesoch sa v zmysle § 3 vyhlášky MP SR č. 5/1995 Z. z. o hospodárskej úprave lesov jednotky priestorového rozdelenia lesa sa členili na: lesné hospodárske celky, časti lesov podľa ich užívania a dielce, porasty, prípadne čiastkové plochy a porastové skupiny. V zmysle citovanej vyhlášky sa pre časti lesov podľa ich užívania (tzv. „užívateľský celok“) vyhotovoval lesný hospodársky plán.

V zmysle zákona NR SR č. 326/Z. z. o lesoch sa lesný hospodársky plán vyhotovuje pre lesné celky. Ide o územné ucelené časti lesov, ktoré určuje orgán štátnej správy lesného hospodárstva z vlastného podnetu alebo na návrh vlastníka alebo správcu. Vlastnícky celok tvoria lesy vo vlastníctve jedného vlastníka alebo lesy viacerých vlastníkov, ak v nich hospodári ten istý obhospodárovateľ lesa. Predstavuje teda priestorovú jednotku na vyhotovenie výpisu z lesného hospodárskeho plánu. Ak je vlastnícky celok totožný s lesným celkom, výpis z lesného hospodárskeho plánu sa nevyhotovuje. Podrobnejšie k tejto problematike uvádza Žíhlavník, A. (2004, 2005a, b). Možno teda povedať, že vlastnícke celky v súčasnosti zodpovedajú užívateľským celkom podľa predchádzajúcej legislatívy iba vtedy ak ide o lesné pozemky vo vlastníctve jedného vlastníka, nakoľko tieto sa evidujú v katastri nehnuteľností.

Na určenie vlastníckych hraníc lesných pozemkov je možno použiť len také terestrické i fotogrametrické metódy, ktoré zabezpečia dodržanie kritérií presnosti katastrálneho

mapovania. Súčasné terestrické metódy z pohľadu požiadavky na dodržanie kritérií presnosti mapovania sa jednoznačne presunuli do oblasti využívania elektronických tachymetrov a globálneho polohového systému (GPS). Hospodárnosť ich využitia je závislá najmä od charakteru územia, v ktorom je potrebné zamerať vlastnícke hranice lesných pozemkov. Voľba metód terestrického merania je závislá od geomorfologických pomerov a porastovej štruktúry. Ako najvhodnejšia geodetická metóda sa javí metóda polygónových ťahov s krátkymi stranami (60–400 m) meranými elektronickými diaľkomermi. Pri použití elektronického tachymetra *Elta 4 (Zeiss)* bol bez problémov dosiahnutá požadovaná presnosť katastrálneho mapovania v 4. triede presnosti (Tunák – Žíhlavník 2004). Na druhej strane treba však povedať, že napriek priorite prístrojov GPS pri určovaní polohy geodetických bodov v rámci terestrických prác v rezorte geodézie a katastra, v oblasti lesníckeho mapovania nie je to jednoznačné. Napr. merania s prístrojom GPS Leica SR 530 GPS *Geodetic RTK Receiver* (ide o prístroj, ktorý patrí do kategórie prístrojov s najvyššou geodetickou presnosťou) ukázali, že pri meraní v porastoch aj pri kódovom meraní sa výsledky pre strednú súradnicovú chybu m_{xy} pohybovali v hodnotách od m_{xy} = 0,03 až do m_{xy} = 4,46 m. Na presnosť merania majú vplyv rôzne okolnosti, najmä geomorfologické pomery, štruktúra lesného porastu a porastové charakteristiky (Hricko – Žíhlavník 2003). Bolo preukázané, že pod clonou lesných porastov nie je možné dosiahnuť požadovanú presnosť. Využitie prístrojov GPS je v tom, že v blízkosti záujmového územia na voľnom priestranstve sa určí poloha nových bodov (najmä v území s chýbajúcim bodovým poľom) a následne je veľmi vhodná kombinácia s metódou polygónových ťahov.

Napriek tomu, že uvedené terestrické merania jednoznačne umožňujú dosiahnutie požadovanej presnosti, lesnícke mapovanie, najmä v členitých horských terénoch, je účelnejšie vykonávať cestou fotogrametrického vyhodnotenia leteckých meračských snímok.

Cieľom predloženého príspevku je poukázať na problematiku pri určovaní vlastníckych hraníc lesných pozemkov fotogrametrickým vyhodnotením leteckých snímok.

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

Experimentálny materiál

Experimentálny materiál pozostával z údajov získaných z terestrického merania a údajov získaných zo snímkového materiálu. Zároveň bola využitá lesnícka porastová mapa a lesný hospodársky plán zo záujmovej oblasti.

Terestrické meranie spočívalo v zameraní lomových bodov hraníc lesných porastov (304, 314, 328, 329, 330, 331) na území Vysokoškolského lesníckeho podniku TU Zvolen elektronickým tachymetrom *ELTA 4* metódou polygónových ťahov. Pre tieto lomové body boli následne vypočítané pravouhlé súradnice, pri ktorých sa dosiahli stredné súradnicové

chyby m_{xy} v rozpätí 0,02 až 0,06 m. Táto presnosť zodpovedá 1. až 2. triede presnosti mapovania. Vzhľadom na dosiahnutú presnosť boli tieto body pri porovnaní s fotogrametrickým vyhodnotením považované za hodnoty presné – skutočné.

Pre fotogrametrické vyhodnotenie boli použité letecké meračské snímky vyhotovené meračskou fotokamerou LMK 15 vo formáte 23 x 23 cm.

a) Diapozitívne čiernobiele letecké meračské snímky:
   - Mierka 1 : 15 000
   - Negatívny film FOMA 200
   - Typ diapozitívneho materiálu Avitone P3p
   - Rozlišovacia schopnosť 161–200 čiarok/mm
   - Antivignetačný filter priepustnosť v strede filtra 0,45

b) Diapozitívne farebné infračervené letecké meračské snímky:
   - Mierka 1 : 15 000
   - Film Kodak AEROCHROME 2443
   - Filter 525 nm

Charakteristika: ide o spektrozonálne snímky pretože výsledný obraz je odlišný od skutočných farieb. Pre tieto farebné infračervené snímky sa často používa aj skratka CIR – snímky (*colour infrarot – CIR*).Vyhotovujú sa tak, že na filmovú podložku je nanesená najprv vrstva panchromatická (citlivosť v rozsahu vlnových dĺžok 520–720 nm) a na ňu vrstva infračervená (s citlivosťou v rozsahu 720–800 nm). Po vyvolaní sa obraz na panchromatickej vrstve zobrazí purpurový a na infračervenej vrstve zelený. Pre účely vyhodnotenia bol použitý film s troma emulznými vrstvami. Každá vrstva má špecifickú spektrálnu citlivá na elektromagnetické žiarenie s vlnovými dĺžkami 600–700 nm, stredná vrstva má citlivosť v rozsahu vlnových dĺžok 500–680 nm a vrchná vrstva s citlivosťou rozsahu vlnových dĺžok 700–880 nm zachytáva infračervenú časť spektra. Tieto tri vrstvy sú citlivé aj na modrú časť svetelného spektra s vlnovou dĺžkou 400–500 nm, v dôsledku čoho sa pri vyhotovovaní infračervených snímok používa žltý filter (525 nm).

3. Metodika spracovania

Cieľom spracovania experimentálneho materiálu bol posúdiť vhodnosť a presnosť použitých metód pri určovaní lomových bodov vlastníckych hraníc lesných pozemkov.

Spracovanie jednotlivých materiálov prebiehal v týchto krokoch:

a) Výpočet pravouhlých súradníc lomových bodov vlastníckych hraníc lesných pozemkov z terestrického zamerania metódou polygónových ťahov. Celkove bolo založených 6 polygónových ťahov s kratšími dĺžkami strán (60–400 m) v zmysle Inštrukcie na práce v polohových bodových poliach (ÚGKK SR 1994).

b) Fotogrametrické vyhodnotenie bolo vykonané analógovou metódou pomocou univerzálneho fotogrametrického vyhodnocovacieho prístroja *TOPOCART D* a digitálnou metódou v prostredí *ImageStation*. Po zostrojení fotogrametrického modelu (relatívna a absolútna orientácia) postupne na čiernobielych i farebných infračervených snímkach boli odsúvané modelové súradnice x, y jednotlivých lomových bodov a následne pretransformované do skutočných súradníc v systéme JTSK. Pri určovaní pravouhlých súradníc lomových bodov bolo pre každý bod vykonané päť meraní (po každom odsunutí súradníc bola zrušená a znova nastavená stereoskopická značka na bod). Bežným postupom podľa Böhma (1990) boli vypočítané stredné súradnicové chyby pre lomové body hraníc lesných porastov, ktoré boli určené na fotogrametrickom modeli pre čiernobiele i CIR – snímky. Pri výpočte oprav δ_x, δ_y a stredných súradnicových chýb m_{xy} bolo ako s hodnotami skutočnými uvažované s hodnotami, ktoré boli získané z terestrického merania. Bolo tiež vykonané testovanie normality chýb (postup podľa Böhma, 1990), ktoré preukázalo ich rozloženie ako normálne. Hodnoty stredných súradnicových chýb sú uvedené v tabuľkách č. 1 a č. 2.

c) Pri určovaní lomových bodov hraníc lesných porastov na *TOPOCARTE D* bolo identifikovaných na čiernobielych snímkach 80 bodov a na CIR – snímkach 88 bodov a pri digitálnom vyhodnotení to bolo 72 bodov na čiernobielych snímkach a 80 na CIR – snímkach z celkových 114 bodov, ktoré boli určené terestrickým meraním. Počet identifikovaných bodov z fotogrametrických snímok predstavuje cca 70 % z celkového počtu.

Tab. č. 1 Stredné súradnicové chyby mxy (v m) lomových bodov hraníc porastov fotogrametrického modelu na TOPOCARTE D

Tabelle 1 Die mittleren Koordinatenfehler m_{xy} der Grenzknickpunkte von Waldbeständen des photogrammet rischen Modells auf TOPOCART D

Číslo bodu[1]	Porast 304[2]		Porast 314		Porast 328		Porast 329		Porast 330		Porast 331	
	ČB[3]	CIR[4]	ČB	CIR	ČB	CIR	ČB	CIR	ČB	CIR	ČB	CIR
1	0,33	0,31	0,32	0,28	0,31	0,30						
2	0,28	0,29	0,28	0,33	0,29	0,30						0,28
3	0,32	0,29	0,19	0,14	0,42	0,31		0,46		0,34		
4	0,25	0,35	0,27	0,27	0,33	0,28						0,35
5	0,35	0,42	0,27	0,22	0,31	0,28		0,36		0,35		
6	0,37	0,25	0,35	0,33	0,29	0,29		0,32				
7	0,33	0,31	0,29	0,29	0,46	0,41						
8	0,59	0,29	0,33	0,34	0,33	0,32						0,54

Tab. č. 1 Pokračovanie
Tabelle 1 Continued

Číslo bodu[1]	Porast 304[2]		Porast 314		Porast 328		Porast 329		Porast 330		Porast 331	
	ČB[3]	CIR[4]	ČB	CIR	ČB	CIR	ČB	CIR	ČB	CIR	ČB	CIR
9	0,38	0,55	0,52	0,25	0,42	0,28		0,46	0,27	0,29		
10	0,51	0,41	0,65	0,55	0,35	0,32		0,51	0,35	0,29	0,36	0,27
11	0,34	0,50	0,53	0,51	0,28	0,35	0,36	0,32	0,29	0,31	0,41	0,31
12	0,38	0,42	0,28	0,49	0,25	0,29	0,41	0,31	0,46	0,30	0,52	0,31
13	0,41	0,29	0,35	0,28	0,24	0,29	0,23	0,34	0,51	0,44	0,56	0,32
14	0,53	0,28	0,27	0,28	0,28	0,28	0,29	0,18	0,43	0,21	0,42	0,32
15	0,39	0,38	0,28	0,29	0,31	0,28	0,28	0,21	0,38	0,31	0,38	0,28
16	0,29	0,28	0,27	0,25	0,39	0,20	0,39	0,35		0,51	0,39	0,42
17	0,31	0,43	0,29	0,28	0,35		0,28	0,28			0,29	0,39
18	0,33	0,53	0,35	0,31			0,29					
19	0,49	0,27	0,31	0,29			0,38					
20	0,48	0,30										

Poznámka: ČB – čiernobiele snímky, CIR – farebné infračervené snímky
[1]die Punktnummer, [2]der Bestand, [3]die Schwarzweissbilder, [4]die Color- Infrarotbilder

Tab. č. 2 Stredné súradnicové chyby mxy (v m) lomových bodov hraníc porastov z digitálneho vyhodnotenia
Tabelle 2 Die mittleren Koordinatenfehler mxy der Grenzknickpunkte aus der digitalen Auswertung

Číslo-bodu[1]	Porast 304[2]		Porast 314		Porast 328		Porast 329		Porast 330		Porast 331	
	ČB[3]	CIR[4]	ČB	CIR	ČB	CIR	ČB	CIR	ČB	CIR	ČB	CIR
1	0,27	0,29	0,31	0,28	0,33	0,29						
2	0,29	0,28	0,23	0,25	0,33	0,29						0,28
3	0,29	0,33	0,30	0,14	0,31	0,30		0,40		0,32		
4	0,27	0,20	0,17	0,21	0,48	0,40						0,33
5	0,42	0,38	0,25	0,22	0,35	0,30				0,29		
6	0,28	0,25	0,33	0,28	0,29	0,27						
7	0,28	0,28	0,29	0,27	0,51	0,37						
8	0,31	0,30	0,24	0,24	0,42	0,35						0,48
9	0,53	0,49	0,35	0,33	0,36	0,29		0,40	0,27	0,28		
10	0,41	0,38	0,51	0,49	0,42	0,33		0,48	0,29	0,28	0,29	0,30
11	0,50	0,51	0,52	0,52	0,45	0,40	0,28	0,28	0,25	0,27	0,27	0,33
12	0,52	0,35	0,49	0,37	0,30	0,13	0,34	0,31	0,31	0,33	0,47	0,28
13	0,31	0,31	0,32	0,30	0,25	0,30	0,34	0,30	0,44	0,40	0,52	0,26

Tab. č. 2 Pokračovanie
Tabelle 2 Continued

Číslo-bodu[1]	Porast 304[2]		Porast 314		Porast 328		Porast 329		Porast 330		Porast 331	
	ČB[3]	CIR[4]	ČB	CIR	ČB	CIR	ČB	CIR	ČB	CIR	ČB	CIR
14	0,28	0,28	0,27	0,28	0,28	0,27	0,22	0,16	0,28	0,29	0,28	0,39
15	0,38	0,29	0,32	0,31	0,33	0,30	0,34	0,29	0,30	0,28	0,52	0,42
16	0,29	0,29					0,25	0,28	0,52	0,31	0,47	0,48
17	0,43	0,41					0,29	0,30				
18	0,55	0,47										
19	0,31	0,32										
20	0,29	0,18										

Poznámka: ČB – čiernobiele snímky, CIR – farebné infračervené snímky – [1]die Punktnummer, [2]der Bestand, [3]die Schwarzweissbilder, [4]die Color- Infrarotbilder

4. Zhodnotenie výsledkov a diskusia

Stredné súradnicové chyby lomových bodov hraníc lesných pozemkov dosiahli pri jednotlivých spôsoboch vyhodnotenia a pri jednotlivých druhoch leteckých meračských snímok tieto hodnoty:

a) fotogrametrické vyhodnotenie na univerzálnom fotogrametrickom prístroji T*OPOCART D*:
   - čiernobiele snímky: m_{xy} v rozpätí 0,19–0,65 m
   - CIR snímky: m_{xy} v rozpätí 0,14–0,55 m

b) digitálna fotogrametria:
   - čiernobiele snímky: m_{xy} v rozpätí 0,17–0,52 m
   - CIR snímky: m_{xy} v rozpätí 0,13–0,51 m

Pri zatriedení výsledkov m_{xy} z jednotlivých lomových bodov v zmysle STN 01 3410 boli dosiahnuté početnosti pre jednotlivé triedy presnosti mapovania uvedené v tabuľke 3.

Tab. č. 3 Počet identifikovaných bodov podľa tried presnosti
Tabelle 3 Die Zahl der identifizieren Grenzknickpunkte nach den Genauigkeitsklassen

Trieda presnosti[1] m_{xy} v m	Fotogrametrické vyhodnotenie[2]			
	TOPOCART D		Digitálna fotogrametria	
	ČB	CIR	ČB	CIR
1. m_{xy} = 0,04	–	–	–	–
2. m_{xy} = 0,08	–	–	–	–

Tab. č. 3 Pokračovanie
Tabelle 3 Continued

Trieda presnosti[1] m_{xy} v m	Fotogrametrické vyhodnotenie[2]			
	TOPOCART D		Digitálna fotogrametria	
	ČB	CIR	ČB	CIR
3. $m_{xy} = 0{,}14$	–	1	–	2
4. $m_{xy} = 0{,}26$	3	6	6	5
5. $m_{xy} = 0{,}50$	69	76	60	71
Prekročenie[3] 5. tr. presnosti	8	5	6	2

[1]die Genauigkeitsklasse, [2]die photogrammetrische Auswertung, [3]die Überschreitung der 5. Genauigkeitsklasse

Uvedené výsledky ukazujú, že na väčšine bodov bola pri analógovom fotogrametrickom vyhodnotení (*TOPOCART D*) i pri vyhodnotení digitálnou fotogrametriou dosiahnutá presnosť (vyjadrená strednou súradnicovou chybou m_{xy}) zodpovedajúca 5. triede presnosti mapovania. Ojedinelé výsledky v 3. a 4. triede presnosti možno považovať za náhodné.

Aj keď nie je výrazný rozdiel medzi počtom identifikovaných bodov na čiernobielych a CIR snímkach pri vyhodnotení na *TOPOCARTE D* a digitálnou fotogrametriou predsa je potrebné analyzovať príčiny. Ako bolo už v kap. 3. uvedené, pri vyhodnotení na *TOPOCARTE D* bolo identifikovaných na čiernobielych snímkach 77 a na CIR snímkach 86 bodov a pri digitálnom vyhodnotení na čb. snímkach 70 a na CIR snímkach 78 z celkových 114 bodov, ktoré boli určené terestrickým meraním.

V čom možno hľadať príčiny tohoto rozdielu medzi analógovou a digitálnou metódou fotogrametrického vyhodnotenia? Uvedieme v krátkosti charakteristiku skúmaných lesných porastov. Hranice týchto porastov predstavovali:

– lesná približovacia cesta,
– okraj lesného porastu,
– terénny chrbát,
– porasty s rozdielnou štruktúrou a rastovou fázou (vek, drevinové zloženie),
– lesná odvozná cesta.

Z uvedenej charakteristiky vyplýva, že identifikácia jednotlivých lomových bodov (ktoré boli priamo v teréne pri terestrickom meraní určené a dočasne stabilizované) na fotogrametrickom modeli je závislá od možnosti nastavenia stereoskopickej značky na tieto body. Zreteľnosť tohoto nastavenia v ďalšom ovplyvňuje dosiahnutú presnosť. Po-

tvrdzujú to aj viaceré publikácie a príspevky (ŽÍHLAVNÍK, Š. – TUNÁK, D. 2002, ŽÍHLAVNÍK, Š. 2004 a, b), v ktorých sú uvedené súhrnné výsledky výskumu vizuálnej interpretácie na rôznych snímkových materiáloch. Tieto sú usporiadané do interpretačných kľúčov, ktoré postupným doplňovaním nadobúdajú všeobecnú platnosť pre topografické prvky a niektoré druhy drevín. Práve ich využitie je zamerané najmä na oblasť lesníckeho mapovania fotogrametrickými metódami.

Posúdením identifikácie lomových bodov lesných porastov pomocou týchto interpretačných kľúčov možno konštatovať, že rozdiely v uvedených počtoch pri jednotlivých snímkach a metódach vyhodnotenia spočívajú práve v kvalite interpretácie. Ukazuje sa, že práve CIR snímky umožňujú lepšiu interpretáciu. Diskutabilný je však menší počet identifikovaných bodov pri digitálnom vyhodnotení. Ide tu o určitý rozpor. Dosahuje sa vyššia presnosť, ale menší počet identifikovaných bodov. Vysvetlenie možno hľadať v zreteľnosti priestorového modelu (ten je zreteľnejší pri priestorových vyhodnocovacích prístrojoch) a tým aj lepšiu vizuálnu interpretáciu. Je však jednoznačný nástup digitálnej fotogrametrie (CHUDÝ, F. – STUPKA, M., 2003, ŠANDORFI, K. – CHUDÝ, F., 2004), v ktorej bude treba riešiť problematiku automatizovanej interpretácie.

Pri určovaní lomových bodov jednoznačná identifikácia bola na lesnej približovacej ceste, na okrajoch lesného porastu a okrem troch bodov aj na lesnej odvoznej ceste. Problematickejšia bola identifikácia lomových bodov na hranici, ktorá prechádzala terénnym chrbátom. V priebehu tejto hranice bolo identifikovaných 60 % bodov. Sťažená bola identifikácia najmä tam, kde chrbát bol zaoblený a zápoj drevín neumožňoval pohľad na terén. Najhorší výsledok pri identifikácii bodov sa dosiahol na hraniciach porastov, ktoré boli vytvorené rôznou štruktúrou a rastovou fázou drevín. Identifikácia bola možná na hranici, ktorú tvorili porasty s rozdielnymi drevinami a rozdielnym vekom (tým aj výškou drevín porastu). Neidentifikovateľné boli hranice porastov, kde boli rovnaké dreviny, rovnaké výšky drevín a zakmenenie cca 0,7 až 1,0.

5. ZÁVER

Súčasný trend lesníckeho mapovania ukazuje, že väčšina mapovacích prác (cca 70–80 %) je vykonávaná fotogrametrickým vyhodnotením. Tvorba lesníckych máp je v súčasnosti charakterizovaná jednoznačne prechodom od analógovej ku digitálnej fotogrametrii. V rámci lesníckeho mapovania sú predmetmi merania aj vlastnícke hranice lesných pozemkov. Zatiaľ čo tématické lesnícke mapovanie sa vykonáva v 5. triede presnosti mapovania, pri určovaní vlastníckych hraníc v zmysle katastrálneho mapovania pre súvislé lesné celky sa vyžaduje mapovanie v 4. triede presnosti. V súčasnosti používané letecké meračské snímky v mierke 1 : 15 000 však neumožňujú dosiahnutie tejto presnosti. A to, ako ukázali aj rozbory v tomto príspevku, sa nedosiahne ani kvalitnejším snímkovým materiálom (CIR snímky) a ani vyhodnotením metódou digitálnej fotogrametrie. Zrejme v záujme hospodárnosti bude výhodnejšie použiť snímky väčších mierok, ako terestrické

merania, ktoré sú zvlášť v členitých a neprehľadných lesných porastoch veľmi náročné. Výsledky identifikácie lomových bodov hraníc lesných porastov preukázali opodstatnenosť využitia leteckých snímok. Celkove bolo identifikovaných cca 70 % lomových bodov hraníc lesných porastov. Z pohľadu hospodárnosti, najmä pri veľkom rozsahu mapovacích prác, je výhodnejšie využiť fotogrametrické vyhodnotenie a len neidentifikovateľné body domerať terestricky.

Literatúra

1. Böhm, J. a kolektív, 1990: Teorie chýb a vyrovnávacieho počtu. GKP Praha, 416 s.
2. Hricko, B. – Žíhlavník, Š., 2003: Príspevok k problematike určovania hraníc lesných pozemkov pomocou technológie GPS. In. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, XLV, s. 323–335.
3. Chudý, F. – Stupka, M., 2003: Automatická digitálna triangulácia v lesníckom mapovaní. In. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, XLV, s. 337–349.
4. Šandorfi, K. – Chudý, F., 2004: Digitálna fotogrametria – nezvratný trend lesníckeho mapovania. In. Aktuálne problémy lesníckeho mapovania II. TU Zvolen, s. 14–22.
5. Tunák, D. – Žíhlavník, Š., 2004: Polygonizácia a jej aktuálnosť pri lesníckom mapovaní. In. Aktuálne problémy lesníckeho mapovania II. TU Zvolen, s. 112–121.
6. Žíhlavník, A., 2004. Problematika priestorovej úpravy lesa v rámci reprivatizácie lesov. In. Aktuálne problémy lesníckeho mapovania II. TU Zvolen, s. 122–128.
7. Žíhlavník, A., 2005a: Hospodárska úprava lesov. ÚVVP LVH SR Zvolen, 179 s.
8. Žíhlavník, A., 2005b: Hospodárska úprava lesov. VŠ učebnica. TU Zvolen, 389 s.
9. Žíhlavník, Š., 2004: Geodézia, fotogrametria a mapovanie v lesníctve. VŠ učebnica, TU Zvolen, 388 s.
10. Inštrukcia na tvorbu Základnej mapy SR veľkej mierky 984 211 I/94, ÚGKK SR
11. STN 01 3410. Mapy veľkých mierok. Základné ustanovenia.
12. Vyhláška MP SR č. 5/1995 Z. z. o hospodárskej úprave lesov.
13. Zákon NR SR č. 173/2004 Z. z., ktorým sa mení a dopľňa zákon NR SR č.162/1995 Z. z. o katastri nehnuteľností a o zápise vlastníckych a iných práv k nehnuteľnostiam (katastrálny zákon) v znení neskorších predpisov.
14. Zákon NR SR č. 326/2005 Z. z. o lesoch.

Adresa autorov:
prof. Ing. Štefan Žíhlavník, 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 Beurteilung der Zveckmässigkeit der photogrammetrischen Grenzenbestimmung der Waldgrundstücke

Zusammenfassung

Der gleichzeitige Trend auf dem Gebiet der forstlichen Kartierung zeigt, dass die Aufnahmearbeiten meistens (cca 70–80%) durch die photogrammetrischen Auswertung verrichtet werden. Die Herstellung der Forstkarten in der Gleichzietigkeit ist eindeutig als der Übergang von der analogen zu der digitalen Photogrammetrie charakterisiert. Für die thematische forstliche Kartierung gilt 5. Genauigkeitsklasse, aber bei der Eigentumsgrenzenbestimmung für die Waldgrundstücke gilt 4. Genauigkeitsklasse. Die Luftmessbilder (schwarzweisse und auch CIR) im Massstab 1 : 15 000 (die in der Gleichzeit im Forstwesen angewendet sind) ermöglichen nicht diese Genauigkeit erreichen. Für das Erreichen der 4. Genauigkeitsklasse wäre es notwendig die Luftmessbilder im Massstab cca 1 : 8000 verfertigen. Die Auswertung der schweizweissen Luftmessbilder und auch CIR-Luftmessbilder bestätigte, dass man etwa 70 % der Bestandesgrenzen aus dem photogrammetrischen Modell (mit analogen und auch mit der digitalen Photogrammetrie) identifizieren kann. Bei der Identifizierung dieser Grenzen aufgrund der verschiedenen Interpretationsmerkmale gut sichtbar sind vor allem Waldwege, Waldrand, teilwiese scharf beendete Kämme, schlechter die Grenzen, die aufgrund der Struktur und Wachstumsphase des Bestandes identifizierbar sind.

Eine Rationalisierung der Aufnahmearbeiten bei der Bestimmung der Grenzknickpunkte von Waldbeständen gewähren die Verbindung der photogrammetrischen (vor allem digitalen) Auswertung der Luftbilder (vor allem CIR) mit den terrestrischen Messungen.

ACTA FACULTATIS FORESTALIS XLVIII
ZVOLEN – SLOVAKIA 2006

NOVÉ METÓDY BUZOLOVÉHO MERANIA LESNÉHO DETAILU

František C H U D Ý – Miroslav K A R D O Š – Julián T O M A Š T Í K

Chudý, F., Kardoš, M., Tomaštík, J.: Nové metódy buzolového merania lesného detailu. Acta Facultatis Forestalis, **XLVIII**, 2006, s. 339–352.

Moderné GIS a lesnícke systémy pre zber terénnych dát sú stále dostupnejšie v oblasti lesníckeho výskumu a v lesníckej praxi. Časťou týchto systémov, ktoré sa používajú sú moderné a progresívne nástroje, ako napríklad elektronický kompas, laserový diaľkomer, výkonný terénny počítač,..., ktoré môžu byť použité aj na iné účely. Merané buzolové ťahy sledovali vnútorné hranice rozdelenia lesa jedného vlastníka a sú predurčené na ich väčšie využitie v takých úlohách lesníckeho mapovania, ktoré sú menej náročné na presnosť.

Kľúčové slová: Buzolové meranie, elektronický kompas, laserový diaľkomer, Field-map

1. ÚVOD

Získavanie komplexných informácií o stave lesa a lesných porastov je dôležitou činnosťou na zabezpečenie všetkých funkcií lesa. Tieto slúžia ako podklad pre správne rozhodovanie pri jeho využívaní a obhospodarovaní koncovým užívateľom, alebo vlastníkom. K tomuto cieľu slúži aj inventarizácia lesa, ktorá okrem zisťovania komplexných informácií o stave lesných porastov podáva aj obraz o ich dynamike.

Napriek tomu, že vyhodnotenie leteckých meračských snímok (LMS) sa stalo dominantnou metódou lesníckeho mapovania (Huťka, I. 1998, Žíhlavník, Š. – Tunák, 2003, Žíhlavník, Š. 2004, Žíhlavník, Š. – Chudý, F. – Kardoš, M. 2005), je stále aktuálna potreba terestrického merania. Tieto merania budú stále potrebné, najmä ako podpora fotogrametrického vyhodnotenia, či už kvantitatívneho, alebo kvalitatívneho stavu lesa, prípadne na zabezpečenie rôznych stavebných a rekonštrukčných činností v ňom.

Na zber potrebných informácií vzhľadom na prudký rozvoj a dostupnosť výkonnej výpočtovej techniky existuje viacero hardvérových a softvérových systémov slúžiacich nie len pre inventarizáciu lesa ako takú, ale aj na hospodársko – úpravnícke plánovanie, mapovanie krajiny, zachytenie 3D štruktúry porastov, individuálne meranie stromov, odhadovanie porastovej zásoby, meranie korunových projekcií, kmeňových profilov a

podobne. Jedným z takýchto produktov, ktorý si čoraz viac nachádza uplatnenie v lesníctve je aj systém na počítačom podporovaný zber terénnych dát Field-map, ktorý môže používať referenčné rastre ako podkladové mapy pre zber dát aj do rôznych vrstiev GIS, čím ponúka komplexnú databázu v spojení s mapovým podkladom aj pre účely krajinného plánovania.

Táto viac-menej špecifická lesnícka metóda na zber základných údajov bola vyvinutá spojením buzolového merania, ktoré doteraz riešilo len zameranie polohopisu, merania pomocou globálneho polohového systému (GPS) a špeciálneho hardverového a softvérového vybavenia, ktorá sa dá výhodne uplatniť pri prácach menej náročných na presnosť. Nové možnosti jej využitia v lesníckom mapovaní umožnuje zavedenie nových technológií pri samotnom buzolovom meraní – elektronický kompas a laserový diaľkomer, ktoré umožňujú aj výškové meranie.

Cieľom príspevku je posúdenie presnosti merania línií vnútorného rozčlenenia lesa (neidentifikovateľných na leteckých meračských snímkach) na pozemku jedného vlastníka, ako aj určenia výškovej presnosti meraného bodu pre rôzne špeciálne lesnícke činnosti metódou buzolového merania za pomoci elektronickej buzoly a laserového diaľkomera, ktoré sú súčasťou systému Field-Map. Posúdiť vhodnosť jeho využitia pri zabezpečovaní niektorých špeciálnych úloh lesníckeho mapovania na získanie spoľahlivých polohopisných a výškopisných podkladov pre ďaľšie spracovanie.

2. ROZBOR PROBLEMATIKY

Pri lesníckych mapovacích prácach, ktoré sú menej náročné na presnosť (meranie lesného detailu) možno za určitých okolností výhodne uplatniť buzolové meranie, založené na účinkoch zemského magnetizmu. Sem patrí aj určovanie jednotiek priestorového rozdelenia lesa s výnimkou určovania vlastníckych hraníc lesných pozemkov (Žíhlavník, A., 2004, 2005, Žíhlavník, Š., 2004). Ide len o meranie polohopisu, ktoré sa vykoná polárnou metódou (Žíhlavník, Š., 2004). Čoraz viac sa však využívajú technológie na komplexný zber dát potrebných na inventarizáciu lesa, kde meranie polohopisu slúži ako prostriedok na správne umiestnenie (lokalizáciu) jednotlivých objektov pozorovania v priestore. Pri týchto meraniach sa okrem samotného azimutu a šikmej výšky meria aj zvislý uhol, či už na prepočet šikmej dĺžky na vodorovnú, alebo na zisťovanie výšky sledovaných objektov (napr. stromov – stredná výška porastu, ...), výšky podrobných bodov pre tvorbu digitálneho modelu terénu (DMT) a podobne. A tak je na mieste otázka s akou polohovou a výškovou presnosťou môžeme pre lesnícke mapovanie určiť týmito metódami podrobný bod merania, ako základu pre čiarovú kresbu mapového podkladu.

Na zameranie línií pri buzolovom meraní slúžia buzolové ťahy hlavné, alebo vedľajšie s bočnými zámerami (mapovanie okolitého detailu), alebo bez nich. Predmety merania sú hranice vnútorného rozdelenia lesa, lesné cesty, vodstvo, lesné chodníky, sklady dreva, lesné škôlky, chrbátnice a pod. Za počiatočné a koncové body ťahov sa volia meračské

body, medzníky držobnostných hraníc, značky rozdeľovacej siete, križovatky rozdeľovacích línií a iné trvale označené body, znázornené v základnej lesníckej mape. Je veľmi dôležité striktne dodržiavať všeobecne známe zásady merania buzolovými prístrojmi, ktoré možno použiť iba v teréne bez rušivých magnetických vplyvov.

Pri použití klasických meracích pomôcok pri buzolovom meraní podľa Technickej príručky hospodárskej úpravy lesov (1984) celková dĺžka jednotlivého buzolového ťahu nemá prekročiť 1,5 km. Dĺžky strán nemajú byť dlhšie ako 70 m a volia sa podľa terénnych pomerov. Zameranie sa môže vykonať buď meraním na každom vrchole ťahu, alebo meraním na každom druhom vrchole ťahu.

Presnosť určenia magnetických azimutov pri meraniach klasickými pomôckami a prístrojmi, ovplyvňujú najmä chyba v zacielení, chyba v čítaní hrotov magnetky, resp. čítania na magnetovom kruhu, chyba z nedokonalej citlivosti magnetky a chyba zo zmeny deklinácie. Za predpokladu, že sa použije rektifikovaný prístroj, môžu sa ostatné chyby pre ich malú hodnotu (zvyšky osových chýb, excentricita stanoviska a cieľa, atmosferické vplyvy a pod.) alebo konštantnosť zanedbať.

Pri bežne používaných buzolových prístrojoch možno presnosť určenia magnetických azimutov vyjadriť celkovou strednou chybou $m_A = 10´(19^c)$ čo zodpovedá priečnemu posunu asi 29 cm na 100 m. Pri zameriavaní buzolových ťahov aj pri podrobnom buzolovom meraní spôsobom polárnych súradníc sa prevažne používa nitkový diaľkomer. S ohľadom na horšie meracie podmienky v zalesnenom teréne treba počítať so strednou dĺžkovou chybou pre vzdialenosť d = 100 m asi m_d = 25 cm (ŽÍHLAVNÍK, Š., 2004).

3. EXPERIMENTÁLNY MATERIÁL

Experimentálny materiál bol získaný meraním buzolových ťahov v k. ú. Kováčová na Vysokoškolskom lesnom podniku (VŠLP) vo Zvolene – polesie Kováčová. Začiatočné a koncové body boli pripojené na body polygónových ťahov, ktorých stabilizované vrcholové body tvorili porovnávací základ pre posúdenie presnosti určenia vrcholových bodov buzolových ťahov, ktoré ich kopírovali. Časť porovnávacieho poľa (súbor 45 bodov) tvorili lomové body rôznych druhov hraníc porastov – odvozná cesta prebiehajúca mladým porastom, starým porastom, hranica medzi starým a mladým porastom, hranica medzi lesom a bezlesím.

Kontrolné a koncové body ťahov, boli merané terestricky elektronickým tachymetrom (Elta 4 s registračným zariadením Psion Organiser II) a systémom GPS. Polohové súradnice bodov boli určené v súradnicovom systéme Jednotnej trigonometrickej siete katastrálnej (S-JTSK), výškové v Baltskom systéme po vyrovnaní (Bpv).

Na meranie buzolových ťahov boli použité:

Elektronický kompas (Map Star Compass module) – váha 570 g, presnosť senzora +/- 0,3°, rozlíšenie na 0,1°, zvuková a číslicová signalizácia, pripojiteľný k laserovému diaľkomeru.

Optický zameriavač (Meopta Artemis 3000 1,5–5 x 20 variabilný)

Laserový diaľkomer (Impulse LR 200 – vodotesný, uspôsobený na držanie v jednej ruke, alebo pripojiteľný k monopodu, statívu, 6 číslicový podsvietený display, zvuková aj obrazová indikácia správneho zacielenia, umožňuje merať výšku, vodorovnú a šikmú vzdialenosť, percento prevýšenia.., má zabudovaný elektronický filter, ktorý eliminuje vplyv odrazov od nežiadúcich cieľov). Ma hmotnosť 1 kg, maximálna zámera je 575 metrov, zdroj 2AA batérie, presnosť 3 cm na biely cieľ na 50 metrov, 5 cm na šedý cieľ na 150 metrov. Presnosť senzora +/– 0,1°, limit sklonu +/–90°.

Monopod, výtyčky, odrazové hranoly, statívy.

Spracovanie výsledkov bolo vykonané pomocou softvérových produktov:

Groma – výpočet pravouhlých súradníc vrcholových bodov polygónového ťahu.

Kokeš – výpočet pravouhlých súradníc vrcholových bodov buzolových ťahov.

Microsoft EXCEL, WORD.

4. METODIKA PRÁCE

Porovnávacie bodové pole bolo vytvorené polygonizáciou a rajonizáciou. Vrcholové body polygónového ťahu a lomové body hraníc lesného detailu boli stabilizované železnou rúrkou. Ich vypočítané pravouhlé súradnice boli považované za správne. Boli zamerané tri buzolové ťahy, v dvoch samostatných skuinách, s hodnotami meranými na každom druhom vrchole (najčastejšie používané v lesníckom mapovaní). V prvej skupine s použitím rôznych spôsobov horizontácie a centrácie (postavenia) prístrojov a terčov pri meraní. Počet určovaných a testovaných vnútorných bodov bol pre všetky ťahy rovnaký.

Spôsob merania 1 – na meranie boli použité tri geodetické statívy slúžiace na stabilizáciu a horizontáciu prístrojov (elektronická buzola a laserový diaľkomer) a odrazových terčov na stanovisku a na cieľových bodoch (kvázi trojpodstavcová sústava).

Spôsob merania 2 – na meranie bol použitý jeden geodetický statív slúžiaci na stabilizáciu a horizontáciu prístrojov na stanovisku a dve prenosné výtyčky na postavenie odrazových terčov na cieľových bodoch (pri zámere naspäť a napred).

Spôsob merania 3 – na meranie bol použitý teleskopický monopod (špeciálna výtyčka) slúžiaca na postavenie prístrojov na stanovisku a jedna prenosná výtyčka na postavenie odrazového terča na cieľových bodoch (pri zámere naspäť a napred).

Z priamych a obrátených meraných azimutov boli vypočítané vrcholové uhly strán pre jednotlivé buzolové ťahy. Za pomoci týchto vrcholových uhlov a vodorovných dĺžok meraných laserovým diaľkomerom boli vypočítané pravouhlé súradnice lomových bodov týchto ťahov, ako pre pomocné polygóny. Polohopisné súradnice boli porovnané so súradnicami týchto bodov určenými pomocou polygonizácie.

Vzťahy pre výpočet polohovej presnosti a správnosti určenia súradníc podrobných bodov sme implementovali do programu Excel, na základe postupu podľa Böhma (1990).

Postup pre zhodnotenie presnosti a správnosti pozostáva z týchto krokov:

1. Výpočet rozdielov súradníc (odchýlok):

$$\delta_{xi} = X_F - X_G \qquad \delta_{yi} = Y_F - Y_G \tag{1}$$

Kde: X_G, Y_G sú správne geodetické súradnice,
X_P, Y_F sú vypočítané geodetické súradnice,
i je poradové číslo bodu.

2. Posúdenie presnosti a správnosti určenia bodov:
   a) Presnosť merania posudzujeme podľa aritmetického priemeru a smerodajnej odchýlky podľa nasledovných vzťahov:

$$\delta_x = \frac{\sum \delta_x}{n} \qquad \delta_y = \frac{\sum \delta_y}{n} \tag{2}$$

$$s\delta_x = \sqrt{\frac{\sum (\delta_{xi} - \delta_x)^2}{n}} \qquad s\delta_y = \sqrt{\frac{\sum (\delta_{yi} - \delta_y)^2}{n}} \tag{3}$$

   b) Správnosť merania posudzujeme na základe T-testu, ktorý má potvrdiť, alebo vyvrátiť, že ak vznikne nejaká systematická chyba pri určovaní súradníc bodov z fotogrametrického modelu, tak nevznikla z titulu náhodných činiteľov.

Stanovenie nulovej hypotézy:

$$\delta_x = 0 \qquad \delta_y = 0 \tag{4}$$

Výpočet hodnoty T (Šmelko, 1995)

$$T_x = \frac{\frac{\delta_x}{S_x}}{\sqrt{n-1}} \qquad T_y = \frac{\frac{\delta_y}{S_y}}{\sqrt{n-1}} \tag{5}$$

Určenie hodnoty $t_{0,025(x)}$:

Určíme ju z tabuľky „Kritické hodnoty Studentovho t rozdelenia pre zvolenú hladinu významnosti“.

x – je počet uvažovaných hodnôt v súbore pri testovaní.

Potvrdenie alebo popretie hypotézy:

– $T < t_{0,025(x)}$ ak – nulová hypotéza sa prijíma, čo znamená, že systematická chyba je štatisticky nevýznamná,
– $T > t_{0,025(x)}$ ak – nulová hypotéza sa zamieta a vysloví sa tvrdenie s 95 % spoľahlivosťou, že súbor je zaťažený systematickou chybou.

Ak sa má táto systematická chyba odstrániť, je potrebné príslušné hodnoty opraviť o hodnotu rovnajúcu sa opačnej hodnote aritmetického priemeru základného súboru hodnôt.

3. Výpočet stredných súradnicových chýb m_x, m_y, podľa vzťahov:

$$m_x = \sqrt{\frac{\left[\delta^2_{xoi}\right]}{n}} \qquad m_y = \sqrt{\frac{\left[\delta^2_{yoi}\right]}{n}} \tag{6}$$

Kde: n – počet meraní,
δxo – opravené hodnoty,
δyo – opravené hodnoty.

4. Stredné súradnicové chyby m_{xy} jednotlivých meraní podľa vzťahu:

$$m_{xy} = \sqrt{0,5\left(m_x^2 + m_y^2\right)} \tag{7}$$

V druhej skupine merania bol použitý len tretí spôsob merania – najjednoduchšia možná zostava – monopod a výtyčka s odrazovým zrkadlom. Túto zostavu sme zvolili kvôli maximálnej efektívnosti merania. „Horizontovanie prístroja“ je v tomto prípade nahradené funkciou „Level Aid“, ktorá zabezpečuje, že v prípade vychýlenia prístroja nad nastavenú toleranciu od vertikálnej roviny sa ozve zvukový signál. Na zameranie predmetných bodov boli vytvorené 3 buzolové ťahy. Z nameraných veličín boli vypočítané vodorovné vzdialenosti, prevýšenia a vrcholové uhly.

Výškové vyhodnotenie bolo vykonané na základe trigonometrického výpočtu a vyrovnania výšok pre každý buzolový ťah osobitne a následne boli vypočítané sumárne výsledky pre celú množinu skúmaných bodov.

Trigonometrický výpočet a vyrovnanie výšok bodov bolo vykonané podľa vzťahu:

$$H_A = H_B + h' + dh_i, \tag{8}$$

kde H sú výšky bodov, na bode A a B, h’ je prevýšenie medzi týmito bodmi, ktoré sme vypočítali pomocou výškového uhla a vodorovnej vzdialenosti medzi bodmi A a B, použitím nasledovného vzťahu:

$$h' = i_a + s \,.\, \mathrm{tg}\,\beta - t_b \tag{9}$$

i_a – výška prístroja,
s – vodorovná dĺžka,
β – výškový uhol,
t_b – výška signálu na bode B.

Pre vyrovnanie výšok sme použili hodnotu odchýlky vo výškovom uzávere buzolového ťahu. Výpočet odchýlky U je nasledovný (Žíhlavník, Š. 1999):

$$U = \sum h'_i - h_{pk} \tag{10}$$

kde $\sum h'_i$ je súčet nevyrovnaných prevýšení a h_{pk} je prevýšenie medzi začiatočným a koncovým bodom buzolového ťahu. Následne sme pre každé prevýšenie vypočítali opravu

podľa vzťahu:

$$d_{Hi} = \frac{U}{\sum s_i} * s_i \tag{11}$$

kde s_i sú vodorovné dĺžky strán.

Následne sme vypočítali rozdiely medzi hodnotami výšok z merania elektronickým tachymetrom ELTA 4 (považujeme za správne) – H_E, a buzolovým prístrojom Field-Map (H_F):

$$\delta_{Hi} = H_E - H_F \tag{12}$$

a vypočítali sme strednú výškovú chybu vyrovnania:

$$m_H = \sqrt{\sum \delta_{Hi}^{\ 2} / n} \tag{13}$$

Výpočet výškovej presnosti a správnosti určenia súradníc podrobných bodov sme posúdili ako v prvej skupine, na základe postupu podľa Böhma (1990), kde vo vzťahoch (1) až (6) boli symboly v indexoch x, y nahradené symbolom z (výšky).

5. ZHODNOTENIE VÝSLEDKOV A ZÁVER

Presnosť bodov polohových bodových polí a výšok pre katastrálne mapovanie sa posudzuje podľa základnej súradnicovej chyby mxy , ktorá nesmie prekročiť hodnotu krajnej dovolenej odchýlky uxy pre jednotlivé triedy presnosti mapovania podľa STN 013410 – Mapy veľkých mierok sú uvedené v tabuľke č. 1.

Tabuľka č. 1. Triedy presnosti podľa STN 013410
Tab. 1. Accuracy classes by STN 013410

Trieda presnosti	u_{xy}	u_v	u_H
1. trieda	0,04 m	0,03	0,30 m
2. trieda	0,08 m	0,07	0,40 m
3. trieda	0,14 m	0,12	0,50 m
4. trieda	0,26 m	0,18	0,80 m
5. trieda	0,50 m	0,35	1,50 m

Porovnanie presných súradníc bodov zameraných polygonizáciou a z buzolového merania v prvej sérii bolo vykonané v zmysle teórie chýb a vyrovnávacieho počtu (Böhm a kol. 1990). Na vyhodnotenie bolo použitých 21 kontrolných bodov. Údaje o dosiahnutých výsledkoch pre zvolené postupy merania sú uvedené v tabuľke č. 2, 3, 4.

Spôsob merania 1 – na meranie boli použité tri geodetické statívy slúžiace na stabilizáciu a horizontáciu prístrojov (elektronická buzola a laserový diaľkomer) a odrazových terčov na stanovisku a na cieľových bodoch (kvázi trojpodstavcová sústava).

Tabuľka č. 2. Výsledné stredné súradnicové chyby pri meraní spôsobom č. 1
Tab. 2. Final mean coordinates error in the 1st measurement method

Suma	15,72	–1,20		
Aritmetický priemer	0,75	–0,06		
Smerodajná odchýlka	0,84	0,41		
Testovacie kritérium	3,98	–0,63		
Kritická hodnota	2,080			
Početnosť	21			
MyMx	1,13	0,41	0,84	0,41
Myx (m)	0,85		**0,66**	
	Pred odstránením systematickej chyby		Po odstránení systematickej chyby	

Spôsob merania 2 – na meranie bol použitý jeden geodetický statív slúžiaci na stabilizáciu a horizontáciu prístrojov na stanovisku a dve prenosné výtyčky na postavenie odrazových terčov na cieľových bodoch (pri zámere naspäť a napred).

Tabuľka č. 3. Výsledné stredné súradnicové chyby pri meraní spôsobom č. 2
Tab. 3. Final mean coordinates error in the 2nd measurement method

Suma	10,54	6,28		
Aritmetický priemer	0,50	0,30		
Smerodajná odchýlka	0,65	0,38		
Testovacie kritérium	3,43	3,49		
Kritická hodnota	2,080			
Početnosť	21			
MyMx	0,83	0,49	0,71	0,41
Myx (m)	0,68		**0,58**	
	Pred odstránením systematickej chyby		Po odstránení systematickej chyby	

Spôsob merania 3 – na meranie bol použitý teleskopický monopod (špeciálna výtyčka) slúžiaca postavenie prístrojov na stanovisku a prenosné výtyčka na postavenie odrazového terča na cieľových bodoch (pri zámere naspäť a napred).

Tabuľka č. 4. Výsledné stredné súradnicové chyby pri meraní spôsobom č. 3
Tab. 4. Final mean coordinates error in the 3rd measurement method

Suma	–11,52	–4,97		
Aritmetický priemer	–0,55	–0,24		
Smerodajná odchýlka	0,89	0,36		
Testovacie kritérium	–2,76	–2,96		
Kritická hodnota	0,00	2,08		
Početnosť	21			
MyMx	1,04	0,43	0,92	0,39
Myx (m)	0,80		**0,71**	
	Pred odstránením systematickej chyby		Po odstránení systematickej chyby	

Po porovnaní dosiahnutých výsledkov pri jednotlivých spôsoboch buzolového merania, čo sa týka dosiahnutej presnosti, vidno, že najpresnejšou metódou sa javí spôsob merania č. 2, potom nasleduje č. 1 a najnepriaznivejšie výsledky boli dosiahnuté pri spôsobe č. 3. Súhrnné výsledky stredných súradnicových chýb (po odstránení systematickej chyby) sú tabuľke č. 5.

Tabuľka č. 5. Sumárna tabuľka stredných súradnicových chyb
Tab. 5. Summary table of the mean coordinate errors

	Myx po odstránení systematickej chyby
3 statívy	0,66 m
1 statív	0,58 m
Monopod	0,71 m

Porovnaním výsledkov s normou STN (Tab. č. 1) môžeme konštatovať, že ani jedno meranie nesplnilo podmienky presnosti pre katastrálne mapovanie, čo však z hľadiska tématického lesníckeho mapovania nie je významný problém, pretože tieto sa od 5. triedy výrazne neodlišujú a podľa „Pracovné postupy hospodárskej úpravy lesov“ Kolektív, 1995 je udávaná hodnota strednej súradnicovej chyby takýchto meraní m_{xy} = 1,5 m. Dosiahnutá presnosť teda vyhovuje meraniu línií vnútorného rozčlenenia lesa (nejedná sa o hranice vlastnícke, ale o lesné chodníky, hranice medzi porastmi, atď.) a rozmiestnenia rôznych objektov špeciálneho lesníckeho prieskumu na pozemku jedného vlastníka.

Okrem dosiahnutej presnosti samotného merania sa javí zaujímavo časový priebeh merania pri jednotlivých spôsoboch postavenia prístrojov na stanovisku, čo je zrejmé z tabuľky číslo 6.

Tabuľka č. 6. Prehľad časového priebehu jednotlivých meraní
Tab. 6. Time line scheme of the each measurement method

Hodnoty sú udávané v minútach	Buzolové meranie na každom druhom vrchole								
	Spôsob 1			Spôsob 2			Spôsob 3		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Meranie	105	45	30	30	40	25	–	30	36
Meranie spolu	180			95			65		
Priemer na bod	6 min 20 sek			3 min 28 sek			2 min 25 sek		
A	postavenie								
B	kalibrácia								
C	meranie								

Z tabuľky č. 6. vidieť, že najväčšiu náročnosť na čas vyžaduje spôsob merania č. 1 a najmenšia časová náročnosť je pri spôsobe č.3, pri ktorom je možné predpokladať zrýchlenie postupu merania pri použití dvoch výtyčiek s odrazovými hranolomi. Tým sa ušetrí čas, ktorý musí merač čakať na presun pomocníka s odrazovým hranolom z predchádzajúceho cieľa na nasledujúci. Pri spôsobe merania č. 3. vzniká veľká časová úspora hlavne tým, že na lomových bodoch netreba stavať statívy. Z tabuľky č. 6 ďalej vyplýva, že je dôležité zvážiť aký konkrétny spôsob merania použijeme vzhľadom na očakávané výsledky merania a jeho časovou náročnosťou. Vo všeobecnosti však môžeme konštatovať, že všetky tri spôsoby merania majú v lesníckom mapovaní opodstatnenie, ak budú dodržané všeobecne platné zásady pri meraní buzolovými prístrojmi. Na základe uvedeného treba však zvážiť, či vzhľadom na prácnosť merania a dosiahnutú presnosť pri spôsbe merania č. 1 nie je vhodnejsie použiť na meranie klasický elektronický tachymeter, pomocou ktorého pracnosť merania na jednotlivom stanovisku je približuje rovnaká ako pri meraní pomocou elektronického kompasu a laserového diaľkomera, pričom dosiahnutá presnosť je rádovo vyžšia.

Výhodou použitia moderných elektronických meracích pomôcok je aj odjektivizácia samotného merania (chyba vzniká hlavne pri zacielení, určenie a registrácia hodnôt nie je zaťažená subjektívnym vplyvom) a nie je nutne tak striktne dodržiavať maximálne dĺžky strán a ťahov ako celku a môže dvôjsť v určitých prípadoch k ich prekročeniu (špecifickosť lesného prostredia).

Porovnanie výškových súradníc bodov zameraných polygonizáciou, rajonizáciou a z buzolového merania v druhej sérii bolo vykonané v zmysle teórie chýb a vyrovnávacieho počtu (Böhm a kol. 1990). Na vyhodnotenie bolo použitých 45 kontrolných bodov na troch buzolových ťahoch. Údaje o dosiahnutých výsledkoch pre jednotlivé

buzolové ťahy sú uvedené v tabuľke č. 7, 8, 9. Sumárny súhrn výsledkov sa nachádza v tabuľke č. 10.

Tab. č. 7 Výsledky vyhodnotenia presnosti určenia výšok pre buzolový ťah č. 1
Tab. 7 Final results of the height accuracy evaluation – compass course 1

Suma	–3,252	
Aritmetický priemer	–0,155	0,000
Smerodajná odchýlka	0,248	0,248
Testovacie kritérium	–2,78	
Kritická hodnota	2,080	
Početnosť	21	21
Mz	0,2931	0,2489
	Pred odstránením systematickej chyby	Po odstránení systematickej chyby

Tab. č. 8 Výsledky vyhodnotenia presnosti určenia výšok pre buzolový ťah č. 2
Tab. 8 Final results of the height accuracy evaluation – compass course 2

Suma	–1,041	
Aritmetický priemer	–0,055	–0,047
Smerodajná odchýlka	0,106	0,106
Testovacie kritérium	–2,175	
Kritická hodnota	2,093	
Početnosť	19	19
Mz	0,1201	0,1168
	Pred odstránením systematickej chyby	Po odstránení systematickej chyby

Tab. č. 9 Výsledky vyhodnotenia presnosti určenia výšok pre buzolový ťah č. 3
Tab. 9 Final results of the height accuracy evaluation – compass course 3

Suma	–0,736
Aritmetický priemer	–0,092
Smerodajná odchýlka	0,127
Testovacie kritérium	–1,901
Kritická hodnota	2,306
Početnosť	8
Mz	0,1575
	Nevyskytla sa systematická chyba

Tab. č. 10 Výsledná tabuľka vypočítaných stredných súradnicových chýb
Tab. 10 Final table of the mean coordinate errors

		Polygón 1	Polygón 2	Polygón 3	celkovo
vyrovnané	bez odstránenia systematickej chyby	0,2931	0,1201	0,1575	**0,2177**
	s odstránením systematickej chyby	0,2489	0,1168	0,1575	**0,1914**
nevyrovnané	bez odstránenia systematickej chyby	0,4164	0,1025	0,1575	**0,2901**
	s odstránením systematickej chyby	0,3151	0,1025	0,1575	**0,2275**

*vyhodnotenia stredných súradnicových chýb mz: ak nebolo potrebné vykonať vyrovnanie výšok, prípadne sa pri meraní nevyskytla systematická chyba, boli pri výpočte výsledných stredných súradnicových chýb prevzaté výsledky správneho merania.

Z uvedených výsledkov vyplýva, že sa pri použití zostavy Field-Map dá dosiahnuť výšková presnosť, zodpovedajúca požadovanej 5. triede presnosti podľa STN 013410 – Mapy veľkých mierok, nakoľko stredná výšková chyba m_z je menšia ako kritérium u_z (u_z = 0,35 m). Výsledky po vyrovnaní a odstránení systematickej chyby sa dokonca približujú kritériu pre 4. triedu presnosti (u_z = 0,18 m). Pri vyrovnaní výšok sme použili krajnú hodnotu $\varsigma_{max} = 80.\sqrt{r}$ [mm] (r je dĺžka ťahu v km), čo je hodnota odvodená pre polygónové ťahy. Pre podmienky lesníckeho mapovania je však pri požadovanej 5. triede presnosti merania táto hodnota zbytočne prísna a preto dosiahnuté výsledky považujeme za uspokojivé. Na základe uvedeného môžeme konštatovať, že použitie zostavy Field-Map je vhodné aj pre vyhodnotenie výškopisu.

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

Literatúra

1. Böhm, J. a kolektív, 1990. Teórie chýb a vyrovnávacieho počtu. GKP Praha, 416 s.
2. Huťka, I., 1998: Lesnícke účelové mapovanie. In: Aktuálne problémy lesníckeho mapovania, TU Zvolen, s. 19–27.
3. Žíhlavník, A., 2004. Problematika priestorovej úpravy lesov v procese reprivatizácie lesov. In. Aktuálne problémy lesníckeho mapovania II. TU Zvolen, s. 122–128.

4. Žíhlavník, A., 2005. Hospodárska úprava lesov, TU Zvolen, 389 s.
5. Žíhlavník, Š., 2004a. Problematika vytyčovania hraníc pri reprivatizácii lesných pozemkov. In. Acta Facultatis Forestalis Zvolen XLVI-2004, s. 235–245.
6. Žíhlavník, Š., – Tunák, D., 2003. Letecké farebné infračervené snímky v lesníckom mapovaní. In. Acta Facultatis Forestalis Zvolen XLV-2003, s. 351–363.
7. Žíhlavník, Š., 1999: Geodézia a fotogrametria v lesníctve. TU Zvolen, 340 s.
8. Žíhlavník, Š., 2004: Geodézia, fotogrametria a mapovanie v lesníctve, TU Zvolen, 388 s.
9. Žíhlavník, Š., – Chudý, F., – Kardoš, M., 2005: Digitálna fotogrametria v lesníckom mapovaní. Vedecké štúdie. TU Zvolen. 81 s.
10. STN 01 3410 Mapy veľkých mierok. Základné a účelové mapy
11. Kolektív, 1995: Pracovné postupy hospodárskej úpravy lesov, Lesoprojekt Zvolen, 175 s.

Adresa autorov:
Doc. Ing. František Chudý, CSc.
Ing. Miroslav Kardoš
Ing. Julián Tomaštík
Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie
Lesnícka fakulta TU vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen

e-mail: chudy@vsld.tuzvo.sk
kardos@vsld.tuzvo.sk
tomastik@vsld.tuzvo.sk

New methods of compass measurement of the forest detail

Summary

The modern GIS and forestry systems for terrestrial data collecting are more available in the forestry research and proffesion. One of their parts use to be modern, progressive equipment, such is electronic compass, laser range – finder, powerful field computer, ..., which can be used for the other purposes, too. Measured compass courses, represented the lines of interior forest distribution on the one owner area, shows their bigger use in such tasks, which are less demanding on accuracy in the forestry mapping.

ACTA FACULTATIS FORESTALIS XLVIII
ZVOLEN – SLOVAKIA 2006

VPLYV DMT NA TVORBU VÝŠKOPISU A MOZAIKOVANIE ORTOFOTOSNÍMOK

František C H U D Ý – Miroslav K A R D O Š – Martin C H O C H O L Í K

Chudý, F., Kardoš, M., Chocholík, M.: Vplyv DMT na tvorbu výškopisu a mozaikovanie ortofotosnímok. Acta Facultatis Forestalis, **XLVIII**, 2006, s. 353–364.

Článok sa zaoberá posúdením presnosti výškopisu s rôznou hustotou siete DMT vytvorenej zo stereodvojice snímok a následne kvalitou mozaikovania ortofotosnímok. Terénne merania a fotogrametrické vyhodnotenie boli vykonané na VŠLP Zvolen polesie Kováčová. Vyhodnotenie výškových odchýlok sa vykonávalo v prostredí programu Atlas DMT medzi vrcholovými bodmi polygónu zameraného terestricky pomocou elektronického tachymetra a modelmi terénu vytvorenými prostredníctvom softvéru ImageStation a jeho modulov z leteckých meračských snímok (LMS).

Kľúčové slová: digitálny model terénu, výškové profily, mozaikovanie ortofotosnímok

1. ÚVOD

Jedným z najdôležitejších produktov digitálnej fotogrametrie sú digitálne modely terénu (DMT). Možnosť ich tvorby je podmienená existenciou dostatočne spoľahlivého stereomodelu, teda snímkových dvojíc so známou vonkajšou orientáciou a z nich následne možno získať okrem polohopisných aj výškové dáta. Tieto môžeme vyhotovovať pre potreby rôznych alternatívnych riešení projektov (úloh), vzhľadom na rozmanitú činnosť nie len v lesnom hospodárstve a možnosti ich vizualizácie, ale v odbore lesníckej geodézie a fotogrametrie hlavne ako základ pre digitálne diferenciálne prekresľovanie pri tvorbu ortofotosnímky, ortofotoplánu a následne ortofotomapy. Z viacerých možností tvorby DMT, digitálny model reliéfu (DMR) a ich dalšieho spracovania majú dáta získané fotogrametricky veľký význam pre úlohy riešenia v oblasti geografických informačných systémov (GIS), prípadne iných gisovských aplikáciách, kde sa digitálne modely využívajú aj na priestorové analýzy napr. zisťovanie sklonitosti, expozície svahov, predvídanie zátopových oblastí a podobne.

Cieľom príspevku je posúdenie presnosti určenia výškopisu metódami digitálnej fotogrametrie, ako hlavného aspektu ovplyvňujúceho presnosť ortofotosnímky a posúdenie presnosti mozaikovania vytvorených ortofotosnímok s rôznym intervalom hustoty siete pre tvorbu DMT vstupujúceho do ich ortorektifikácie.

2. ROZBOR PROBLEMATIKY

Podklady pre tvorbu DMT môžeme získať z geodetických meraní, digitalizáciou existujúcich mapových podkladov, vyhodnotením fotogrametrických snímok, kombinovanou metódou.

Na tvorbu a analýzu digitálnych modelov je v súčasnosti dostupné množstvo programov. V príspevku sa zaoberáme tvorbou DMT zo zorientovaných snímkových stereodvojíc v prostredí software ImageStation SSK od spoločnosti Intergraph, ktorý je na katedre Hospodárskej úpravy lesov a geodézie pre riešenie úloh lesníckeho mapovania a GIS. Digitálne modely terénu sa v ňom generujú buď automaticky modulom ImageStation Automatic Elevations, alebo manuálnou editáciou 3D výškových bodov pomocou ImageStation DTM collection. Tvorba DMT v digitálnej fotogrametrii zohráva zvlášť dôležitú úlohu pri tvorbe ortofotosnímky, ako finálneho produktu digitálnej fotogrametrie (napr. Bartoš, P. 1998, Stupka, M. 2002, Kardoš, M. 2003, Melichárek, R. 2004, Chudý, F. 2004, Žíhlavník – Chudý – Kardoš 2005). Z publikovaných výsledkov vyplýva, že kvalitu ortofotosnímky najviac ovplyvňuje kvalita vytvoreného DMT.

Nie vždy sa na vytvorenej ortofotosnímke nachádza celá záujmová oblasť, preto je nevyhnutné vytvoriť digitálny obraz pospájaním niekoľkých ortofotosnímok. Uvedený postup sa nazýva mozaikovanie. Na základe vybranej deliacej čiary sú čiastkové ortofotosnímky spájané do výslednej ortofotomozaiky.

Digitálne fotogrametrické systémy umožňujú vytváranie mozaiky, ktoré vychádza z pozdĺžneho alebo priečneho prekrytu ortofotosnímok. Skoro každý softvér ponúka možnosť automatického alebo manuálneho spojenia snímok v prekrytovej oblasti. Spoj v mieste a okolí deliacej čiary je možné „vyhladiť“ rádiometrickými korekciami, a aby nevznikol náhly skok medzi mozaikovanými obrazmi, upravia sa aj rádiometrické charakteristiky v širšom okolí spojovacích bodov.

3. EXPERIMENTÁLNY MATERIÁL

3.1. Letecké meračské snímky

Snímkovanie sa uskutočnilo na území VŠLP pomocou fotokamery LMK 2015. Rozmer snímok bol štandardného formátu 23 x 23 cm. Výška letu bola približne 2900 m. Transformácia leteckých meračských snímok do digitálnej formy sa uskutočnila pomocou skenera Photoscan s hustotou skenovania 1700 DPI. Veľkosť jedného obrazového prvku (pixla) je 14,95 mikrometra, čo v skutočnosti predstavuje pri priemernej mierke snímok 1 : 15 000 22,4 centimetra. Uvažovalo sa s priemernou nadmorskou výškou 400 m. n. m. Pri ortofotosnímkach bola veľkosť jedného pixla 1 m v skutočnosti.

3.2. Polygónový ťahy

Polygónový ťah bol zameraný v teréne pomocou elektronického tachymetra ELTA 4 a napojený na existujúcu geodetickú sieť. Namerané údaje sa zaznamenávali pomocou registračného zariadenia PSION GEUS a následne boli spracované pomocou software GROMA. Súradnice vrcholových bodov polygónových ťahov sú určené v súradnicovom systéme Jednotnej trigonometrickej siete katastrálnej (S-JTSK). Výškové súradnice vrcholových bodov sú pripojené na Slovenskú nivelačnú sieť vo výškovom systéme Baltskom po vyrovnaní. Vrcholové body polygónového ťahu boli v teréne stabilizované železnými rúrkami a signalizované oranžovou reflexnou farbou.

4. METODIKA PRÁCE

Vytvorili sme fotogrametrický projekt z 88 snímok v siedmych radoch. Z týchto bola vybratá dvojica čiernobielych leteckých meračských snímok zachytávajúcich územie ŠLP v katastri obce Kováčová. Údaje o súradniciach rámových značiek boli prebraté z kalibračného listu. Pre potreby mozaikovania bol použitý ten istý projekt, ale ortofotosnímky pre mozaikovanie boli vytvárané z viacerých modelov.

Na zistenie presnosti generovaného DMT sme zamerali v teréne polygón, na ktorom sa vytvárali pozdĺžne profily jednotlivými DMT. Vrcholy polygónu boli číslované od č. 600, má 9 vrcholových bodov, prechádza po celej dĺžke voľným priestranstvom a má dlhšie strany (od 120 do 350 metrov). Jeho dĺžka je 1879,25 m.

Digitálny model terénu sa v digitálnej fotogrametrii vytvára zo zorientovaných snímkových dvojíc. Aby sme mohli získať pravidelné bodové pole, ktoré bude definované v priestore (danom súradnicovom systéme) parametrami X, Y, Z, musia mať snímky matematicky definované parametre vnútornej a vonkajšej orientácie. Vonkajšou orientáciou rozumieme relatívnu orientáciu, pri ktorej sa snímkové dvojice prekrývajú navzájom v spoločnom prekryte prostredníctvom spájacích bodov a absolútnu orientáciu, kde sa vytvorený stereoskopický model transformuje na vlícovacie body a umiestni sa tak do geodetického súradnicového systému.

V našom prípade sme pre potreby vyhodnocovania DMT použili projekt aerotriangulácie, ktorý zachytával celé územie ŠLP. Pri jeho tvorbe bolo pre absolútnu orientáciu použitých 11 vlícovacích bodov. Pre zjednodušenie a zrýchlenie práce sme vybrali len dva stereomodely, teda štyri dvojice snímok, ktoré zachytávali potrebnú scénu. Keďže sa táto nachádzala na rozhraní modelov, kde sa DMT generuje s väčšou nepresnosťou, nepoužili sme pre označenie hraníc zberu modelu terénu tzv. collection boundary, ale funkciu blockwise matching. Collection boundary, teda hranica zberu bodov sa definuje na každom modely samostatne a následné spájanie modelov je viac nepresné, na rozdiel od blockwise matching, teda párovania po blokoch kde sa polygónom definuje oblasť v rámci viacerých modelov.

Pre analýzu modelov terénu sme sa rozhodli vytvoriť DMT s pevne definovaným rozostupom 50, 30, 10 metrov a s variabilným rozostupom siete bodov (adaptive grid), kde program sám definuje rozostup bodov podľa variability terénu.

Pri všetkých modeloch terénu sme použili programom ponúkané možnosti adaptive paralax, adaptive matching, ktoré závisia od definovaného typu terénu. Funkciu adaptive grid sme použili pri tvorbe terénu s variabilným rozostupom bodov. Výstupné hodnoty DMT sa zapisovali do DGN, TTN a QUE súborov. Určili sme typy bodov, ktoré sa majú zapisovať a tiež ich farebné rozlíšenie. Jednalo sa o tieto typy bodov : body siete DMT, body siete DMT s nižšou odchýlkou a body siete DMT, ktoré prekročili prah presnosti.

Ďalej bolo potrebné spraviť úpravu nameraných dát (polygónov) a ich import do prostredia Microstation, pomocou funkcie import bodov X, Y, Z. Polygóny sa zakreslili do samostatnej vrstvy a zobrazili nad stereo modelom. Pomocou stereokorelácie sme do ďalšej vrstvy zakreslili hranicu exportu bodov, tak aby vhodne rešpektovala priebeh terénu a v teréne zameraných polygónov t. j. sledovala cesty, hranice pozemkov, porastov.

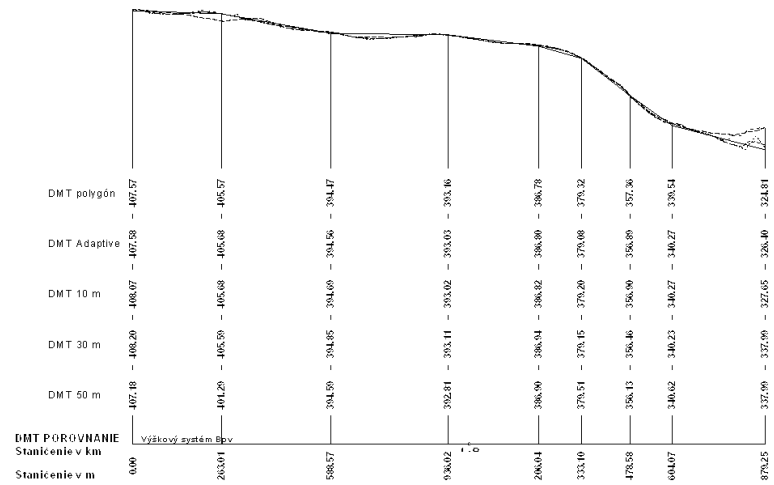
Nasledoval export selektovaných bodov z programu Microstation do textových súborov vo formáte číslo bodu, Y, X, Z, pre každý DMT samostatne do príslušného adresára. Keďže Microstation pracuje v S-JTSK v treťom kvadrante t.j. má súradnice so zápornými znamienkami museli byť zmenené späť na kladné konverziou do programu Atlas DMT.

Viaceré geodetické (KOKEŠ), projekčné (ATLAS), GIS-CAD (MGE Terrain Analyst), GIS (Idrisi) produkty obsahujú aj nástroj na tvorbu pozdĺžnych, alebo priečnych profilov terénom, ktoré poukazujú na výškové diferencie medzi vytvorenými DMT. Problém môže nastať pri importovaní DMT z ImageStation, pretože väčšina programov nepodporuje priamo import súborov DGN (Microstation design file). Modul ISAE (Image Station Automatic Elevations) však vytvára pri generácii DMT aj súbory TTN, čiže nepravidelnú trojuholníkovú sieť a tiež ASCII súbor s príponou QUE, ktorý obsahuje súradnice vypočítaných bodov DMT vo formáte X,Y,Z. Tieto po drobných úpravách (QUE do TXT) dokáže importovať každý zo spomínaných softvérov.

Program Atlas DMT sme vybrali na poslednú fázu analýzy nad DMT, pre tvorbu pozdĺžnych profilov terénom. Program podporuje import variabilných dát a slúži na tvorbu, upravovanie DMT a vytváraniu výstupov nad nimi. Výstupy vo forme pozdĺžnych profilov nad modelom terénu majú nadefinovaný formát technického výkresu a poskytujú možnosť spájať viceré profily nad seba, čo nám umožňuje poukázať na rozdiely modelov terénu získaných fotogrametricky a profilu vytvoreného z polygónu zameraného elektronickým tachymetrom. Import bodového poľa do Atlasu je vďaka predchádzajúcim úpravám do textového tvaru veľmi jednoduchý. Každý vytvorený model terénu môže byť vložený do samostatného, alebo do spoločného pôdorysu. Nad digitálnym modelom sa vygeneruje trojuholníková sieť a obalové hrany, ktoré však nevstupujú do výpočtu. Prípadné nezrovnalosti pri výpočte je potrebné upraviť funkciou upraviť obal terénu úsečkou.

Program obsahuje samostatnú položku tvorba pozdĺžnych profilov terénom. Definuje sa polygón, ktorý môže byť v rôznych tvaroch importovaný, alebo priamo nakreslený do

príslušnej hladiny v danom DMT. Na profiloch sme nastavili zvislý popis pre lomové body terénu, ich veľkosť, typ písma a farbu, ktorá je dôležitá pre farebné vyjadrenie odchýlok medzi jednotlivými modelmi. Staničenia sme nastavili po jednom kilometri a automaticky aj v metroch podľa počtu lomových bodov na danom profile. Profil sme spracovali na každom DMT samostatne, aj spolu na všetkých modeloch naraz viď. obr. 1.

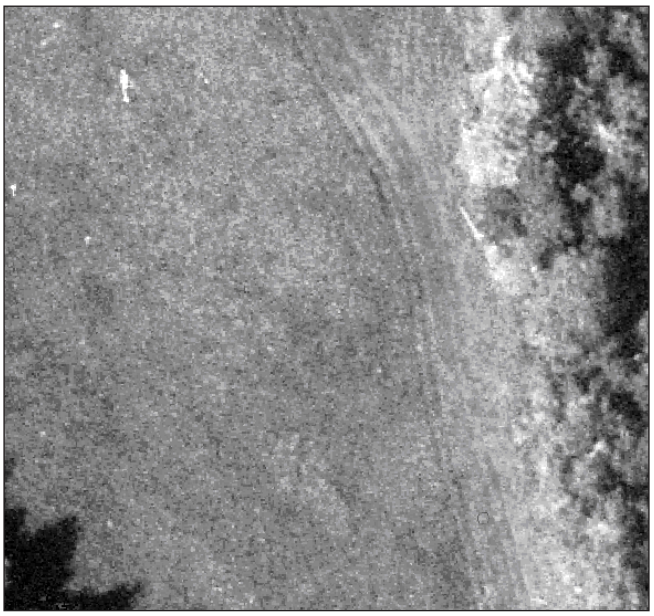


Obr. č. 1 Porovnanie DMT generovaných ISAE s polygónom zameraným terestricky
Fig. 1 Comparing between ISAE produced DMT and terrestrial measured polygon

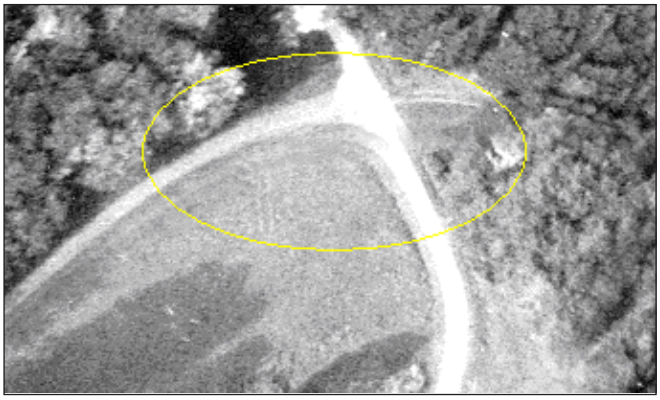
Z profilov sme následne odčítavali výšky a vkladali do vytvorenej tabuľky programom EXCEL. Do jej buniek sme naprogramovali vzorce na výpočet štatistických charakteristík a testovacích kritérií.

Na zhodnotenie presnosti mozaikovania boli použité ortofotosnímky ortorektifikované aplikáciou DMT na snímku s hustotou siete 50, 30, 10 metrov a s variabilným gridom. Pri ich tvorbe bol použitý rovnaký projekt aerotriangulácie a ortorektifikácia sa vykonávala v module ImageStation Base Rectifier (ISBR). Veľkosť pixla na ortofotosnímkach bola preddefinovaná na 1 meter. Aby sa snímky mohli mozaikovať museli mať všetky rovnakú veľkosť pixla. Bol zvolený manuálny spôsob mozaikovania v aplikácii IRAS/C, nakoľko pri tomto spôsobe si sám vyhodnocovateľ volí spojovaciu čiaru. Okrem toho pri automatickom mozaikovaní táto línia nie je zreteľná a často je volená cez také plochy na ktorých sa nedá zistiť posun v dôsledku homogénneho prostredia (napr. súvislá lesná plocha). Po samotnom mozaikovaní sa jednotlivé ortofotoplány i keď len z dvoch ortofotosnímok rozdelili do skupín podľa veľkosti rozstupu trojuholníkovej siete automaticky vygenerovanom DMT. Kvalita mozaikovania sa posudzovala na základe posunov v spojovacej oblasti porovnaním medzi ortofotosnímkou a mozaikou viď obr. č. 2, 3, 4, 5.

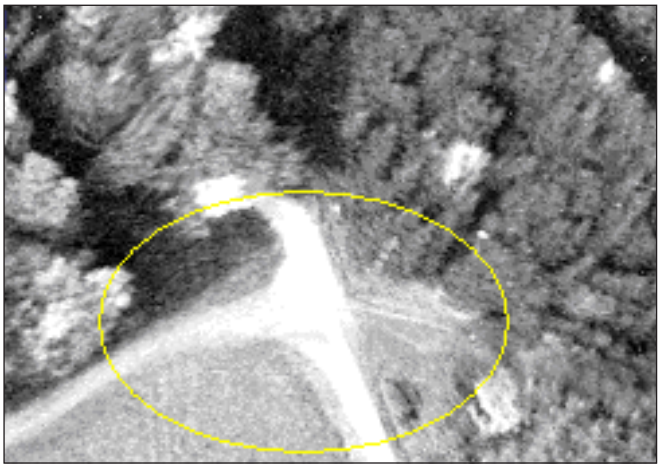
Obr. č. 2 Výsledky manuálneho mozaikovania pri 50 m rozstupe v DMT
Fig. 2 Results from the manual mosaicking with 50 m grid of DMT



Obr. č. 3 Výsledky manuálneho mozaikovania pri 30 m rozstupe v DMT
Fig. 3 Results from the manual mosaicking with 30 m grid of DMT



Obr. č. 4 Výsledky manuálneho mozaikovania pri 10 m rozstupe v DMT
Fig. 4 Results from the manual mosaicking with 10 m grid of DMT



Obr. č. 5 Výsledky manuálneho mozaikovania pri variabilnom rozstupe v DMT
Fig. 5 Results from the manual mosaicking with adaptive grid of DMT

Vzťahy potrebné pre výpočet výškovej presnosti a správnosti určenia súradníc podrobných bodov sme implementovali do programu Excel, na základe postupu podľa Böhma (1990). Postup pre zhodnotenie presnosti a správnosti pozostáva z týchto krokov:

Výpočet rozdielov výšok (odchýlok)

$$\delta_{zi} = Z_F - Z_G \qquad [1]$$

Kde: Z_G sú správne geodetické výšky,
Z_F sú vypočítané výšky v DMT,
i je poradové číslo bodu.

1. Posúdenie presnosti a správnosti určenia bodov:

1a) Presnosť merania posudzujeme podľa aritmetického priemeru a smerodajnej odchýlky podľa nasledovných vzťahov:

$$\delta z = \frac{\sum \delta_z}{n} \qquad [2]$$

$$s\delta_z = \pm\sqrt{\frac{\sum (\delta_{zi} - \delta_z)^2}{n}} \qquad [3]$$

1b) Správnosť merania posudzujeme na základe t-testu, ktorý má potvrdiť, alebo vyvrátiť, že ak vznikne nejaká systematická chyba pri určovaní súradníc bodov z fotogrametrického modelu, tak nevznikla z titulu náhodných činiteľov.

Stanovenie nulovej hypotézy:

$$\delta_z = 0 \qquad [4]$$

Výpočet hodnoty T

$$Tz = \frac{\frac{\delta_z}{S_z}}{\sqrt{n-1}} \qquad [5]$$

Určenie hodnoty $t_{0,025(x)}$:

Určíme ju z tabuľky „Kritické hodnoty Studentovho t rozdelenia pre zvolenú hladinu významnosti.

x – je počet uvažovaných hodnôt v súbore pri testovaní.

Potvrdenie alebo popretie hypotézy:

– ak $T < t_{0,025(x)}$ – nulová hypotéza sa prijíma, čo znamená, že systematická chyba je štatisticky nevýznamná,
– ak $T > t_{0,025(x)}$ – nulová hypotéza sa zamieta a vysloví sa tvrdenie s 95 % spoľahlivosťou, že súbor je zaťažený systematickou chybou.

Ak sa má táto systematická chyba odstrániť, je potrebné príslušné hodnoty opraviť o hodnotu rovnajúcu sa opačnej hodnote aritmetického priemeru základného súboru hodnôt.

2. Výpočet strednej výškovej chyby podľa vzťahu:

$$mz = \pm\sqrt{\frac{\left[\delta^2_{zoi}\right]}{n}} \qquad [6]$$

Kde: n – počet meraní,
δ_{z0} – opravené hodnoty.

5. ZHODNOTENIE VÝSLEDKOV A ZÁVER

Výsledky porovania výšok medzi polygónom zameraným terestricky a DMT generovanými automaticky v ISAE sú vo forme skrátených excelovských tabuliek samostatne pre každý DMT v tabuľkách.

Polygón č. 600

Tab. č. 1 Výsledné hodnoty 50 m grid
Tab. 1 Final values 50m grid

DMT 50 m GRID	
Suma	8,440
aritmetický priemer	0,938
smerodajná odchýlka	4,560
testovacie kriérium	0,073
kritická hodnota	2,306
početnosť	9,000
Mz	4,655

Tab. č. 2 Výsledné hodnoty 30m grid
Tab. 2 Final values 30m grid

DMT 10 m GRID	
Suma	3,720
aritmetický priemer	0,413
smerodajná odchýlka	0,920
testovacie kritérium	0,159
kritická hodnota	2,306
početnosť	9,000
Mz	1,009

Tab. č. 3 Výsledné hodnoty 10 m grid
Tab. 3 Final values 10m grid

DMT 30 m GRID	
Suma	13,940
aritmetický priemer	1,549
smerodajná odchýlka	4,137
testovacie kriérium	0,132
kritická hodnota	2,306
početnosť	9,000
Mz	4,417

Tab. č. 4 Výsledné hodnoty adaptive grid
Tab. 4 DMT 30 m GRID

DMT ADAPTIVE GRID	
Suma	1,710
aritmetický priemer	0,190
smerodajná odchýlka	0,582
testovacie kriérium	0,115
Kritická hodnota	2,306
početnosť	9,000
Mz	0,613

Presnosť bodov polohových bodových polí sa posudzuje podľa základnej súradnicovej chyby mxy a presnosť bodov výškových bodových polí podľa základnej súradnicovej chyby mH. Tieto nesmú prekročiť hodnoty krajných dovolených odchýlok u_{xy}, u_v a u_H. Pre jednotlivé triedy presnosti mapovania podľa STN 013410 – Mapy veľkých mierok sú uvedené v tab. č. 5.

Tab. č. 5 Kritéria presnosti podľa STN 013410
Tab. 5 Accuracy classes by STN 013410

Trieda presnosti	u_{xy}	u_v	u_H
1. trieda	0,04 m	0,03	0,30 m
2. trieda	0,08 m	0,07	0,40 m
3. trieda	0,14 m	0,12	0,50 m
4. trieda	0,26 m	0,18	0,80 m
5. trieda	0,50 m	0,35	1,50 m

Poznámka: Charakteristika presnosti určenia výšok H podrobných výškových bodov je základná stredná výšková chyba m_H. Výšky podrobných bodov jednej triedy presnosti musia byť určené tak, aby charakteristika mH neprekročila kritérium u_H uvedené v tab. 5 a pri bodoch terénneho reliéfu neprekročila kritérium 3_{uH}. Vrstevnice musia byť zostrojené zobrazené tak, aby z nich bolo možné určiť výšky bodov terénneho reliéfu tak, aby charakteristika m_H týchto bodov neprekročila kritérium uv uvedené v tab. č. 5 Chudý, F. (2004).

Tab. č. 6 Sumárna tabuľka pre polygón č. 600
Tab. 6 Summary table – polygon number 600

Polygón/DMT	50	30	10	ADAPTIVE
Mz Polygón č. 600	4,655	4,417	1,008	0,613

Porovnaním výsledkov (Tab. č. 6) s normou STN (Tab. č. 5) vidno, že vo všetkých projektoch bola presiahnutá krajná dovolená odchýlka pre 5. triedu presnosti.

Z výsledkov jednoznačne vyplýva, že so zväčšujúcou sa hustotou preddefinovaného gridu sa zväčšuje aj presnosť určovania výšky na nových bodoch. Ani tu sa však nepodarilo dosiahnuť aspoň 5. triedu presnosti pre výšku určovaných bodov. Pri porovnaní s lesníckym tematickým mapovaním tieto výsledky dosiahli v prípade 10 metrového modelu 5. triedu presnosti a pri DMT s adaptívnym gridom 4. triedu presnosti. Z dosiahnutých výsledkov vyplýva, že pre spracovanie ortofotosnímky je vhodné používať DMT s gridom pod 10 metrov a keďže manuálna tvorba DMT je veľmi časovo náročná, treba využívať opravu automaticky generovaných bodov stereokoreláciou operátorom. Dosiahnuté výsledky považujeme za dostačujúce, hoci v ďalšom období bude nutné dôsledne zanalyzovať príčiny týchto chýb a zistiť, či je možné rutinné dosiahnutie aspoň 5. triedy presnosti mapovania pri určení výšky podrobných bodov.

Presnosť mozaikovania sa zisťovala stanovením veľkosti posunu v metroch na ortofotosnímke voči mozaike viď. tab. č. 7.

Vplyv na tieto odstupy mal aj spôsob tvorby digitálneho modelu terénu, nakoľko bol vytvorený iba automatickým spôsobom, ale najväčší podiel na výsledkoch mozaikovania tvoril interval siete DMT.

Odstránenie týchto posunov sa dá dosiahnuť zmenšením už spomínaných intervalov siete DMT (najlepšie sa javí adaptive grid) a vedením spokovacej čiary po prirodzených terénnych líniách na ortofotosnímke, ako sú cesty, chodníky, hrebene a okraje porastov.

Tab. č. 7 Posun na ortofotosnímke
Tab. 7 Displacement on the orthoimage

Hustota DMT (m)	Posun (m)
50	12
30	4
10	2
2	0,4

V súčasnosti, keď máme k dispozícii stále výkonnejšiu techniku, je namieste problematika využitia moderných programových produktov, ku ktorým patrí aj balík ImageStation SSK a Atlas DMT, ktoré nám ponúkajú nové možnosti v oblasti spracovania a manipulácie s leteckými snímkami a z nich extrapolovaných dát. Považujeme za aktuálne venovať sa práve problematike tvorby DMT, presnosti vytvoreného DMT a jeho vplyvu na presnosť ortofotosnímky. Vizualizácia DMT má najmä v oblasti lesníctva svoje opodstatnenie hlavne ako nástroj na predikciu procesov prebiehajúcich na veľkých zalesnených územiach, situovaných veľakrát v ťažko dostupných terénoch.

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

Literatúra

1. Bartoš, P. 1998: Digitálna fotogrametria, jej možnosti a perspektívy. In Geoinformatika v službách armády SR, B. Bystrica, s. 29–41.
2. Böhm, J. a kolektív, 1990. Teórie chýb a vyrovnávacieho počtu. GKP Praha, 416 s.
3. Chudý, F., 2004: Digitálna fotogrametria v lesníckom mapovaní, Habilitačná práca TU Zvolen.
4. Užívateľské príručky k programom ATLAS, ImageStation SSK.
5. Žíhlavník, Š., 2004: Geodézia, fotogrametria a mapovanie v lesníctve, TU Zvolen, 388 s.
6. Žíhlavník, Š. – Chudý, F. – Kardoš, M., 2005: Digitálna fotogrametria v lesníckom mapovaní. TU Zvolen, Vedecké štúdie, 81 s.
7. STN 0134110 Mapy veľkých mierok.

Adresa autorov:
Doc. Ing. František Chudý, CSc.
Ing. Miroslav Kardoš
Ing. Martin Chocholík
Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie
Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolena
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen

e-mail: chudy@vsld.tuzvo.sk
kardos@vsld.tuzvo.sk
chocholikm@orangemail.sk

Influence of DTM on hypsometry generation and orthoimages mosaicking

Summary

This particle considers about accuracy of hypsometry made from digital terrain models with various grid intervals from their stereomodel and next about quality of their mosaicking. Terrain measurement and photogrammetric evaluation were taken from Kovacova near the Zvolen city. The final accuracy was determined by statistic evaluation of the measured height differents on the DMT profiles and geodetic polygon measured with the electronic tachymetre. Software ImageStation was used for the digital terrain models generation and software Atlas for the obtained data processing.

ACTA FACULTATIS FORESTALIS XLVIII
ZVOLEN – SLOVAKIA 2006

VPLYV NÁHODNEJ ŤAŽBY NA SÚSTREĎOVANIE DREVA TECHNOLÓGIOU LESNÍCKYCH LANOVIEK

Ivan S A Č K O V

Sačkov, I.: Vplyv náhodnej ťažby na sústreďovanie dreva technológiou lesníckych lanoviek. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLVIII**, 2006, s. 365–376.

Veterná smršť z novembra 2004 si vyžiadala v rámci bezprostrednej asanácie a skorej revitalizácie kalamitných plôch hľadať alternatívy k dovtedy používaným technológiám. Podľa novo koncipovaných zásad pre výber technológie a mechanizačných prostriedkov sa skoro trojnásobne zvýšilo využitie lesníckych lanoviek pri sústreďovaní dreva. Súčasne ale chýbali objektívne analýzy ako na danú technológiu vplývajú osobité výrobno-technické podmienky a ako sa následne odlišujú parametre sústreďovania dreva lesníckymi lanovkami v kalamitnej ťažbe od ťažby úmyselnej.

V príspevku sú uvedené výsledky analýzy vplyvu výrobno-technických podmienok náhodnej ťažby na technológiu sústreďovania dreva lesníckymi lanovkami. Dôraz sa pritom kladie na parametre výkonnosti, časovej využiteľnosti a chronometráže. Pre širšiu výpovednú hodnotu sa analýza osobitne zaoberá sústreďovaním dreva „po“ aj „proti“ svahu a to v dvoch rôznych obmenách zloženia pracovnej čaty.

Kľúčové slová: lesnícka lanovka, náhodná ťažba, výkonnosť, časová snímka, časové využitie

ÚVOD, CIEĽ A PROBLEMATIKA

Dôsledky veternej kalamity z novembra 2004 mali výrazný vplyv na systém plánov v lesnom hospodárstve. Tento fakt neobišiel ani ťažbovo-výrobný a dopravný proces, kde v zameraní na lesnú dopravu sa to najmä týka fázy sústreďovania dreva. Menšie zmeny zasiahli aj odvoz dreva. Tieto sa prezentujú ako určité úpravy v podieloch medzi súkromným a štátnym sektorom a inováciou vozového parku, čo bolo však prirodzené a záväzné na negatívny stav odvozných prostriedkov na Slovensku v predchádzajúcom období (Sačkov, I., 2005). Novo koncipované zásady pre výber technológie a mechanizačných prostriedkov podľa kritérií eliminácie zdravotných a bezpečnostných rizík, environmentálnych a ekonomických aspektov znamenali zmenu v dovtedy tendenčnom prístupe využitia traktorovej technológie pri sústreďovaní dreva. Ako alternatívne riešenie, ktoré vyhovuje týmto kritériám bola zvolená technológia lesníckych lanoviek. Táto samostatne dlhodobo stagnovala hlavne z dôvodov tlaku na krátkodobé ekonomické efekty a preferenciu jednoduchých traktorových technológií. V súčasných podmienkach využitie lanoviek v porovnaní s ostatnými technológiami v sústreďovaní dreva na Slovensku

stúplo skoro trojnásobne na súčasnú úroveň cca 7 % (k 31. 10. 2005). Súčasne pritom ale platí fakt, že jednotlivé charakteristiky lanovkového sústreďovania dreva v náhodnej ťažbe sa od doteraz skúmaných charakteristík v úmyselnej ťažbe (SLOVÁK, J. et al., 1998, VORLÍČEK, D. et al., 1999, KRÁLIK, P. et al., 2001, LUKÁČ, T. et al., 2001, MESSINGEROVÁ, V., 2004) v mnohých prípadoch líšia. Z toho pramení aj potrebnosť takejto analýzy.

Cieľom práce je preto objektívne zhodnotiť vplyv zložitých výrobno-technických podmienok náhodnej ťažby na túto technológiu sústreďovania dreva na príklade lesníckej lanovky Larix 3 T a po vyhodnotení tak charakterizovať štatisticky významné parametre lanovkového sústreďovania dreva v kalamitnej ťažbe. Zároveň stručne popísať optimálne pracovné postupy fáz pracovných cyklov v osobitých podmienkach, ktoré maximalizujú výkonnostnú účinnosť a bezpečnosť lanoviek s prihliadnutím na environmentálny aspekt tejto činnosti. Výsledne tak exaktne skompletizovať pôsobenie lanových zariadení v lesníckej praxi.

METODIKA

Zber empirického materiálu bol vykonaný pri dvoch pracovných čatách, pracujúcich s identickou technikou (Larix 3 T), v rovnakých výrobno-technických podmienkach (terénny typ 10, technologický typ 3 na lokalite Mýto pod Ďumbierom - Mestské lesy mesta Brezno), ale rozdielnym technologickým postupom (prvá pracovná čata sústreďovala proti svahu a nemala vlastných píličov – PČ 1, druhá pracovná čata sústreďovala po svahu a mala vlastných píličov – PČ 2). Úmyselný výber porovnateľných lokalít kde sa pracuje s rovnakou technikou nám zaručuje maximálne možnú homogenitu štatistického súboru. Význam rovnorodosti takéhoto súboru je v tom, že štatistické charakteristiky (parametre) rovnorodých súborov majú väčšiu poznávaciu a porovnávaciu hodnotu (ŠMELKO, Š., 1977). Následne rozdielna technológia sústreďovania dreva „po“ a „proti“ svahu v takýchto identických podmienkach zaručí komplexnosť analýzy na objektívnom základe. Výber lesníckej lanovky Larix 3 T na analýzu bol podmienený jej praktickou využiteľnosťou v lesnom hospodárstve Slovenska. Lanovka je konštrukčne adaptovaná na európske horské lesy, je vysoko mobilná a ďalším nemenej závažným faktorom je, že pri porovnateľných technických parametroch, akými sú dosah, nosnosť, cieľová automatika, či programové vybavenie je cena lanoviek Larix asi o 40 až 50 percent nižšia ako lanovky ďalších renomovaných výrobcov lesníckych lanoviek (GERČÁK, P., 2003).

Základnou charakteristikou, ktorá sa zisťovala, bolo časové trvanie jednotlivých fáz pracovného cyklu. Vytvorené tak boli časové snímky diferencované na päť takýchto fáz:

1. Pohyb vozíka od veže lanovky do porastu bez nákladu.
2. Vyťahovanie aktívnej časti obežného lana k bremenu.
3. Zapínanie bremena a ustúpenie obsluhy do bezpečnej vzdialenosti.
4. Vyťahovanie nákladu pod nosné lano.

5. Úprava kmeňov.
6. Približovanie nákladu k veži lanovky.

Zložitá situácia si pritom vyžiadala integráciu pracovnej operácie úprava kmeňov (5), ktorá všeobecne nepatrí medzi fázy pracovného cyklu lanovky a bola evidovaná samostatne. Následne sa zistené chronometrické údaje transformovali prepočtom na m^3 . Zaručila sa tak väčšia porovnateľnosť údajov. Časové straty, ktoré priamo súviseli s jednotlivými fázami pracovného cyklu sa úmyselne započítavali do časového trvania dotknutej fázy. Vytvárali sa tak hodnotové extrémy, ako výrazný príklad osobitých výrobno-technických podmienok. Meracím zariadením boli digitálne stopky (s) s možnosťou záznamu viacerých časových intervalov súbežne. V prípadoch kedy terén nedovoľoval evidovať časový záznam na celej lanovej dráhe sebestačne z jedného miesta bolo meranie zdvojené obsluhou lanovky po vopred dohodnutých lanových úsekoch (napr. polia lanovky).

Determinačnou charakteristikou k časovému trvaniu bolo meranie vzdialenosti (m). Zaznamenávaná bola vzdialenosť približovacia aj vyťahovacia a to automatizovane cez digitálne počítadlo v interiéri traktora. Keď že počítací prístroj nebol vybavený pamäťovou jednotkou bol potrebný mechanický odpočet. Vykonával ho operátor lanovky saturovaný pri pohonnej jednotke. Súčasne zistené hodnoty zaznamenával.

Finálnou charakteristikou bola zmenová výkonnosť počítaná cez vzťah Jasenský, L. (1987), ktorý má všeobecný tvar:

$$N = n \cdot Q$$

$$N = Tc \cdot Q/tc$$

kde N – výkonnosť lanovky (m^3), n – počet cyklov lanovky,
Tc – pracovný čas lanovky (hod), tc – priemerný čas na cyklus (hod),
Q – objem nákladu (m^3).

Pritom sa objem nákladu zisťoval cez kubíkovacie tabuľky na konci zmeny. Zaznamenávaný bol externým pracovníkom, ktorý navaľoval priblížené kmene na odvozné miesto lesným kolesovým traktorom.

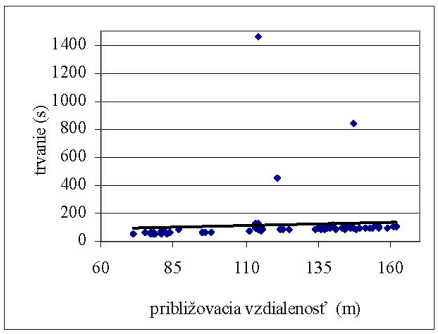
Záverom sa jednotlivé empiricky zistené charakteristiky analyzovali pomocou štatistických metód. Z dôvodu predpokladanej lineárnej korelácie medzi znakmi vzdialenosť (približovacia, vyťahovacia) a čas (časové trvanie prechodu vozíka touto vzdialenosťou) bola pri fázach pohyb vozíka od veže lanovky do porastu bez nákladu a približovanie nákladu k veži lanovky použitá metóda lineárnej regresnej analýzy. Princípom tejto metódy je vyrovnanie zistených hodnôt regresnou priamkou podľa metódy najmenších štvorcov, kedy sa regresná priamka vloží do empirického bodového poľa tak aby súčet štvorcov odchýlok zistených hodnôt od hodnôt vyrovnaných bol minimálny. Pri charakteristike fáz vyťahovanie aktívnej časti obežného lana k bremenu, zapínanie bremena a vyťahovanie nákladu pod nosné lano sa zas pri tých istých znakoch predpokladala korelácia nelineárna. Tak sa na vyrovnanie zistených hodnôt použila funkcia exponenciálna, tiež podľa metódy najmenších štvorcov, kde sa ale do bodového poľa vkladá exponenciálna funkcia s tým

istým zámerom. Následne sa vypočítali základné charakteristiky tesnosti danej závislosti, t. j. korelačný koeficient (lineárna regresná analýza), index korelácie (nelineárna regresná analýza) a koeficient determinácie.

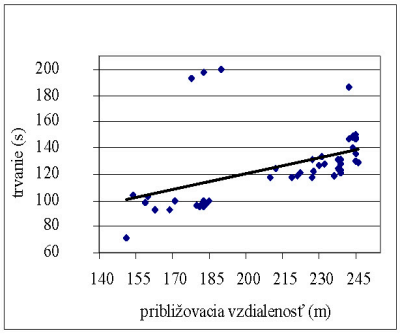
VÝSLEDKY

Analýza časových snímok

Po celkovom spracovaní chronometráže sa ako najvýraznejšia abnormalita sústreďovania dreva v kalamitnej ťažbe v porovnaní s úmyselnou prezentuje záverečná fáza pracovného cyklu. Jedná sa o činnosť **približovanie dreva (6)**, kedy sa kmene dostávajú z pod nosného lana na odvozné miesto. Tento proces sa pritom v klasickej ťažbe deje nad úrovňou terénu a tak od neho nezávisí. Podľa LUKÁČA (2001) tu spočíva hlavný vplyv na približovacej vzdialenosti a počte kusov v náklade, kde ostatné faktory vplývajú podstatne menšou mierou. V analyzovaných podmienkach sa však ukázalo, že podľa koeficientov determinácie (obr. č. 1), vplyv neznámych alebo neuvažovaných činiteľov dosahuje pri obidvoch pracovných čatách priemerne skoro 90 % rozptylu hodnôt.



y = 0,4932x + 58,664
R^2 = 0,005



y = 0,4042x + 39,745
R^2 = 0,2052

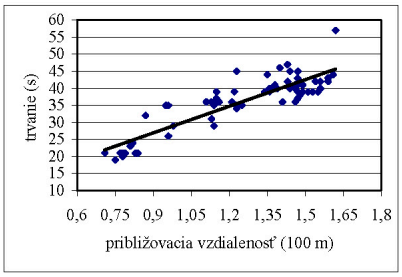
Obr. 1 Trvanie fázy pracovného cyklu: Približovanie nákladu k veži lanovky (5) za prvú pracovnú čatu (naľavo) a druhú pracovnú čatu (napravo)

Abb. 1 Dauern von Phase des Arbeitszyklus: Zubringung der Lasst zum Turm der Seilbahn (5) für die erste Arbeitsgruppe (links) und zweite Arbeitsgruppe (rechts)

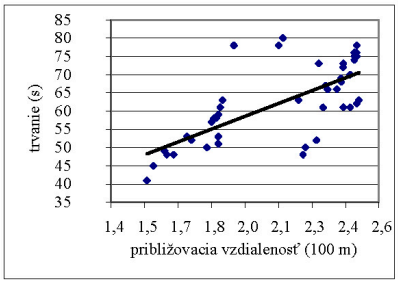
Záväzne na to pôsobí aj celková nízka tesnosť vzťahu medzi približovacou vzdialenosťou a časovým trvaním prechodu vozíka tejto vzdialenosti. Vyplýva to z hodnoty korelačného koeficienta na úrovni 0,07 pri prvej pracovnej čate a 0,45 pri čate druhej. Celkovo pri tom približovanie dreva v týchto podmienkach predstavuje časovo najviac

náročnú fázu pracovného cyklu, keď pri prvej pracovnej čate zaberá až skoro 42 % a pri druhej 25 % z celkového časového trvania pracovnej zmeny (tab. č. 1). Z pohľadu využitia optimálnej rýchlosti navíjania, ktorá predstavuje hodnotu 2,1–3,3 m.s^{-1} pri PTO 1000 ot. min^{-1} to vytvára nárast trvania pracovného cyklu o 61 % pri prvej pracovnej čate a 37 % pri druhej pracovnej čate oproti technickým možnostiam. Vysvetlenie tohto faktu spočíva v optimálnosti lanovej dráhy, kedy v náhodnej ťažbe počet a náhodné rozmiestnenie ostávajúcich stromov nemusí umožniť tvorbu priechodných podpier na vytvorenie optimálnej lanovej dráhy tak aby vozík s nákladom prešiel nad terénom v požadovanej výške. Tak sa vozík, náklad či lanové súčasti zachytávajú do prekážok, ktoré sú na ploche pod nosným lanom. Doporučeným postupom je potom včasná úprava trasy lanovky (odstránenie koreňových koláčov, vývratov a pod.) a to už pri skúšobnej prevádzke lanovky.

Úplne opačná situácia nastáva pri **pohybe prázdneho vozíka do porastu (1)**, kde negatívne skutočnosti z fázy približovania hrozia minimálne a teda celá operácia má podobný priebeh ako pri ťažbe úmyselnej. Tu v maximálnej miere platí skutočnosť, že hlavným faktorom pôsobenia na proces kedy sa prázdny vozík dostáva po nezablokovanej lanovej dráhe do porastu je približovacia vzdialenosť. Túto môžeme považovať za štatisticky znak známy a po zhodnotení základných charakteristík tesnosti jej môžeme pripísať vplyv skoro 80 % za prvú čatu a 48 % za čatu druhú na celkovom rozptyle hodnôt pri priemernej tesnosti vzťahu medzi približovacou vzdialenosťou a časom 0,62 za obidve pracovné skupiny (obr. č. 2). Záväzne na to sa bez problémov môže využiť pomerne vysoká rýchlosť návratu vozíka do porastu ako jednej z výhod lanovkového sústreďovania kde súčet časových a hodnotových ukazovateľov odporov je oproti iným technológiám 3 až 10 násobne nižší (LUKÁČ, T., 2003). Výsledne je aj celá fáza najmenej časovo náročná (tab. č. 1), kde priemerne predstavuje ani nie 9 % podielu z celkového pracovného času za obidve skupiny.



y = 0,2605x + 3,4517
R^2 = 0,787

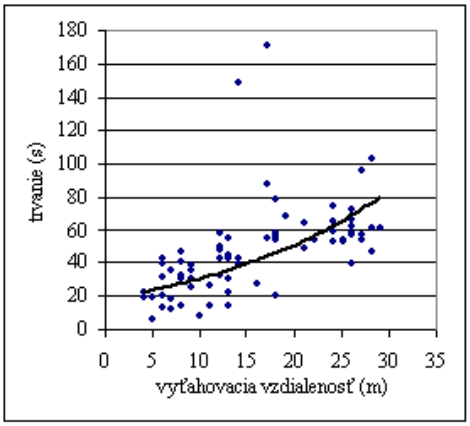


y = 0,2347x + 12,776
R^2 = 0,4792

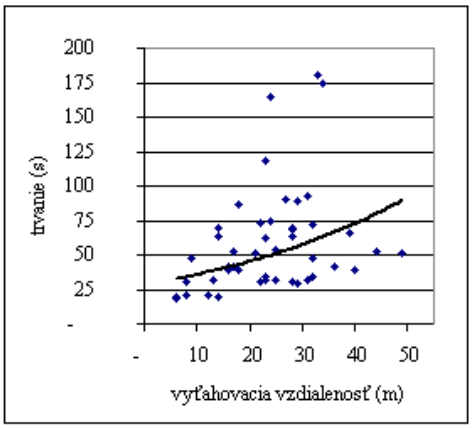
Obr. 2 Trvanie fázy pracovného cyklu: Pohyb vozíka od veže lanovky do porastu bez nákladu (1) za prvú pracovnú čatu (naľavo) a druhú pracovnú čatu (napravo)

Abb. 2 Dauern von Phase des Arbeitszyklus: Bewegung des lehren Wagen von des Turms der Seilbahn ins Bestand (1) für die erste Arbeitsgruppe (links) und zweite Arbeitsgruppe (rechts)

Ostatné činnosti vykonávané pri sústreďovaní dreva lanovkami sa od ťažby v klasických podmienkach výrazne nelíšia. Vykonávajú sa priamo v pracovnom poli, ktoré je charakteristické zložitými výrobno-technickými podmienkami. Tento fakt je ale očakávaný, lebo lesnícke lanovky sú aj klasicky využívané prevažne v zložitých terénnych podmienkach (Horek, P., 1998). Platí tu logické pravidlo, že čím horšie terénne podmienky v pracovnom poli, tým majú jednotlivé pracovné operácie dlhšie časové trvanie. Pritom tieto podmienky sú výrazne osobité pre každé pracovné pole. V rámci toho sa aj namerané hodnoty pre lepšiu výpovednú hodnotu vyrovnávali exponenciálnou funkciou, s predpokladom že takto sa lepšie charakterizujú znaky neznáme či neuvažované, respektíve náhodné. Úvodnou pracovnou operáciou v týchto ostatných činnostiach je fáza pracovného cyklu **vyťahovanie aktívnej časti obežného lana (ťažná vetva) k bremenu (2)**. Po štatistickom zhodnotení základných charakteristík tesnosti sa aj napriek spomínanej zmene metódy vyrovnania hodnôt ukázalo, že vplyv náhodných znakov (terénne nerovnosti, prekrížené kmene, koreňové koláče atď.) je pri prvej pracovnej čate až 60 % a pri druhej až 83 % (obr. č. 3). Sledovanie vzájomnej korelácie znakov vyťahovacia vzdialenosť a čas (index korelácie), ktorá dosahovala priemernú úroveň 0,5 za obidve pracovné skupiny tu pre výraznú subjektivitu podmienok neberieme do úvahy.



y = 18,911e0,0498x
R^2 = 0,4025



y = 28,35e0,0235x
R^2 = 0,1727

Obr. 3 Trvanie fázy pracovného cyklu: Vyťahovanie aktívnej časti obežného lana k bremenu (2) za prvú pracovnú čatu (naľavo) a druhú pracovnú čatu (napravo)

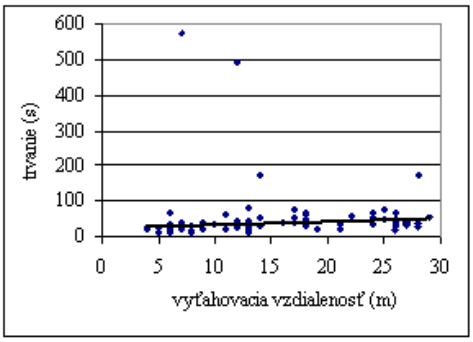
Abb. 3 Dauern von Phase des Arbeitszyklus: Herausziehen vom Aktiventeil des Seiles zum Lasst (2) für die erste Arbeitsgruppe (links) und zweite Arbeitsgruppe (rechts)

Z časového hľadiska sa táto činnosť podieľala skoro 12 % za prvú čatu a necelými 9 % za čatu druhú z celkového pracovného času zmeny (tab. č. 1). Samostatne táto fáza pod-

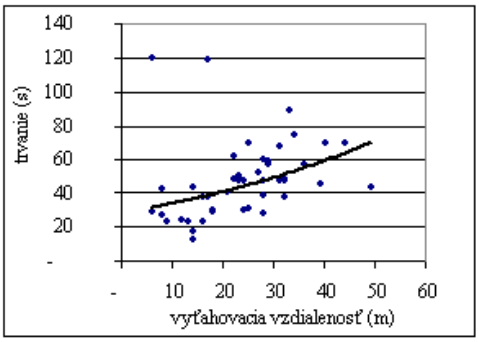
mieňuje nasledujúce činnosti a preto je vhodné už pri vyťahovaní lana postupovať racionálne. Vhodné je voliť kmene z čo najbližšej vzdialenosti od veže lanovky a od nosného lana. Tým sa postupne zlepšia terénne podmienky pre obsluhu v priestore v ktorom musí prechádzať. Podmienkou tejto doporučenej činnosti je ale prítomnosť minimálne jedného pracovníka s prenosnou reťazovou pílou priamo v pracovnom poli. Tento tvorí súčasť pracovnej čaty s tým, že v čase približovania aj operátor lanovky v poraste vykonáva túto činnosť.

Podobne vysoký vplyv náhodných činiteľov sa dokázal aj vo fáze **vyťahovanie nákladu pod nosné lano (4)**. Pri prvej pracovnej čate tento dosahoval až 100 % a pri čate druhej 83 % (obr. č. 4). Aj pri tejto činnosti sa opätovne závislosť znakov vyťahovacia vzdialenosť a čas na priemernej úrovni 0,3 za obidve pracovné skupiny nebrala do úvahy. Podobnosť nameraných hodnôt sa ukázala aj pri zhodnotení časových podielov celej fázy na pracovnom dni, kde prvá čata tak využila 14 % a druhá 7 % pracovnej zmeny (tab. č. 1).

Prepojenie týchto dvoch činností a už aj posledná fáza pracovného cyklu je **zapínanie bremena a ustúpenie obsluhy do bezpečnej vzdialenosti (3)**. Ide podobne ako pri vyťahovaní lana do porastu či nákladu z porastu o vysoko subjektívnu činnosť. Náročnosť tejto operácie hlavne závisí od uloženia kmeňov a od ich počtu (jednotlivo, zberné lano). Analyzované pracovné čaty pri zapínaní nákladu strávili priemerne 11 % času z celkového trvania pracovnej zmeny (tab. č. 1). To pri prvej skupine vychádza na 30 s/m^3 a pri druhej 21 s/m^3. Logicky sa pri tom tieto hodnoty nedajú zovšeobecňovať.



y = 28,426e0,0216x
R^2 = 0,0576



y = 28,494e0,0184x
R^2 = 0,1684

Obr. 4 Trvanie fázy pracovného cyklu: Vyťahovanie nákladu pod nosné lano (4) za prvú pracovnú čatu (naľavo) a druhú pracovnú čatu (napravo)

Abb. 4 Dauern von Phase des Arbeitszyklus: Herausziehung der Ladung unter das Trageseil (4) für die erste Arbeitsgruppe (links) und zweite Arbeitsgruppe (rechts)

Samostatnou pracovnou činnosťou, ktorú si vyžiadali extrémne podmienky bola **úprava kmeňov (5)**. Táto nepatrí medzi fázy pracovného cyklu, ale napriek tomu bola

ich vhodným doplnením. Hlavná interakcia bola s fázami vyťahovanie aktívnej časti obežného lana (ťažná vetva) k bremenu a vyťahovanie nákladu pod nosné lano. Takouto činnosťou kedy sa prepiľujú prekrížené kmene, prvotne sa odvetvujú a zarovnávajú sa čelá sa docieli ich uvolnenie. Následne sa môže ľahšie využiť doporučená metóda vyťahovania bremien z čo najbližšej vzdialenosti od veže lanovky a od nosného lana. Tak zjednodušíme prechod manipulátorovi s lanom ku kmeňom a ťah bremien pod nosné lano. Výsledne tak skracujeme čas trvania na túto operáciu a aj zlepšujeme ergonomické a bezpečnostné podmienky pracovníka. Dôkazne zhodnotenie ponúkajú údaje v tab. č. 1. Vyplýva z nich, že druhá pracovná čata, ktorá pracovala doporučeným pracovným postupom strávila skoro o 3 % pri vyťahovaní aktívnej časti lana k bremenu a až o 8 % pri vyťahovanie nákladu pod nosné lano z celej pracovnej doby menej ako prvá pracovná skupina. Pritom priemerná vyťahovacia vzdialenosť bola o 8 m väčšia. Súčasne, čas potrebný na úpravu kmeňov nespôsoboval predĺženie ostatných fáz pracovného cyklu, keď že sa táto činnosť vykonávala súbežne s nimi a osobitným pracovníkom. Ďalej nemenej dôležitý je fakt, že nepotrebnú časť drevnej hmoty nechávame na ploche porastu. Tým sa nenaruší kolobeh látok v rozvrátenom poraste a zároveň sa na odvoznom mieste nehromadí nepotrebná drevná hmota.

Tab. 1 Časové a percentuálne trvanie fáz pracovného cyklu lanovky Larix 3T
Tab. 1 Zeitliche und protzentische Anhaltung der Phasen vom Arbeitszyklus der Seilbahn Larix 3 T

Trvanie fázy pracovného cyklu[1]						
	Prázdny vozík do porastu[2]	Vyťahovanie aktívnej časti lana[3]	Zapínanie bremena do úväzku[4]	Vyťahovanie nákladu pod nosné lano[5]	Úprava kmeňa[6]	Približovanie[7]
∑ Pracovná čata 1 v min[8]	0,31	0,4	0,5	0,48	0,28	1,41
∑ Pracovná čata 1 v %[8]	9,17 %	11,83 %	14,79 %	14,20 %	8,28 %	41,71
∑ Pracovná čata 2 v min[9]	0,46	0,48	0,35	0,35	2,37	1,34
∑ Pracovná čata 2 v %[9]	8,59 %	8,97 %	6,54 %	6,54 %	44,29 %	25,04

[1]Dauern von Phase des Arbeitszyklus, [2]Lehrer Wagen ins Bestand, [3]Herausziehung von Aktiventeil des Seiles, [4]Lasst Festbindung ins Festmachetrosse, [5]Herausziehung der Ladung unter das Trageseil, [6]Stammbearbeitung, [7]Zubringen, [8]Arbeitsgruppe 1 (min, %), [9]Arbeitsgruppe 2 (min, %)

Analýza výkonnosti a časového využitia

Významným kritériom pri rozhodovaní o výbere vhodnej technológie do konkrétnych podmienok je úroveň hospodárnosti. Táto je limitovaná hlavne výkonnosťou techniky. Súčasne je ale dôležitý aj faktor ako sa daný výkon reálne využíva v rámci produktívneho času, teda časové využitie. Tieto faktory sa výsledne priamo podieľajú na ekonomickej charakteristike hodnotenej technológie. Práve ekonomický aspekt sa výraz-

ne podpísal na pomerne nízkej využiteľnosti lesníckych lanoviek v sústreďovaní dreva v posledných desaťročiach. Objektívne pritom platí ale fakt, že vykazovaná zlá ekonomická charakteristika nie je trvalým znakom tejto technológie, ale že pri koncepčnom prístupe na strane riadiacej a organizačnej zložky sa aj s lesníckymi lanovkami dajú dosahovať uspokojivé výsledky v pomere nákladov a výnosov.

Tab. 2 Výkonnosť a časové využitie lesníckej lanovky Larix 3T
Tab. 2 Produktivität und zeitliche Ausnutzung von der forstlichen Seilbahn Larix 3T

	Pracovná čata 1[1]	Pracovná čata 2[1]
Hrubý pracovný čas (hod.)[2]	10,3	9,3
Čistý pracovný čas (hod.)[3]	7,36	7,02
Rozdiel (hod.)[4]	2,54	2,28
Počet cyklov[5]	71	46
Objem sústredeného dreva (m^3)[6]	84,48	60,94
Na hrubý pracovný čas[7]		
na 1 cyklus (m^3)[8]	1,18	1,32
na 1 hodinu (cyklu)[9]	7	5
na 1 hodinu (m^3)[9]	8,2	6,5
Na čistý pracovný čas[10]		
na 1 cyklus (m^3)[8]	1,18	1,32
na 1 hodinu (cyklu)[9]	9	7
na 1 hodinu (m^3)[9]	11,5	8,7
ø približovacia vzdialenosť (m)[11]	125	212
ø vyťahovacia vzdialenosť (m)[12]	16	24

[1]Arbeitsgruppe (1, 2), [2]Grobe Arbeitszeit, [3]Reine Arbeitszeit, [4]Unterschied, [5]Anzahl der Zyklen, [6]Volumen des konzentrierten Holzes, [7]Auf Arbeitszeit grobe, [8]Auf der Zyklus, [9]Auf der Stunde (Zykl., m^3), [10]Auf Arbeitszeit reine, [11]Zubringungsenfernung, [12]Herausziehnungsenfernung

Na **výkonnosť** lesníckej lanovky za pracovnú zmenu najviac vplýva koncentrácia vyťaženého dreva na jednotku plochy, obrátkovosť vozíka, priemerný objem dreva a vzdialenosť vyťahovania pod trasu (Lukáč, T., 1999). **Časové využitie** sa zas podmieňuje rozdielu medzi produktívnym a neproduktívnym časom, resp. dĺžke prestojov. Pritom sa jednoznačne dá povedať, že tieto jednotlivé charakteristiky sú všeobecne platné a teda, že v náhodnej ťažbe, keď zložité výrobno-technické podmienky spôsobujú časové straty (znižujú časové využitie zmeny), tak pre pomerne vysokú koncentráciu dreva pri pomerne vysokej priemernej objemovosti na jednotku plochy a pri použití modernej lesníckej lanovky by sa výkonnosť celej technológie nemala znížiť. Analýza vykázala platnosť uvedeného. Dokonca pri porovnaní empiricky zistených hodnôt (tab. č. 2) s priemernými hodnotami zmenovej výkonnosti lesníckej lanovky Larix 3 T v podmienkach úmyselnej

ťažby, ktorá sa pohybuje na úrovni cca 25 m^3 je výkonnosť spomínanej lanovky v náhodnej ťažbe vyššia. Tento rozdiel pritom činí priemerne 48 m^3 za obidve pracovné skupiny. Súčasne je z tab. č. 2 možné analyzovať aj vplyv rozdielnej technológie v rovnakých podmienkach na celkovom výkone lanovky. Opäť, ako pri analýze časových snímok sa ako lepšia alternatíva ukázal pracovný postup druhej pracovnej čaty. Táto zaznamenala o 24 minút neproduktívneho času menej a na jeden cyklus sústredila o 0,14 m^3 viac ako prvá pracovná čata, s tým že pracovné pole mala skoro o polovicu dlhšie a širšie. Záverom sú v tabuľke č. 2 uvedené potencionálne hodnoty u obidvoch skupín, ktoré by teoreticky dosiahli keby využili čistý pracovný čas zmeny.

DISKUSIA A ZÁVER

Sústreďovanie dreva technológiou lesníckych lanoviek zaznamenalo po vetrovej kalamite z novembra 2004 v porovnaní s inými technológiami výrazný vzostup. Keď že smršť zasiahla hlavne horské lesy je to logické, lebo lanovky majú gro svojej využiteľnosti hlavne v horských oblastiach. V rámci objektivity sa pritom ešte určili presné kritéria pre výber technológie a mechanizačných prostriedkov. Súbežne sa hodnotili faktory eliminácie zdravotných a bezpečnostných rizík, environmentálnych a ekonomických aspektov.

Pri kritériách bezpečnosti práce a ekologického ataku, ktoré sú pri využití lanoviek hodnotené pozitívne sa predpokladá, že osobité podmienky náhodnej ťažby tieto faktory výrazne nezhoršia. Preto sa vykonané expertízne meranie zameralo na hodnotenie charakteristík, ktoré vypovedajú hlavne o ekonomických ukazovateľoch. Tu je dôležitým kritériom vhodnosti technológie úroveň hospodárnosti, ktorá je limitovaná výkonnosťou analyzovanej technológie a časovým využitím pracovného trvania. Z výsledkov vyplýva, že lesnícke lanovky ani v zložitých výrobno-technických podmienkach nestrácajú na výkonnosti. V analyzovaných podmienkach výkonnosť dokonca predstavovala oproti priemerným hodnotám výkonnosti tej istej lanovky používanej v úmyselnej ťažbe nárast o priemerne 48 m^3. Pozitívne hodnoty dosahovalo aj časové využitie lanoviek. Hodnoty prestojov tu dosahovali priemerne 2,41 hod, čo znamená že zmena bola priemerne využitá na 73,4 %. Tieto dobré výsledky potvrdzujú myšlienku, že keď sa vie s lanovkami pracovať, tak sa dokážu docieliť aj lepšie výsledky (Lukáč, T., 1999). Súčasťou merania bola aj analýza činnosti lanovky až na úroveň fáz pracovných cyklov. Zistilo sa, že výrazný vplyv zložitých podmienok náhodnej ťažby môže nastať pri približovaní dreva. Dôvodom sú možné problémy s vystavaním optimálnej lanovej dráhy. Pri ostatných fázach sa nezistili žiadne významné divergencie lanovkového sústreďovania v ťažbe náhodnej od ťažby úmyselnej. Výšia bola len spotreba času na jednotlivé operácie a zhoršené ergonomické parametre. Súčasne sa v tejto analýze ukázalo, že je vhodné v rámci pracovnej čaty okrem operátorov lanovky využiť v pracovnom poli aj manipulátora s prenosnou reťazovou pílou. Znižoval sa tak čas na vyťahovanie aktívnej časti obežného lana k bremenu a vyťaho-

vanie nákladu pod nosné lano, čo sumárne predstavovalo ušetrenie 24 minút z pracovnej zmeny a výkon sa následne zvýšil o 0,14 m^3 na cyklus.

Z uvedeného vyplýva že využitie lesníckych lanoviek je v tomto prípade opodstatnené a v rámci toho je možné aj prehodnotenie využitia tejto technológie sústreďovania v úmyselnej ťažbe, keď že táto technológia spĺňa kritéria aj citlivých zásahov (Horek, P., 1998) a podľa Lukáč (2003) je to najšetrnejšia a najracionálnejšia technológia najmä v horských oblastiach. Významné je to hlavne tam kde pozemné prostriedky dosahujú horné limity svojej mobility a technologického využitia (Messingerová, V., 2004).

Literatúra

1. Gerčák, J. 2003. Ako funguje lanovka Larix u nás na Slovensku? *Slovenské lesokruhy*: *magazín o lesníctve, vlastníctve lesov a hospodárení s drevom*, roč. 12, č. 3–4, s. 25–26.
2. Horek, P. 1998. Nová generace lesních lanovek LARIX uzpůsobená pro podrostní hospodářství. *Lesnická práce*, roč. 77., č. 3, s. 106.
3. Králik, P. 2001. *Analýza účinnosti lanovky LARIX 550 vo výrobno-technických podmienkach OLZ Beňuš: diplomová práca*. Vedúci práce: T. Lukáč. Zvolen: Katedra lesnej ťažby a mechanizácie Lesníckej fakulty TU vo Zvolene. s. 21–42.
4. Lukáč, T., Tajboš, J. 2001. Analýza prácnosti a výkonnosti práce pri sústreďovaní dreva lesníckymi lanovkami. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, XLIII, s. 1970208.
5. Lukáč, T. 1999. Lesné dopravníctvo. TU Zvolen, s. 178–200.
6. Lukáč, T. 2003. Ťažbovo-dopravné technológie v lesnom hospodárstve - Príručka pre odborných lesných hospodárov, Zvolen, Ústav pre výchovu a vzdelávanie pracovníkov lesného hospodárstva, s. 133.
7. Messingerová, V. 2004. Teoretické princípy sprístupňovania e technologickej prípravy pracovísk v horských lesoch. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, XLVI, s. 279–280.
8. Sačkov, I. 2005. *Variabilita technických prostriedkov a technológií v odvoze dreva: diplomová práca.* Vedúci práce: V. Messingerová. Zvolen: Katedra lesnej ťažby a mechanizácie Lesníckej fakulty TU vo Zvolene. s. 79–80.
9. Slovák, J. 1998. *Analýza časového a výkonnostného využitia lanovky LS 2-500: diplomová práca*. Vedúci práce: T. Lukáč. Zvolen: Katedra lesnej ťažby a mechanizácie Lesníckej fakulty TU vo Zvolene. s. 55.
10. Šmelko, Š. 1977. Štatistické metódy v lesníctve. TU Zvolen.
11. Vorlíček, D. 1999. *Analýza výkonnosti lanových zariadení LS 2-500 a LARIX 550: diplomová práca*. Vedúci práce: V. Messingerová. Zvolen: Katedra lesnej ťažby a mechanizácie Lesníckej fakulty TU vo Zvolene. s. 36–54.

Adresa autora:
Ing. Ivan Sačkov
Katedra lesnej ťažby a mechanizácie
Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
Masarykova 24
960 53 Zvolen
Slovenská republika

e-mail: isackov@vsld.tuzvo.sk

Einfluss der zufälliger Nutzung auf konzentrieren des Holzes mit der Technologie der forstlichen Seilbahnen

Zusammensetzung

Windwurf aus November 2004 verlangte im Rahmen von direkter Asanation und frühzeitiger Revitalization von Kalamiten Flächen das suchen von alternativen zu bisher gebrauchten Technologien ab. Nach neuen konzipierten Prinzipen für Auslese von Technologien und mechanischen Mitteln hat sich die Ausnutzung von Seilbahnen bei konzentrieren des Holzes fast dreifach erhöht. Gleichzeitig aber fehlten die objektiven Analysen, wie sich auf diese Technologie die besonderen Produkzions-technischen Bedingungen auswirken und wie sich dem zu Folge die Parameter von konzentrieren des Holzes mit Seilbahnen in der Kalamität und in Geplanten Nutzung differenzieren. In dem Beitrag sind die Ergebnisse von Analyse des Einfluss von Produkzions-technischen Bedingungen der zufälligen Nutzung auf die Technologie von konzentrieren des Holzes mit Seilbahnen erwähnt. Die Betonung legt sich dabei auf die Leistungsparameter, Zeitliche Ausnutzung und Chronometrie. Für breiteren Wertauskunft hat sich die Analyse besonders mit konzentrieren des Holzes „für“ und auch „gegen“ dem Hang befasst und das in zwei verschiedenen Versionen der Zusammensetzung von Arbeitsgruppen.

ACTA FACULTATIS FORESTALIS XLVIII
ZVOLEN – SLOVAKIA 2006

ODVODENIE VZŤAHU PRE VÝPOČET STUPŇOVITEJ PREKÁŽKY V ZÁVISLOSTI NA POLOMERE KOLESA

Vladimír Š T O L L M A N N

Štollmann, V.: Odvodenie vzťahu pre výpočet stupňovitej prekážky v závislosti na polomere kolesa. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLVIII**, 2006, s. 377–382.

V článku je vykonané odvodenie vzťahu pre výpočet maximálnej veľkosti stupňovitej prekážky v závislosti na polomere kolesa, ktorú dokáže stroj s kolesovou formuláciou 4x4 prekonať. Využitie nájde pri posudzovaní priechodnosti lesníckych strojov na kolesovom podvozku terénom.

Kľúčové slová: lesnícke stroje, priechodnosť terénom, kolesové podvozky

ÚVOD

Polomer kolesa v rozhodujúcej miere ovplyvňuje priechodnosť strojov na kolesovom podvozku – harvesterov, vyvážačov, traktorov, terénnych automobilov. Ovplyvňuje predovšetkým odpor odvaľovania na málo únosných pôdach a maximálnu výšku terénnych prekážok (pne, vyvrátené stromy, balvany, jarky a pod.), ktoré musí pri svojom pohybe prekonávať. Beutler (1) uvádza nasledovnú závislosť medzi polomerom kolesa a veľkosťou stupňovitej prekážky h, ktorú dokáže stroj s kolesovou formuláciou 4 x 4 pri svojom pohybe prekonať:

$$h = \left(1 - \frac{1 - \mu^* \cdot \mu}{\sqrt{(1+\mu^{*2})(1+\mu^2)}}\right).r \qquad (1)$$

kde: μ^* – súčiniteľ záberu predných kolies na prekážke,
μ – súčiniteľ záberu zadných kolies,
r – dynamický polomer kolesa.

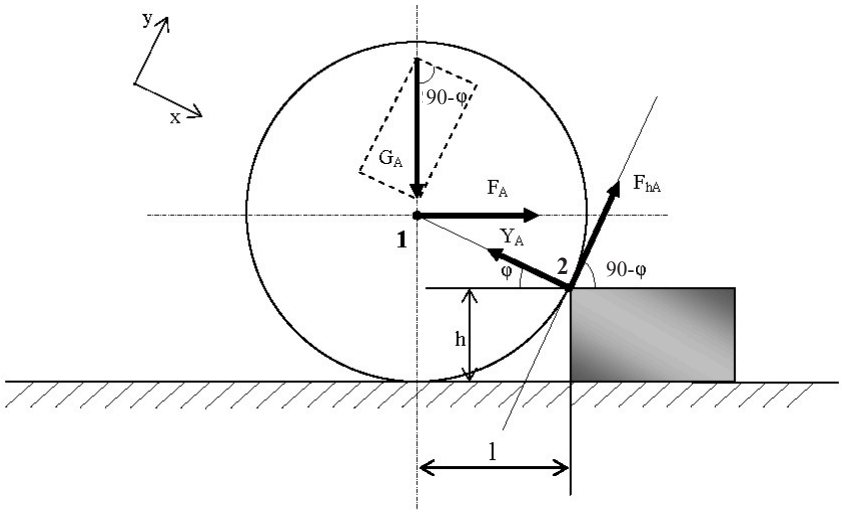
Vzťah (1) uvádza Beutler bez odvodenia. Poznanie maximálne prípustnej veľkosti stupňovitej prekážky má dôležitý význam pre porovnávanie jednotlivých strojov z hľadiska priechodnosti terénom a pre výber vhodného typu stroja do ťažkých prevádzkových podmienok. Posudzovaním priechodnosti harvesterov sa zaoberáme aj na Katedre lesnej

ťažby a mechanizácie, preto sme vzťah (1) odvodili a postup výpočtu predkladáme odbornej verejnosti.

POČIATOČNÉ PODMIENKY

Budeme uvažovať stroj s kolesovou formuláciou 4 x 4 bez medzinápravového diferenciálu. Kolesá a prekážku budeme považovať za dokonale tuhé telesá. Ďalej predpokladajme, že obidve predné kolesá nabehnú na prekážku súčasne.

Silové pomery sú potom také, ako je uvedené na obr. 1. Na predné kolesá pôsobí krútiaci moment od motora M_A, ktorý vyvoláva na kolesách hnaciu silu F_{hA}. Sila pôsobiaca na nápravu od tiaže stroja G_A, vyvoláva reakciu prekážky Y_A. F_A je sila prenášaná rámom stroja a vyvolaná zadnými hnacími kolesami. Vzhľadom na predpoklad, že kolesá sú dokonale tuhé telesá, môžeme odpory odvaľovania kolies považovať za nulové a vo výpočte ich nebudeme uvažovať.



Obr. 1 Koleso pri prekonávaní stupňovitej prekážky
Bild 1 Rad beim Überwinden stufenförmiger Hindernisse

VÝPOČET

Ak označíme μ^* súčiniteľ záberu na prekážke, potom pre hnaciu silu F_{hA} môžeme písať:

$$F_{hA} = \mu^* Y_A \tag{2}$$

Hnací moment kolesa MA môžeme vyjadriť pomocou dynamického polomeru kolesa *r*:

$$M_A = F_{hA} \,.\, r = \mu^* \,.\, r \,.\, Y_A \tag{3}$$

Predpokladáme rovnovážnu sústavu, preto pre súčet síl v osi *x* musí platiť:

$$Y_A = G_A \cos(90-\varphi) + F_A \cos\varphi$$

$$Y_A = G_A \sin\varphi + F_A \cos\varphi$$

Pričom:

$$\sin\varphi = \frac{r-h}{r}$$

$$\cos\varphi = \frac{l}{r} = \frac{\sqrt{r^2-(r-h)^2}}{r} = \frac{\sqrt{2rh-h^2}}{r}$$

Potom:

$$Y_A = G_A \frac{r-h}{r} + F_A \frac{\sqrt{2rh-h^2}}{r} \tag{4}$$

Za predpokladu, že uvažovaná sústava je v rovnovážnom stave, môžeme k bodu 2 uvedenému na obr. 1 napísať nasledovnú momentovú rovnicu:

$$M_A + F_A\,(r-h) - G_A \,.\, l = \varnothing \tag{5}$$

Po dosadení:

$$\mu^* r\left(G_A \frac{r-h}{r} + F_A \frac{\sqrt{2r.h-h^2}}{r}\right) + F_A\,(r-h) - G_A\sqrt{2rh-h^2} = \varnothing$$

$$\mu^* r G_A \frac{r-h}{r} + \mu^* r F_A \frac{\sqrt{2rh-h^2}}{r} + F_A r - F_A h - G_A\sqrt{2rh-h^2} = \varnothing$$

$$\mu^* G_A\,(r-h) + \mu^* F_A\sqrt{2rh-h^2} + F_A\,(r-h) - G_A\sqrt{2rh-h^2} = \varnothing$$

$$(\mu^* G_A + F_A)(r-h) = (G_A - \mu^* F_A)\sqrt{2rh-h^2} \qquad /(.)^2$$

$$(\mu^* G_A + F_A)^2\,(r-h)^2 = (G_A - \mu^* F_A)^2\,(2rh-h^2)$$

$$(\mu^* G_A + F_A)^2\,(r^2 - 2rh + h^2) = (G_A - \mu^* F_A)^2\,(2rh-h^2)$$

Po úprave dostávame kvadratickú rovnicu pre h: (6)

$$\left[\left(\mu^* G_A + F_A\right)^2 + \left(G_A - \mu^* F_A\right)^2\right] h^2 - 2r\left[\left(\mu^* G_A + F_A\right)^2 + \left(G_A - \mu^* F_A\right)^2\right].h + \left(\mu^* G_A + F_A\right)^2 .r^2 = \emptyset$$

ktorú môžeme zapísať v zjednodušenom tvare:

$$ah^2 + bh + c = \emptyset \qquad (7)$$

Riešením rovnice (6) sú dva korene:

$$h_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

kde:

$$-\frac{b}{2a} = \frac{2r\left[\left(\mu^* G_A + F_A\right)^2 + \left(G_A - \mu^* F_A\right)^2\right]}{2\left[\left(\mu^* G_A + F_A\right)^2 + \left(G_A - \mu^* F_A\right)^2\right]} = r$$

$$\frac{\sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} =$$

$$= \frac{\sqrt{4r^2\left[(\mu^* G_A + F_A)^2 + / G_A - \mu^* F_A)^2\right]^2 - 4\left[\left(\mu^* G_A + F_A\right)^2 + \left(G_A - \mu^* F_A\right)^2\right].\left(\mu^* G_A + F_A\right)^2 .r^2}}{4\left[\left(\mu^* G_A + F_A\right)^2 + \left(G_A - \mu^* F_A\right)^2\right]^2} =$$

$$= r\sqrt{1 - \frac{\left(\mu^* G_A + F_A\right)^2}{\left(\mu^* G_A + F_A\right)^2 + \left(G_A - \mu^* F_A\right)^2}} = r \cdot \sqrt{\frac{\left(\mu^* G_A + F_A\right)^2 + \left(G_A - \mu^* F_A\right)^2 - \left(\mu^* G_A + F_A\right)^2}{\left(\mu^* G_A + F_A\right)^2 + \left(G_A - \mu^* F_A\right)^2}} =$$

$$= r \cdot \frac{G_A - \mu^* F_A}{\sqrt{(\mu^* G_A + F_A)^2 + (G_A - \mu^* F_A)^2}} = r \cdot \frac{G_A - \mu^* F_A}{\sqrt{\mu^{*2} G_A{}^2 + 2\mu^* G_A F_A + F_A{}^2 + G_A{}^2 - 2\mu^* F_A G_A + \mu^{*2} F_A{}^2}} =$$

$$= r \cdot \frac{G_A - \mu^* F_A}{\sqrt{\left(F_A{}^2 + G_A{}^2\right)^2 + \mu^{*2}(F_A{}^2 + G_A{}^2}} = r \cdot \frac{G_A - \mu^* F_A}{\sqrt{\left(F_A{}^2 + G_A{}^2\right)^2 \left(1 + \mu^{*2}\right)}} = r \cdot \frac{1 - \mu^* \dfrac{F_A}{G_A}}{\sqrt{\left(1 + \dfrac{F_A{}^2}{G_A{}^2}\right)(1 + \mu^{*2})}}$$

Reálny význam má len 1 riešenie:

$$h = r - r \cdot \frac{1 - \mu^* \frac{F_A}{G_A}}{\sqrt{\left(1 + \frac{F_A^{\,2}}{G_A^{\,2}}\right)\left(1 + \mu^{*2}\right)}} = \left(1 - \frac{1 - \mu^* \frac{F_A}{G_A}}{\sqrt{\left(1 + \frac{F_A^{\,2}}{G_A^{\,2}}\right)\left(1 + \mu^{*2}\right)}}\right) \cdot r \tag{8}$$

Predpokladajme, že rozloženie tlakov na nápravy je približne rovnaké, t. j.:

$$G_A = G_B = \frac{G}{2} \tag{9}$$

Platí:

$F_A = \mu \,.\, G_A$

kde: μ – súčiniteľ záberu zadného kolesa.

Potom:

$$\frac{F_A}{G_A} = \mu \tag{10}$$

Dosadením (10) do (8) dostávame:

$$h = \left(1 - \frac{1 - \mu^* \mu}{\sqrt{\left(1 + \mu^2\right)\left(1 + \mu^{*2}\right)}}\right) \cdot r \tag{11}$$

čo bolo treba dokázať.

DISKUSIA A ZÁVER

Pohyb kolesových prostriedkov je možný cez prenos normálových a tangenciálnych síl medzi kolesom a podložkou. Veľký význam na veľkosť týchto síl majú geometrické rozmery kolesa. Vo všeobecnosti veľké kolesá ľahšie prekonávajú terénne prekážky a zvyšujú priechodnosť stroja terénom. V článku je analyzovaný tento faktor a je vykonané odvodenie vzťahu pre výpočet maximálnej veľkosti stupňovitej prekážky, ktorú dokáže stroj s kolesovou formuláciou 4 x 4 prekonať.

Maximálna veľkosť stupňovitej prekážky silne závisí od súčiniteľa záberu μ. Nech $\mu = \mu^* = 0{,}6$. Potom podľa vzťahu (11) dostávame pre maximálne prípustnú veľkosť stupňovitej prekážky vzťah $h = 0{,}53\ r$. V zimných podmienkach na sypkom snehu pri použití reťazí dosahuje súčiniteľ záberu μ hodnotu $\mu = 0{,}4$. Tomu odpovedá veľkosť prekážky $h = 0{,}39\ r$.

Pri odvodzovaní sme vychádzali zo zjednodušujúceho predpokladu, že koleso predstavuje dokonale tuhé teleso. V skutočnosti je koleso pružné teleso, v dôsledku čoho nastane zatlačenie hrany prekážky do kolesa. To povedie k zlepšeniu záberových podmienok kolies a k nárastu súčiniteľa záberu μ^* a tým aj k nárastu veličiny h. Mieru tohto vplyvu plánujeme v budúcnosti vyhodnotiť pomocou experimentu.

Poznanie veľkosti stupňovitej prekážky, ktorú dokáže stroj prekonať, má význam pre porovnávanie jednotlivých typov strojov medzi sebou z hľadiska priechodnosti terénom, pri výbere vhodného typu stroja alebo pri výbere najvhodnejšej firmy pre vykonanie prác dodávateľským spôsobom. Využitie nájde aj pri vývoji nových strojov.

Skúmaním priechodnosti strojov na kolesovom podvozku sa zaoberáme na Katedre lesnej ťažby a mechanizácie v rámci riešenia grantu VEGA GL 1049 o názve: Výskum nových princípov strojov na sústreďovanie dreva.

Literatúra:

(1) Schulze, A. et al: Theoric des Militärkraftfahrzeugs. Militärrerlag der DDR, 1988, s. 321–322.
(2) Štollmann,V.: Metodika pre posudzovanie priechodnosti harvestera na kolesovom podvozku, Zvolen, ES TU, AFF 2005, v tlači.

Adresa autora:
doc. Ing. Vladimír Štollmann, CSc., PhD.
Katedra lesnej ťažby a mechanizácie
Lesnícka fakulta
Masarykova 24
960 53 Zvolen

e-mail: stollmann@vsld.tuzvo.sk

Die Ableitung der Formel von Kletterfähigkeit an Halbmesser von Räder

Zusammensetzung

Der Durchmesser der Räder beinflußt maßgebend die Geländegängigkeit, zum einen durch den Fahrwiederstand auf verformbaren Boden, zum anderen beim Überwinden stufenförmiger Hindernisse und Gräben. In Aufsatz ist die Ableitung der Formel für die Berechnung von stufenförmiger Maximalhindernisse in Abhängigkeit an Halbmesser von Rades. Die Ausnutzung findet er bei der Beurteilung der Geländegängigkeit von Radforstmaschinen.

ACTA FACULTATIS FORESTALIS XLVIII
ZVOLEN – SLOVAKIA 2006

SVAHOVÁ DOSTUPNOSŤ HARVESTEROV NA KOLESOVOM PODVOZKU

Vladimír ŠTOLLMANN – Jozef SLUGEŇ – Michal FERENČÍK

Štollmann, V., Slugeň, J., Ferenčík, M.: Svahová dostupnosť harvesterov na kolesovom podvozku. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLVIII**, 2006, s. 383–393.

Práca sa zaoberá problematikou svahovej dostupnosti (stúpavosti) harvesterov na kolesových podvozkoch. Pomocou fyzikálnych zákonitostí boli vyjadrené sily, ktoré pôsobia na stroj pohybujúci sa na svahu. Na modelových príkladoch sa použitím matematických rovníc, odvodených podľa pôsobenia jednotlivých síl, vypočítali teoretické hodnoty svahovej dostupnosti ohraničujúce možnosti nasadenia kolesových harvesterov. Tieto nie sú obzvlášť vysoké, potenciálne do 26°. Taktiež vieme aj spätne, podľa sklonu svahu, zistiť minimálny výkon motora harvestera, ktorý plánujeme nasadiť do konkrétnych terénnych podmienok.

V praxi je ale táto teoretická hodnota svahovej dostupnosti nižšia, pretože musí byť splnená podmienka riaditeľnosti stroja, ako aj podmienka statickej a dynamickej stability.
Tieto podmienky sú závislé od mnohých faktorov, ktorými sú najmä druh podložky, polomer pneumatiky, jej šírka, tvar dezénu a stupeň opotrebovania. Ďalej od hnacej sily na kolesách, od nápravových tlakov a polohy ťažiska. Veľmi významný aj fakt, či boli použité protisklzové zariadenia, akými sú napr. reťaze a pod.

Kľúčové slová: mechanizačné prostriedky lesnícke, harvestery, svahová dostupnosť, priechodnosť terénom

1. PROBLEMATIKA A CIEĽ PRÁCE

Rozvoj plne mechanizovaných technológii ťažby dreva na báze harvesterov v terénnych podmienkach lesov Slovenska vedie k intenzívnej mechanizácii ťažbovodopravného procesu. Tento fakt, ako aj poznatky zo zahraničia a praktické skúseností posledných rokov poukazujú na zvýšenú potrebu kvalitnej a zodpovednej technologickej prípravy pracovísk. Táto má ale ešte stále, najmä v súvislosti s nasadením harvesterovej technológie, určité nejasnosti. Veľmi dôležitou úlohou je správna voľba porastov vhodných pre prácu a použitie tejto technológie. Len v takom prípade je možné zmeniť ťažbovú činnosť na vysoko účinný, ekonomicky efektívny a ekologicky prijateľný výrobný systém.

Jedným z limitujúcich faktorov sa v našich zložitých terénnych podmienkach ukazuje sklon svahu. Ideálnym pracovným podmienkam pre harvestery na kolesových podvozkoch zodpovedajú roviny a mierne svahy s pozdĺžnym sklonom do 35 % (Mechler, K.;

WEBER, H. 1992) bez terénnych zlomov a iných ťažko prejazdných prekážok (balvany, vývraty a pod.). SAUTER et al. (1998) udáva dokonca sklon až 50 (60) % pri priaznivom počasí a únosnom geologickom podloží, ktoré je hlavným limitujúcim faktorom. Možnosť nasadenia do takýchto sklonov je však skôr výnimkou, pretože sa tým veľmi narúša bezpečnosť práce.

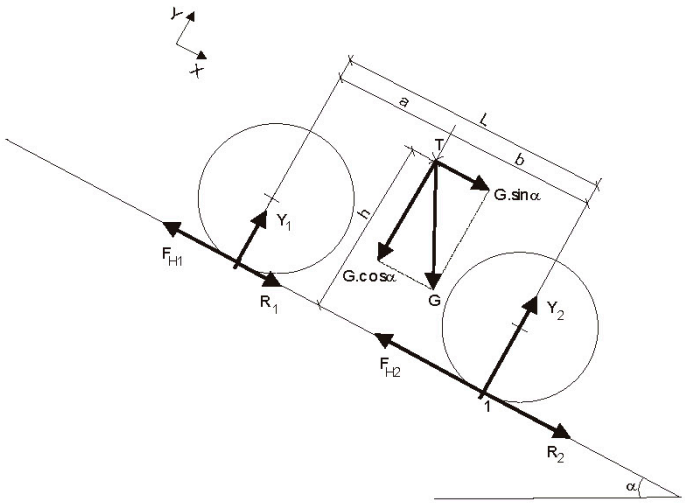
Osobitný význam pri nasadení harvesterov má priečny sklon svahu. Nemal by prekročiť 5 % (STAMPFER, 1998), ak sa chceme vyhnúť prevráteniu stroja. Približovacie linky je preto nevyhnutné viesť po spádnici, ak to samozrejme umožňuje charakter terénu.

Autori tohto článku si stanovili za cieľ vniesť svetlo aj do tejto oblasti a zostaviť matematické modely rovníc, podľa ktorých by sa vedela praktická verejnosť orientovať pri výbere a nasadení toho správneho a najvhodnejšieho typu kolesového harvestera do porastu.

2. MATERIÁL A METODIKA, VÝSLEDKY

2.1 Teoretická hodnota svahovej dostupnosti

Teoretickú hodnotu svahovej dostupnosti stanovíme ako uhol sklonu svahu pri ktorom dochádza k 100 percentnému preklzu kolies. V tomto prípade je ťahová sila harvestera rovná nule. Pri odvodení závislosti budeme vychádzať z obr. 1, kde:
F_H – hnacia sila na kolesách, R – odpor odvaľovania kolies, Y – nápravové tlaky,
G – tiaž stroja, T – ťažisko, L – rázvor, a, b, h – súradnice ťažiska.



Obr. 1 Grafické zobrazenie síl pôsobiacich na stroj na svahu
Fig. 1 Graphical wiew of the forces, which affect on the machine in the slope

Platí:

$$\sum F_x = 0: \quad F_{H1} + F_{H2} - R_1 - R_2 - G\sin\alpha = 0 \tag{1}$$

$$\mu Y_1 + \mu Y_2 - fY_1 - fY_2 - G\sin\alpha = 0$$

$$\mu(Y_1 + \mu Y_2) - f(Y_1 - fY_2) - G\sin\alpha = 0$$

$$\mu G\cos\alpha - fG\cos\alpha - G\sin\alpha = 0$$

$$(\mu - f)\cos\alpha - \sin\alpha = 0$$

$$tg\alpha = \mu - f$$

$$\alpha = arctg\,(\mu - f) \tag{2}$$

kde: μ – súčiniteľ záberu, definovaný ako:

$$\mu = \frac{F_H}{Y} \tag{3}$$

f – súčiniteľ odporu odvaľovania, definovaný ako:

$$f = \frac{R}{Y} \tag{4}$$

Zo vzťahu (2) vyplýva, že parameter svahovej dostupnosti je závislý od kvality dotyku kolesa s podložkou, t. j. od adhézie. Veľkosť adhézie závisí od druhu podložky, od polomeru pneumatík, šírky pneumatík, tvaru dezénu, opotrebovania pneumatík, od použitia protisklzových zariadení, akými sú napr. reťaze a pod. Zo vzťahov (3), (4) vyplýva, že ďalej závisí od hnacej sily na kolesách, od nápravových tlakov a polohy ťažiska.

Hodnoty μ pri 100 percentnom preklze kolesových traktorov podobne ako charakteristické hodnoty odporu odvaľovania f sú pre štandardné podmienky tabelované. To nám dovoľuje vypočítať hodnoty svahovej dostupnosti. Vypočítané hodnoty pre rôzne druhy podložiek sú uvedené v tab. 1.

Tab. 1 Teoretické hodnoty svahovej dostupnosti kolesových harvesterov (Mikleš, M., 1985)
Tab. 1 Ideal values of climbing ability of the wheeled harvesters (Mikleš, M., 1985)

Druh podložky	Súčiniteľ záberu μ	Odpor odvaľovania f	Stúpavosť α [°]
Asfalt:			
suchý	0,8	0,02	38
mokrý	0,6	0,02	30,1

Tab. 1 Pokračovanie
Tab. 1 Continued

Druh podložky	Súčiniteľ záberu μ	Odpor odvaľovania f	Stúpavosť α [°]
Lesná cesta hlinitá, hlinito-piesočnatá:			
suchá	0,7	0,035	33,6
mokrá	0,5	0,08	22,8
Lesná pôda pokrytá hrabankou, hlinitá:			
suchá	0,6	0,12	25,6
mokrá	0,5	0,25	14,0
Lesná pôda pokrytá hrabankou, piesočnato-štrková			
suchá	0,6	0,12	25,6
mokrá	0,5	0,12	20,8
Nepokosená lúka	0,5	0,08	22,8
Sneh:			
sypký[1]	0,30/0,4	0,2	5,7/11,3
mokrý[1]	0,25/0,5	0,25	0/14
ujazdený[1]	0,30/0,6	0,03	0/16,7
zľadovatelý[1]	0,10/0,5	0,03	4/25,2

[1]bez reťazí/ s reťazami

Z tabuľky 1 je zrejmé, že teoretické hodnoty svahovej dostupnosti (stúpavosti) nie sú veľké. Môžeme povedať, že potencionálne možnosti svahovej dostupnosti kolesových podvozkov harvesterov sa pohybujú okolo 26°, čo predstavuje 57 % sklony.

Skutočné hodnoty svahovej dostupnosti, ktoré v praxi nesmú byť prekročené, sú ešte nižšie. Do úvahy treba brať zabezpečenie riaditeľnosti stroja, statickú a dynamickú stabilitu pri práci na svahu, výkon motora.

2.2 Podmienka riaditeľnosti

Ovládanie harvesterov je štandardne zabezpečené plne hydraulicky – zlamovaním rámov (polrámov). Podmienkou ovládateľnosti je, aby tlak na prednú nápravu nepoklesol pod určitú minimálnu hodnotu, t. j. aby náprava bola stále doťažovaná. Túto požiadavku vieme vyjadriť podmienkou:

$$\frac{Y_1}{G} \geq 0{,}15 \qquad (5)$$

Z obr. 1 si môžeme odvodiť nasledovnú momentovú rovnicu pre určenie limitného uhla sklonu svahu z hľadiska riaditeľnosti, ktorú riešime za podmienok daných nerovnosťou (5):

$$\sum M_2 = 0: \qquad Y_1 L + hG\sin\alpha - bG\sin\alpha = 0$$

$$0{,}15GL + hG\sin\alpha - bG\sin\alpha = 0$$

$$0{,}15L + h.\sin\alpha - b.\cos\alpha = 0 \qquad (6)$$

Z podmienky (6) si už vieme určiť limitný uhol sklonu svahu, čo si ozrejmíme na príklade.

Príklad č. 1:

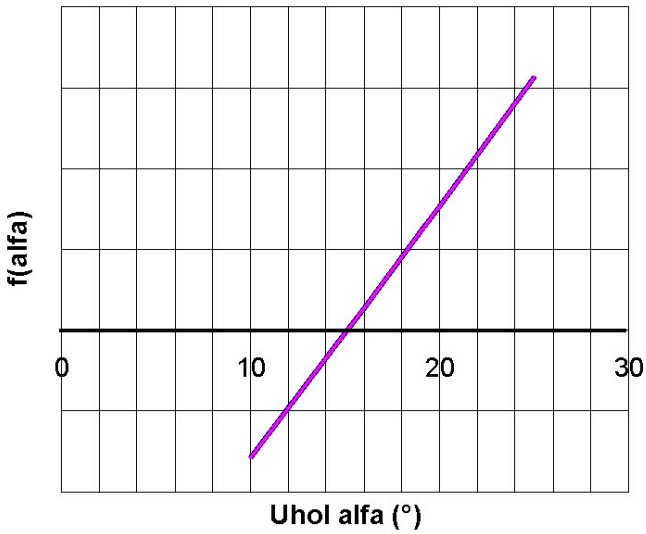
Majme harvester s kolesovou formuláciou 4 x 4, t. j. so 4 kolesami, ktoré sú všetky hnané. Rázvor L = 2 900 mm, výška ťažiska od podložky h = 1 611 mm, vzdialenosť ťažiska od stredu zadnej nápravy b = 886 mm. Pri akom uhle dôjde k strate riaditeľnosti?

Riešenie:

Hľadaný uhol určíme z rovnice (6), ktorú riešime graficky. Zostrojíme si graf funkcie

$$f(\alpha) = 0{,}15L + h \,.\, \sin\alpha - b \,.\, \cos\alpha$$

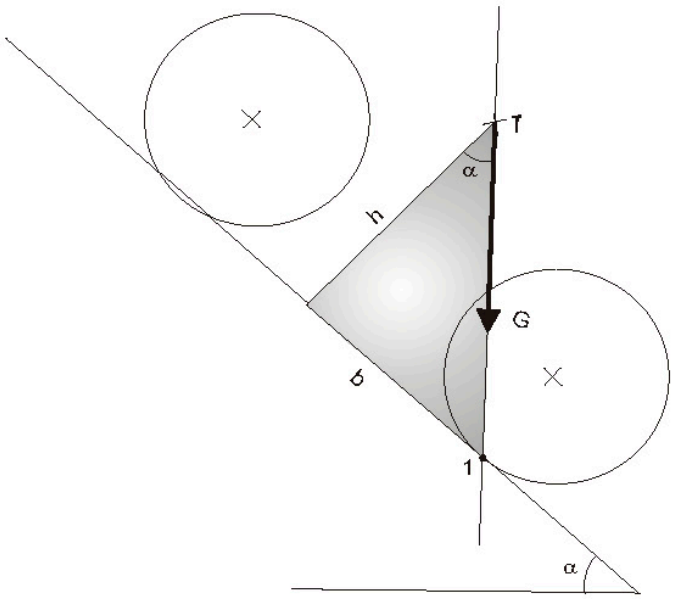
ktorý vynesieme do grafu – viď obr. č. 2. Hľadané riešenie dostávame ako priesečník grafu s horizontálnou osou. V našom prípade je riešením uhol $\alpha = 16°$.



Obr. 2 Graf funkcie *f (α)*, pri ktorom dôjde k strate riaditeľnosti
Fig. 2 Critical function *f (α)* when machine loses steering ability

2.3 Statická stabilita

Ďalšou obmedzujúcou podmienkou je uhol sklonu svahu, pri ktorom dôjde k prevráteniu stroja v pozdĺžnom smere. Pri stanovení tohto uhla budeme vychádzať z podmienky, že v medznom prípade musí nositeľka tiaže stroja prechádzať klopnou hranou, ktorá je znázornená bodom 1 na obr. 3.



Obr. 3 Grafické znázornenie klopnej hrany stroja
Fig. 3 Graphical wiew of the rotate edge of the machine

Z trojuholníka vyznačeného na obr. 3 dostávame pre medzný uhol nasledujúcu podmienku:

$$tg\alpha = \frac{b}{h} \tag{7}$$

Dosadením hodnôt z príkladu č. 1 dostávame:

$$tg\alpha = \frac{b}{h} = \frac{886}{1611} = 28,8^o \tag{8}$$

Výsledná hodnota je väčšia ako teoretická, t. z. že v tomto konkrétnom prípade uhol statickej stability nepredstavuje vážnejšiu obmedzujúcu podmienku.

2.4 Dynamická stabilita

Dynamická stabilita nám popisuje odolnosť voči prevráteniu za pohybu stroja. Špecifikum problému spočíva v tom, že ak na svahu v rýchlosti nabehneme na nejakú prekážku, napr. balvan alebo peň, dochádza k nadhodu nápravy, čo môže viesť k následnému prevráteniu stroja. Exaktné určenie medzného uhla dynamickej stability nie je možné, pretože závisí od veľkého množstva faktorov, ktoré menia svoju hodnotu. Jedným z dôležitých faktorov je napr. technika jazdy so strojom, pritom je problém ako ju vôbec ohodnotiť. Preto sa uspokojíme s empirickým poznatkom, že uhol dynamickej stability je 3x menší ako uhol statickej stability.

Pre harvester z príkladu č. 1 bude medzný uhol z hľadiska dynamickej stability:

$$\alpha = \frac{28,8}{3} = 9,6^o \tag{9}$$

2.5 Výkon motora

Pre umožnenie pohybu stroja do svahu je potrebný určitý výkon motora. Pre stanovenie požiadaviek na výkon motora z hľadiska svahovej dostupnosti si najskôr odvoďme vzťah pre veľkosť hnacej sily F_H na kolesách harvestera. Platí:

$$P = F_M v = F_M \frac{2\pi r_M n}{60} = M_K \frac{2\pi n}{60} \tag{10}$$

Z rovnice (10) dostávame:

$$M_K = \frac{60P}{2\pi n} \tag{11}$$

kde: P – výkon motora [W],
F_M – sila na obvode remenice motora [N],
v – obvodová rýchlosť remenice motora [m.s^{-1}],
r_M – polomer remenice motora [m],
n – otáčky motora [ot.min^{-1}],
M_K – krútiaci moment motora [N.m^{-1}].

Pre hnací moment kolies M_H platí:

$$M_H = M_K i_c \eta \qquad \text{a zároveň} \qquad M_H = r_d F_H \tag{12}$$

kde: i_c – celkový prevodový pomer transmisie harvestera,
η – účinnosť,
r_d – dynamický polomer kolies [m].

Z rovníc (12) dostávame:

$$M_K i_c \eta = r_d F_H$$
$$F_H = \frac{M_K i_c \eta}{r_d} \tag{13}$$

Dosadením (11) do (13) dostávame:

$$F_H = \frac{60 P i_c \eta}{2\pi n r_d} = \frac{9{,}554 P i_c \eta}{n r_d} \tag{14}$$

Z obr. 1 môžeme pre hnaciu silu F_H stanoviť podmienku:

$$F_{H1} + F_{H2} - R_1 - R_2 - G\sin\alpha = 0 \tag{15}$$

$$F_{H1} + F_{H2} = + R_1 + R_2 - G\sin\alpha \tag{16}$$

$$F_H = + R_1 + R_2 + G\sin\alpha$$

Dosadením (14) do (16) dostávame:

$$\frac{9{,}554 P i_c \eta}{n r_d} = +R_1 + R_2 + G\sin\alpha \tag{17}$$

Rovnicu (17) už môžeme použiť pre stanovenie minimálneho potrebného výkonu motora pri požadovanom uhle svahovej dostupnosti α:

$$P \geq \frac{n r_d (R_1 + R_2 + G\sin\alpha)}{9{,}554 i_c \eta} = \frac{n r_d (fG\cos\alpha + G\sin\alpha)}{9{,}554 i_c \eta} = \frac{G n r_d (f\cos\alpha + \sin\alpha)}{9{,}554 i_c \eta} \tag{18}$$

Príklad č. 2:

Vypočítajme, aký musí mať harvester príkon motora, aby sa dosiahla teoretická hodnota svahovej dostupnosti t. j. $\alpha = 26°$. Harvester je štandardného typu s nasledovnými parametrami. Hmotnosť m = 17 500 kg, dynamický polomer kolies rd = 825 mm, menovité otáčky motora 2 200 ot.min^{-1}, celkový prevodový pomer ic =172, odpor odvaľovania kolies f = 0,12, účinnosť η = 0,8.

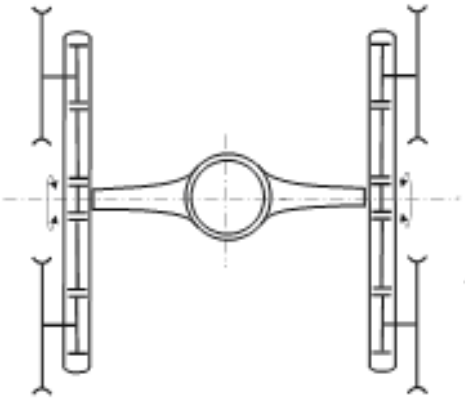
Riešenie:

Dosadením do vzťahu (18) dostávame hodnotu požadovaného výkonu:

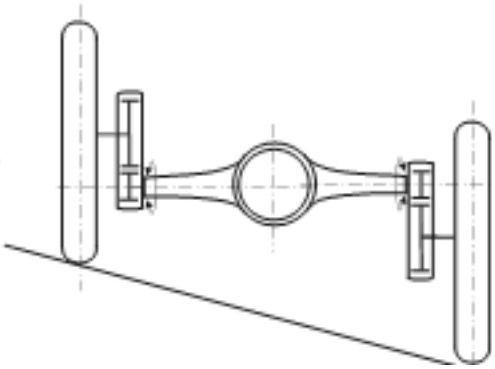
$$P \geq \frac{175000 \cdot 2200 \cdot 0{,}825(0{,}12\cos 26 + \sin 26)}{9{,}554 \cdot 172 \cdot 0{,}8} \geq 131972W \geq 132kW$$

Účinnosť spaľovacích motorov je 0,4. Potom požadovaný príkon P* motora harvestera je:

$$P^* = \frac{P}{\eta} = \frac{132}{0,4} = 330kW$$



Obr. 4 Buggi náprava
Fig. 4 Bogie axle



Obr. 5 Portálová náprava s výkyvnými kolesami
Fig. 5 Axle with tiltable wheels

3 DISKUSIA A ZÁVER

Teoreticky vypočítané hodnoty svahovej dostupnosti v stupňoch (°) poskytujú vhodné prvotné informácie pre odborníkov zaoberajúcich sa možnosťou nasadenia harvesterovej technológie do konkrétnych výrobno-technických podmienok, v ktorých je limitujúcim faktorom práve sklon svahu. Ich použitie je v teréne čiastočne obmedzené skutočnosťou, že pri výpočtoch sa uvažovalo s ideálnymi podmienkami. V praxi je preto potrebné uvažovať aj s náhodnými vplyvmi, ktoré budú mať za následok zníženie teoretických hodnôt svahovej dostupnosti. Maximálny teoreticky prekonateľný pozdĺžny sklon 26° (cca 60 %) kolesovými podvozkami preto treba brať s určitou rezervou a podľa možnosti sa vyhnúť týmto prípadom, v ktorých už bude stroj pracovať na „hranici svojich možností“. Práca v takýchto hraničných sklonoch má za následok zníženú produktivitu, ako aj zvýšené riziko bezpečnosti práce (prevrátenie stroja, SCHÖTTLE et al. 1997) a tiež aj zvýšenú mieru poškodzovania ostávajúceho porastu a porastovej pôdy.

V príkladoch, ktoré boli použité vo výpočtoch sa ale neuvažovalo s možnosťou použitia protisklzových zariadení (napr. reťaze), ktoré vo významnej miere pozitívne vplývajú

na zvyšovanie svahovej dostupnosti, ako aj na zvýšenie bezpečnosti práce. Medzi ďalšie technické opatrenia zamerané na zvyšovanie svahovej dostupnosti určite patria aj buggi nápravy (obr. 4) a možnosť naklápania (nivelizovania) kabíny. Do úvahy prichádza aj použitie harvestera vybaveného navijakom s oceľovým lanom, pomocou ktorého sa harvester ukotví vo vrchnej časti približovacej linky.

Na bezpečné prekonanie priečnych sklonov sú ideálne harvestery vybavené portálovými nápravami s výkyvnými kolesami (obr. 5). Podľa údajov z KWF (1996) pre harvester Skogsjan 687 XL dosahuje táto hranica hodnotu až 24 %. Preto je veľmi dôležité dbať na to, aby boli približovacie linky vedené po spádnici a vyhnúť sa miestam, kde by sa stroj mohol dostať do nebezpečného priečneho sklonu.

Na základe vypočítaných údajov teoretickej svahovej dostupnosti by bolo potrebné vykonať terénne merania, ktorými by sa upresnili výsledky dosahované v ideálnych podmienkach. Vo všeobecnosti ale môžeme povedať, že trend výroby harvesterov je zameraný na neustále zvyšovanie svahovej dostupnosti, vďaka montáži už spomínaných technických prvkov. Tým môžeme predpokladať, že naše teoretické výsledky sa od skutočne dosiahnuteľných budú odlišovať iba veľmi málo, dokonca môže v špecifických prípadoch dôjsť k opaku, že prax predčí teoretické predpoklady.

Článok bol vypracovaný v rámci riešenia projektu VEGA MŠ SR č. 1/3523/06 o názve Výskum nových technických princípov pre sústreďovanie dreva.

Literatúra

1. Stampfer, K. (1998): Harvester und Seilgerät kombinieren. Forstmaschinen-Profi 1/1999, S. 18–20.
2. Sauter, U. H.; Mehlin, I.; Grammel, R. (1998): Vollmechanisierte Holzernte am Steilhang mit Vollerntertechnik. AFZ/Der Wald Nr. 14, S. 722–724.
3. Schöttle, R.; Pfeil, C.; Sauter, F. 1997: Vollmechanisierte Holzernte am Steilhang, Raupenharvester „Impex 1650 T Königstiger“ – Forwarder „Valmet 860“ – Kurzstreckenseilkran „Ritter KSK“. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Versuchsbericht Nr. 2
4. Mikleš, M. a kol. (1985): Lesnícke mechanizačné prostriedky (Návody na cvičenia), VŠLD Zvolen, 375 s.
5. Kuratorium für waldarbeit und forsttechnik E.V. (KWF) (1996): Forsttechnik für naturnahe Waldwirtschaft. 12. KWF-Tagung Oberhof 1996, Tagungsführer.
6. Ohrner, G. (2000): Einige Fakten zum Harvester. LWFaktuell Nr. 26, S. 6.
7. Pausch, R. (2002)Ein System-Ansatz zur Untersuchung von Zusammenhängen zwischen Waldstruktur, Arbeitsvolumina und Kosten der technischen und biologischen Produktion in Forstrevieren ost- und nordbayerischer Mittelgebirge. Dissertationasarbeit.
8. Stampfer, K.; Steinmüller, T.; Svaton, R. (2001): Grenzen der Steigfähigkeit. Arbeit im Wald, S. 1–3, in: Österreichische Forstzeitung Nr. 3.
9. Dürrstein, H.; Stampfer, K. (2000): Aktuelle Trends in der Forsttechnik. Arbeit im Wald, S. 1–3, in: Österreichische Forstzeitung Nr. 4.
10. Mechler, K.; Weber, H. (1992): Mechanisierte Nadelschwachholzernte in Steilhängen. AFZ/Der Wald Nr. 23, S. 1217–1222.

Adresa autorov:
doc. Ing. Vladimír Štollmann, CSc. PhD.
Ing. Jozef Slugeň
Ing. Michal Ferenčík
Katedra lesnej ťažby a mechanizácie
Lesnícka fakulta Technickej univerzity vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen

The climbing ability of the wheeled harvesters
Summary

This article deals with problems connected with the climbing ability of the wheeled harvesters. The forces, which effect on machines, moving in sloped terrain, were evaluated with use of the physical laws. The highest allowed ideal values of the ground slope for the wheeled harvesters were enumerated in example simulations. The highest allowed rate of the ground slope was enumerated to 26°. Real values of those maximal ground slopes are somewhat lower, because of the static stability, dynamic stability and steering ability requirements. These conditions depend on many factors, such as: kind of surface, tyre diameter, tyre width, tyre tread type, degree of tyre abrasion, axle load, motive force on wheels and a position of the point of gravity action. The use of the tyre chains or similar anti skid devices also affects the highest reached ground slope for wheeled machines.

There was also calculated minimal required performance of the harvester engine for the real work conditions (ground slope).

ACTA FACULTATIS FORESTALIS XLVIII
ZVOLEN – SLOVAKIA 2006

ANALÝZA VZŤAHOV REGIONÁLNEJ HYDRAULICKEJ GEOMETRIE VODNÝCH TOKOV CHKO BR POĽANA

Matúš J A K U B I S

Jakubis, M.: Analýza vzťahov regionálnej hydraulickej geometrie vodných tokov CHKO BR Poľana. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLVIII**, 2006, s. 395–409.

Práca sa zaoberá problematikou vzťahov regionálnej hydraulickej geometrie vodných tokov v súvislosti s tvorbou regionálnych rovníc a kriviek pre vodné toky a povodia CHKO BR Poľana. V CHKO BR Poľana sa nachádza 25 samostatných povodí a vodných tokov s uzavierajúcimi prietokovými profilmi na hranici tohto chráneného územia. Plochy povodí v CHKO BR Poľana majú od S_p = 0,384 km^2 do S_p = 48,44 km^2, 100-ročné prietoky pre jednotlivé toky sa pohybujú v rozpätí od Q_{100} = 3,0 m^3 . s^{-1}, do Q_{100} = 57,0 m^3.s^{-1}, 1-ročné prietoky sa pohybujú v rozpätí od Q_1 = 0,30 m^3.s^{-1} do Q_1 = 8,00 m^3.s^{-1}. V rámci vykonanej analýzy boli skúmané vzájomné závislosti medzi plochou povodia S_p (km^2) a parametrami koryta. Analýza potvrdila tesné korelačné závislosti uvedených vzťahov.

Kľúčové slová: vodné toky, hydraulická geometria, CHKO BR Poľana

1. ÚVOD A PROBLEMATIKA

Nárast antropogénneho zaťaženia krajiny prináša mnoho negatívnych dopadov a rizík, ktoré je potrebné eliminovať. Z týchto dôvodov sa odborníci vo svete a aj u nás zaoberajú hľadaním a overovaním nových prístupov a metód, ktoré by umožňovali riešiť spomínané problémy a rešpektovali, chránili a zveľaďovali nielen prírodné hodnoty, ale aj človekom vytvorené súčasti krajiny. Takéto postupy a metódy majú byť zamerané na preventívnu ochranu biotopov, revitalizáciu zdevastovaných území a časti krajiny, obnovu všetkých funkcií ekosystémov v prírodnom a životnom prostredí atď. Riešenie týchto úloh vychádza z myšlienok komplexnej starostlivosti o krajinu. Táto starostlivosť sa musí plánovať a realizovať prostredníctvom integrovaného manažmentu povodí. Integrovaný manažment povodí musí vychádzať z komplexného poznania týchto častí krajiny. Zároveň musí rešpektovať ekologické environmentálne, ekonomické a sociálne požiadavky spoločnosti a princípy trvalého udržateľného rozvoja. V rámci integrovaného manažmentu povodí je našou úlohou stanoviť optimálne postupy a opatrenia v povodiach tak, aby sa stabilita ekosystémov v povodí zvýšila a aby sa v plnej miere zachovala biodiverzita.

Zároveň sa predpokladá, že človek bude krajinu využívať tak, aby využil prírodné zdroje bez narušenia tisícročia sa vyvíjajúcich ekologických väzieb. Zvlášť dôležitý je proces integrovaného manažmentu povodí v chránených územiach, a tými sú napr. národné parky, chránené krajinné oblasti atď.

Zvláštne miesto v procese integrovaného manažmentu povodí si zaslúži starostlivosť o vodné toky, ktoré majú v ekologickej stabilite krajiny širokospektrálny a nenahraditeľný význam. Z hľadiska prírode blízkych postupov k starostlivosti o vodné toky v krajine majú podstatný význam regionálne rovnice a krivky. Regionálne rovnice a regionálne krivky vyjadrujú závislosti medzi vybranými geometrickými a hydraulickými charakteristikami prirodzeného profilu a prislúchajúcou plochou povodia. Ide o analýzu týchto závislostí:

– Medzi šírkou koryta v brehoch *B* (m), ktorá sa vzťahuje k prietoku plným prietokovým profilom, ktorý sa v zahraničnej literatúre označuje termínom „bankfull discharge“ a zodpovedajúcou plochou povodia *Sp* (km^2), teda analýzu vzťahu:

$$B = f(Sp) \tag{1.1}$$

resp. o analýzu závislosti, ktorú vyrovnávame rovnicou:

$$B = a_{01} \cdot Sp^{a_{12}} \quad (m) \tag{1.2}$$

– Medzi priemernou hĺbkou koryta *H* (m) pre prietok prietokovým profilom a zodpovedajúcou plochou povodia *Sp* (km^2), teda o analýzu vzťahu:

$$H = f(Sp) \tag{1.3}$$

resp. o analýzu závislosti, ktorou vyrovnávame rovnicou

$$H = a_{02} \cdot Sp^{a_{12}} \quad (m) \tag{1.4}$$

– Medzi plochou prietokového profilu *Spp* (m^2) pre prietok plným prietokovým profilom a zodpovedajúcou plochou povodia *Sp* (km^2), teda o analýzu závislosti:

$$Spp = f(Sp) \tag{1.5}$$

resp. o analýzu závislosti, ktorou vyrovnávame rovnicu:

$$Spp = a_{03} \cdot Sp^{a_{13}} \quad (m^2) \tag{1.6}$$

– Medzi prietokom plným prietokovým profilom Q_K ($m^3 \cdot s^{-1}$) – „bankfull discharge“ a^K prislúchajúcou plochou povodia *Sp* (km^2), teda o analýzu závislosti:

$$Q_K = f(S_p) \tag{1.7}$$

resp. o analýzu závislosti, ktorú vyrovnávame rovnicou:

$$Q_K = a_{04} \cdot Sp^{a_{14}} \quad (m^3 \cdot s^{-1}) \tag{1.8}$$

Pre každú so skúmaných závislosti vznikne príslušná regionálna rovnica, grafickým vyrovnávaním príslušná regionálna krivka.

Teóriu regionálnych rovníc je možné aplikovať vo výskume konkrétnych regiónov, ktorými sú v podmienkach Slovenskej republiky napr. geomorfologické celky, podcelky a podobne. Predpokladom pre vymedzenie fyzickogeograficko-hydrologického regiónu má byť totožné geologické podložie a zodpovedajúce hydrologicko-klimatické charakteristiky.

V rámci uvedených postupov môžeme skúmať buď viac rôznych tokov s rôznou veľkosťou povodí alebo jeden vodný tok s rôznymi prietokovými profilmi s prislúchajúcimi plochami (rozlohami) čiastkových povodí. Podľa toho či skúmame viac povodí a tokov, alebo len jedno povodie a tok, hovoríme buď o regionálnych rovniciach a regionálnych krivkách, alebo o rovniciach povodia a krivkách povodia. Vzájomné vzťahy medzi regionálnymi rovnicami a krivkami a krivkami a rovnicami a krivkami povodia plánujeme skúmať a následne analyzovať v rámci výskumu na Katedre lesníckych stavieb a meliorácií Lesníckej fakulty Technickej univerzity vo Zvolene v rokoch 2006–2008.

Problematikou regionálnych rovníc, resp. regionálnych kriviek a možnosťami ich využitia v procese prírode blízkej starostlivosti o vodné toky a prislúchajúce povodia sa v zahraničí zaoberali napr. Kellershals et al. (1972), Williams (1978), Ikeda et al. (1988), Johnson, Heil (1996), Huang (1996), Petit, Paquet (1997), Page (1998), Harman et al. (1999), Castro, Jackson (2001), Wohl et al. (2001), Radecki, Pavlik (2002), Mccandles, Everet (2002), Huang et at. (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) a iní.

Problematike regionálnych kriviek (rovníc) sa v Slovenskej republike až do nedávnej minulosti nevenovala pozornosť. Až preukázateľná praktická aj teoretická dôležitosť prebudila záujem o tento výskum na niektorých pracoviskách (Geografický ústav SAV Bratislava, Katedra lesníckych stavieb a meliorácií LF TU vo Zvolene). Z doteraz publikovaných prác (napr. Lehotský, Grešová 2003, Lehotský 2004, Lehotský, Novotný 2004, Jakubis 2005) sú známe niektoré zaujímavé predbežné výsledky. Problematiku hydraulickej geometrie popísali u nás napr. Raplík, Szolgay (1987) a V. Macura et al. (1995). V predkladanej práci sme sa zaoberali stanovením regionálnych rovníc pre všetkých 25 vodných tokov (bystrín) v CHKO – BR Poľana. V budúcom výskume by sme sa chceli zamerať v rámci riešenia tejto problematiky nielen na iné oblasti (napr. geomorfologické celky, podcelky a pod.) v SR, ale aj na analýzu vzťahov medzi regionálnymi rovnicami a krivkami pre určité oblasti a a regionálnymi rovnicami a krivkami pre jednotlivé povodia a toky v týchto oblastiach. Zaujímavé sa javí aj posúdenie využívania (obhospodarovania) častí malých povodí vo vzťahu k regionálnym rovniciam a krivkám a tiež vplyv geologického podložia, lesnatosti a iných charakteristík na spomínané rovnice a krivky. V záverečnej fáze by sme sa chceli zamerať na postupné určovanie hraníc fyzickogeograficko-hydrologických regiónov na území Slovenska a tvorbu zásad pre prírode blízke návrhy niektorých revitalizačných opatrení v týchto regiónoch.

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 centrálnej časti územia CHKO – BR Poľana sa nachádza mohutná kaldera s rozlohou okolo 29 km^2 a priemerom viac ako 6,0 km. Územie bolo vyhláškou MK SR č. 97/1981 vyhlásené za CHKO.

V CHKO – BR Poľana sa nachádza 25 vodných tokov (povodí) s uzavierajúcimi prietokovými profilmi na hranici tejto oblasti. Sú to tieto vodné toky a ich povodia: 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 Jelšový 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 km^2 (Podtajchovský potok) do S_{pmax} = 48,440 km^2 (Kamenistý potok). Hodnoty $Q_{100} = Q_{max}$ sa pre jednotlivé toky pohybujú v rozpätí od Q_{100min} = 3,0 m^3.s^{-1} (Podtajchovský potok a Klatov potok) do Q_{100min} = 57 m^3.s^{-1} (Hučava). Skúmané vodné toky CHKO – BR Poľana majú v prevažnej miere charakter bystrín. Podrobné charakteristiky všetkých povodí sú podrobne uvedené v tab. 1 až 3.

Tab. 1 Základné charakteristiky povodí a tokov CHKO – BR Poľana – 1. časť
Table 1 Basic characteristics of watersheds and water flows of PLA – BR Poľana

P. č.	S_p(km^2)	S_l (km^2)	l %	H_{minp} (m n. m.)	H_{maxp} (m n. m.)	ΔHp (m)	H_{mint} (m n. m.)	H_{maxt} (m n. m.)	$ΔH_t$ (m)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	4,472	3,353	75,0	480	1115	635	480	820	340
2	2,125	1,876	88,3	715	1115	400	715	903	188
3	1,670	1,281	76,7	600	1027	427	600	733	133
4	38,261	31,350	81,9	564	1458	894	564	1289	725
5	5,936	4,610	77,7	741	1294	553	741	1118	377
6	0,823	0,462	56,1	725	1040	315	725	910	185
7	9,432	7,210	76,4	707	1277	570	707	1112	405
8	1,493	1,371	91,8	908	1277	369	908	1137	229

Tab. 1 Pokračovanie
Tab. 1 Continued

P. č.	S_p(km^2)	S_l (km^2)	l %	H_{minp} (m n. m.)	H_{maxp} (m n. m.)	ΔHp (m)	H_{mint} (m n. m.)	H_{maxt} (m n. m.)	$ΔH_t$ (m)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9	8,524	8,120	95,3	707	1277	570	707	1050	343
10	8,937	8,354	93,5	650	1271	621	650	1077	427
11	48,440	44,100	91,0	655	1333	678	655	985	330
12	0,384	0,030	7,8	880	1012	132	880	962	82
13	21,690	16,810	77,5	609	1333	724	609	1221	612
14	4,248	3,376	79,5	572	953	381	572	807	235
15	10,540	9,720	92,4	577	1458	881	577	1301	724
16	0,953	0,818	85,8	573	895	322	573	743	170
17	1,075	0,725	67,4	790	1187	397	790	970	180
18	5,671	4,460	78,6	685	1458	773	685	1290	605
19	1,447	1,036	71,6	674	1300	626	674	890	216
20	2,538	1,678	66,1	671	1202	531	671	842	171
21	5,680	4,600	81,0	591	1367	776	591	1215	634
22	1,279	0,517	40,4	546	781	235	546	612	66
23	5,610	4,376	78,0	527	1365	838	527	1270	743
24	6,730	4,350	64,6	526	1251	725	526	902	376
25	1,692	1,236	73,0	485	760	275	485	543	58

Vysvetlivky k tab 1. S_p – plocha povodia (km^2); S_l – zalesnená plocha povodia v km^2; l – lesnatosť povodia (%); H_{minp} – ninimálna výška povodia (m n. m.); H_{maxp} – maximálna nadmorská výška pohoria (m n. m.) $ΔH_p$ –absolútny spád povodia (m); H_{mint} – minimálna výška toku uzavierajúci profil (m n. m.); H_{maxt} – výška prameňa (m n. m.); $ΔH_p$ – absolútny spád toku (m).
Poznámka: Názvy tokov obsahuje tab. 4.

Geologické podložie centrálnej časti (kaldera) a západnej časti Poľany tvoria mladotreťohorné vulkanity. Prevládajúcim typom hornín na stavbe vulkánu sú rôzne pertografické variety andezitov, menej sa vyskytujú ryodacity a diority (Dublan, Jánošová 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.

Tab. 2 Základné charakteristiky tokov a povodí CHKO – BR Poľana – 2. časť
Table 2 Basic characteristics of watersheds and water flows of PLA – BR Poľana – part 2

Por. č.	L_t (km)	L_u (km)	B_p (km)	$ΦI_t$ (%)	$ΦI_{pov}$ (%)	$ΦH_{pov}$ (m n. m.)	š : d (–)
1	2	3	4	5	6	7	8
1	4,43	5,37	0,83	7,67	20,0	776	1 : 6,47
2	1,62	2,82	0,75	11,60	26,8	872	1 : 3,76
3	1,65	2,02	0,83	8,06	27,5	837	1 : 2,43
4	12,32	13,00	2,94	5,88	28,0	947	1 : 4,42
5	3,98	4,35	1,36	9,47	32,4	1033	1 : 3,19
6	1,80	1,90	0,43	10,28	43,0	894	1 : 4,42
7	4,58	4,71	2,00	8,84	34,0	983	1 : 2,35
8	1,03	1,57	0,95	22,23	32,7	1073	1 : 1,65
9	4,53	4,75	1,79	7,89	32,0	973	1 : 2,65
10	4,87	5,79	1,54	8,77	30,8	926	1 : 3,76
11	14,79	15,57	3,11	2,23	16,8	907	1 : 5,05
12	0,63	0,82	0,47	13,01	17,5	945	1 : 1,74
13	7,90	8,31	2,61	7,75	31,7	883	1 : 3,18
14	3,52	3,60	1,18	6,68	18,2	737	1 : 3,05
15	6,10	6,18	1,70	11,87	30,0	912	1 : 3,64
16	1,22	1,89	0,50	13,94	23,4	706	1 : 3,78
17	0,80	1,70	0,63	22,50	29,9	963	1 : 2,70
18	3,80	4,42	1,28	15,92	36,7	1059	1 : 3,45
19	1,58	1,82	0,79	13,63	27,8	877	1 : 2,30
20	1,48	3,18	0,80	10,82	27,6	901	1 : 3,97
21	5,33	5,79	0,98	11,89	27,1	942	1 : 5,91
22	0,87	2,40	0,53	7,59	18,8	663	1 : 4,53
23	6,20	6,44	0,87	11,98	30,5	914	1 : 7,40
24	5,00	5,42	1,24	7,52	30,9	826	1 : 4,37
25	1,82	2,15	0,79	3,19	23,9	591	1 : 2,72

Vysvetlivky k tab. 2: L_t – dĺžka hlavného toku (km); L_u – dĺžka údolnice (km); B_p – stredná šírka povodia v (km); I_t – priemerný sklon toku (%); I_{pov} – priemerný sklon svahov (%); H_{pov} – priemerná nadmorská výška povodia (m n.m.); š : d – pomer šírky ku dĺžke povodia.

Tab. 3 Prietoky v pokusných prietokových profiloch
Table 3 Discharges in experimental flow profiles

Por. č.	q_{max} ($m^3.s^{-1}.km^{-2}$)	Q_{364d} ($l.s^{-1}$)	Q_1 ($m^3.s^{-1}$)	Q_2 ($m^3.s^{-1}$)	Q_5 ($m^3.s^{-1}$)	Q_{10} ($m^3.s^{-1}$)	Q_{100} ($m^3.s^{-1}$)
1	2	3	4	5	6	7	8
1	3,02	0,9	1,4	2,0	3,0	4,5	13,5
2	3,53	0,5	0,8	1,1	1,7	2,5	7,5
3	3,59	0,3	0,6	0,9	1,4	2,0	6,0
4	1,49	49,0	8,0	14,0	23,0	30,0	57,0
5	3,37	6,0	2,5	4,0	7,0	10,0	20,
6	5,47	0	0,5	0,7	1,0	1,5	4,5
7	2,76	12,0	2,0	4,0	6,0	8,5	26,0
8	3,01	4,0	0,5	0,7	1,0	1,5	4,5
9	2,29	27,0	1,2	2,3	3,4	6,9	19,5
10	2,24	23,0	2,0	3,0	4,6	6,6	20,0
11	0,93	137,0	6,0	8,0	12,0	16,0	45,0
12	7,81	0,5	0,3	0,5	0,7	1,0	3,0
13	1,61	23,0	5,0	7,0	12,0	16,0	35,0
14	3,30	2,0	1,5	2,0	3,0	4,5	14,0
15	1,90	14,0	2,0	3,0	5,0	7,0	20,0
16	3,15	0,3	0,3	0,5	0,7	1,0	3,0
17	6,51	0,7	0,7	1,0	1,6	2,3	7,0
18	2,82	2,0	1,6	2,4	3,7	5,3	16,0
19	4,84	0,5	0,7	1,0	1,6	2,3	7,0
20	4,33	1,0	1,0	1,7	2,5	3,6	11,0
21	2,64	4,0	1,5	2,5	3,5	5,0	15,0
22	3,91	0,2	0,5	0,8	1,2	1,7	5,0
23	2,67	1,5	1,5	2,3	3,5	5,0	15,0
24	2,97	4,0	2,0	3,0	5,0	7,0	20,0
25	4,14	0	0,7	1,0	1,6	2,3	7,0

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 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 $\overline{Z}$ = 727 mm (povodie Šiagiho potok) do $\overline{Z}$ = 1052 mm (povodie Ostrý grúň). Priemerné ročné teploty v povodiach sa pohybujú od $\overline{T}$ = 4,3 °C (Ostrý grúň a Bystrý potok) do $\overline{T}$ = 7,3 °C.

2.2. Metodika

Z metodického hľadiska je dôležitý výber referenčných úsekov a určenie geometrických a hydraulických charakteristík priečnych profilov.

Riešenie tohto problému však môže vychádzať z rozsiahlych prác, ktoré publikovali viacerí zahraniční autori (Wiliams 1978, Page 1988, Leopold, Rosgen 1994, Rosgen, Silvey 1996, 1998, Johnson, Heil 1996, Petit, Paquet 1997, Harman et al. 1999, Castro, Jackson 2001, Mc. Candlers, Everet 2002, Radecki – Pawlik 2002, Pyrce 2003 a iní). Veľmi dôležité je aj presné stanovenie polohy čiastkových povodí, resp. povodí ktoré prislúchajú ku konkrétnym profilom.

Geometrické a hydraulické charakteristiky prietokových profilov jednotlivých tokov sú podrobne uvedené v tab. 4 a 5.

Tab. 4 Geometrické charakteristiky pokusných profilov
Table 4 Geometric characteristics of experimental profiles

P. č.	Názov toku	Staničenie (km) od ústia	B (m)	H (m)	S_{pp} (m^2)	O_1 (m)	O_2 (m)	O (m)	R (m)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Kamenná	0,700	2,40	0,55	1,05	0,80	2,10	2,90	0,362
2	Želobudský potok	8,250	1,80	0,50	0,95	0,90	1,50	2,40	0,396
3	Skalica	1,500	1,60	0,45	0,58	0,80	0,80	1,25	0,283
4	Hučava	15,100	8,80	1,05	7,50	4,90	4,40	9,30	0,806
5	Zolná	30,050	3,60	0,65	2,10	2,25	1,65	3,90	0,538
6	Minca	0,400	0,85	0,35	0,25	0,50	0,80	1,30	0,192
7	Hutná	10,250	4,40	0,70	2,50	2,70	2,40	5,10	0,490
8	Ostrý grúň	0,850	1,10	0,40	0,38	0,70	1,00	1,70	0,224
9	Osrblianka	11,150	3,60	0,65	1,70	1,50	2,40	3,90	0,436
10	Hronček	0,100	4,30	0,70	2,20	1,70	3,20	4,90	0,449
11	Kamenistý potok	11,400	9,30	1,10	8,20	4,60	5,40	10,00	0,820

Tab. 4 Pokračovanie
Table 4 Continued

P. č.	Názov toku	Staničenie (km) od ústia	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
12	Podtajchovský potok	5,150	0,60	0,30	0,17	0,40	0,70	1,10	0,155
13	Slatina	52,500	6,00	0,90	4,70	4,00	3,00	7,00	0,671
14	Trkotský potok	0,200	2,00	0,50	0,95	0,80	1,70	2,50	0,380
15	Hukava	0,100	4,50	0,70	2,80	2,90	2,10	5,00	0,560
16	Klatov potok	0,100	0,90	0,35	0,27	0,50	0,95	1,45	0,186
17	Riečka	4,950	1,10	0,35	0,34	0,60	1,00	1,60	0,213
18	Bystrý potok	4,800	3,10	0,55	1,20	1,70	1,85	3,55	0,338
19	Sečkárov potok	0,950	1,00	0,40	0,34	0,50	1,10	1,60	0,213
20	Jelšový potok	4,200	2,00	0,45	0,85	1,20	1,30	2,50	0,340
21	Detviansky p.	7,350	2,60	0,60	1,10	1,40	1,75	3,15	0,349
22	Močilná	1,750	1,20	0,40	0,40	0,60	1,10	1,70	0,235
23	Mačinová	0,200	2,50	0,55	1,05	1,70	1,30	3,00	0,350
24	Hradná	8,900	3,60	0,65	2,20	2,20	1,70	3,90	0,564
25	Šiagiho potok	1,450	1,50	0,45	0,75	0,90	1,35	2,25	0,333

Vysvetlivky k tab. 4: *B* – šírka koryta (m); *H* – priemerná hĺbka koryta (m); S_{pp} – plocha prietokového profilu v (m2); O_1 – čiastkový omočený obvod – dno (m), O_2 – čiastkový omočený obvod – svahy (m), O – celkový omočený obvod (m); R – hydraulický rádius (m)

Práce v teréne pozostávali z týchto činností: Boli založené pokusné úseky (PÚ) a na nich pokusné prietokové profily (PP) na každom z 25 tokov CHKO BR Poľana. PÚ boli založené na priamych – brodových úsekoch toku medzi dvomi protismernými oblúkmi. Pásmom s presnosťou na cm bola zmeraná dĺžka PÚ (L_{PU}). Nivelačným prístrojom bol zmeraný výškový rozdiel medzi začiatkom a koncom PÚ. Následne bol vypočítaný pozdĺžny sklon PÚ (*i*). Nivelačným prístrojom bol zmeraný priečny profil PP. Následne boli zmerané tri základné rozmery odobratých splavenín (*a, b, c*) pre zrnitostný rozbor podľa metódy ktorú navrhol a v praxi overil Krešl (1982).

Tab. 5 Hydraulické charakteristiky pokusných profilov
Table 5 Hydraulic characteristic of experimental profiles

P. č.	d_{65} (m)	n_1 (–)	n_2 (–)	n (–)	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
1	0,099	0,032	0,036	0,0349	0,302	21,088	2,40	1,965	2,063
2	0,090	0,032	0,036	0,0345	0,298	21,991	1,90	1,987	1,812

Tab. 5 Pokračovanie
Table 5 Continued

P. č.	d_{65} (m)	n_1 (–)	n_2 (–)	n (–)	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
3	0,137	0,034	0,034	0,034	0,301	20,105	3,02	1,858	1,078
4	0,127	0,034	0,045	0,0391	0,305	23,965	0,75	1,863	13,974
5	0,130	0,034	0,036	0,0348	0,294	23,918	1,55	2,184	4,586
6	0,143	0,034	0,034	0,034	0,306	17,744	6,99	2,055	0,513
7	0,128	0,034	0,045	0,0390	0,318	20,413	1,17	1,545	3,864
8	0,133	0,034	0,034	0,034	0,304	18,634	3,71	1,698	0,645
9	0,130	0,034	0,045	0,0406	0,328	18,725	2,02	17,57	2,987
10	0,129	0,034	0,045	0,0411	0,330	18,694	2,15	1,836	4,040
11	0,095	0,032	0,036	0,0341	0,281	27,701	0,44	1,663	13,644
12	0,119	0,033	0,033	0,033	0,303	17,208	6,71	1,755	0,298
13	0,128	0,034	0,036	0,0349	0,289	25,566	0,501	1,482	6,966
14	0,134	0,034	0,034	0,0340	0,296	22,074	2,24	2,036	1,934
15	0,086	0,032	0,045	0,0373	0,306	22,462	0,92	1,612	4,514
16	0,144	0,034	0,034	0,034	0,306	17,558	5,90	1,839	0,496
17	0,140	0,034	0,034	0,034	0,305	18,331	6,09	2,087	0,709
18	0,129	0,034	0,034	0,034	0,298	21,276	3,17	2,202	2,642
19	0,146	0,035	0,035	0,035	0,311	17,648	6,76	2,117	0,720
20	0,151	0,035	0,035	0,035	0,303	20,582	4,40	2,517	2,139
21	0,130	0,034	0,036	0,0351	0,304	20,684	3,09	2,148	2,362
22	0,082	0,310	0,0310	0,0310	0,286	21,235	2,24	1,540	0,616
23	0,079	0,031	0,031	0,031	0,280	24,020	2,11	2,064	2,167
24	0,087	0,032	0,036	0,0337	0,287	25,150	1,30	2,153	4,737
25	0,090	0,032	0,036	0,0344	0,300	20,898	1,67	1,558	1,168

Vysvetlivky k tab. 5: d_{65} – rozmer efektívneho zrna (m); n_1, n_2 – čiastkové stupne drsnosti; n – celkový stupeň drsnosti; y – premenlivý mocniteľ; c – rýchlostný súčiniteľ Pavlovského ($m^{0,5}. s^{-1}$); i – pozdĺžny sklon PU (%); Q_K – kapacitný prietok ($m^3.s^{-1}$)

3. VÝSLEDKY

Analýzou vzťahov regionálnej hydraulickej geometrie vodných tokov CHKO BR Poľana sme dospeli k týmto výsledkom:

– Bola zistená a štatistickým testovaním potvrdená tesná korelačná závislosť vzťahov

$B = f(S_p)$; $H = f(S_p)$; $S_{pp} = f(S_p)$, $Q_K = f(S_p)$.

– Hodnota indexu korelácie pre analyzovaný vzťah $B = f(S_p)$ je Iyx = 0,991, hodnota indexu determinácie Iyx^2 = 0,9815 s použitím všeobecnej regresnej rovnice:

$$y = a_0 \cdot x^a{}_1 \tag{3.1}$$

resp. rovnice:

$$B = 1{,}131 \cdot S_p 0^{.554} \quad (m) \tag{3.2}$$

– Hodnota indexu korelácie pre analyzovaný vzťah $H = f(S_p)$ je Iyx = 0,992, hodnota indexu determinácie Iyx^2 = 0,9836 s použitím regresnej rovnice:

$$H = 0{,}363 \cdot S_p^{0,287} \quad (m) \tag{3.3}$$

– Hodnota indexu korelácie pre analyzovaný vzťah $S_{pp} = f(S_p)$ je Iyx = 0,991, hodnota indexu determinácie Iyx^2 = 0,9821 s použitím regresnej rovnice:

$$S_{pp} = 0{,}374 \cdot S_p^{0,767} \quad (m^2) \tag{3.4}$$

– Hodnota indexu korelácie pre analyzovaný vzťah $Q_K = f(S_p)$ je Iyx = 0,979, hodnota indexu determinácie Iyx^2 = 0,9592 s použitím regresnej rovnice:

$$Q_K = 0{,}747 \cdot S_p^{0,767} \quad (m^3.s^{-1}) \tag{3.5}$$

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

$$t = \frac{Iyx}{\hat{s}_r} \qquad \text{pričom} \tag{3.6}$$

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

Za predpokladu, že výber pochádza z približne normálne rozdeleného súboru s indexom korelácie $Iyx = 0$, má Studentovo t rozdielne s $f = n - 2$ stupňami voľnosti. Hodnota ŝ znamená odhad smerodajnej odchýlky (strednej chyby) rozdelenia všetkých možných výberových koeficientov . V prípade, že vypočítaná hodnota $t > t_{\alpha;f}$, H_0 zamietame na α % hladine významnosti. Pre analyzované vzťahy platí $t_{\alpha;f}$, = $t_{0,01;\ (23)}$ = 2,807, čo znamená, že všetky vypočítané indexy korelácie *Iyx* sú významne rozdielne od nuly, nulovú hypotézu pre všetky analyzované vzťahy zamietame (podrobne pozri tab. 6).

Tab. 6 Regresná rovnica a štatistické testovanie skúmaných vzťahov
Table 6 Regression equations and statistical testing of examined relations

P. č.	Korelačná závislosť	Regresná rovnica	I_{yx}	I_{yx}^2	ŝ	t	> = <	$t_{0,01}$ (23)	Regresné koeficienty	
									a_0	a_1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	$B = f(S_p)$	$y = a_0 . x^{a_1}$	0,991	0,9815	0,0283	35,02	>	2,807	1,131165	0,0553717
2	$H = f(S_p)$		0,992	0,9836	0,0267	37,15	>	2,807	0,363389	0,2872373
3	$S_{pp} = f(S_p)$		0,991	0,9821	0,0279	35,52	>	2,807	0,3739445	0,807942
4	$Q_k = f(S_p)$		0,979	0,9592	0,0421	23,25	>	2,807	0,747393	0,7665244

ZÁVER

Výsledky, ktoré získame stanovením regionálnych rovníc a kriviek je možné využiť v mnohých činnostiach v procese prírode blízkej starostlivosti v rámci integrovaného manažmentu povodí. Z hľadiska praktického uplatnenia výsledkov máme na mysli tieto činnosti:

– Ekologické projektovanie úprav malých vodných tokov (bystrín). Ide predovšetkým o prírode blízke návrhy tvarov a geometrických charakteristík navrhovaných prietokových profilov. V tomto ohľade je dôležitý aj prírode blízky návrh vzájomných pomerov geometrických charakteristík, ako aj zohľadňovanie niektorých hydraulických charakteristík korýt.
– Protipovodňová ochrana. V tomto ohľade môžeme regionálne rovnice a krivky využívať na lokalizovanie tých úsekov toku (bystriny), ktoré sú v rámci existujúceho – prirodzeného stavu koryta kapacitne najviac nevyhovujúce a v ktorých najskôr dochádza k vylievaniu vody z koryta a zaplaveniu priľahlého územia pri vyšších vodných stavoch a povodniach.
– Protierózna ochrana. V tomto smere vychádzame z predpokladu, že bystrina a jej prítoky sú významným (častokrát najvýznamnejším) zdrojom erózie v malom povodí. Vymieľanie dna a podmieľanie svahov koryta je možné zaznamenať napríklad na miestach, v ktorých sa prietokový profil náhle zužuje. Takéto lokality je možné veľmi exaktne určiť pomocou regionálnych rovníc a kriviek.
– Revitalizácie malých tokov (bystrín). Máme na mysli revitalizácie nevhodne upravených, alebo neupravených (abiotickými činiteľmi poškodených alebo zdevastovaných) malých tokov (bystrín). Procesy revitalizácie majú vychádzať z napodobovania ekologicky stabilných úsekov tokov, ktorých prirodzená rezistencia vznikla v procesoch dlhotrvajúcej morfogenézy.

– Starostlivosť o neupravené toky (bystriny). Vychádzame z preventívnych prírode blízkych opatrení v ktorých ide o posudzovanie ich prietokovosti, lokalizovanie nánosov v korytách (štrkové lavice, prirodzené prahy a stupne) výmoľov, zosuvov a pod.
– Určovanie priority (poradia), resp. naliehavosti zásahov v korytách tokov (bystrín) a to podľa predpokladaných funkcií, resp. využitia, resp. škodlivosti toku ale aj v súvislosti so zvyšovaním ekologických environmentálnych hodnôt toku v krajine, v súvislosti s ÚSES, s krajinným plánovaním a tiež komplexným zlepšovaním prírodného a životného prostredia.

Z hľadiska teoretického využitia regionálnych rovníc a kriviek ide o tieto možnosti:

– Vymedzenie fyzickogeograficko – hydrologických regiónov, t. j. oblastí s niektorými podobnými prírodnými charakteristikami (geologickými, pedologickými, fyzickogeografickými, hydrologickými, hydraulickými atď.), t. j. regiónov, v ktorých je možné aplikovať niektoré všeobecne formulované zásady a princípy integrovaného manažmentu povodia a starostlivosti o povodie a vodný tok.
– Podklady pre skúmanie prirodzenej morfogenézy a ustaľovania vodných tokov bez zásahu človeka, resp. antropogénnych vplyvov atď.

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

Literatúra

Castro, J. M., Jackson, P. L.: Bankfull Discharge Reccurence Intervals and Regional Hydraulic Geometry Relationships. Journal of the American Water Resources Association, 37, 2001, 5: 1249–1262.

Doll, B. A., Dobbins, A. D., Spooner, J., Clinton, D. R., Bidelspach, D. A.: Hydraulic geometry Relationsups for Rual North Carolina Coastal Plain Streams. Report to N.C. Division of Water Quality for 319 Grant Project No EW 2001. NC Stream Restoration Institute, 2003, 11 p.

Duban, L., Jánošová, J.: Geologická stavba kaldery Poľany. Zborník referátov Stredoslovenského múzea v banskej Bystrici 10, 1991, p. 19–38.

harman, W. A., Jennings, G. D., Patterson, J. M., Clinton, D. R., Slate, L. O., Jessup, A. G., Everhart, J. R., Smith, R. E.: 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.

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.: Alluvial channel geometry: theory and applications. Journal of Hydraulic Engineering 122, 1996: 750–751.

Ikeda, S., Parker, G., Kimura, Y.: Stable width and depth of straight gravel rivers with heterogenous bed materials. Water Resources Res 24. 1988, 5: 713–721.

Jakubis, M.: Vzťahy hydraulickej geometrie v prirodzene ustálených úsekoch bystrín. Acta Facultatis Zvolen, XLV, 2003, s. 113–126.

Jakubis, M.: Analýza vývoja koryta bystriny metódou regionálnych kriviek. Acta Facultatis Forestalis, XLVII., 2005, s. 377–386.
Jakubis, M.: Odtokové charakteristiky vodných tokov chránenej krajinnej oblasti – Biosférickej rezervácie Poľana. Journal of Forest Science, 45, 1999, (10), s. 467–480.
Johnson, P. A., HEIL, T. M.: Uncertainty in Estimating Bankfull Conditions. Water Resources Bulletin Journal of the American Water Resources Association, 32, 1996, 6: 1283–1292.
Kellershals, R., Neil, C. R., Bray, D. I.: Hydraulic and geomorphic characteristics of rivers in Alberta. River Engineering and Surface Hydrology Report, 1972, 72-1, 52 p.
KrešL, J.: Zrnitostní rozbor hrubozrných splavenin pro potřeby hrazení bystřin. Lesnictví, 28, 1982, (8) p. 695–708.
Lehotský, M., Grešková, A.: Geomorphology, fluvial geosystems and riverine landscape (methodological aspects). Geomorphologia Slovaca, III., 2003, 2, s. 46–59.
Lehotský, M.: Hodnotenie morfológie vodných tokov. Geomorphologia Slovaca, IV., 2004, 2, s. 36–47.
Lehotský, M., Novotný, J.: Morfologické zóny vodných tokov Slovenska. Geomorphologia Slovaca, IV., 2004, 2, s. 48–53.
Mc. Candless, T. L., Everet, R. A.: Maryland Stream Survey: Bankfull Discharge and Channel Characteristics of Streams in the Piedmont Hydrologic Region. Annapolis: U. S. Fish & Wildlife Service, 2002, 40 p.
Macura, V., Szolgay, J., Kohnová, S.: Úpravy tokov. Bratislava. SF STU, 1995, 272 s.
Metcalf, CH.: Regional Channel Characteristics for Maintaining natural fluvial Geomorphology in Florida Streams. U.S. Fish and Wildlife Service, Panama City, Florida, 2004, 45 p.
Mulvihill, C. I., Ernst., Baldigo, B.P.: 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.
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.
Petit, F., Paquet, A.: Bankfull discharge recurrence interval in gravel – bed rivers. Earth Surface Processes and Landforms, 22, 1997: 685–693.
Powel, R. O., Miller, S. J., Westergard, B. E., Mulvihill, CH. I., Baldigo, B. P., Gallagmer, A. S., Starr, R. R.: 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, 2004, 20 p.
Pyrce, R. S.: Field Measurement of Bankfull Stage and Discharge. Waterpower Project Science Transfer Report 2.0,Ontario:Ministry of Natural Resources, Watershed Science Centre,2003, 17 p.
Radecki – Pawlik, A.: Bankfull discharge in mountain streams: theory and practice. Earth Surface Processes and Landforms, 27, 2002: 115–123.
Raplík, M., Szolgay, J.: Kvalitatívna hydromorfológia Bratislava: SVŠT, 1987, 192 S.
Rosgen, D. : A classification of natural rivers. Catena, 22, 1994: 169–199.
Riedel, M, S., Verry, E. S., Brooks, K. N.: Impacts of land use conversion on bankfull discharge and mass wasting. Journal of Environmental Management 76, 2005, p. 326–337.
Rosgen, D., Silvey, H. L..: Applied River Morphology. Pagosa Spring, Colorado: Wildland Hydrology, 1996, 396 p.
Šmelko, Š.: Štatistické metódy v lesníctve. Zvolen: VŠLD, 1991, 276 s.

Sweet, W. V., Geratz, J. W.: Bankfull Hydraulic Geometry Relationships and Recurrence Intervals for North Carolina´s Coastal Plain. Journal of the American Water Resourees Association (JAWRA), 39, 2003, (4), p. 861–871.

Westergard, B. E., Mulvihill, Ch. I., Ernst, A. G., Baldiso, B. P.: 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 2004–5247, 16 p.

Williams, G. P.: Bankfull Discharge of Rivers. Water Resourees Research, 14, 1978, 6: 1141–1154.

Wohl, E., Howe, S., Merritt, D.: Downstream hydraulic geometry of channels in hydroclimatically extreme environments. Proceeding of GSA Annual Meeting, Boston: The geological society of America, 2001, 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

Analysis of the relationships of regional hydraulic geometry of water flows of Landscape Protected Area – Biosphere Reserve Poľana

Summary

This report deals with the problematic of the relationships of regional hydraulic geometry of water flows in connection with the construction of regional equations and curves for water flows and watersheds of Protected Landscape Area – Biosphere Reserve Poľana (PLA – BR Poľana). In PLA – BR Poľana exist 25 of self-existent watersheds and water flows with closing flow-profiles on the limit of this protected area. The watersheds areas of PLA – BR Poľana are from S_p = 0,384 km^2 to S_p = 48,44 km^2; Q_{100} (100-years discharges) for individual water flows are from Q_{100} = 3,0 m^3.s^{-1} to Q_{100} = 57,0 m^3.s^{-1}; Q_1 – (1-year discharges) are from Q_1 = 0,30 m^3.s^{-1} to Q_1 = 8,00 m^3.s^{-1}. These dependences were analyzed: Between watershed area S_p (km^2) and width inside the banks B (m) of natural bed, i.e. the dependence B = f (S_p); between S_p (km^2) and mean depth H (m) of natural bed i.e. the dependence H = f (S_p); between S_p (km^2) and flow profile area Spp (m^2) of natural bed, i.e. the dependence S_{pp} = f (S_p); between S_p (km^2) and bankfull discharge of natural bed Q_k (m^3.s^{-1}), i.e. the dependence Q_k = f (S_p). These analyses indicated close correlations between mentioned relationships.

ACTA FACULTATIS FORESTALIS XLVIII
ZVOLEN – SLOVAKIA 2006

MODELOVANIE ZMIEN LESNATOSTI MALÉHO POVODIA A ICH VPLYV NA ODTOK

Václav K A D L E C – Milan D R E N G U B I A K

Kadlec, V., Drengubiak, M.: Modelovanie zmien lesnatosti malého povodia a ich vplyv na odtok. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLVIII**, 2006, s. 411–419.

Práca sa zaoberá problematikou využitia zrážkovo-odtokového modelovania pri riešení otázky vplyvu lesa na odtok. Pre výskum sme si vybrali zrážkovo-odtokový model WaSiM-ETH (Water balance Simulation Model) so semidistribuovanou verziou na princípe TOPMODELu. Výskum sme vykonali na povodí Vajsovho potoka situovaného v CHKO Štiavnické vrchy. Plocha povodia je 22,35 km^2, rozpätie nadmorských výšok medzi 276 a 778 m n. m.. Priemerný sklon svahov je 20,51 %. Pre pôdny kryt sú charakteristické ilimerizované pôdy, kambizeme a rankre. Lesnatosť povodia je 75 %, les zaberá 16,76 km^2 plochy povodia, lúky, pasienky a poľnohospodárska pôda 3,81 km^2 a zastavané územie 1,78 km^2.
Skúmali sme zmenu odtoku pri súčasnej (skutočnej) lesnatosti povodia Vajsovho potoka (t. j. 75 %) a namodelovanými hodnotami lesnatosti – postupne sme simulovali 90 %, 50 %, 25 % a 0 % lesnatosť.

Kľúčové slová: zrážkovo-odtokové modelovanie, WaSiM, lesnatosť, zrážkovo-odtokový proces

1. ÚVOD A PROBLEMATIKA

Jedným zo základných problémov hydrológie je odvodenie vzťahu medzi zrážkami a z nich vytvoreným odtokom. Tento problém narastá na svojej dôležitosti hlavne z dôvodov možných významných globálnych zmien klímy. Tieto zmeny sú postupne čoraz viac vyvolávané negatívne pôsobiacimi antropogénnymi vplyvmi – predovšetkým emisiou skleníkových plynov v atmosfére, následným zhoršovaním zdravotného stavu lesov a tým aj znižovaním ich hydrickej účinnosti, čo má za následok zvyšovanie odtoku z povodí. Pri globálnych zmenách klímy a súčasnej negatívnej ľudskej aktivite predstavuje najväčšie nebezpečenstvo extrémnosť počasia, čiže častejší výskyt suchých období a hlavne povodní po extrémnych zrážkach.

Vplyv lesa na odtokové pomery v povodí, na vznik vodnej erózie, na vznik a rozsah povodní je nesporný. Na tento fakt by sme chceli poukázať aj v tomto príspevku a pomocou zrážkovo-odtokového modelu nasimulovať rôzne možné pomery lesnatosti na konkrétnom povodí a ich dopad na odtokové pomery.

S rozvojom výpočtovej techniky nastal pomerne veľký rozvoj matematického modelovania, ktoré sa v súčasnosti stále viac uplatňuje takmer vo všetkých oblastiach hydrológie

a vodného hospodárstva. Svoje uplatnenie si postupom času matematické modelovanie nachádza aj v lesníctve – nielen pri skúmaní zrážkovo-odtokových procesov v lese, ale tiež pri protipovodňovej ochrane. Súčasný rozvoj metód matematického modelovania, podporený možnosťami výpočtovej techniky, poskytuje nové, moderné spôsoby prognózovania hydrologických systémov ovplyvnených ľudskou činnosťou, určovaní návrhových veličín i spätne overenie parametrov, navrhnutých v minulosti.

Vplyv lesa na odtokové pomery v povodí, na vznik vodnej erózie, na vznik a rozsah povodní je nesporný (napr. Valtýni, 1986 a 1998; Krešl, 1999; Závacká, Merganič, 2003).

Podľa doterajších výsledkov lesnícko-hydrologického výskumu, les už svojou existenciou ovplyvňuje odtok vody z povodia. Valtýni (1998) vo svojej práci uvádza, že odtok zo zalesneného povodia v porovnaní s bezlesím alebo málo zalesneným povodím je charakteristický väčšou vyrovnanosťou prietokov. Súčasné výsledky mnohých autorov zhodne potvrdili, že les ovplyvňuje odtok spolu s ostatnými činiteľmi odtoku, najmä horninami a klímou, ktoré môžu jeho vplyv zvýrazniť, alebo oslabiť.

Vynára sa tu však otázka, ako sa les a celý lesný ekosystém správa za prívalových dažďov a ako za trvalých dažďov.

Lesy počas prívalových dažďov – Prívalové dažde, napr. pri letných búrkach, zasahujú pomerne malé územia a teda malé povodia. Tieto dažde majú veľkú intenzitu, ale krátke trvanie. Pri vytváraní odtoku z týchto dažďov má v lesoch rozhodujúcu úlohu vsak zrážkovej vody do lesnej pôdy. Zdravá a nepoškodená lesná pôda má veľkú schopnosť vsaku, ak už nie je predtým vodou nasýtená. Účinne sa uplatňuje retenčná schopnosť lesného ekosystému: okrem veľkej vodnej kapacity lesnej pôdy je to zadržiavanie vody na povrchovej ploche vegetácie a lesnej hrabanke (intercepcia zrážok).

Les obvykle, ak nie je lesná pôda poškodená alebo vodou už nasýtená, výrazne znižuje tiež rýchlosť odtekajúcej vody (Herynek, 1999) a tým predlžuje dobu jej dobehu do vodných tokov (schopnosť retardačná): rýchlosť odtoku vody lesnou pôdou predstavuje len 10^{-6}–10^{-5} m.s^{-1}, v lesnej opadanke je to 0,01 až 0,1 m.s^{-1} a na povrchu holej pôdy 0,1 až 3 m.s^{-1} (Krešl, 1998). Preto lesy za prívalových dažďov krátkeho trvania obvykle výrazne tlmia výšku povodňovej vlny. Kulminácie veľkých vôd, vyvolané krátkodobými prívalovými dažďami, sú v plne zalesnených povodiach približne 2–3x nižšie ako v povodiach bezlesých.

Lesy počas trvalého dažďa – Úplne iný je vzťah lesov a povodní za dlhotrvajúcich výdatných dažďov, tiež nazývaných trvalé dažde, ktoré zasahujú celé regióny. Intenzita zrážok za trvalých dažďov je veľmi malá. Na začiatku takéhoto dažďa môže les previesť všetku zrážkovú vodu do pôdy, pokiaľ pôda nie je nasýtená vodou z predchádzajúceho obdobia. Jej vodná kapacita, práve tak ako vodná kapacita celého lesného ekosystému, sa však počas trvalých zrážok naplní a následne dochádza k povrchovému odtoku. Za trvalých dažďov, lesy síce chránia svoju pôdu pred vodnou eróziou, pričom o lesoch počas

prívalových dažďov sa to povedať nedá, avšak účinne stlmiť povodňové vlny a záplavy nemôžu (Krečmer et al.1998).

Extrémne dažde a nimi vyvolané odtoky majú pomerne malú početnosť opakovania, avšak v nadväznosti na predpokladané globálne otepľovanie klímy, viacerí autori predpokladajú ich častejší výskyt v budúcnosti.

2. MATERIÁL A METODIKA

2.1 Prírodné pomery povodia

Výskum bol realizovaný na Vajsovom potoku, ktorý podľa vypočítaného koeficientu bystrinnosti K_b = 0,385 spadá do III. kategórie stredne silnej bystriny. Povodie sa rozprestiera v geomorfologickej oblasti Slovenské stredohorie a spadá do geomorfologického celku Štiavnické vrchy (s podcelkom Skalka). Celé územie patrí do subprovincie Vnútorné Západné Karpaty a provincie Západné Karpaty.

Z hľadiska hydrologického začlenenia patrí skúmaný tok (hydrologické číslo 4-24-03-047) do hlavného povodia SVP-IX-Hron, čiastkového povodia Ipeľ a čiastkového povodia Krupinice.

Štiavnické vrchy sú mladovulkanické pohorie. Jadro tvoria migmatity a hrubozrnné žuly, na ktorých leží druhohorný obal. Tieto vrstvy sú prekryté neogénnymi sopečnými horninami. Tufy a tufity prevažujú nad andezitmi a vzájomne sa striedajú, pretože sa ukladali premenlivo vo vodnom i suchozemskom prostredí. Priepustný andezitový a tufový podklad má za následok, že pôdy sú v letnom období pri nižších zrážkach silne presychavé. Pri doznievaní sopečnej činnosti prebiehala intenzívna posopečná hydrotermálna činnosť, ktorá spôsobila premenu andezitov a ich tufov horúcou vodou a vznik rudných žíl. Z hľadiska hydrickej účinnosti možno tieto horniny zaradiť medzi stredne účinné.

Najrozšírenejším pôdnym typom v povodí sú ilimerizované pôdy, ktoré vytvárajú súvislé plochy najmä miernych svahoch. Prevažne sa jedná o hlinité, ílovitohlinité pôdy, stredne hlboké, mierne uľahnuté až uľahnuté. Prevláda móderová forma humusu. Ostrovkovite sa v povodí vyskytujú tiež rankrové pôdy a kambizem, ktoré sú málo vododržné, v lete silne presýchavé a značne erodovateľné. V preliačinách a popri potokoch sa fragmentálne vyskytujú glejové pôdy.

Najjužnejšia časť povodia do nadmorskej výšky 300 m prislúcha do teplej mierne vlhkej klimatickej oblasti. Územie, ktoré sa rozprestiera zhruba v rozpätí nadmorských výšok 300–550 m, prislúcha do mierne teplej oblasti, podoblasti mierne vlhkej, ktorú charakterizuje mierne vlhký, vrchovinný typ klímy. Podstatná časť územia od nadmorských výšok 550 m a viac prináleží k mierne teplej oblasti, vlhkej podoblasti s klímou vlhkou, vrchovinnou.

Vajsov potok pramení v nadmorskej výške 667 m n. m.. Celková dĺžka toku po jeho vyústenie do rieky Krupinica je 8,850 km, má 8 prítokov (4 ľavostranné a 4 pravostranné), ktorých dĺžka je 10,660 km. Plocha povodia je S_p = 22,35 km^2.

Priemerná nadmorská výška povodia je 515 m n. m., pričom najnižší bod má výšku 276 m n. m. a najvyšší 778 m n. m.. Priemerný sklon svahov v povodí je 20,51 %. Maximálny špecifický odtok vypočítaný podľa Duba je 1,721 m^3.s^{-1}.km^{-2} a Q_{100} má hodnotu 37,65 m^3.s^{-1}.

Lesy na tomto území predstavujú dominantný prvok. Súvislejšie plochy lesov sa rozprestierajú takmer na celom území povodia. Prerušované sú poľnohospodárskymi osadami lazníckeho charakteru. Odlesnený je aj intravilán mesta Krupina. Rozloha zalesnenej plochy povodia predstavuje 16,76 km^2, t. j. 75 % z plochy povodia. Lesné porasty v povodí sa nachádzajú prevažne vo vegetačnom stupni bukovo-dubovom (46,19 %) a dubovo-bukovom (53,39 %). Medzi najrozšírenejšie dreviny patria dub zimný (44,02 %), buk lesný (36,25 %), z ihličnatých drevín je to smrek obyčajný (3,54 %).

2.2 Metodika

Na simuláciu zrážkovo-odtokových procesov sme si vybrali matematický model WaSiM-ETH (Water balance Simulation Model). Model existuje v dvoch verziách líšiacich sa len spôsobom riešenia dynamiky pôdnej vody (Schulla, Jasper, 2003). Prvá verzia používa princíp hydrologickej podobnosti TOPMODELu a mohla by sa označovať ako semi-distribuovaná, kým druhá používa systém Richardsových rovníc a je to distribuovaná verzia. V našom výskume sme použili jednoduchšiu (hlavne čo sa týka vstupných údajov) verziu na princípe TOPMODELu.

Časové rady vstupných údajov môžu mať minútový až denný krok. My sme použili denný časový krok. Z meteorologických údajov sú potrebné minimálne teplota vzduchu (°C) a zrážky (mm/časový krok). Priemernú dennú teplotu vzduchu sme si namodelovali za pomoci dlhodobých priemerných denných teplôt pre toto územie za mesiac júl.

Ďalším minimálne potrebným údajom sú zrážky. Pri simulácii odtoku vody z povodia Vajsovho potoka sme uvažovali s konkrétnymi zrážkami nameranými v období povodňovej situácie, ktorá vznikla v meste Krupina v lete roku 1999. Zrážkové úhrny z obdobia od 7. júla 1999 do 14. júla 1999 uvádza vo svojej práci Grešková (2002).

Vzhľadom na to, že sa jedná o distribuovaný model, vyžaduje sa taktiež vstup niektorých súborov v rastrovom tvare (rastrové mapy). Rastrové mapy charakterizujú priestorové vlastnosti povodia. Podkladom nám boli mapy mierky 1 : 10 000 a 1 : 25 000 od Lesoprojektu Zvolen a VKÚ Harmanec.

Medzi minimálne mapové vstupy patria:

– digitálny model terénu (DMT) a digitálny výškový model (DEM) – s gridom 100 x 100 m;

– mapa vegetácie = využívania pôdy (údaje pre vytvorenie tejto mapy sme získali z LHP);
– mapa čiastkových povodí = zón; povodie môže tvoriť jedna zóna, alebo môže byť rozdelené na viacero a každý kód zóny reprezentuje napr. subpovodie, výškové pásmo, využívanie pôdy;
– mapa pôdnych typov – zapisovanie pôd je tiež formou kódov v riadiacom súbore.

Jednotlivé mapy boli spracované a prenesené do digitálnej formy pomocou GIS.

Ďalšie dôležité mapy vygenerované počas modelovania sú:

– mapa expozície (0–360°),
– mapa sklonov (0–90°),
– mapa topografického indexu,
– mapa času toku vody pre povrchový odtok.

Hlavným cieľom tohto príspevku bolo poukázať na možnosť využitia zrážkovo-odtokového modelu WaSiM-ETH pri riešení zrážkovo-odtokových pomerov na malom povodí pri meniacich sa pomeroch zalesnenia.

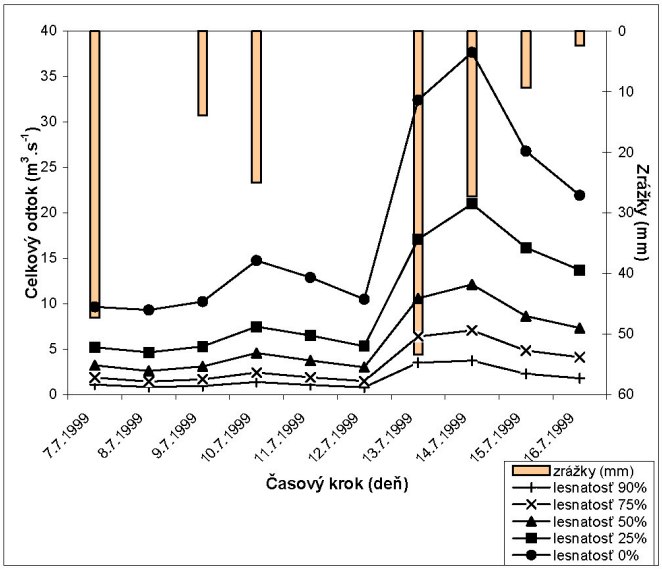
3. VÝSLEDKY

Prácou sme chceli poukázať na významný vplyv lesa na tvorbe odtoku a jeho nezanedbateľnú úlohu pri riešení protipovodňových opatrení v krajine. V rámci výskumu sme sledovali zmenu kulminačného (maximálneho) odtoku pri rôznom zalesnení povodia počas povodňovej situácie v meste Krupina v júli 1999. Skúmali sme zmenu odtoku pri súčasnej (skutočnej) lesnatosti povodia Vajsovho potoka (t.j. 75 %) a namodelovanými hodnotami lesnatosti – postupne sme simulovali 90 %, 50 %, 25 % a 0 % lesnatosť.

Zistené výsledky sme z dôvodu prehľadnosti uviedli v tabuľkovej a grafickej forme.

Tab. 1 Simulovaný odtok z povodia Vajsovho potoka pri rôznej lesnatosti
Table 1 Simulation vom Abfluss im Einzugsgebiet Vajsov Potok bei verschiedener Bewaldung

Deň	Zrážky v mm	Celkový odtok z povodia pri rôznej lesnatosti ($m^3.s^{-1}$)				
		90 %	75 %	50 %	25 %	0 %
07. 07. 1999	47,3	1,1056	1,8916	3,2504	5,2281	9,6753
08. 07. 1999	0	0,8410	1,4499	2,6027	4,6744	9,3252
09. 07. 1999	13,9	0,9634	1,6910	3,1258	5,3071	10,2567
10. 07. 1999	25	1,4065	2,4416	4,5958	7,4898	14,7571
11. 07. 1999	0	1,0724	1,9012	3,7803	6,5298	12,9172
12. 07. 1999	0	0,8264	1,5029	3,0123	5,3309	10,5228
13. 07. 1999	53,4	3,5241	6,3941	10,6001	17,1007	32,4324
14. 07. 1999	27,3	3,7346	7,0837	12,1400	21,0095	37,6754
15. 07. 1999	9,3	2,3053	4,8504	8,6421	16,1837	26,8099
16. 07. 1999	2,4	1,8165	4,1383	7,3354	13,7339	21,9363



Graf 1: Simulovaný odtok z povodia Vajsovho potoka zrážkovo-odtokovým modelom WaSiM-ETH pri rôznej lesnatosti
Graph 1: Simulation vom Abfluss im Einzugsgebiet Vajsov Potok mittels des Niederschlag-Ablfluss-Modells WaSiM-ETH bei verschiedener Bewaldung

Z tabuľky č. 1 a grafu č. 1 vyplýva skutočnosť potvrdená mnohými autormi, že les výrazne vplýva na odtok vody z povodia. Ak bolo povodie zalesnené na 90 % (zvyšok plochy tvorilo zastavané územie a cesty) a na 75 % (čo predstavuje skutočnú lesnatosť povodia) kulminácia povrchového odtoku mala mierny priebeh. Keď sme však znížili lesnatosť na 50 % tu narástol maximálny odtok na hodnotu 12,14 $m^3.s^{-1}$, čo predstavuje nárast oproti variante so 75 % lesnatosťou o 71,47 % a pri 90 % lesnatosti je to už dokonca nárast o 225,47 %. Ešte výraznejšie rozdiely vznikli pri odlesnení povodia na 25 % lesnatosť. Tu bol nárast až o 196,75 % (čo predstavuje 13,93 $m^3.s^{-1}$) oproti skutočnému zalesneniu. Pri úplnom odlesnení povodia bol rozdiel najväčší a to 30,6 $m^3.s^{-1}$, čo predstavuje nárast oproti skutočnosti o 432,2 %.

Ďalej si môžeme všimnúť, že odtok kulminoval deň po maximálnej zrážke (13. júla bolo nameraných v oblasti Krupiny 53,4 mm zrážok) a kulminačná krivka mala najstrmšie stúpanie práve v prípadoch, kedy nebolo povodie dostatočne zalesnené.

Z týchto výsledkov vyplýva, že zväčšenie lesnatosti povodia zapríčiní zmenšenie hodnôt kulminačných (maximálnych) prietokov a tým aj zlepšenie vyrovnanosti odtokového režimu, určenej rozdielom medzi maximálnym a minimálnym prietokom.

Podľa Fašku a Lapina (in Grešková, 2001) môžeme perspektívne očakávať, že vzrastie počet prípadov s výskytom vysokých úhrnov zrážok a celkovo sa zvýrazní extrémnosť vo výskyte mimoriadne suchých a vlhkých období aj v súvislosti s globálnymi zmenami klímy. Z tohto dôvodu ešte výraznejšie vzrastie dôležitosť lesa ako jedného z hlavných prvkov vplývajúcich na kvalitu odtoku v krajine.

V rámci výskumu, ktorý na KLSM LF TU plánujeme vykonať v rokoch 2006 až 2008 máme v úmysle aplikovať zrážkovo-odtokový model WaSiM-ETH aj v súvislosti s tvorbou fyzickogeograficko-hydrologických regiónov pomocou rovníc hydraulickej geometrie resp. regionálnych rovníc. Prípravnými fázami tohto výskumu sa v niektorých prácach zaoberal Jakubis (2005a, 2005b, 2005c, 2005d).

4. ZÁVER

Matematické modely používané u nás i vo svete sú prispôsobené svojimi princípmi, štruktúrou a poslaním pre rôzne účely použitia. Metódy zrážkovo-odtokového modelovania umožňujú simulovať nielen skutočný hydrologický proces, ale s ich pomocou môžeme aproximatívne predpovedať správanie povodí v rôznych extrémnych situáciách. Pre dlhodobé analýzy hydrologického režimu je určujúce riešenie hydrologickej bilancie povodí, vrátane popisu ich základných zložiek. Krátkodobé analýzy naproti tomu sú schopné pre významné zrážkovo-odtokové epizódy analyzovať predovšetkým zložku priameho odtoku a výsledky využiť v predpovediach alebo pri korekcii návrhu pripravovaných vodohospodársky významných opatrení, či zásahov v povodiach, spravidla vždy s akcentom ich ochrannej funkcie. V tomto príspevku sme sa snažili poukázať na možnosti modelovania lesnatosti v bystrinnom povodí (Vajsov potok) pomocou zrážkovo-odtokového modelu WaSiM-ETH ako jedného z významných prvkov vplývajúcich na tvorbu odtoku a jeho nezanedbateľnú úlohu pri riešení protipovodňových opatrení v krajine.

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

Literatúra

Grešková, A.: Identifikácia rizikových oblastí a rizikových faktorov vzniku povodní v malých povodiach. Geografický časopis, č. 3, 2001, s. 247–268.

Grešková, A.: Relevantné faktory vzniku a podmienky formovania sa povodňových prietokov v povodí Krupinice v roku 1999. Geographica Slovaca č. 18, 2002, 7 s.

Herynek, J.: Reálné možnosti zvyšování retence lesních půd. Krajina, meliorace a vodní hospodářství na přelomu tisíciletí. Sborník, Mezinárodní vědecká konference Dům techniky Brno, 1999, p. 103–106.

Jakubis, M.: Analýza vývoja koryta bystriny metódou regionálnych rovníc. Acta Facultatis Forestralis, XL VII, 2005a, s. 377–386.

Jakubis, M.: Regionálne rovnice vodných tokov CHKO-BR Poľana. In: Sláviková, D. (ed.): Zborník referátov konferencie: Biosférická rezervácia Poľana po 15 rokoch. 2005 b, s. 61–67.

Jakubis, M.: Využitie regionálnych rovníc v projektovaní úprav a revitalizáciach vodných tokov. In: Klč, P.; Novák, J.; Novotná, L. (eds.): Zborník referátov Medzinárodnej konferencie Stavby a krajina. Praha: Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a environmentální, 2005 c, s. 51–57.

Jakubis, M.: význam regionálnych rovníc v ochrane krajiny pred povodňami. In: Kodrík, M.; Hlaváč, P. (eds.): Zborník referátov medzinárodnej konferencie Uplatňovanie nových metód v ochrane lesa a ochrane krajiny. Zvolen: Technická univerzita, Katedra ochrany lesa a poľovníctva, Bratislava: SAPV, 8 s., 2005d (v tlači).

Krešl, J.: Vliv lesa na utváření odtoku při přívalových a dlouhotrvajících deštích. Lesnická práce, č. 11, 1999.

Krečmer, V., Krešl, J., Rynda, I., Švihla, V.: Vztah lesů v horských a podhorských regionech ke vzniku povodní. Živa, č. 1, 1998, p. 9–11.

Schulla, J.; Jasper, K.: Model Description WaSiM-ETH (Water Balance Simulation Model ETH). Institute of Geography ETH, Zűrich, 2003, 175 s.

Valtýni, J.: Možnosti zlepšenia odtokových pomerov v bystrinných povodiach. Vedecké práce VÚLH vo Zvolene, 1986, s. 275–301.

Valtýni, J.: Vplyv lesa na retenčnú kapacitu povodia. Povodne a protipovodňová ochrana (zpk), 1998, s. 262-265.

Závacká, M., Merganič, J.: Vplyv lesa na odtok vody z malého povodia. Acta Facultatis Forestralis, Zvolen, 2003, s. 101–111.

Adresa autorov:
Ing. Václav Kadlec
Ing. Milan Drengubiak
Katedra lesníckych stavieb a meliorácií
Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen

e-mail: kadlec@vsld.tuzvo.sk
drengub@vsld.tuzvo.sk

Modellierung der Bewaldungsänderungen in kleinem Einzugsgebiet und deren Einfluss auf den Abfluss

Zusammenfassung

Die Arbeit beschäftigt sich mit der Anwendung vom Wasserhaushalt-Simulationsmodell bei der Lösung der Frage, welcher Einfluss der Wald auf der Abfluss vom Wasser hat. Zur Erforschung haben wir WASIM-ETH (Wasserhaushalts- Simulations- Modell) gewählt. Wir haben mit der semidistribuierten Version „Topmodell“ gearbeitet.

Zur Erforschung dieser Frage haben wir das Einzugsgebiet „Vajsov Potok“ auserwählt, das im Schutzgebiet StiavnickeVrchy liegt. Die Fläche des Einzugsgebiets ist 22,35 km^2 und die Höhe über dem Meeresspiegel ist von 276 bis 778 m. Durchschnittliche Neigung der Hängen beträgt 20,51 %. Im Einzugsgebiet gibt es besonders illimerische Böden, Kambiböden und Ranker. Im Einzugsgebiet beträgt die Bewaldung 75 %, was 16,76 km^2 der Fläche ausmacht. Wiesen, Weiden und Ackerland sind auf 3,81 km^2 zu finden und 1,78 km^2 ist bebaut.

Wir haben den Abfluss bei tatsächlicher Bewaldung (75 %) mit dem Abfluss bei der Bewaldung von 90 %, 50 %, 25 % und 0 % verglichen.

Schlüsselwörter: Niederschlag-Abfluss-Modellierung, WASIM, Bewaldung, Niederschlag-Abflussprozess

ACTA FACULTATIS FORESTALIS XLVIII
ZVOLEN – SLOVAKIA 2006

NÁKLADOVO-PRODUKČNÁ ANALÝZA ZISKU V LESNOM PODNIKU

Emília B A L Á Ž O V Á

Balážová, E.: Nákladovo-produkčná analýza zisku v lesnom podniku. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLVIII**, 2006, s. 421–431.

Príspevok je zameraný na hodnotenie finančných ukazovateľov lesného podniku v časovom horizonte troch rokov 2001 až 2003. Základnou myšlienkou príspevku je poukázať na potrebu neustáleho sledovania a vyhodnocovania vzťahov medzi výnosmi, nákladmi, predajnou cenou, objemom produkcie a ziskom podniku v konkurenčnom prostredí. Na riešenie uvedených problémov je použitá metóda nákladovo-produkčnej analýzy, pomocou ktorej sú analyzované a vyhodnotené vzťahy medzi tržbami (výnosmi) z predaja sortimentov surového dreva a nákladmi v pestovnej a v ťažbovej činnosti. V príspevku sú použité metódy a postupy skúmania výsledkov hospodárenia lesného podniku, ktoré poukazujú na ich pozitívny vývoj.

Kľúčové slová: výnosy, náklady, zisk, predajné ceny, lesný podnik

1. ÚVOD

Lesy predstavujú významný prírodný zdroj, patria k obnoviteľným prírodným zdrojom, no sú do určitej miery obmedzené a preto je potrebné ich racionálne využívať v zmysle trvalo-udržateľného rozvoja. To znamená uspokojovať požiadavky súčasnej generácie bez toho, aby sa ohrozovali možnosti budúcich generácií pri napĺňaní ich potrieb. Potreby súčasnej generácie i budúcich generácií nesú v sebe aspekt ekonomický, sociálny a environmentálny. V tomto zmysle by mal každý lesný podnik v trhovej ekonomike, ktorý obhospodaruje lesnú pôdu, uspokojovať verejnoprospešné záujmy, dbať na ochranu prírodného prostredia, ale zároveň svojou činnosťou dosahovať primeraný zisk. Napĺňanie ekonomických potrieb možno zabezpečiť uzatváraním strategických partnerstiev, ktoré zabezpečia trhovú pozíciu. Na dosahovanie zisku nemalou mierou vplýva efektívny a produktívny systém riadenia, ktorý zabezpečuje optimalizáciu tvorby nadhodnoty. Zohľadňovanie verejnoprospešných záujmov štátu, aktívna spolupráca pri realizácii projektov zameraných na rozvoj vidieka a regiónov, tvorba transparentného a štandardného podnikateľského prostredia v súlade s trhovými princípmi, takisto vedú k trvalo-udržateľnému rozvoju. Trvalo-udržateľné obhospodarovanie, ktoré zohľadňuje environmentálny aspekt, si vyžaduje zabezpečiť multifunkčné lesné hospodárstvo, prírode blízke obhospodarovanie, udržiavanie a zlepšovanie stavu lesných ekosystémov a biodiverzity. Zohľadňovanie

požiadaviek ekologickej rovnováhy si vyžaduje zabezpečovať starostlivosť o zver, zachovať a zveľaďovať jej genofond.

2. MATERIÁL A METÓDY

Príspevok sa zaoberá hodnotením finančných výsledkov lesného podniku. Predmetom analýzy sú účtovné obdobia 2001, 2002 a 2003. V príspevku skúmame výšku výnosov, nákladov, zisku a závislosť na rôznych faktoroch, ako sú objem výroby (predaja), jednotkové ceny výrobkov a jednotkové náklady výroby. Poukazujeme na vzájomné vzťahy a závislosti medzi tržbami z predaja dreva, nákladmi pestovnej, ťažbovej činnosti a objemom predaja metódou nákladovo-produkčnej analýzy. Predpokladáme, že výsledky z analýzy zamerané na vzájomné dynamické vzťahy medzi nákladmi a výnosmi, by môžu slúžiť podnikovému manažmentu ako podkladové informácie pri rôznych rozhodnutiach.

2.1 Vstupné informácie o lesnom podniku

Hodnotený podnik obhospodaruje lesy s veľkým podielom listnatých drevín najmä buk, dub, hrab. Listnatá drevina vykazuje vynikajúcu kvalitu najmä pri drevinách dub a buk, ktoré predstavujú viac ako 80 % ročnej ťažby. Priemerný ročný etát predstavuje 18 000 m^3 (89 % tvoria listnaté dreviny a 11 % pripadá na ihličnaté dreviny). Samotnú výrobnú činnosť vykonáva v dvoch rovinách v pestovnej a ťažobnej. Ťažbová činnosť predstavuje ročný objem vyťaženého dreva 18 000 m^3, ktoré sa z veľkej časti manipuluje na expedičnom sklade, aby konečná fáza priniesla požadovanú kvalitu a vyšší finančný efekt. Z celkového objemu ťažby je dovezených na expedičný sklad a následne odpredaných cca 15 000 m^3 dreva, z toho 40 % vlákniny a po 30 % guľatiny a paliva. Ročne sa spracúva asi 95 % dreva v dĺžkach a len 5 % kráteného dreva. Podiel dodávok jednotlivých sortimentov surového dreva uskutočnených v roku 2003 je nasledovný: 70 % je vlákninové drevo, 18 % piliarske výrezy III. triedy akosti, 8 % palivové drevo, 3 % ostatné sortimenty a 1 % výrezy I. a II. triedy akosti. Ťažbová činnosť je zabezpečovaná prevažne dodávateľským spôsobom, a to najmä vo fázach po manipuláciu na expedičnom sklade.

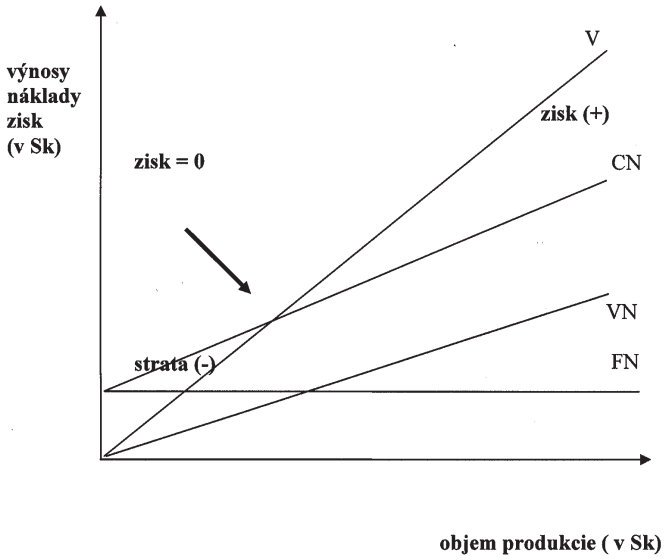
Odberateľmi lesného podniku sú hlavne drevárske a obchodné firmy. Prioritnou klientelou sú najmä zákazníci regionálneho trhu, pričom ako región je možné vymedziť stredné Slovensko. Najväčšími odberateľmi spoločnosti sú napríklad: AGRO A. F. G., s. r. o., D. A. H. s. r. o, Slovwood Ružomberok, DEAGRO s. r. o., GHP International.

Lesný podnik predával v roku 2003 guľatinu za priemernú cenu 2250 Sk, palivové drevo za 600 Sk, vlákninu za 1900 Sk.

2.2 Podstata a cieľ nákladovo-produkčnej analýzy

Nákladovo-produkčná analýza je založená na vzťahoch medzi nákladmi a výnosmi v závislosti od objemu produkcie. Cieľom nákladovo-produkčnej analýzy je získať prehľad o finančných výsledkoch podniku pri zmene objemu ich produkcie. Nákladovo-produkčná analýza zisku sledovaného podniku má poskytnúť prehľad o jeho tržbách, nákladoch a zisku v závislosti od úrovne produkcie sortimentov surového dreva. Spomínanou analýzou sa zaoberali viacerí autori: Janout, 1989, Klubica, 1997, Synek, 1996, Vicianová, Balážová 2005 a i.

V príspevku pri analýze vychádzame z grafického zobrazenia:



Graf 2.1 Grafická analýza nulového bodu
Figure 2.1 Graphical analysis of zero point
Legenda: V – výnosy (tržby), CN – celkové náklady, VN – variabilné náklady, FN – fixné náklady

Priesečník priamky výnosov s priamkou fixných nákladov udáva bod, v ktorom výnosy pokryjú výšku fixných nákladov.

$$VN = FN \tag{2.1}$$

Priamka variabilných nákladov udáva závislosť priamych nákladov na objemu produkcie (predaja). Je rovnobežná s priamkou celkových nákladov. Priamka celkových nákladov vychádza z priesečníka osi Y s priamkou fixných nákladov.

$$CN = FN + VN \tag{2.2}$$

Priesečník priamky výnosov a priamky celkových nákladov predstavuje bod prelomu (nulový bod), pri ktorom objem výnosov je rovný celkovým nákladom.

Príspevok na krytie FN sa definuje ako rozdiel medzi výnosmi a variabilnými nákladmi. Bod prelomu potom predstavuje objem výnosov, pri ktorom príspevok pokryje výšku FN.

$$Pr = V - VN \tag{2.3}$$

kde: Pr – príspevok na krytie fixných nákladov.

V bode prelomu sa výnosy (V_0) rovnajú celkovým nákladom (CN) a firma pri danom objeme predaja dosahuje nulový zisk.

$$V - FN - VN = Z \tag{2.4}$$

potom

$$V_0 - FN - VN_0 = 0 \tag{2.5}$$

kde: V_0 – výnosy, pri ktorých je zisk nulový, Z – zisk, VN_0 - variabilné náklady, pri ktorých je zisk nulový.

Variabilné náklady možno vyjadriť nasledovne:

$$VN_0 = \frac{VN}{V} * V_0 \tag{2.6}$$

potom

$$V_0 - \left(\frac{VN}{V}\right) * V_0 - FN = 0$$

$$V_0 * \left(1 - \frac{VN}{V}\right) = FN$$

$$V_0 = \frac{FN}{1 - \frac{VN}{V}} \tag{2.7}$$

Hodnotu variabilných nákladov možno vypočítať podľa nasledovného vzťahu:

$$VN = VN_j * Q \tag{2.8}$$

Hodnota výnosov (tržieb) sa pri stálych cenách vyvíja nasledovne:

$$V = C_j * Q \tag{2.9}$$

kde: VN_j – variabilné náklady jednotkové, C_j – jednotková alebo priemerná cena vlastných výrobkov.

Výraz (*1 – VN / Vo)* predstavuje t. z. v. marginálny príspevok na krytie fixných nákladov. To znamená, že z každej koruny výnosov sa x halierov podieľa na krytí FN.

$$1-\frac{VN}{V_0} \tag{2.10}$$

Miera prínosu udáva relatívnu zmenu zisku v závislosti od relatívnej zmeny výnosov. Miera prínosu = marginálny príspevok. Mieru prínosu možno definovať nasledovne:

$$MP=\frac{P_r}{V} \quad \text{alebo} \quad MP=\frac{V-VN}{V} \tag{2.11}$$

kde: MP – miera prínosu.

Nedostatky analýzy nulového bodu

Analýza nulového bodu vychádza z niekoľkých zjednodušujúcich predpokladov:

1. Medzi výškou výnosov a variabilnými nákladmi existuje lineárny vzťah a preto marginálny príspevok je konštantný.
2. FN sú pri každom objeme výroby konštantné. Tento predpoklad je správny len do určitej hranice výnosov, pri prekročení ktorej sa FN menia obyčajne skokom.
3. Ceny pri každom objeme predaja sú konštantné. Nepočíta sa napr. s objemovou maržou, skontom za rýchle platby a pod. (Kolenka, Hajdúchová 2003).

3. VÝSLEDKY A DISKUSIA

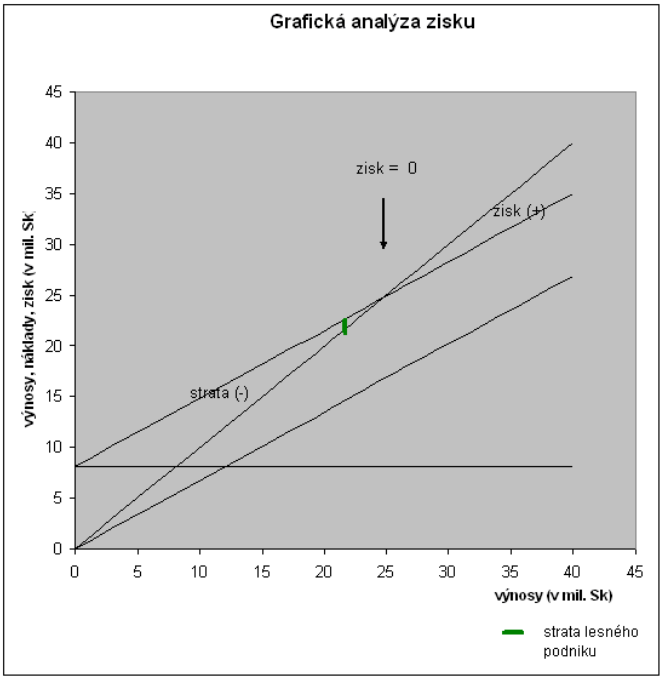
3.1 Nákladovo-produkčná analýza zisku lesného podniku

Informácie o finančných výsledkoch lesného podniku boli získané z podnikového výkazu ziskov a strát, z rozborov ťažbovej činnosti a predaja jednotlivých sortimentov surového dreva za roky 2003, 2002 a 2001. Celkové náklady sledovaného lesného podniku zahŕňajú náklady na pestovnú a ťažbovú činnosť.

Vybrané finančné výsledky lesného podniku znázorňuje tabuľka 3.1.

Tabuľka 3.1 Finančné výsledky podniku
Table 3.1 Financial result of the enterprise

Ukazovateľ Roky	V v tis. Sk	FN v tis.Sk	VN v tis.Sk	CN v tis.Sk	Zisk v tis.Sk	C_j v Sk/m^3	VN_j Sk/m^3	Q v m^3
2003	22 260	8 105	14 960	23 064	–804	1 177	791	18 915
2002	25 213	8 348	18 769	27 117	–1904	1 251	931	20 157
2001	19 520	8 448	17 938	26 386	–6866	1 067	1 067	16 812



Graf 3.1 Grafická analýza zisku lesného podniku za rok 2003
Figure 3.1 Graphical analysis of the forest enterprise profit in 2003

Z grafu 3.1 vidieť, že lesný podnik vykázal v sledovanom období celkové náklady pestovnej a ťažbovej činnosti 23,06 mil. Sk, čo je oproti tržbám dosiahnutým v tom istom období o 804 tis. Sk viac. Rozdiel predstavuje stratu lesného podniku 804 tis. Sk.

Bod, v ktorom sa tržby rovnajú celkovým nákladom – nulový bod je 24,7 mil. Sk. V tomto bode je hodnota fixných nákladov 8,1 mil. Sk a hodnota variabilných nákladov 16,6 mil. Sk. Celkové náklady pestovnej a ťažbovej činnosti sledovaného lesného podniku sa vypočítajú podľa vzťahu (2.2) a predstavujú hodnotu 23,06 mil. Sk.

Pri tržbách z predaja 22,26 mil. Sk príspevok na krytie fixných nákladov vypočítame podľa vzťahu (2.3) a predstavuje hodnotu 7,3 mil. Sk. Pri objeme predaja 24,7 mil. Sk sa hodnota príspevku na krytie rovná fixným nákladom a podnik dosahuje nulový zisk. Celkové náklady sa rovnajú tržbám. Nulový zisk vypočítame podľa vzťahu (2.5).

Variabilné náklady lesného podniku, pri ktorých sa dosiahne nulový zisk, vypočítame podľa vzťahu (2.6) a predstavujú hodnotu cca 16,6 mil. Sk.

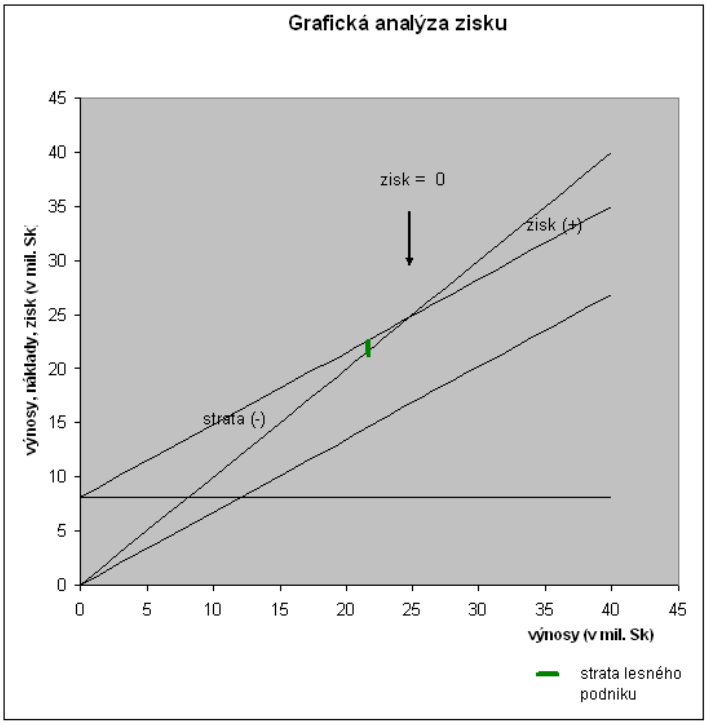
Tržby z predaja, pri ktorých by podnik dosiahol nulový zisk, predstavujú hodnotu 24 713 279 Sk a vypočítajú sa podľa vzťahu (2.7).

Variabilné náklady lesného podniku v analyzovanom období dosiahli hodnotu 14,96 mil Sk. Objem predaja výrobkov bol 18 915 m^3. Jednotkové variabilné náklady lesného podniku vypočítame podľa vzťahu (2.8) a predstavujú hodnotu 791 Sk/m^3.

Hodnota tržieb z predaja jednotlivých sortimentov surového dreva je v sledovanom období 22,26 mil. Sk. Vypočítame ju podľa vzťahu (2.9).

Marginálny príspevok na krytie fixných nákladov lesného podniku sa vypočítame podľa vzťahu (2.10). Z každej koruny tržieb podniku sa 0,328 Sk podieľa na krytí FN.

Miera prínosu sledovaného lesného podniku predstavuje 0,328 Sk a hovorí o tom, že pri 1 %-nej zmene výnosov sa zmení zisk o 0,328 %. Miera prínosu sa rovná marginálnemu príspevku na krytie FN a vypočítame ju podľa vzťahu (2.11).



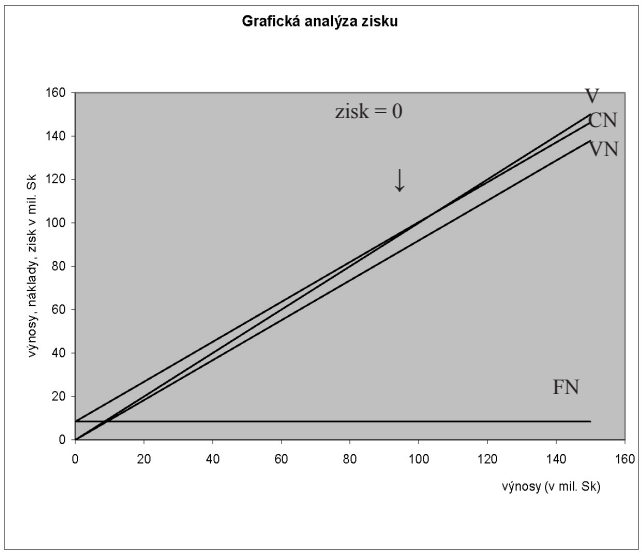
Graf 3.2 Grafická analýza zisku lesného podniku za rok 2002
Figure 3.2 Graphical analysis of the forest enterprise profit in 2002

Z grafu 3.2 vidieť, že bod prelomu, v ktorom podnik dosahuje nulový zisk v roku 2002 bol pri hodnote výnosov 32,6 mil. Sk.

V roku 2002 vykázal celkové náklady 27,12 mil. Sk, čo je oproti tržbám o takmer 2 mil. Sk. viac. Rozdiel medzi hodnotou tržieb a hodnotou celkových nákladov predstavuje stratu

lesného podniku. Bod, v ktorom sa tržby (výnosy) rovnajú celkovým nákladom – nulový bod, predstavuje hodnotu 32,6 mil. Sk. V tomto bode hodnota fixných nákladov je 8,34 mil. Sk a hodnota variabilných nákladov 24,3 mil. Sk.

Celkové náklady pestovnej a ťažbovej činnosti sledovaného lesného podniku a predstavujú hodnotu 27,12 mil. Sk. Príspevok na krytie nestačí pokryť celú výšku fixných nákladov pri objeme predaja 25 mil. Sk. Podnik by dosiahol nulový zisk pri objeme predaja cca 32 mil. Sk. Analyzovaný lesný podnik dosiahol tržby z predaja vlastných výrobkov nižšie ako celkové náklady. V sledovanom období vykázal stratu 1,9 mil. Sk.



Graf 3.3 Grafická analýza zisku lesného podniku za rok 2001
Figure 3.3 Graphical analysis of the forest enterprise profit in 2001

Z grafu 3.3 vidieť, že lesný podnik vykázal v sledovanom období celkové náklady 26,39 mil. Sk. Rozdiel medzi tržbami a celkovými nákladmi je strata lesného podniku v hodnote 6,89 mil. Sk. Bod, v ktorom sa tržby rovnajú celkovým nákladom – nulový bod, predstavuje hodnotu 104,17 mil. Sk.

Celkové náklady pestovnej a ťažbovej činnosti sledovaného lesného podniku vypočítame podľa vzťahu (2.2) a predstavujú hodnotu 26,39 mil. Sk. Tržby z predaja sortimentov surového dreva sú 19,5 mil. Sk. Príspevok na krytie fixných nákladov daného lesného podniku vypočítame podľa vzťahu (2.3) a predstavuje hodnotu 1,58 mil. Sk. Marginálny príspevok na krytie fixných nákladov lesného podniku vypočítame podľa vzťahu (2.10). Z každej koruny tržieb podniku sa 0,081 Sk podieľa na krytí FN. Miera

prínosu sledovaného lesného podniku predstavuje 0,081 Sk a hovorí o tom, že pri 1 %-nej zmene výnosov sa zmení zisk o 0,081 %. Miera prínosu sa rovná marginálnemu príspevku na krytie FN a je vypočítaná podľa vzťahu (2.11).

Objem predaja (Q) bol v roku 2001 nižší oproti roku 2003 o 2103 m^3. Tržby (výnosy) boli v roku 2001 nižšie oproti roku 2003 o 2,74 mil. Sk, celkové náklady boli v roku 2001 vyššie o 5,32 mil. Sk. Jednotkové variabilné náklady (VNj) boli v roku 2001 vyššie oproti roku 2003 až o 276 Sk/m^3, pričom priemerná cena predávaných výrobkov bola nižšia o 16 Sk/m^3. Uvedené skutočnosti zapríčinili vyššiu stratu v roku 2001 oproti roku 2003.

Nákladovo-produkčná analýza zisku sledovaného podniku poukazuje na postupné znižovanie straty v hodnotenom období. Môžeme konštatovať, že na tomto vývoji sa veľkou mierou podieľalo znižovanie jednotkových variabilných nákladov (VNj). Podnik vyprodukoval tržby z predaja sortimentov surového dreva s nižšími nákladmi a tým dosiahol lepší hospodársky výsledok.

4. ZÁVER

Na základe výsledkov analýzy v predchádzajúcej časti príspevku je možné konštatovať nasledovné:

1. Tržby z predaja dreva, pri ktorých by podnik dosiahol nulový zisk v roku 2003, predstavovali hodnotu 25 mil. Sk. To znamená pri objeme predaja 21 tis. m^3 sa celkové náklady rovnali tržbám.
2. Nákladová úroveň podnikov je ovplyvňovaná cenami výrobných vstupov na trhu výrobných faktorov. Z výsledkov analýzy je zrejmé, že v danom podniku výrazne klesali marginálne (dodatočné) náklady výrobných vstupov v troch po sebe idúcich rokoch. Ich medziročný pokles bol 13 % a 15 %.
3. V prípade, ak by chcel lesný podnik zlepšiť svoju ekonomickú situáciu, zvýšiť zisk v daných trhových podmienkach, môže zvýšiť ceny jednotlivých sortimentov surového dreva. Pri pôvodnom objeme predaja, fixných i marginálnych (dodatočných) nákladoch výrobných vstupov roku 2003, by podnik dosiahol zisk pri priemernej cene dreva 1 307 Sk/m^3. Ceny jednotlivých sortimentov dreva je možné zvyšovať len do určitej výšky. Na tuzemskom trhu je zvyšovanie cien sortimentov, ovplyvňované okrem iného možnosťou odbytu. Producenti dreva ponúkajú drevo za ceny, ktoré sú prijateľné – akceptované dopytom (teda odberateľmi), pretože sortiment s vysokou cenou je nepredajný. V ostatnom čase cenu dreva ovplyvňujú hlavne kalamity, ktoré pôsobia na podhodnotenie sortimentov dreva.
4. Okrem predchádzajúcej možnosti zvyšovania zisku, by si analyzovaný podnik mohol zvoliť aj inú cestu zlepšenia svojej ekonomickej situácie a to, pokračovanie v trende postupného znižovania marginálnych (dodatočných) nákladov výrobných vstupov. Za predpokladu hodnoty tržieb 22 mil. Sk (dosiahnutých v roku 2003) a pôvodnom objeme predaja, by podnik dosiahol zisk pri znížení marginálnych (hraničných)

nákladov výrobných vstupov na 747 Sk/m^3. Pri stálych cenách je možné teoreticky zvyšovať zisk z predaja dreva aj zvyšovaním objemu produkcie a predaja. V roku 2003 by to bol objem nad 21 tis.m^3. V praxi sú však objem produkcie, výška ťažby dreva obmedzované lesným hospodárskym plánom. Okrem toho na výšku ťažby dreva vplývajú aj náhodné ťažby, spôsobené rôznymi kalamitami.

Literatúra

1. Janout, J.: Náklady a hospodárnosť podniku. Praha: SNTL, 1989,ISBN 80-03-00127-7, 224 s.
2. Klubica, D.: Nákladovo-produkčná analýza zisku štátnych podnikov lesného hospodárstva na Slovensku. In: Zborník referátov z medzinárodnej vedeckej konferencie: LES – DREVO – ŽIVOTNÉ PROSTREDIE 97. Zvolen: Lesnícka fakulta TU,1997, s. 25–32.
3. Kolenka, I., Hajdúchová, I.: Financovanie podniku II., Zvolen: LF TU, 2003, 116 s.
4. Synek, M.: Manažerská ekonomika, Praha: Grada Publishing, 1996, ISBN 80-716-211-5, 546 s.
5. Vicianová K., Balážová. E.: Dynamické vzťahy medzi výnosmi a nákladmi v lesnom podniku. „CD“. Financovanie Lesy – drevo 2005. Medzinárodná vedecká konferencia. TU vo Zvolene. ISBN 80-228-1520-9
6. Vnútorné materiály podniku

Adresa autora:
Ing. Emília Balážová, PhD.
Katedra ekonomiky a riadenia lesného hospodárstva
Technická univerzita vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen

e-mail: balazova@vsld.tuzvo.sk

Cost-production analysis of the forest enterprise profit

Summary

The paper deals with the analysis of financial results of the forest enterprise during the period of years 2001, 2002, 2003. It shows mutual relations between timber sales, harvesting costs and volume of sales. The methods of cost-production analysis were used for evaluation of financial indicators.

Based on the results of the analysis, the following conclusion can be pointed out:

1. The timber sales do not increase directly according to the volume of production.
2. The level of costs in the enterprises is affected by the prices of production inputs used on the production factors market. It is obvious that the marginal costs of production factors have been decreasing in the given enterprise during analysed three years (from 13% to 15%).
3. If the forest enterprise wants to increase the profit under given market conditions, it may in crease the prices of individual timber assortments. Moreover, the forest enterprise may improve its economic situation so that it will decrease so-called marginal costs of production in puts. Considering given prices, it is theoretically possible to increase profit from the timber sales so that the volume of production as well as volume of sales is increased. However, in the practice, both the volume of production as well as the amount of timber harvested is restricted by the forest management plan.

ACTA FACULTATIS FORESTALIS XLVIII
ZVOLEN – SLOVAKIA 2006

MODELOVANIE MAJETKOVEJ A KAPITÁLOVEJ ŠTRUKTÚRY LESNÉHO PODNIKU

Iveta H A J D Ú C H O V Á

Hajdúchová, I.: Modelovanie majetkovej a kapitálovej štruktúry lesného podniku. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLVIII**, 2006, s. 433–440.

Článok je zameraný na formulovanie zásad a kritérií optimalizácie majetkovej a kapitálovej štruktúry. Upozorňuje na niektoré špecifiká, ktoré vplývajú na rentabilitu využívania lesného majetku a efektívnosť zdrojov financovania a ktoré je potrebné zohľadňovať pri uplatňovaní metód optimalizácie. V závere je formulovaný matematický model, ktorý bol zostavený na základe dlhodobého výskumu finančnej analýzy a odvodených vzťahov medzi ukazovateľmi finančnej analýzy za účelom predikcie rizika a finančnej stability lesných podnikov.

Kľúčové slová: finančná analýza, majetková a kapitálová štruktúra, matematické modelovanie

ÚVOD

Snaha o efektívne využívanie a financovanie majetku firmy viedla celý rad teoretikov a praktikov k formulácii problému optimálnej majetkovej a kapitálovej štruktúry. Obecne sa vychádza z dvoch zásad:

1. Firma má mať len majetok, ktorý je nutný pre jej aktivity (výrobu, služby, obchod) a dokáže ho maximálne využiť.
2. Financovanie aktív firmy je potrebné zabezpečiť z najlacnejších zdrojov.

Podnik musí pravidelne upravovať štruktúru zdrojov. Emitovať nové obligácie, keď klesá úroková miera, využívať coll obligácie. Nahradiť staré úvery novými s nižšou úrokovou mierou, zvýšiť vlastné zdroje pri žiadostiach o úver. Navýšenie vlastných zdrojov je dôležité aj v podmienkach, keď podnik chce využiť prístupové fondy EU.

Ekonomické kritériá a zásady financovania aktív vychádzajú z princípov ich minimalizácie s maximálnou ekonomickou efektívnosťou ich využívania: maximálnymi výnosmi, ziskom atď. (Myers, S. C. (1984), Brealey, R. A. – Myers, S. C. (1992)).

Problém optimalizácie aktív lesného podniku je však širší a má niektoré úskalia:

1. nie všetky aktíva sa využívajú pre komerčné aktivity,
2. celý rad aktív (lesné cesty atď.) sa využíva kombinovane pre komerčné aj nekomerčné aktivity, pričom je problém stanoviť ich podiel,
3. neexistujú ekonomické kritériá merania dlhodobej efektívnosti aktív, ktoré sú základom pre tvorbu budúcich dlhodobých výnosov (ochrana pôdy, meliorácie atď.)

4. aktíva lesného podniku prinášajú vedľajšie efekty, ktoré využívajú komerčne zamerané firmy (hotely, rekreačné zariadenia, pôdohospodárske podniky).

Dlhá produkčná doba predlžuje dobu návratnosti finančných prostriedkov, ktoré sú viazané prostredníctvom pestovnej činnosti v porastoch a zásobách dreva, v technickom vybavení a lesných cestách.

PRÍSTUPY K OPTIMALIZÁCII MAJETKOVEJ A KAPITÁLOVEJ ŠTRUKTÚRY

Na základe dlhodobých analýz boli vo finančnej teórii odvodené pravidlá, ktoré je možné aplikovať pri optimalizácii majetkovej a kapitálovej štruktúry lesných podnikov. Dlhodobý majetok: pozemky, stavby, stroje a zariadenia tvorí v podnikoch štátnych lesov 80 až 90 % celkovej hodnoty majetku. Aby nedošlo k oslabeniu finančnej stability, musí platiť „zlaté pravidlo financovania“, to znamená, že tento majetok by mal byť krytý dlhodobými zdrojmi: vlastným imaním a dlhodobými záväzkami.

Hodnota celkovej likvidity podniku, by sa mala pohybovať v intervale <1,5; 2> to znamená, že obežný majetok by mal mať hodnotu približne dvojnásobku krátkodobých záväzkov, čo vyjadruje aj pravidlo Current Ratio. S tým súvisí požiadavka zabezpečenia kladnej hodnoty čistého pracovného kapitálu, ktorý tvorí obežný majetok znížený o krátkodobé záväzky. Jeho hodnota by mala byť kladná.

Kapitálovú štruktúru charakterizuje ukazovateľ zadlženosti, ktorý je vyjadrením podielu záväzkov a majetku. Jeho hodnota by nemala presahovať 50 %. Malo by teda platiť pravidlo One to One, podľa ktorého podiel vlastného imania a záväzkov by mal byť 1 : 1.

MODEL A REALITA LESNÝCH PODNIKOV

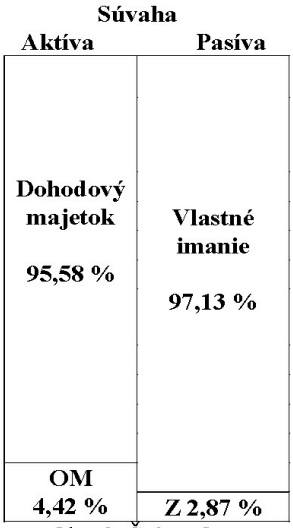
Majetkovú a kapitálovú štruktúru podniku popisuje súvaha, v ktorej je majetok vyjadrený aktívami a kapitál pasívami, pričom musí platiť bilančná rovnosť, čiže aktíva a pasíva sa musia rovnať. Ak na základe uvedených pravidiel zostavíme model súvahy, dostaneme obrázok 1. Časť obežného majetku je čistý pracovný kapitál. Je to tá časť obežného majetku, ktorá je krytá dlhodobými zdrojmi. Pre podnik predstavuje finančnú stabilitu, pretože aj v prípade, že by podnik uhradil všetky krátkodobé záväzky, zostáva mu časť zásob a finančnej hotovosti, s ktorou môže ďalej pokračovať v činnosti.

Obr. 2 zobrazuje majetkovú a kapitálovú štruktúru podniku štátnych lesov, ktorá sa výrazne odlišuje od modelu a tým aj od doporučených hodnôt. Zárukou stability je, že podnik nemá takmer žiadne záväzky. Tieto predstavujú len 2,87 % celkových pasív. Pravdou však je, že vlastné imanie sa obecne považuje za najdrahší zdroj financovania a nevyužívanie cudzích zdrojov (záväzkov) znižuje celkovú efektívnosť firmy. Taktiež podiel dlhodobého majetku na celkových aktívach podniku (95,58 %) je veľmi vysoký. Doba návratnosti stálych aktív je dlhšia ako jeden rok, čo má vplyv na znižovanie rentability. Táto

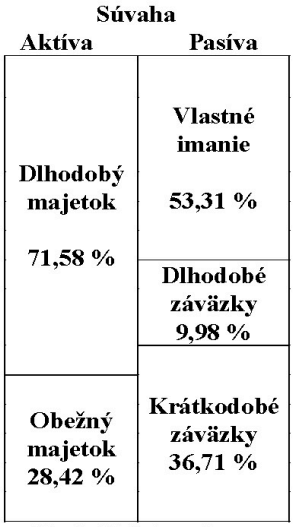
sa bude znižovať aj v prípade ak má firma dubiózny majetok. Jeho odpisy sa premietajú do nákladov a deformujú tým nielen náklady ale aj ceny, zisk a dane.

Majetková a kapitálová štruktúra neštátnych lesov (obr. 3) tiež nezodpovedá doporučeným hodnotám. Ich stabilitu ohrozuje to, že hodnota čistého pracovného kapitálu je záporná. To znamená, že časť dlhodobého majetku je financovaná krátkodobými záväzkami, čo spôsobuje nesúlad medzi dobou obratu majetkových častí a dobou splatnosti záväzkov. V prípade, že podnik nebude schopný zabezpečiť splatnosť záväzkov v požadovaných termínoch začnú prudko rásť finančné náklady, čo môže viesť k zápornému hospodárskemu výsledku a k ohrozeniu finančnej stability podniku.

Obr. 1 Model



Obr. 2 Štátne lesy



Obr. 3 Neštátne lesy

Klasické prístupy optimalizácie majetkovej a kapitálovej štruktúry vychádzali z podielu majetku a štruktúry zdrojov, ktoré ovplyvňovali cenu zdrojov a tým aj trhovú hodnotu podniku. Táto bola priamo závislá na miere rizika, ktoré boli ochotní znášať veritelia a majitelia firmy. V prípade, že miera rizika prekračovala ich predstavy zvyšovali veritelia úrokovú mieru a majitelia požadovali zvýšené výnosy.

Revolučným spôsobom do optimalizácie kapitálovej štruktúry zasiahli Modigliani a Miller (Modigliani, F. – Miller, M. H. (1958)), ktorí v svojom M-M modeli vychádzali z nasledovných predpokladov:

1. Existuje dokonalý kapitálový trh to znamená, že informácie sú bezplatné a sú dostupné všetkým investorom, neráta sa s transakčnými nákladmi a investori sa správajú racionálne.

2. Čistý výnos (zisk a úroky) sa v jednotlivých obdobiach nemení a pravdepodobný výnos je pre všetkých investorov v danej triede výnosnosti rovnaký.
3. Podniky možno začleniť do skupín s rovnakou výnosnosťou, pričom podniky v danej skupine majú rovnaký stupeň prevádzkového rizika.
4. Neberie sa do úvahy zdaňovanie zisku.
5. Možnosť získať úver a podmienky jeho získania sú rovnaké pre všetky subjekty kapitálového trhu (pre podniky aj pre jednotlivcov).

M-M model je definovaný vzťahom 1, ktorý možno interpretovať nasledovne: očakávaná miera výnosu vlastného kapitálu (i_{VK})) v podniku s účasťou cudzieho kapitálu (CK) rastie priamo úmerne pomeru cudzieho kapitálu k vlastnému kapitálu (CK/VK) vyjadrenému v trhových hodnotách. Miera tohto rastu závisí na rozdiele medzi očakávaným výnosom celého kapitálu (i_K) a výnosom dlhu (i_{CK}).

$$i_{VK} = i_K + \frac{CK}{VK}(i_K - i_{CK}) \tag{1}$$

M-M model bol postavený na predpokladoch, ktoré v reálnej ekonomike nie sú možné. Vzhľadom na to bol svetovými ekonómami kritizovaný a doplnený o viaceré praktické korekcie. Jednou z nich je aj pôsobenie daňového štítu. Vyplýva z toho, že úroky z cudzieho kapitálu (i_{CK}) tvoria účtovne aj daňovo uznaný náklad, ktorý znižuje daňové zaťaženie podniku. Toto zníženie dane (ZD) môžeme kvantifikovať vzťahom 2. O tú istú hodnotu ako sa znižuje daňové zaťaženie, teda o hodnotu daňového štítu sa zvyšujú príjmy z vlastného kapitálu. Kapitalizovaná hodnota zníženia daňového zaťaženia (ZD_k), vyjadrená vzťahom 3, predstavuje hodnotu o ktorú sa zvyšuje trhová cena podniku. Ako hodnota kapitalizácie sa používa úroková miera cudzieho kapitálu. Úpravou vzťahu 3 dostaneme kapitalizovanú hodnotu daňového štítu (vzťah 4), ktorá sa rovná súčinu cudzieho kapitálu využívaného podnikom a sadzby dane z príjmu (d).

$$ZD = i \,.\, CK \,.\, d \tag{2}$$

$$ZD_k = \frac{i \cdot CK \cdot d}{i} \tag{3}$$

$$ZD = CK \,.\, d \tag{4}$$

Rast podielu cudzieho kapitálu na celkovom kapitáli zvyšuje trhovú hodnotu podniku a súčasne zvyšuje riziko bankrotu, čo vedie k zvyšovaniu nákladov podniku na získavanie a viazanie celkového kapitálu. Kvantitatívne sa toto zvýšenie rovná nákladovému oceneniu rizika vzniku finančných ťažkostí a bankrotu. Optimálna finančná štruktúra je v bode, kde marginálne výhody daňového štítu sa rovnajú nákladom predpokladaných finančných ťažkostí z titulu zadĺženia. Neprimeraná zadlženosť vedie k zlyhaniu likvidity a postupnej strate platobnej schopnosti podniku.

MODEL OPTIMALIZÁCIE MAJETKOVEJ A KAPITÁLOVEJ ŠTRUKTÚRY

Analýze finančných rizík venujeme pozornosť na katedre už od roku 1993. Bolo publikovaných viacero prác z oblasti finančnej analýzy (HAJDÚCHOVÁ, I. (1994), HOLÉCY, J. (1998), KOLENKA, I. (1993)). Výsledkom je model optimalizácie majetkovej a kapitálovej štruktúry. Model bol zostavený na základe dlhodobého výskumu finančnej analýzy, kvantifikácie parametrov a odvodením vzťahov medzi ukazovateľmi finančnej analýzy za účelom predikcie rizika finančnej stability lesných podnikov. Ide o model, ktorý patrí do oblasti finančného inžinierstva, pričom obmedzenia sú formulované na základe teórie financovania podniku a reálnych podmienok slovenskej ekonomiky.

$$x_1 + k_1x_2 + x_3 \leq b_1$$
$$x_3 \geq b_2$$
$$x_4 + k_2\, x'_4 \geq b_3$$
$$k3x5 \geq b_4$$
$$x_6 \leq b_5$$
$$x_7 \geq b_6$$
$$x_1 + k_1x_2 + x_3 \leq y_1 + y_2 + y_3 + y_4$$
$$x_6 \leq y_8$$
$$x_4 + k_2x'_4 + k_3x_5 + x_7 \leq y_5 + y_7 + y_8$$
$$x_1 + k_1x_2 + x_3 + x_4 + k_2x'_4 + k_3x_5 + x_6 + x_7 = y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6 + y_7 + y_8$$
$$(b_1 + b_2 + b_4 + b_5) / 2 \geq y_3 + y_4 + y_5 + y_6 + y_8$$
$$Z = c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + c_4x_4 + c_5x_5 + c_6x_6 + c_7x_7 + r_1y_1 + r_2y_2 + ... + r_8y_8 \Rightarrow \min$$

c_1 – odpisy DHM
c_2 – odpisy DHM závislého na objeme produkcie
c_3 – odpisy DNM
c_4 – náklady na skladovanie materiálu
c_5 – náklady na skladovanie výrobkov
c_6 – alternatívne náklady krytia pohľadávok
c_7 – alternatívne náklady krátkodobého kapitálu
r_1 – alternatívne náklady vlastného kapitálu
r_2 – alternatívne náklady kapitálu
r_3 – náklady dlhodobého cudzieho kapitálu
r_4 – výnosy investorov z obligácií alebo náklady na emitované dlhopisy
r_5 – alternatívne náklady krátkodobé ho cudzieho kapitálu
r_6 – leasingové náklady
r_7 – náklady na zmenky
r_8 – náklady na obchodný úver

Aktíva

x_1 – DHM nezávislý na objeme produkcie
x_2 – DHM závislého na objeme produkcie
x_3 – DNM
x_4 – zásoby materiálu nezávislé na objeme produkcie
x'_4 – zásoby materiálu závislé na objeme produkcie
x_5 – zásoby výrobkov
x_6 – pohľadávky
x_7 – finančný majetok

Pasíva

y_1 – vlastné imanie
y_2 – disponibilný zisk
y_3 – dlhodobý cudzí kapitál
y_4 – obligácie
y_5 – krátkodobý cudzí kapitál
y_6 – leasing
y_7 – zmenky
y_8 – záväzky z obchodného styku

k_1 – koeficient zmeny DHM od objemu produkcie
k_2 – koeficient zmeny zásob od objemu produkcie
k_3 – koeficient zmeny výrobkov od objemu produkcie

b_1 – maximálne dostupný dlhodobý kapitál
b_2 – minimálne potrebný DNM
b_3 – výška poistných zásob
b_4 – minimálna výška hotových výrobkov
b_5 – limit pohľadávok
b_6 – minimálna výška finančného majetku (cash)

Štruktúra matice technických koeficientov a vektorov, obmedzení a cien

$$
\begin{bmatrix}
1 & k_1 & 1 & & & & & & & & & & & & & \\
 & & 1 & & & & & & & & & & & & & \\
 & & & 1 & k_2 & & & & & & & & & & & \\
 & & & & & k_3 & & & & & & & & & & \\
 & & & & & & 1 & & & & & & & & & \\
 & & & & & & & 1 & & & & & & & & \\
1 & k_1 & 1 & & & & & & -1 & -1 & -1 & -1 & & & & \\
 & & & & & & 1 & & & & & & & & & -1 \\
 & & & 1 & k_2 & k_3 & & 1 & & & & & -1 & -1 & & -1 \\
1 & k_1 & 1 & 1 & k_2 & k_3 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\
 & & & & & & & & & & 1 & 1 & 1 & 1 & & 1
\end{bmatrix}
\begin{matrix} \le \\ \ge \\ \ge \\ \ge \\ \le \\ \ge \\ \le \\ \le \\ \le \\ = \\ \le \end{matrix}
\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ b_5 \\ b_6 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ L \end{bmatrix}
$$

$$
\begin{bmatrix} c_1 & c_2 & c_3 & c_4 & c_5 & c_6 & c_7 & c_8 & r_1 & r_2 & r_3 & r_4 & r_5 & r_6 & r_7 & r_8 \end{bmatrix}
$$

$$
L \cong \frac{b_1 + b_2 + b_4 + b_5}{2}
$$

ZÁVER

Model je v teoretickej forme a umožňuje nájsť optimálne riešenie štruktúry pasív za podmienok rovnováhy financovania a dodržiavania zásad majetkovej a kapitálovej štruktúry tak, aby kapitálové náklady boli minimálne.

Význam optimalizácie majetkovej a kapitálovej štruktúry rastie najmä v období periodicky sa opakujúcich ekonomických kríz spôsobených nerovnomerným rastom dopytu a ponuky.

Ako som už spomínala, problémom zostáva aj stanovenie podielu využívania majetku na komerčné a nekomerčné aktivity. Tieto je potrebné identifikovať a zabezpečiť financovanie nekomerčných aktivít z verejných zdrojov prostredníctvom štátnych objednávok a prostredníctvom podielového financovania tými subjektami (hotely, rekreačné, vodárenské, pôdohospodárske a ďalšie podniky), ktoré sa podieľajú na spotrebe úžitkov z nekomerčných, ale aj komerčných aktivít lesných podnikov.

Financovanie komerčných aktivít je potrebné zabezpečovať zvýšeným podielom cudzích zdrojov, pričom tieto musia byť využívané len na účely zvyšovania produktivity práce a efektívnosti.

Ako vyplýva z komparácie modelovej a reálnej kapitálovej štruktúry lesných podnikov je potrebné pristúpiť k reštrukturalizácii majetku a zdrojov. Prekapitalizovanie, alebo podkapitalizovanie môže viesť ku krízam tak, ako je to uvedené vpredu. Nedostatočné využívanie cudzieho kapitálu neumožňuje efektívne investovanie, čo vedie k spomaleniu alebo zastaveniu technického pokroku. Formulovaný model významne prispieva k optimalizácii majetkovej a kapitálovej štruktúry podniku.

Literatúra

1. Brealey, R. A. – Myers, S. C. (1992): Teórie a praxe firemních financí. Victoria publishing, McGraw-Hill, Inc., 971 s.
2. Hajdúchová, I. (1994): Finančná analýza lesných podnikov. In: Financovanie podnikov lesného hospodárstva, Edičné stredisko TU Zvolen, s. 21–38.
3. Hajdúchová, I. (1998): Analýza a modelovanie finančného vývoja lesného podniku. Dizertačná práca, Vydavateľstvo TU Zvolen, 147 s.
4. Holécy, J. (1998): Využitie ekonomicko-matematických metód v oceňovaní lesov. Vedecké štúdie, 3/98, TU Zvolen, 57 s.
5. Kolenka, I. (1993): Voľba optimálnej stratégie hospodárenia z hľadiska ekonomickej prosperity, Acta Facultatis Forestalis, XXXV, Zvolen, s. 369–377.
6. Modigliani, F. – Miller, M. H. (1958): The Cost of Capital, Corporation Finance and the Theory of Investment. American Economic Review, 48, s. 261–297.
7. Myers, S. C. (1984): The Capital Structure Puzzle. Journal of Finance, 39, s. 575 –592

Adresa autora:
Prof. Ing. Iveta Hajdúchová, PhD.
Katedra ekonomiky a riadenia lesného hospodárstva
Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen

e-mail: ihajduch@vsld.tuzvo.sk

Model of capital structure

Summary

Article is focused on formulizing rules and criterions of optimization capital structure, which are having influence on rent ability of usage forest property and efficiency of financing sources, which are necessary to pay attention by using methods of optimization. On the end is designed the mathematical model, which was based on long-term exploration of financial analysis, quantification of parameters and deduction of relations between indicators of financial analysis in order of prediction risk of financial stability of forest enterprises.

Key words: financial analysis, capital structure, mathematic modeling

ACTA FACULTATIS FORESTALIS XLVIII
ZVOLEN – SLOVAKIA 2006

TEORETICKÉ PROBLÉMY HODNOTENIA VÝKONNOSTI FIRIEM HOSPODÁRIACICH NA LESNOM MAJETKU

Ivan K O L E N K A

Kolenka, I.: Teoretické problémy hodnotenia výkonnosti firiem hospodáriacich na lesnom majetku. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLVIII**, 2006, s. 441–451.

Hodnotenie výkonnosti firiem, ktoré obhospodarujú les je problémom, ktorý má veľký praktický význam. V článku sú analyzované teoretické postupy hodnotenia firiem na základe čistej súčasnej hodnoty, čistej súčasnej hodnoty rastových príležitosti i ekonomickej pridanej hodnoty. Pre výpočet uvedených ukazovateľov je spravený odhad diskontnej sadzby. V práci je vypracovaný postup odhadu diskontnej sadzby, ktorý vychádza z výnosov štátnych obligácií, zmeny v inflácií i rizika investícií do lesa. Riziko investícií sa lesa je definované ako odchýlka od plného zakmenenia a kvantifikované na základe straty na hodnotovom prírastku do rubného veku.

Kľúčové slová: hodnota firmy, obnoviteľné zdroje, alternatívne náklady kapitálu, ekonomická pridaná hodnota

1. ÚVOD

Meranie výkonnosti firmy je teoretický i praktický problém. Všeobecne je možné povedať, že kritériom úspešnosti firmy je zhodnocovanie investovaného kapitálu prostredníctvom generovania ekonomických hodnôt. Problém však nie je tak jednoduchý. Je potrebné nájsť kvantitatívne kritériá pre posudzovanie zhodnocovania kapitálu. Tvrdenie, že krátkodobý zisk je kritérium úspešnosti firmy je teoreticky neudržateľné. Odmietnutie krátkodobého zisku ako kritéria úspešnosti firmy nevyžaduje silnú argumentáciu. Aj dlhodobý zisk ako kritérium úspešnosti firmy nie je objektívne kritérium. Možno namietať proti postupu jeho výpočtu (problémy ocenenia zásob, pohľadávok, rozpúšťania rezerv atď.), porovnávania zisku firmy s alternatívnymi možnosťami, dynamiky vývoja zisku atď. Ešte problematickejšie je posudzovanie výkonnosti firiem, ktoré obhospodarujú obnoviteľné prírodné zdroje. Krátkodobý i dlhodobý zisk sa môže tvoriť na úkor ich nadmerného čerpania a úrovne nezabezpečovania ich reprodukcie. Les ako ekonomická kategória nie je súčasťou ekonomickej evidencie a nedajú sa posúdiť zmeny jeho ekonomickej hodnoty. Les produkuje trhové hodnoty ale i komodity, ktoré nie sú predmetom trhu ani objektívne ocenené spoločnosťou. To sú problémy, ktoré sťažujú objektívne posúdenie výkonnosti firiem orientovaných na reprodukciu a využívanie prírodných zdrojov.

2. KRITÉRIA VÝKONNOSTI FIRMY -VŠEOBECNÉ TEORETICKÉ VÝCHODISKÁ

Základným kvantitatívnym kritériom výkonnosti firmy je jej čistá súčasná hodnota. Jej vývoj identifikuje riadiace aktivity manažmentu ktoré prispievajú k zveľaďovaniu majetku. Hodnota firmy je (pre vlastníkov) daná súčtom všetkých budúcich hotovostných tokov diskontovaných alternatívnymi nákladmi vlastného kapitálu. Čistá súčasná hodnota (NPV) je kritériom na základe ktorého možno posúdiť stupeň naplnenia cieľov vlastníkov, tz. či došlo k zvýšeniu hodnoty firmy.

Využitie kritéria čistej súčasnej hodnoty umožňuje oddeliť vlastníctvo a manažment firmy. Toto kritérium tiež umožňuje integrovať záujmy vlastníkov a manažmentu.

Čistá súčasná hodnota ako vnútorná hodnota firmy je daná súčtom súčasných hodnôt budúcich peňažných tokov z firmy vlastníkovi.

$$P_0 = \sum_{t=1}^{H} \frac{FT_t}{(1+r_e)^t} + \frac{P_H}{(1+r_e)^H} \tag{1}$$

P_o – súčasná hodnota firmy,
P_H – hodnota firmy v poslednom roku,
t – finančné roky,
r_e – alternatívne náklady vlastného kapitálu,
FT_t – finančné toky vlastníkom.

V prípade že ide o pravidelne rastúcu hodnotu finančných tokov potom

$$P_0 = \frac{FT_1}{r_e - g} \tag{2}$$

g – tempo (ročne) rastu FT.

Niektorí autori (Neumaierová, I., Neumaier, I., 2002) navrhujú pri praktickom odhade hodnoty firmy časové obdobie vývoja firmy rozdeliť do troch časových etáp. Prvá etapa zahrňuje obdobie v ktorom je možné bez väčších problémov odhadnúť finančné toky firmy, druhé obdobie zahrňuje roky investičných aktivít až po stabilizáciu finančných tokov a tretie obdobie je obdobím v ktorom je možné odhadnúť výšku trvalo udržateľných finančných tokov. (viď. Neumaierová, I., Neumaier, I., 2002)

Vzťah (2) vyjadruje hodnotu firmy za podmienky pravidelného tempa rastu finančných tokov (g). Vo všeobecnom tvare odhad súčasnej hodnoty firmy je možné formulovať

$$P_0 = \frac{ESP_1}{r_e} + PVGO \tag{3}$$

ESP – finančné toky vlastníkov v prvom roku,
PVGO – súčasná hodnota rastových príležitostí.

Rastové príležitosti sa odhadujú na základe finančných tokov z reinvestovaného kapitálu v prepočte na súčasnú hodnotu a to:

$$PVGO = \frac{NPV_I}{r_e} \tag{4}$$

NPV_I – čistá súčasná hodnota investícií,
r_e – alternatívne náklady vlastného kapitálu,

$$NPV_I = -I_I + \frac{ESP_I}{r_e} \tag{5}$$

kde I_I – investovaný kapitál,
ESP_I – finančné toky z investovaného kapitálu.

Keď firma využíva vlastný kapitál pre investovanie, potom je potrebné od finančných tokov majiteľov odpočítať jeho hodnotu. Vzťah (3) možno upraviť

$$P_o = \frac{ESP_I}{r_e} - VKI + PVGO \tag{6}$$

kde VKI – investovaný vlastný kapitál.

Vzťah (6) možno ďalej upresniť

$$P_o = \left(\frac{ESP_I}{VK} - r_e\right).VK + PVGO \tag{7}$$

$$\frac{ESP_I}{VK} \text{ – je ukazovateľ návratnosti vlastného kapitálu (ROE)} \tag{8}$$

Firma zveľaďuje svoj majetok (investíciami) keď

$$\frac{ESP_I}{VK} > r_e$$

Pre posúdenie výkonnosti firmy je dôležité aby rozdiel ROE – r_e bol kladný. Len v tom prípade investície do firmy prinášajú väčšiu hodnotu ako alternatívne investovanie. Väčšiu vypovedaciu schopnosť výkonnosti firmy má ukazovateľ ekonomickej pridanej hodnoty (EVA economic value added).

$$EVA = ČZ - VK \,.\, r_e \tag{9}$$

kde ČZ – čistý zisk,
VK – vlastný kapitál.

Tento ukazovateľ udáva zisk ktorý firma vytvára prostredníctvom investovania „naviac“ v porovnaní s alternatívnym investovaním. Súčin VK . r_e je výška nákladov na vlastný kapitál. Ukazovateľ EVA udáva skutočný nárast hodnoty firmy.

Ukazovateľ EVA, tak ako je uvedený vo vzťahu (9), je absolútne číslo. Pre porovnanie výkonnosti viacerých firiem je vhodné ho prepočítať na jednotku vlastného kapitálu. Potom

$$\frac{EVA}{VK} = ROE - r_e \tag{10}$$

Výnosnosť celkového kapitálu porovnáme s nákladmi na kapitál

$$\frac{HZ(1-d)}{VK+CK} > \text{WACC} \tag{11}$$

kde HZ – zisk pred zdanením,
d – daňová sadzba (daň z príjmu),
CK – cudzí kapitál,
WACC – náklady celkového kapitálu (vážený aritmetický priemer nákladov).

Čistý zisk a ekonomický zisk (EVA) sú indikátory krátkodobej výkonnosti firmy. Dlhodobá výkonnosť sa môže posúdiť alternatívnymi ukazovateľmi (zisk, EVA) tz. schopnosťou dosiahnuť v dlhodobom časovom horizonte prijateľné ukazovatele a ich prepočtom na čistú súčasnú hodnotu.

Keď hodnota rastových príležitostí je nulová (PVGO), potom čistá súčasná hodnota firmy (NPV)

$$NPV = \frac{CZ}{r_e} - VK \tag{12}$$

a ekonomická pridaná hodnota (EVA)

$$\text{EVA} = \text{NPV} \,.\, r_e \tag{13}$$

Z podmienky PVGO = 0 vyplýva, že zisk sa vyplatí vlastníkom, alebo sa použije na jednoduchú reprodukciu, ktorej príspevok k zisku firmy je nulový.

Často sa používa v prípade hodnotenia akciových spoločností ukazovateľ trhovej pridanej hodnoty (MVA)

$$\text{MVA} = \text{P} - \text{BV} \tag{14}$$

kde P – trhová cena akcií,
BV – účtovná hodnota vlastného kapitálu.

Indikátorom dlhodobej výkonnosti firmy po započítaní rastových možností je ukazovateľ

$$NPV_D = \frac{EVA}{r_e} + PVGO \tag{15}$$

Problém vyčíslenia rastových príležitostí je špecifickým problémom a jeho kvantifikácia vyžaduje analýzu efektívnosti investícií firmy.

2.1 Problémy s diskontnou sadzbou

Diskontná sadzba predstavuje alternatívne náklady kapitálu. Ide teda o výnosnosť investícií, ktoré majú rovnaké riziká ako daná firma (investičné firmy). Kvantifikáciu rizika je prakticky nemožné objektívne kalkulovať. Pri rozvinutom, efektívnom a likvidnom kapitálovom trhu je populárny model oceňovania kapitálových aktív (CAPM), ale i ďalšie metódy, ktoré sa opierajú o kapitálový trh. Niektorí autori (Brealy, A., Myers, C., 1993) za vhodnejší odhad alternatívnych nákladov kapitálu považujú model APT (arbitrage pricing theory), ktorý berie do úvahy niektoré konkrétne fundamentálne faktory na ktoré je firma citlivá. Vývoj fundamentálnych faktorov determinujúcich firiem je možné ľahšie prognózovať ako vývoj indexov kapitálového trhu o ktoré sa model CAPM opiera. Najnovšie výskumy v tomto smere ukázali, že kapitálový trh akceptuje dva druhy rizík – rizikovú prirážku menším firmám za nižšiu likviditu (ich akcií) a rizikovú prirážku firmám, ktorých trhová hodnota akcií neprevyšuje účtovnú hodnotu (neperspektívne firmy).

Alternatívne náklady potom (r_e)

$$r_e = r_f + PR$$

r_f – výnosnosť bezrizikových aktív (krátkodobé štátne dlhopisy).

Famo a French definujú rizikovú prémiu

$$PR = r_L + r_P$$

PR – riziková prémia,
r_L – riziková prirážka za likviditu,
r_P – riziková prirážka za neperspektívnosť firiem.

Existuje celý rad štúdií, ktoré na základe ratingu, pomocou matematicko-štatistických metód udeľujú rating a na základe ratingu identifikujú riziko firmy a kvantifikujú rizikovú prémiu. Problematika podrobného postupu stanovenia alternatívnych nákladov kapitálu prekračuje zámery tohto príspevku. Je však treba uviesť, že stanovenie alternatívnych nákladov kapitálu závisí aj na cieli ohodnotenia výkonnosti firmy. Keď sa posudzuje dynamika výkonnosti tej istej firmy je objektívne použiť dosiahnutú sadzbu kvantifikovanú ako návratnosť vlastného kapitálu (ROE) alebo celkového kapitálu (ROA).

3. PROBLÉMY PODNIKOV OBHOSPODARUJÚCICH LES

Firmy obhospodarujúce les majú celý rad špecifík, ktoré komplikujú odhad trhovej ceny podniku i posúdenie výkonnosti. Vážnym problémom sú informácie o majetku

firmy. Lesná pôda je súčasťou aktív firmy jej cena je určená administratívne a neudáva objektívne jej produkčnú schopnosť (Hajdúchová, I., 2000) . Lesné porasty sú nositeľom podstatnej časti trhových komodít ale ich hodnota nie je súčasťou ekonomickej evidencie. Štruktúra lesných porastov podstatne ovplyvňuje budúce finančné toky. Odhad je závislý na etáte, ktorý je možné bilancovať podľa porastov a okrem prácnosti, jeho odhad nespôsobuje vážnejšie problémy.

Teoreticky však nie je vyriešené posudzovanie nákladov na reprodukciu lesa (náklady pestovnej činnosti). Z hľadiska účtovnej evidencie sú klasifikované ako prevádzkové náklady. Z hľadiska ekonomického však majú charakter investičných nákladov. Ich efektívnosť sa vzhľadom na dlhú reprodukčnú dobu prejavuje s veľkým časovým spozdením. Za prevádzkové náklady z hľadiska ekonomickej teórie je ich možné pokladať vtedy, keď sú vynakladané na zabezpečenie jednoduchej reprodukcie lesného fondu. Pri hodnotení krátkodobej efektívnosti podniku je potrebné odstrániť nutnosť nerovnomerného vynakladania nákladov na pestovnú činnosť a dosahovanie nepravideľných výnosov. Tento problém je zvlášť výrazný v rokoch, keď lesný podnik spracováva kalamitu nadmernými (nadštandardnými) ťažbami dreva, čím dosahuje neštandardné výnosy a náklady na zakladanie porastov a následne náklady na výchovu sa vynakladajú s časovým spozdením (2 až 30 rokov). To nadhodnocuje výkonnosť podniku v prvých rokoch a znižujú výkonnosť podniku s časovým spozdením.

Vážnym problémom ktorý ovplyvňuje kvantifikáciu výkonnosti i hodnoty firmy je diskontná sadzba. Hodnota diskontnej sadzby, ako sme uviedli vpredu sú alternatívne náklady kapitálu s podobným (tým istým) rizikom ako investície do lesa.

Diskontná sadzba zahrňuje výnos z bezrizikových aktív, riziko za likviditu, prirážku za riziko podnikateľské a obchodné riziko. Často sa manipuluje s tzv. lesnou úrokovou mierou, pričom jej teoretická podstata ostáva dosť nejasná. Riešenie kvantifikácie diskontnej sadzby vyžaduje teoretickú analýzu.

Výnosy z bezrizikového aktíva sa najčastejšie odvodzujú z výnosov dlhodobých štátnych obligácií čo je prijateľné aj pre lesné podniky. Výnosy zo štátnych obligácií však zahrňujú riziko inflácie tým, že sú často viazané na mieru inflácie alebo diskontnú sadzbu národnej banky. Výnosy z drevoprodukčnej funkcie lesa však (pravdepodobne) nepodliehajú inflácii (Šulek, R., 2005, Trenčiansky, M.). Ceny dreva a náklady na ťažbovú činnosť pravdepodobne kopírujú dlhodobú infláciu. Z tohoto hľadiska základná diskontná sadzba pre hodnotenie výkonnosti lesných podnikov má byť menšia ako diskontná miera štátnych obligácií. (Pravdepodobne o mieru inflácie).

Dlhodobé podnikateľské riziko lesných podnikov vyplýva z poškodzovania lesných porastov a prejavuje sa znížením zakmenenia respektívne predčasnou likvidáciou porastov.

4. EXPERIMENTÁLNE HODNOTENIE

Na Slovensku existujú rôzne právne formy podnikania, ktoré sú viazané na obhospodarovanie lesného majetku. Najčastejšie sú to - štátny podnik, obchodné spoločnosti, družstvá, pozemkové spoločenstvá a niektoré ďalšie. To modifikuje ich správanie k majiteľom i motiváciu na prosperite firmy. Mestské a obecné lesné majetky sú často spravované spoločnosťami s ručením obmedzením, ktoré sú motivované k financovaniu aktivít mesta alebo obcí a manažment je „hodnotený" na základe krátkodobých hospodárskych výsledkoch čo sa môže prejaviť v dlhodobej výkonnosti lesného majetku. Podobné tendencie sú žiaľ aj v štátnych lesoch keď manažment sa prezentuje krátkodobými výsledkami. Prijatie princípov hodnotenia dlhodobej výkonnosti lesného majetku môže prispieť k objektívnemu hodnoteniu manažmentu.

Keď vychádzame z teórií a prijmeme hypotézu, že cena dreva kopíruje infláciu potom môžeme kvantifikovať alternatívne náklady ako rozdiel medzi výnosmi z dlhodobých štátnych obligácií a výškou inflácie. V roku 2004 boli desaťročné obligácie emitované s výnosom 4,9 % až 5,1 % a výška inflácie dosiahla hodnotu 5,9 %. Potom alternatívne náklady dosahujú zápornú hodnotu 0,7 až 0,4 čo je ťažko prijateľné. Ide o ekonomický paradox tranzitnej ekonomiky.

Odhad rizika z investovania do reprodukcie lesa vyžaduje dlhodobé pozorovanie. V tejto etape riešenia sme navrhli algoritmizáciu odhadu rizika a jeho kvantifikáciu. Riziko z investovania do reprodukcie môžeme definovať ako rozdiel medzi očakávanými výnosmi pri plnom zakmenení porastov a reálnymi výnosmi z porastov so znížením zakmenenia v dôsledku poškodenia porastov (Hajdúchová, I., 2004). Kvantifikáciu rizikovej prirážky môžeme algoritmovať:

$$RVB = \left(\frac{\sum_t V_t \left(1+r_a\right)^{n-t}}{\sum_t \frac{N_t}{\left(1+r_b\right)^t}} \right)^{1/n} - \left(\frac{\sum_t VZ_t \left(1+r_a\right)^{n-t}}{\sum_t \frac{NZ_t}{\left(1+r_b\right)^t}} \right)^{1/n} \tag{16}$$

kde: V_t – výnosy z porastov pri plnom zakmenení, t – roky, N_t – náklady na obnovu, výchovu a ťažbu, r – diskontná sadzba bezrizikových aktív, n – rubný vek, VZ_t – výnosy v porastoch so zníženým zakmenením, NZ – náklady na obnovu, výchovu a ťažbu v porastoch poškodených (zníženie akmenenia).

Výsledky odhadu rizika sú v tab. 1. Interpretácia výsledkov tabuľky je napr. keď dôjde k zníženiu zakmenenia na 0,9 v sedemdesiatom roku, potom riziková prirážka je 0,06 %. Riziková prirážka predstavuje ročnú stratu na výnosoch z lesa tým, že sa zníži zakmenenie. Výnosy z predčasného zníženia zakmenenia sme prolongovali do rubného veku ročným priemerným hodnotovým relatívnym prírastkom. Najvyššia riziková prirážka je 1,56 %, tzn. keď dôjde k predčasnej likvidácii porastu v 50 tom roku (posledný riadok a stĺpec tabuľky 1).

Na základe uvedených prístupov môžeme definovať diskontnú sadzbu pre investovanie do lesa.

$$r_e = r_f - i + r_L$$

kde: r_f – výnosy bezrizikových aktív,
i – miera inflácie,
r_L – riziková prirážka z investovania do lesných porastov.

Keď použijeme údaje z r. 2004, 2005 potom

$$r_e = 5{,}3 - 3{,}9 + r_f$$

Napr. pre drevinu smrek sa zakmenením v rubnom veku 0,7 keď k zníženiu zakmenenia došlo v 70-tom roku riziková prirážka je 0,28 %. Potom diskontná sadzba

$$r_e = 1{,}4 + 0{,}28 = 1{,}68\ \%$$

Na základe uvedených predpokladov môžeme odhadnúť trhovú hodnotu podniku (drevoprodukčných výnosov) podľa vzorca (3) keď PVGO = 0 podľa rokov pre SSŠL, r. 1995 na 688,4 ml. Sk, r. 1996 na 763,3 mil. Sk, r. 1997na 1 164 mil. Sk. Ide samozrejme len o odhad na základe drevoprodukčných funkcií a za predpokladu, že náklady na pestovnú a ťažbovú činnosť sa budú vyvíjať rovnakým tempom. Ekonomická pridaná hodnota pre ten istý podnik na základe vzorca (9) stanovíme:

$$EVA_{95} = 11\ 565 - 2262400\ .\ 0{,}0168 = 11\ 565 - 38\ 008 = -26\ 443$$

Podobne pre ďalšie roky:

$$EVA_{96} = 12\ 827 - 2179436 - 2179436\ .\ 0{,}0168 = -23\ 787$$

$$EVA_{97} = 19\ 554 - 1782349\ .\ 0{,}0168 = -10\ 389$$

Postup, ktorý sme zvolili k výpočtu ekonomickej pridanej hodnoty dáva záporné výsledky. To je možné vysvetliť tým, že rátame len s drevoprodukčnými výnosmi a zanedbávame nedrevoprodukčné, ktoré sú často v rozpore. Trend vývoja ukazovateľa EVA je stúpajúci čo naznačuje dobrý trend ekonomického vývoja.

Ďalej predpokladajme, že strategickým cieľom je udržať produkčnú schopnosť lesov a s nulovou ekonomickou pridanou hodnotou. Potom EVA = 0 a hodnota zisku vrátane výnosov za nedrevoprodukčné funkcie je

EBIT = HNF – VK . 0,0168 = 0

HNF = VK . 0,0178 – EBIT

HNF = 1782349 . 0,0178 – 19827

HNF = 10 116 tis. Sk

HNF – hodnota nedrevoprodukčných funkcií (ročná).

5. DISKUSIA

V práci sme odvodili teoretický postup hodnotenia výkonnosti lesných podnikov na základe ukazovateľov diskontovanej čistej hodnoty (P_o) a ukazovateľa ekonomickej pridanej hodnoty. V tejto etape sme predpokladali, že súčasná hodnota rastových príležitostí je nulová (PVGO = 0). To je v súčasnej etape ekonomického vývoja lesného hospodárstva prijateľné.

Vážnym problémom pri kvantifikácií ukazovateľov hodnotenia výkonnosti firmy je odhad diskontnej sadzby (alternatívne náklady kapitálu). V práci sme vypracovali metodiku na základe, ktorej je možné diskontnú sadzbu pre podniky obhospodarujúce les odhadnúť. Aj tu sme vychádzali z určitých zjednodušujúcich predpokladov. Riziko sme definovali ako stratu zo zníženia zakmenenia. Zanedbali sme však zníženie prírastku spôsobeného defoliáciou čo môže v niektorých oblastiach silne poškodzovaných exhalátmi zvýši riziko strát. Druhým problémom, ktorý je potrebné riešiť je pravdepodobnosť odhadu zníženia zakmenenia v rubnom veku. V príklade, ktorý uvádzame sme rátali riziko v troch variantoch – zníženie zakmenenia v sedemdesiatom, šesťdesiatom a päťdesiatom roku. Alternatívne prepočty sú len technickou záležitosťou. Odhad ich pravdepodobnosti výskytu však vyžaduje ďalšie šetrenia a podľa regiónov Slovenska alebo v širšom regiónov Európy.

Pri odhade hodnoty nedrevoprodukčných funkcií sme vychádzali z hypotézy, že ekonomická pridaná hodnota je rovná nule a teda lesný majetok sa využíva (pre predikciu dreva a nedrevoprodukčné funkcie) na rovnakej úrovni. Potom hodnota nedrevoprodukčných funkcií lesného majetku (Severoslovenské lesy, š. p.) je približne 10 mil. Sk ročne. Tu znovu predpokladáme, že využívanie drevoprodukčnej funkcie podniku v SSŠL bolo štandardné. K takejto hypotéze sme pristúpili na základe toho, že uvedený podnik mal v r. 1996, 1997, 1998 radové podobný zisk i stabilnú hodnotu vlastného kapitálu.

6. ZÁVER

Hodnotenie výkonnosti firiem obhospodarujúci les je serióznym problémom teórie riadenia v trhovom prostredí. Štandardné hodnotenie s využívaním krátkodobého zisku vedie k nadmernému využívaniu prírodných zdrojov a má vážne dôsledky na stav

lesa, jeho trvalé obhospodarovanie v rovnováhe medzi drevoprodukčnými a nedrevoprodukčnými funkciami. Postup hodnotenia firiem, ktorý sme vypracovali a prezentujeme v člnáku vychádza z určitých predpokladov a odchýlky od predpokladov môžu deformovať odhad kvantifikaovaných ukazovateľov.

Metodický postup je potrebné overiť na štatisticky preukázateľných súborov podnikov a teoretický dopracovať odhad pravdepodobnosti rizika zníženia zakmenenia, rizika zníženia prírastku spôsobného defoliáciou a efektívnosti pestovných prác, ktoré sú predpokladom k zvyšovaniu hodnoty firmy využitím rastových (ekonomických) príležitostí.

Tab. 1 Riziková prirážka z investovania do lesa (drevina smrek, rubný vek 100 r. (v %))
Tab. 1 Forest Investition Risk Premium (%), (spruce stands 100 years)

Zakmenenie	**Vek zníženia zakmenenia**		
	70 r.	**60 r.**	**50 r.**
1,00	0	0	0
0,95	0,03	0,04	0,05
0,90	0,06	0,09	0,11
0,85	0,08	0,13	0,16
0,80	0,11	0,18	0,22
0,75	0,14	0,23	0,28
0,70	0,17	0,28	0,34
0,65	0,20	0,33	0,40
0,60	0,23	0,38	0,47
0,55	0,27	0,44	0,53
0,50	0,30	0,49	0,60
0,45	0,33	0,55	0,68
0,40	0,36	0,61	0,75
0,35	0,40	0,67	0,83
0,30	0,43	0,74	0,91
0,25	0,47	0,80	1,0
0,20	0,50	0,88	1,10
0,15	0,54	0,95	1,20
0,10	0,58	1,03	1,31
0,05	0,61	1,11	1,43
0	0,65	1,20	1,56

Literatúra

1. Brealy, A., Myers, C.: Teórie a praxe firemních financí. Praha, Inc., Victoria Publising 1993, 971 s.
2. Hajdúchová, I.: Finančná analýza podniku. Vedecké štúdie 3/2000/A, TU vo Zvolene, s. 54,
3. Hajdúchová, I.: Identifikácia a kvantifikácia podnikateľského rizika lesných podnikov, Acta Facultatis Forestalis, TU vo Zvolene, 2004, s. 351–362.
4. Mařik, M., Maňková, P.: Moderní metódy hodnotení výkonnosti a oceňovaní podniku. Inc. Praha Ekopress 2001, 70 s.
5. Neumaierova, I., Neumaier, I.: Výkonnosť a tržní hodnota firmy, Grada Publishing a. s. 104, 2002, ISBN 80-247-0125-1.
6. Šulek, R.: Volalita cien na trhu s drevom, Acta Facultatis Forestalis, TU vo Zvolene 2005, s. 403–411.
7. Šulek, R.: Marketingové riadenie lesných podnikov. Vedecké štúdie, TU vo Zvolene, s. 59 ISBN 80-228-1417-2.
8. Trenčiansky, M.: Dopyt po sortimentoch dreva na trhu v SR. Acta Facultatis Forestalis, TU vo Zvolene, XLVI, 2004, s. 363–375, ISBN 80-228-1411-3.
9. Trenčiansky, M.: Ekonomická analýza dopytu po vlákninovom dreve v SR. In. Predvstupové stratégie v národnom hospodárstve. Agentúra Slovenskej akadémie pôdohospodárskych vied. Nitra, s. 420–424, ISBN 80-89162-02-9, EAN 9788089162024.

Adresa autora:
prof. Ing. Ivan Kolenka, DrSc.
Katedra ekonomiky a riadenia lesného hospodárstva
Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen

e-mail: ikolenka@vsld.tuzvo.sk

Theoretical problems of efficiency evaluation of forest management firms

Resume

Value of the firm which manages forest is theoretical and practical problem. Author in the paper analyses theoretical approach to valuation of the firms by the quantification of present value growing opportunity and economic added value. Quantification of the indicators is sensitive in estimate to discount rate. The author presents approach to the quantification of the discount rate which bases on the state bonds rate, rate of inflation and forest investment risk. Forest investment risk is defined as the deviation from full density yield of the forest stands and yield of the standard density.

ACTA FACULTATIS FORESTALIS XLVIII
ZVOLEN – SLOVAKIA 2006

ANALÝZA VPLYVU RUBNÉHO VEKU NA VZNIK A VÝVOJ NEPRAVÉHO JADRA BUKOVÉHO DREVA

Marek T R E N Č I A N S K Y – Ivan K O L E N K A

Trenčiansky, M., Kolenka, I.: Analýza vplyvu rubného veku na vznik a vývoj nepravého jadra bukového dreva. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLVIII**, 2006, s. 453–466.

Na základe analýzy ťažby dreva v 105, 110, 130 a 145 ročných bukových porastoch sa skúma vplyv veku na vznik, vývoj a metamorfózu foriem nezdravého jadra. Štatistická analýza potvrdila, že vplyvom veku dochádza k metamorfóze zo zdravých foriem jadra na nezdravé a zväčšovanie jeho podielu na hrúbke kmeňov.

Kľúčové slová: buk, nepravé jadro, rubný vek

1. ÚVOD

Cieľom práce je analýza vplyvu veku porastov na vznik, vývoj a metamorfózu foriem jadra buka s následnou kvantifikáciou. Riešenie problematiky nadväzuje na výsledky riešenia z r. 2004, kde boli analyzované porasty vo veku 130 a 105 rokov. V roku 2005 boli analyzované bukové porasty vo veku 115 a 145 rokov. Tým sa predĺži časový rad skúmania vývoja tvorby a metamorfózy bukového jadra. Tvorba nepravého jadra u buka má vplyv na technické vlastnosti dreva a na jeho ekonomické zhodnotenie.

Rubný vek bukových porastov sa pohybuje okolo 130 rokov. V tomto veku nepravé jadro u buka podstatne znehodnocuje bukové drevo a znižuje výťaž cennejších sortimentov. Znížením rubného veku nedochádza k znehodnocovaniu dreva nepravým jadrom, na druhej strane neumožňuje využiť hrúbkový prírastok. Z týchto dôvodov je potrebné hľadať optimálne, kompromisné riešenie medzi uvedenými tendenciami. Optimálne stanovenie rubného veku ovplyvňuje rentabilitu a finančné postavenie lesných podnikov (Hajdúchová, 1998, 2000), nákladovosť lesnej výroby (Cukerová, Šálka, 1999) a výnosovú mieru projektov hospodárenia na lesnej pôde (Holécy, 1999).

2. METODIKA PRÁCE

2.1 Informácie

Pre potreby práce bola spravená analýza bukových porastov na VšLP – TU vo Zvolene s nasledovnými základnými charakteristikami.

Tab. 1 Základné charakteristiky analyzovaných porastov
Tab. 1 Grundcharakteristik der analysierten Beständen

Porast *Bestand*	556a	385	511b	418
Vek *Alter*	105	115	130	145
výmera (ha) *Ausmass*	6,37	8,87	5,54	6,87
zakmenenie *Bestockungsgrad*				
	0,8	0,8	0,7	0,7
zastúpenie *Baumartvertretung*				
	bk 0,82, jav 0,18	bk 0,82, db 0,03, cr 0,15	bk 0,91, db 0,04, bor 0,03, sm 0,01, hb 0,01	bk 0,9, db 0,1
Zásoba *Vorrat*	bk 2242 m^3, jav 713 m^3	bk 3229 m^3, db 89 m3, cr 435 m^3	bk 2408 m^3, db 69 m^3, bor 48 m^3, sm 55 m^3, hb 14m^3	bk 3836, bd 324
pôdny typ *Bodentyp*			hnedá, lesná, humózna	kamenistá
Expozícia *Exposition*	V	Z	Z	V
sklon (%) *Schiefe*	40	40	50	30
forma a fáza obnovy *Form der Massnahme*				
	Presvetľov. rub	dorub	clonný rub, dorub	dorub

Ako je možné z tab. 2 identifikovať ide o prijateľný homogénny súbor (expozícia, sklon, fáza obnovy) porastov, ktorého faktory majú podstatný vplyv na tvorbu nepravého jadra. Úplne homogénny súbor, tzn. s istou expozíciou, sklonom i formou obnovy nie je možné v tak krátkom období vytvoriť. Neúplná homogenita súboru znižuje koreláciu medzi vekom, tvorbou a metamorfózou nepravého jadra.

Celkové riešenie zahrňuje štyri porasty vo veku 105, 115, 130, a 145 rokov. Tvoria podľa veku časový rad 40 rokov. Doterajšia analýza potvrdila skutočnosť, že vplyvom veku dochádza k zvýšeniu výskytu nepravého jadra u buka, k jeho metamorfóze od zdravých k nezdravým formám a zároveň k zvyšovaniu jeho podielu na hrúbke kmeňov. Štatistické spracovanie informácií a testovanie umožňuje identifikovať (potvrdiť alebo odmietnuť) vplyv veku na tvorbu jadra a jeho metamorfózu.

Manipulácia vyťaženého dreva sa robila na lokalite odvozné miesto podľa kvalitatívnych a kvantitatívnych znakov v súlade s technickými normami (STN). Drevo bolo merané pred manipuláciou ako surové kmene a po manipulácií ako výrezy podľa kvalitatívnych a hrúbkových tried. Priemerné hrúbky, výšky a objem kmeňov v jednotlivých porastov sú v tab. 2. Základné informácie podľa kmeňov a výrezov sú u riešiteľov.

Tab. 2 Priemerná hrúbky d 1,3; výšky a objemy kmeňov
Tab. 2 Durchschnittliche Durchmesser (d – 1,3 m), Höhe und Volumen von den Stämmen

porast (vek) *Bestand (Alter)*	hrúbka d 1,3 (cm) *Durchmesser*	výška (m) *Höhe*	objem (m^2) *Volumen*
566 (105 r.)	46.34	25.63	2.12
385 (115 r.)	52.37	25.69	2.88
511 (130 r.)	46.47	22.61	1.98
418 (145 r.)	56,88	28,59	3,61

Celkom bola spravená analýza na 219 kmeňoch v objeme 529,44 m^3. Podľa jednotlivých porastov – 566: 77 ks kmeňov, 163,61 m^3 dreva, 385: 63 ks kmeňov, 181,72 m^3 dreva, 511: 62 ks kmeňov, 122,8 m^3 dreva, 418: 17 ks kmeňov, 61,31 m^3 dreva.

Keď porovnávame technické parametre porastov v závislosti na veku je zrejmé, že porast 511 (130 r.) nie je konzistentný s ďalšími porastami zastúpenými v skúmanom súbore. Priemerná hrúbka a výška sú menšie ako u mladších porastov. Jeho rastová intenzita je zrejme ovplyvnená inými faktormi čo môže mať vplyv na tendenciu vývoja nepravého jadra.

2.2 Spracovanie informácií

Analýza vplyvu veku na tvorbu jadra je spravená v dvoch etapách. V prvej etape je spravená analýza výskytu nepravého jadra podľa počtu kmeňov. V druhej časti je spravená analýza výskytu nepravého jadra podľa objemu. Nepravé jadro je charakterizované piatimi typmi: zdravé okrúhle, zdravé mramorové, nezdravé plamencové, nezdravé s tvrdou hnilobou a nezdravé s mäkkou hnilobou. Súčasťou obidvoch etáp je analýza jadra podľa veľkosti na základe podielu veľkosti jadra na hrúbke kmeňa.

Podiel je kvantifikovaný v zatriedení do štyroch tried – do 10 % podielu, od 10 do 30 %, 31–50 % a nad 50 % podielu jadra na hrúbku kmeňa.

Uvedené etapy analýzy sú spravené za účelom overenia a potvrdenia hypotézy o vplyve veku na tvorbu nepravého jadra a metamorfózy zo zdravých foriem jadra na nezdravé v rozšírenom časovom rade 105–145 rokov.

Závislosť výskytu jadra od veku a závislosť veku a veľkosti nezdravých a zdravých foriem jadra sa hodnotila v kontigenčných tabuľkách, výpočtom korelačného koeficientu (R) a zisťovaním jeho významnosti testom χ^2 na hladine významnosti $\alpha = 0{,}05$. (Šmelko, Š., Wolf, J. 1977).

3. VÝSLEDKY

3. 1 Analýza výskytu nepravého jadra podľa počtu kmeňov

V analýze výskytu nepravého jadra podľa počtu kmeňov identifikujeme a kvantifikujeme závislosti medzi vekom a formami jadra a medzi vekom a veľkosťou jadra.

Vek porastu a formy nepravého jadra

Analýza výskytu nepravého jadra je spravená v tab. 3, z ktorých je možné identifikovať základné tendencie vývoja jadra.

Tab. 3 Výskyt jadra podľa počtu kmeňov v porastoch
Tab. 3 Vorkommen des Holzkernes in Beständen nach Stückanzahl

porast (*Bestand*) vek (*Alter*)	556a 105 rokov		385 115 rokov		511b 130 rokov		418 145 rokov	
	PK	%	PK	%	PK	%	PK	%
bez jadra (0) *ohne Kern*	34	44,2	2	3.2	8	12,9	0	0
zdravé okrúhle (1) *gesunder Rundkern*								
	8	10,4	21	33.3	15	24,2	0	0
zdravé mramorové (2) *marmornartiger, gesunder*								
	4	5,2	16	25.4	18	29,0	0	0
nezdravé plamencové (3) *ungesunder Sternkern*								
	22	28,6	3	4.8	11	17,7	12	70,6
nezdravá hniloba tvrdá (4) *ungesundere harte Fäule*								
	3	3,9	6	9.5	3	4,8	3	17,6
nezdravá hniloba mäkká (5) *ungesundere weiche Fäule*								
	6	7,8	10	15.9	7	11,3	2	11,8
spolu *insgesamt*	77	100	63	100	62	100	17	100

PK – Počet kmeňov – *Anzahl von Stämmen*,
% – % podiel z celkového počtu kmeňov, % *Anteil von gesamten Stammanzahl*

Závislosť výskytu jadra od veku je kvantifikovaná a štatisticky overená v kontingenčnej tab. 4.

Tab. 4 Závislosť výskytu jadra od veku (relatívne početnosti)
Tab. 4 Abhängigkeit vom Vorkommen des Holzkernes vom Alter (relative Häufigkeiten)

vek porastu *Bestandsalter*	bez jadra *ohne Kern*	zdravé jadro *gesunder Kern*	nezdravé jadro *ungesunder Kern*
105	44,2	15,6	40,3
115	3,2	58,7	38,1
130	12,9	53,2	33,8
145	0	0	100

R = 0,47 χ^2 = 213,73 (12,59)

Porast 105 r. – Bez jadra až 44,2 % kmeňov. Výskyt zdravého jadra relatívne klesá od okrúhleho na mramorové 5,2 %. Výskyt nezdravého jadra (plamencové) je 28 % a relatívne klesá (Tab. 3).

Porast 115 r. – Bez jadra len 3,2 % kmeňov a výskyt jadra má stúpajúcu tendenciu k „horším“ typom jadra. U nezdravého jadra je tendencia k rastu relatívneho zastúpenia kmeňov s hnilobou tvrdou a mäkkou.

Porast 130 r. – V poraste je tendencia k relatívnemu rastu počtu kmeňov s horším typom zdravého jadra a zvyšovanie počtu kmeňov s nezdravým jadrom.

Porast 145 r. – V poraste sa nevyskytol žiaden kmeň bez jadra, resp. kmeň so zdravýn jadrom. Všetky analyzované kmene potvrdili výskyt nezdravých foriem jadra s najvyšším zastúpením jeho plamencovej formy.

Hore uvedené popisné tendencie boli overené štatisticky. Výsledkom je kontingenčná tabuľka (Tab. 4), v ktorej sa hodnotí tendencia rastu podielu kmeňov v smere: bez jadra, zdravé jadro, nezdravé jadro. Táto tendencia sa štatisticky potvrdila s korelačným koeficientom R = 0,47 ktorý je štatisticky významný χ^2 = 213,73 (hraničná hodnota χ^2 = 12,59).

Vek porastu a veľkosť nepravého jadra

V tabuľke 5, 6, 7, 8, je spravená analýza vývoja veľkosti jadra podľa porastov (porasty sú zoradené podľa veku) a druhu jadra.

Tab. 5 Počet kusov a percentuálny podiel veľkosti jadra z hrúbky kmeňa -Porast 556 a: 105 rokov
Tab. 5 Stückanzahl und % Anteil der Kerngrösse aus der Stammstärke –105 Jahre

	percentuálny podiel veľkosti jadra z hrúbky kmeňa *prozentuellen Anteil der Kerngrösse aus der Stammstärke*							
jadro *Kern*	< 10 %		10–0 %		30–50 %		> 50 %	
	ks *Stück*	% z cel. počtu kmeňov *% aus Stammanzahl*	ks	%	ks	%	ks	%
zdravé okrúhle (1) *gesunder Rundkern*	3	4,8	4	6,5	1	1,6	0	0,0
zdravé mramorové (2) *marmornartiger, gesunder*	2	3,2	2	3,2	0	0,0	0	0,0
nezdravé plamencové (3) *ungesunder Sternkern*	3	4,8	10	16,1	7	11,3	2	3,2
nezdravá hniloba tvrdá (4) *ungesundere harte Fäule*	1	1,6	0	0,0	1	1,6	1	1,6
nezdravá hniloba mäkká (5) *ungesundere weiche Fäule*	0	0,0	0	0,0	5	8,1	1	1,6
spolu *insgesamt*	9	14,5	16	25,8	14	22,6	4	6,5

Tab. 6 Počet kusov a percentuálny podiel veľkosti jadra z hrúbky kmeňa -Porast 385: 115 rokov
Tab. 6 Stückanzahl und % Anteil der Kerngrösse aus der Stammstärke –115 Jahre

	percentuálny podiel veľkosti jadra z hrúbky kmeňa							
jadro	< 10 %		10–30 %		30–50 %		> 50 %	
	ks	% z cel. počtu kmeňov	ks	%	ks	%	ks	%
zdravé okrúhle (1)	1	1,6	12	19,0	7	11,1	1	1,6
zdravé mramorové (2)	0	0,0	2	3,2	4	6,3	10	15,9
nezdr. plamencové (3)	0	0,0	0	0,0	2	3,2	6	9,5
nezdr. hniloba tvrdá (4)	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	9,5
nezdr. hniloba mokrá (5)	0	0,0	3	4,8	2	3,2	5	7,9
spolu	1	1,6	17	27,0	15	23,8	28	44,4

Tab. 7 Počet kusov a percentuálny podiel veľkosti jadra z hrúbky kmeňa -Porast 511 b: 130 rokov
Tab. 7 Stückanzahl und % Anteil der Kerngrösse aus der Stammstärke –130 Jahre

	percentuálny podiel veľkosti jadra z hrúbky kmeňa							
jadro	< 10 %		10–30 %		30–50 %		> 50 %	
	ks	% z cel. počtu kmeňov	ks	%	ks	%	ks	%
zdravé okrúhle (1)	0	0	6	9,7	7	11,3	2	3,2
zdravé mramorové (2)	0	0	5	8,1	11	17,7	2	3,2
nezdr. plamencové (3)	0	0	3	4,8	6	9,7	2	3,2
nezdr. hniloba tvrdá (4)	0	0	1	1,6	2	3,2	0	0,0
nezdr. hniloba mokrá (5)	0	0	1	1,6	2	3,2	4	6,5
spolu	0	0	16	25,8	28	45,2	10	16,1

Tab. 8 Počet kusov a percentuálny podiel veľkosti jadra z hrúbky kmeňa -Porast 418: 145 rokov
Tab. 8 Stückanzahl und % Anteil der Kerngrösse aus der Stammstärke –145 Jahre

	percentuálny podiel veľkosti jadra z hrúbky kmeňa							
jadro	< 10 %		10–30 %		30–50 %		> 50 %	
	ks	% z cel. počtu kmeňov	ks	%	ks	%	ks	%
zdravé okrúhle (1)	0	0	0	0	0	0	0	0
zdravé mramorové (2)	0	0	0	0	0	0	0	0
nezdr. plamencové (3)	0	0	1	5,9	7	41,2	4	23,5
nezdr. hniloba tvrdá (4)	0	0	2	11,8	1	5,9	0	0
nezdr. hniloba mokrá (5)	0	0	0	0	1	5,9	1	5,9
spolu	0	0	3	17,6	9	52,9	5	29,4

Porast 105 r. – Zdravé jadro sa vyskytuje prakticky do jednej tretiny priemeru. Dominantne je zastúpené nezdravé jadro plamencové s celkove cca 30 % výskytom z tretiny priemeru kmeňa.

Porast 115 r. – Ťažisko výskytu zdravého jadra sa posúva do polovice priemeru kmeňa. Nezdravé druhy jadra sa už menia na hnilobné formy a zaberajú 30 až 50 % z hrúbky kmeňa.

Porast 130 r. – Zdravé formy jadra sa zväčšujú do 50 % a nad 50 % hrúbky kmeňa. Nezdravé formy jadra zväčšujú svoj podiel na hrúbke kmeňa. Neprejavila sa tendencia rastu podielu hnilobných foriem jadra.

Porast 145 r. – Zdravé formy jadra sa nevyskytujú, Viac ako 60 % kmeňov je napadnutá nezdravým plamencovým jadrom vo veľkosti 30 % a viac z hrúbky kmeňa. Neprejavila sa tendencia rastu podielu hnilobných foriem jadra.

Tab. 9 Závislosť veku a veľkosti nezdravého jadra z hrúbky kmeňa (relatívne početnosti)
Tab. 9 Abhängigkeit des Alters und der Grösse des ungesunden Holzkernes aus der Stammstärke (relative Häufigkeiten)

	percentuálny podiel veľkosti jadra z hrúbky kmeňa *prozentuellen Anteil der Kerngrösse aus der Stammstärke*			
vek porastu *Bestandsalter*	< 10 %	10–30 %	30–50 %	> 50 %
105	6,4	16,1	21	6,4
115	0	4,8	6,4	26,9
130	0	8	16,1	9,7
145	0	17,7	52,9	29,4

R = 0,30 (0,36) χ^2 = 58,72 (16,92)

Tab. 10 Závislosť veku a veľkosti zdravého jadra z hrúbky kmeňa (relatívne početnosti)
Tab. 10 Abhängigkeit des Alters und der Grösse des gesunden Holzkernes aus der Stammstärke (relative Häufigkeiten)

	percentuálny podiel veľkosti jadra z hrúbky kmeňa			
vek porastu	< 10 %	10–30 %	30–50 %	> 50 %
105	8	9,7	1,6	0
115	1,6	22,2	17,4	17,5
130	0	17,8	29	6,4
145	0	0	0	0

R = 0,38 (0,42) χ^2 = 56.01 (16,92)

Štatisticky boli overené dve hypotézy:

S vekom porastu rastie podiel nezdravého jadra na hrúbke kmeňa (Tab. 9). Hypotéza sa potvrdila s R = 0,30 a χ^2 = 58,72 hraničná hodnota χ^2 = 16,92

Veľkosť zdravého jadra vyjadrená v podiele na hrúbke kmeňa rastie v závislosti na veku porastu (Tab. 10). Aj táto hypotéza sa štatisticky potvrdila R = 0,38 χ^2 =56,01.

Z uvedených analýz je možné zovšeobecniť predpokladané tendencie metamorfózy zdravého jadra na hnilobné formy nepravého jadra a rast podielu jadra s vekom porastu.

3.2 Analýza výskytu nepravého jadra podľa objemu

Analýza výskytu jadra podľa počtu kmeňov potvrdila rast počtu kmeňov s nepravým jadrom v závislosti od veku, metamorfózu zdravých foriem jadra na nezdravé a zvyšovanie veľkosti nepravého jadra.

Druhá časť analýzy posudzuje vplyv nepravého jadra na objem poškodenej hmoty v závislosti od veku porastov. To umožní posúdiť zmeny vo finančných výnosoch.

Vek porastu a formy nepravého jadra

V tabuľke 11 sú vypočítané podiely drevnej hmoty podľa druhu nepravého jadra, resp. hmoty bez jadra.

Tab. 11 Výskyt a podiel jadra na objeme kmeňov
Tab. 11 Vorkommen des Holzkernes in Beständen nach dem Volumen

porast vek	556a 105 rokov		385 115 rokov		511b 130 rokov		418 145 rokov	
	m^3	%	m^3	%	m^3	%	m^3	%
bez jadra (0)	67,32	41,1	2.9	1.6	10,72	8,7	0	0,0
zdravé okrúhle (1)	18,49	11,3	52.89	29.1	29,75	24,2	0	0,0
zdravé mramorové (2)	8,17	5,0	54.45	30.0	40,51	33,0	0	0,0
nezdravé plamencové (3)	51,64	31,6	27.94	15.4	26,22	21,4	42,98	70,1
nezdravá hniloba tvrdá (4)	4,45	2,7	15.68	8.6	7,28	5,9	8,95	14,6
nezdravá hniloba mokrá (5)	13,54	8,3	27.86	15.3	8,3	6,8	9,38	15,3
spolu	163,61	100	181.72	100.0	122,8	100	61,31	100,0

% – podiel z celkového objemu kmeňov – *% Anteil aus gesamten Volumen*

Tab. 12 Závislosť výskytu jadra od veku (relatívny objem)
Tab. 12 Abhängigkeit vom Vorkommen des Holzkernes vom Alter (relatives Volumen)

vek porastu	bez jadra	zdravé jadro	nezdravé jadro
105	41,1	16,3	42,6
115	1,6	59,1	39,3
130	8,7	57,2	34,1
145	0	0	100

R = 0,47 χ^2 = 218,5 (12,59)

V poraste 556a (105 r.) je viac ako 52 % drevnej hmoty bez jadra alebo so zdravým okrúhlym jadrom. V poraste 385 (115 r.) je takejto hmoty len 31 %, v poraste 511b (130 r.) cca 33 % a v poraste 418 (145 r.) sa takáto hmota nevyskytuje.

Výsledky testovania v kontigenčnej tabuľke v ktorej sa štatisticky overuje hypotéza o zväčšovaní objemu drevnej hmoty jadra a jej metamorfózy zo zdravých foriem na nezdravé v závislosti od veku potvrdzujú túto hypotézu (R = 0,47, χ^2 = 218,5, χ_{kv}^2 = 12,59). V porovnaní s kvantifikáciou vzťahu veku a metamorfózy foriem jadra podľa počtu kmeňov sa vzťah veku a metamorfózy jadra podľa objemu potvrdil rovnakým korelačným

koeficientom. Štatistická významnosť tohoto vzťahu meraná charakteristikou ^{2} vykazuje podobné hodnoty.

Vek porastu a veľkosť nepravého jadra

V tabuľke 13, 14, 15, 16 analyzujeme podiel jadra podľa druhov na hrúbke kmeňa.

Tab. 13 Objemový podiel jadra a % podiel veľkosti jadra z hrúbky kmeňa – 105 rokov
Tab. 13 Volumenanteil und % Anteil der Kerngrösse aus der Stammstärke –105 Jahre

	percentuálny podiel veľkosti jadra z hrúbky kmeňa							
	< 10 %		10–30 %		30–50 %		> 50 %	
	m^3	% z celk. objemu kmeňov	m^3	%	m^3	%	m^3	%
zdravé okrúhle (1)	6,42	3,9	10,04	6,1	2,03	1,2	0	0,0
zdravé mramorové (2)	4,68	2,9	3,49	2,1	0	0,0	0	0,0
nezdravé plamencové (3)	6,82	4,2	24,93	15,2	15,89	9,7	4	2,4
nezdravá hniloba tvrdá (4)	1,69	1,0	0	0,0	1,76	1,1	1	0,6
nezdravá hniloba mokrá (5)	0	0,0	0	0,0	11,9	7,3	1,64	1,0
spolu	19,61	12	38,46	23,4	31,58	19,3	6,64	4

Tab. 14 Objemový podiel jadra a % podiel veľkosti jadra z hrúbky kmeňa – 115 rokov
Tab. 14 Volumenanteil und % Anteil der Kerngrösse aus der Stammstärke –115 Jahre

	percentuálny podiel veľkosti jadra z hrúbky kmeňa							
	< 10 %		10–30 %		30–50 %		> 50 %	
	m^3	% z celk, objemu kmeňov	m^3	%	m^3	%	m^3	%
zdravé okrúhle (1)	3,2	1,8	19,0	10,4	26,3	14,5	4,5	2,5
zdravé mramorové (2)	0,0	0,0	8,0	4,4	11,9	6,6	34,5	19,0
nezdravé plamencové (3)	0,0	0,0	0,0	0,0	8,9	4,9	19,0	10,5
nezdravá hniloba tvrdá (4)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,7	8,6
nezdravá hniloba mokrá (5)	0,0	0,0	5,0	2,8	0,0	0,0	22,8	12,6
spolu	3,2	1,8	32,0	17,6	47,1	25,9	96,6	53,1

Tab. 15 Objemový podiel jadra a % podiel veľkosti jadra z hrúbky kmeňa – 130 rokov
Tab. 15 Volumenanteil und % Anteil der Kerngrösse aus der Stammstärke –130 Jahre

	percentuálny podiel veľkosti jadra z hrúbky kmeňa							
	< 10 %		10–30 %		30–50 %		> 50 %	
	m^3	% z celk, objemu kmeňov	m^3	%	m^3	%	m^3	%
zdravé okrúhle (1)	0	0	10,64	8,7	15,94	13,0	3,17	2,6
zdravé mramorové (2)	0	0	11,77	9,6	26,49	21,6	2,25	1,8
nezdravé plamencové (3)	0	0	9,68	7,9	13,41	10,9	3,13	2,5
nezdravá hniloba tvrdá (4)	0	0	4,55	3,7	2,73	2,2	0	0,0
nezdravá hniloba mokrá (5)	0	0	0,96	0,8	4,2	3,4	3,14	2,6
spolu	0	0	37,6	30,7	62,77	51,1	11,69	9,5

Tab. 15 Objemový podiel jadra a percentuálny podiel veľkosti jadra z hrúbky kmeňa - Porast 418: 145 rokov
Tab. 15 Volumenanteil und % Anteil der Kerngrösse aus der Stammstärke

	percentuálny podiel veľkosti jadra z hrúbky kmeňa							
	< 10 %		10–30 %		30–50 %		> 50 %	
	m^3	% z celk. objemu	m^3	%	m^3	%	m^3	%
zdravé okrúhle (1)	0	0	0	0	0	0	0	0
zdravé mramorové (2)	0	0	0	0	0	0	0	0
nezdravé plamencové (3)	0	0	3,5	5,7	25,9	42,2	13,6	22,2
nezdravá hniloba tvrdá (4)	0	0	6,3	10,3	2,6	4,3	0	0
nezdravá hniloba mokrá (5)	0	0	0	0	3,1	5,1	6,3	10,2
spolu	0	0	9,8	16,0	31,7	51,6	19,9	32,4

Porast 105 r. – Jasne sa prejavuje tendencia výskytu jadra do 30 % z hrúbky kmeňa a nižšieho zastúpenia nezdravého jadra (nezdravé, mramorové, plamencové).

Porast 115 r. – V porovnaní s predchádzajúcim porastom vidieť tendenciu zväčšovania výskytu jadra na hrúbke kmeňa a výskyt nezdravých foriem jadra s viac ako 50 % podielom na hrúbke kmeňa.

Porast 130 r. – Najväčší podiel jadra sa vyskytuje v rozpätí 30až 50 % podielu na hrúbke kmeňa.

Porast 145 r. – Najväčší podiel jadra sa opäť vyskytuje v rozpätí 30 až 50 % podielu hrúbky kmeňa, pričom zdravé formy jadra sa nevyskytujú.

Kontigenčné tabuľky (17, 18) testujú vzťah medzi podielom objemu nezdravých a zdravých foriem jadra na hrúbke kmeňov v závislosti od veku porastu.

Tab. 17 Závislosť veku a veľkosti nezdravého jadra z hrúbky kmeňa (relatívny objem)
Tab. 17 Abhängigkeit des Alters und der Grösse des ungesunden Holzkernes aus der Stammstärke (relative Volumen)

	percentuálny podiel veľkosti jadra z hrúbky kmeňa			
vek porastu	< 10 %	10–30 %	30–50 %	> 50 %
105	5,2	15,2	29,55	4
115	0	2,8	4,9	31,7
130	0	12,4	16,5	5,1
145	0	16	51,6	32,4

R = (0,34) 0,47 χ^2 = 80,35 (16,92)

Tab. 18 Závislosť veku a veľkosti zdravého jadra z hrúbky kmeňa (relatívny objem)
Tab. 18 Abhängigkeit des Alters und der Grösse des gesunden Holzkernes aus der Stammstärke (relative Volumen)

	percentuálny podiel veľkosti jadra z hrúbky kmeňa			
vek porastu	< 10 %	10–30 %	30–50 %	> 50 %
105	6,8	8,2	1,2	0
115	1,8	14,8	21,1	21,5
130	0	18,3	34,6	4,4
145	0	0	0	0

R = (0,40) 0,45 χ^2 = 64,4 (16,92)

Štatistické testy v obidvoch prípadoch potvrdzujú zväčšovanie podielu jadra na hrúbku kmeňov v závislosti na veku porastu (R = 0,34 a R = 0,40). V porovnaní s analýzou podľa počtu kmeňov (R = 0,30 a R = 0,38) sa prejavila vyššia závislosť skúmaného vzťahu pri analýze podľa objemu. S 95 % pravdepodobnosťou je možné tvrdiť, že podiel nezdravého a zdravého jadra na hrúbke kmeňa v závislosti od veku sa zväčšuje.

ZÁVER

Pre výskum vplyvu veku na vznik, vývoj a metamorfózu jadra sme analyzovali štyri porasty vo veku 105, 110, 130 a 145 rokov. Porasty sú približne rovnakej kvality s rovnakým produkčným potenciálom. Výsledky práce ukazujú, že vplyvom veku dochádza k zvýšeniu výskytu nepravého jadra u buka, jeho metamorfózu zo zdravých foriem jadra na nezdravé a zväčšovanie jeho podielu na hrúbke kmeňov. Dokazujú to analýzy podľa porastov i štatistické testy.

Vzhľadom na podmienky zatriedenia sortimentov dreva do kvalitatívnych tried je možné očakávať nižšie priemerné finančné zhodnotenie bukového dreva a zmenu štruk-

túry sortimentov u starších porastov (Paluš, H., Šulek, R., 1998). Komplexnejšie riešenie problému o potvrdení výsledkov vyžaduje ďalšie šetrenia týkajúce sa finančného zhodnotenia sortimentov bukového dreva v analyzovaných porastoch a analýzu objemovej produkcie bukových porastov v závislosti od veku (Klubica, 1992, 1993).

Riešenie vyžaduje nájsť optimálny rubný vek pri ktorom straty z objemového prírastku a z hodnotového znehodnocovania kmeňov nepravým jadrom budú minimálne.

Literatúra

1. Cukerová, V., Šálka, J., 1999: Nákladovosť v lesníctve ako determinant cien dreva, In: Lesy pre tretie tisícročie, LVÚ Zvolen, s. 417–421.
2. Hajdúchová, I, 1998: Rentabilita lesných podnikov vo vzťahu k aktivite a zadĺženosti. In: Financovanie 98 Lesy – drevo, zborník z konferencie s medzinárodnou účasťou, TU vo Zvolene, s. 37–45.
3. Hajdúchová, I., 2000: Finančná analýza podniku. Vedecké štúdie 3/2000/A. TU vo Zvolene, 54 s., 3,09 AH, 3,41 VH ISBN 80-228-0961-6.
4. Holécy, J.: Bezriziková výnosová miera projektov hospodárenia na lesnej pôde a jej interpretácia. Journal of Forest Science 45, 1999, č. ISSN 0024-1105.
5. Klubica, D., 1992: Príspevok k hodnoteniu potenciálnej produktivity a produkcie buka. In: ECOLOGICAL AND ECONOMIC SIGNIFICANCE OF BEECH, Proceedings 9.–11. 9. 1992 TU Zvolen, str. 24–30.
6. Klubica, D.: Príspevok k hodnoteniu potenciálnej produktivity lesov a produkcie buka na príklade EES Kremnické vrchy. Folia dendrologica 20/93, SAV ÚDB-AM, p. 241–251.
7. Paluš, H., Šulek, R., 1998: Marketingová analýza štruktúry sortimentov surového dreva. In: Financovanie ´98 Lesy – drevo, zborník z konferencie s medzinárodnou účasťou, TU vo Zvolene, s. 93–102.
8. Šmelko, Š., Wolf, J. 1977. Štatistické metódy v lesníctve. Bratislava: Príroda, 1977. 330 s. ISBN 64-458-77.

Adresa autorov:
Prof. Ing. Ivan Kolenka, DrSc.
Ing. Marek Trenčiansky, PhD.
Katedra ekonomiky a riadenia lesného hospodárstva
Lesnícka fakulta
Technická univerzita
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen

e-mail: ikolenka@vsld.tuzvo.sk
trenc@vsld.tuzvo.sk

Einflussanalyse vom Hiebsalter auf die Enstehung und Entwicklung von Kernbildung bei Buchenholz

Zusammenfassung

Der Artikel beschäftigt sich mit der Problematik der Entstehung vom Falschkern bei Buche, seiner Entwicklung im Zusammenhang von Bestandsalter.

Die Quantifikation vom Altereinfluss auf die Entstehung und Entwicklung des Falschkernes ist in der Kontingenztabelle verarbeitet. Dichtigkeit dieser Beziehung ist durch statistische Charakteristik χ^2 geprüft.

Die Ergebnisse der Analyse haben den Einfluss vom Bestandsalter auf die Entstehung des Holzkernes bestätigt. Die Hypothese über der Entwicklung des Falschkernes und Wachstum vom seinen Anteil mit dem Bestandsalter hat sich auch bestätigt.

ACTA FACULTATIS FORESTALIS XLVIII
ZVOLEN – SLOVAKIA 2006

INOVÁCIA LESNÍCKYCH NÁUČNÝCH CHODNÍKOV AKO NÁSTROJ PRÁCE S VEREJNOSŤOU

Marián H O M O L Á K – Viliam P I C H L E R – Jozef C A P U L I A K – Juraj G R E G O R – Magdaléna P I C H L E R O V Á

Homolák, M., Pichler, V., Capuliak, J., Gregor, J., Pichlerová, M.: Inovácia lesníckych náučných chodníkov ako nástroj práce s verejnosťou. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **XLVIII**, 2006, s. 467–475.

Cieľom predkladanej práce je zhodnotiť vplyv podania informácie na schopnosť zapamätania si informácií návštevníkmi náučných chodníkov (ďalej NCH) a zhodnotenie dejovosti textov NCH. Problematika bola riešená jednoduchým experimentom, ktorý sa uskutočnil na Gymnáziu vo Zvolene. Pri experimente sa hodnotila schopnosť študentov zapamätať si čo najviac názvov vo vybranom krajinnom type. V prvom kroku bola krajina premietnutá len statickou formou, v druhom kroku sa vysvetlil vznik krajiny krátkym, výstižným príbehom. Vyhodnotením výsledkov pokusu sme zistili štatistickú významnosť v spôsobe podania informácie statickou formou a formou príbehu doplneného animáciami.

Kľúčové slová: náučný chodník, lesnícka pedagogika, práca s verejnosťou, lesnícka politika

ÚVOD

Potreba regenerácie pracovnej sily v industriálnej a informačnej spoločnosti inšpiruje významné segmenty populácie k pobytu v prírode. Návštevníci vyhľadávajú lokality, ktoré im poskytujú aj pridanú hodnotu, napr. v podobe náučných chodníkov vedúcich prírodným prostredím. Ich význam stále vzrastá, pretože mienkotvorná verejnosť dnes žije prevažne v urbánnom prostredí bez príležitostí na každodennú skúsenosť s významom lesníckej práce, napr. pre ochranu pred zosuvmi pôdy, povodňami atď. Náučné chodníky vedúce lesným prostredím sa tak stávajú potenciálne veľmi účinným nástrojom vytvárania predpolia v spoločenskom vedomí, aby bolo pripravené na kroky, ktoré sú v záujme lesníckeho sektora a celej spoločnosti, ako napr. spoplatnenie verejnoprospešných funkcií s cieľom znížiť závislosť lesníctva od predaja dreva. Sú prostriedkom, ktorým môžu lesníci priblížiť nelesníckej verejnosti fungovanie lesa ako ekosystému a tiež oboznámiť ich so všetkými činnosťami zahrňujúcimi hospodárenie v lese (lesnícka pedagogika). S ohľadom na mienkotvorný charakter náučného chodníka treba zvažovať aj charakter podanej informácie. Do popredia sa dostáva potreba želaného účinku náučného chodníka na širokú verejnosť.

2. PROBLEMATIKA

Les je jedným z kolektívnych archetypov obsiahnutých v ľudskej mysli (Schama 1995, Eliade 1991). Predstavy a očakávania, ktoré kladie obyvateľstvo na les z hľadiska rekreácie analyzovali Pichler a Soroková (2005). Vhodným spôsobom zvýraznenia estetickej hodnoty, oboznámenia sa s lesným prostredím a uvedomenia si existencie a potreby lesa, poskytuje lesnícka pedagogika, ktorá na tieto účely využíva exkurzie do lesného prostredia. Základným cieľom lesníckej pedagogiky je zlepšenie vzťahu človek – les, čo prakticky znamená vzbudiť a prehĺbiť záujem o les a prírodu, dostať do povedomia les ako trvalo udržateľný ekosystém, oboznámiť verejnosť so základnými funkciami lesa, objasniť úlohu lesného hospodárstva a vybudovať u detí, mládeže a širokej verejnosti trvalý vzťah k lesu cez zážitkové učenie a nezabudnuteľné pozorovania života v lese. Lesnícka pedagogika umožňuje lesníkom zoznámiť verejnosť s prostredím lesa. Zároveň podporuje zodpovedný a pozitívny prístup verejnosti k lesu i lesnému hospodárstvu. Hlavnou pracovnou metódou lesníckej pedagogiky je zážitkové učenie a inovovaný spôsob interpretácie lesného prostredia. Náučný chodník, ponímaný v tomto kontexte, musí teda sprostredkovať informáciu formou zážitku, bez utiekania sa k stereotypom. Ako je známe, texty náučných chodníkov sú písané odborným štýlom, čo vyžaduje znalosť problematiky na strane príjemcu informácií. Tento niekedy závažný problém je možné preklenúť vhodným podaním a cieľavedomým využitím slovesného štýlu, pretože texty náučných chodníkov sú písané formou odborného (náučného) štýlu, v ktorom vznikajú zložité, relatívne samostatné a uzavreté súvetné celky. V náučných prejavoch je hypertrofia substantív oproti atrofii dejových slov a prevaha odborných výrazov, ktoré robia prejav pojmovo hustým. Sú to prejavy informačne nasýtené a na vnímanie náročné (Mistrík 1997).

Vhodný spôsob ako eliminovať vysoký vplyv týchto odborných termínov spočíva v použití umeleckého štýlu, alebo aspoň snaha o priblíženie sa k tomuto štýlu. Tento slovesný štýl je najmenej „jazykový“. Zatiaľ čo všetky ostatné štýly sa chápu ako čisto dorozumievacie s dominujúcou informačnou funkciou, umeleckému typu sa pripisuje ako dominujúca estetická funkcia. Umelecký štýl (epické diela) sú stavané na dejových slovách (slovesách) (Mistrík 1997). Z uvedeného vyplýva, že je vhodnejšie komponovať texty náučných chodníkov štýlom príbuzným umeleckému, aby sa zvýšila ich čitateľnosť a zapamätateľnosť. To ale neznamená elimináciu odborných termínov, ale ich zasadenie do vhodného kontextu.

3. METODIKA

Zvolená metodika má komplexný charakter a zahŕňa:

- voľbu cieľa, ktorý sme chceli dosiahnuť prostredníctvom náučného chodníka,
- optimalizáciu spôsobu podania informácie,

– identifikáciu možností riešenia z hľadiska praktickej realizácie,
– samotnú realizáciu náučného chodníka (ďalej NCH).

Cieľová skupina, pre ktorú je NCH určený vychádzala z cieľa, ktorý sme vytýčili pri jeho návrhu. Cieľom vybudovania náučného chodníka bolo dosiahnuť, aby v mysli návštevníkov vznikla interpretácia prírodného prostredia s presahmi na širšie okolie a historické súvislosti. Ďalším cieľom bolo vytvorenie alternatívneho náučného chodníka v pralesovitom prostredí, ktorý by znížil tlak návštevníkov na pralesové rezervácie. S ohľadom na to bola za cieľovú skupinu zvolená školopovinná mládež z vyšších ročníkov ZŠ a zo stredných škôl v sprievode učiteľov a rodičov ako dôležitých príjemcov informácií.

Úloha identifikovať vhodný spôsob podania informácií bola riešené experimentom, ktorý sa uskutočnil na Gymnáziu Ľ. Štúra vo Zvolene na vzorke 80 študentov prvého a tretieho ročníka. Boli pripravené dve alternatívy pokusu, pričom tieto sa na každej vyučovacej hodine striedali. Do pokusu boli vybraté dva typy krajiny – Horné Ponitrie v okolí Bojníc a Novák a Horná Orava. Typy krajiny boli vyberané na základe absencie výrazných krajinotvorných prvkov, ako sú napr. ostré štíty a hlboké, výrazné doliny. Navyše každá alternatíva bola rozdelená do dvoch samostatných bodov. V prvom bode bola statická ukážka, v druhom bode dynamická ukážka. V prvej alternatíve sme za statickú ukážku krajiny vybrali krajinu Horného Ponitria. Na výreze krajiny bolo vybraných 12 prvkov krajiny (mestá, rieky, vrchy) a pomenovaných menami. Študenti sa mali na túto ukážku pozerať po dobu dvoch minút a snažiť sa zapamätať si čo najviac názvov. Po uplynutí stanovenej doby sa študentom rozdali hárky papiera s predtlačenými šiestimi výrezmi krajiny. Za úlohu mali vybrať ten, ktorý videli predtým premietnutý a vpísať doňho názvy, ktoré si zapamätali. Úspešnosť sa vyjadrila percentuálne.

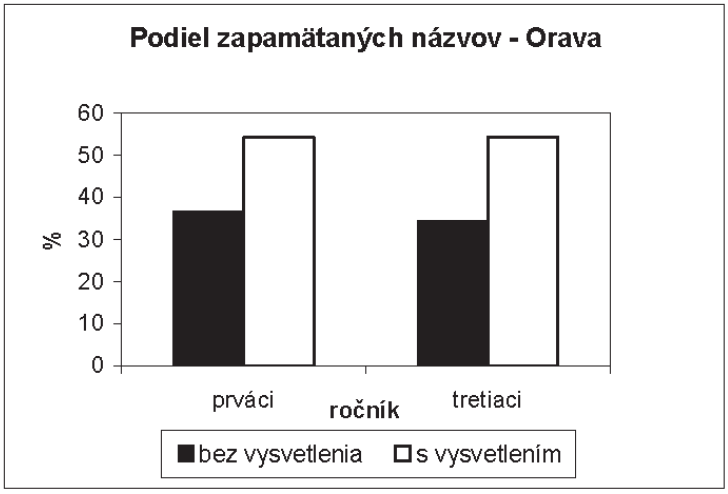
Za dynamickú ukážku bola v prvej alternatíve vybraná krajina Hornej Oravy. Aj na tomto výreze bolo vybraných a pomenovaných 12 krajinných prvkov, pričom študenti boli upozornení na geologickú stavbu každého prvku. Tento výrez krajiny bol na začiatku študentom premietnutý na tridsať sekúnd. Po tejto ukážke sme študentom začali postupne vysvetľovať vznik a formovanie jednotlivých krajinných prvkov. Pri vysvetľovaní vzniku krajiny bola snaha predstaviť ho formou krátkeho príbehu daného výrezu krajiny. Po tejto ukážke a vysvetlení im bol opäť premietnutý obraz krajiny, tentoraz na jeden a pol minúty, pričom boli znova upozornení na geologickú stavbu každého prvku. Vyhodnotenie výsledkov prebiehalo obdobným spôsobom ako pri statickej ukážke. V druhej alternatíve sa krajinné obrazy vymenili, to znamená že za statickú ukážku bola zvolená krajina Hornej Oravy a za dynamickú ukážku krajina Horného Ponitria. Aj v tejto alternatíve prebiehal pokus a vyhodnotenie výsledkov obdobným spôsobom ako v prvej alternatíve.

Výsledky experimentu sme vyhodnotili štatisticky použitím trojfaktorovej analýzy variancie, pričom sme hodnotili vplyv ročníka študentov (prváci alebo tretiaci), vplyv typu krajiny (Orava alebo Ponitrie) a vplyv podania informácie (s vysvetlením alebo bez vysvetlenia).

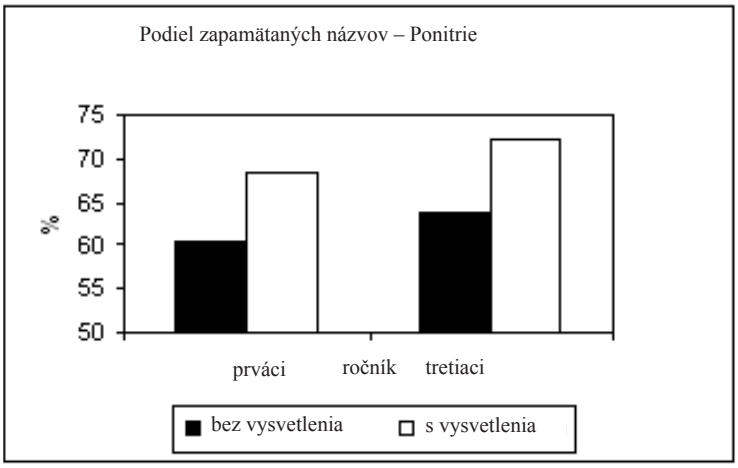
4. VÝSLEDKY

Na základe vyhodnotenia experimentu s rozdielnymi spôsobmi sprostredkovania informácie sme zistili, že študenti 1. ročníka (dve triedy po 20 študentov) si v krajine Horného Ponitria bez vysvetľovania zapamätali 60,5 % názvov a po vysvetlení vzniku krajiny si zapamätali 68,5 % názvov. Obdobné výsledky sme získali aj u tretiakov (dve triedy po 20 študentov). Bez vysvetľovania bola úspešnosť 63,9 % zapamätaných názvov, po vysvetlení 72,2 % zapamätaných názvov. Ešte výraznejšie rozdiely medzi výsledkami získanými bez vysvetľovania a s vysvetlením sú pri krajine Hornej Oravy. Prváci tu mali bez vysvetlenia úspešnosť 36,6 % a tretiaci 34,3 % zapamätaných názvov. Naproti tomu po vysvetlení priebehu vzniku krajiny stúpol tento podiel u prvákov na 54,3 % a u tretiakov na 54,4 % zapamätaných názvov (grafy na obr. 1 a 2). Z rovnakého experimentu vyplynula aj potreba vizualizovať predkladané texty. Poskytnutie textovej informácie bez podporenia vizuálnymi prostriedkami prináša len malú úspešnosť porozumenia a zapamätania si textu. Naproti tomu podpora grafickými prostriedkami, v našom prípade dynamickými animáciami, podporila pochopiteľnosť a zapamätateľnosť textu.

Pri analýze dejovosti textov NCH sme hodnotili štyri existujúce NCH vybudované Lesmi SR, š. p., Banská Bystrica (Moravany nad Váhom, Pece – Čertov kopec, Majdán a Čierny Balog) a nami navrhnutý NCH „Krajina a lesy okolia Pustého hradu“. Zistili, že nami navrhnutý chodník sa v ukazovateľoch ako podiel podstatných mien a slovies približuje k NCH Čierny Balog (tab.1). Keďže bola našou snahou znížiť podiel podstatných mien a zvýšiť podiel slovies, z tohto dôvodu sú pri NCH Krajina a lesy okolia Pustého hradu podiely týchto slovných druhov najpriaznivejšie (t. j. podiel podstatných mien najnižší a podiel slovies najvyšší). Oproti tomuto mal najpriaznivejší pomer NCH Čierny Balog. Pri tomto NCH bol podiel podstatných mien vyšší len o 0,26 % a podiel slovies nižší len o 0,89 %, čo predstavuje minimálne, takmer zanedbateľné rozdiely. Pri ostatných troch porovnávaných chodníkoch je tento pomer výrazne nepriaznivejší. Z týchto troch chodníkov má najnepriaznivejšie podiely NCH Majdán. Podiel podstatných mien je tu vyšší až o 6,80 % a podiel slovies nižší o 3,61 %. O niečo priaznivejšie výsledky boli dosiahnuté pri NCH Pece – Čertov kopec, kde podiel podstatných mien je vyšší o 3,94 % ako pri NCH Krajina a lesy okolia Pustého hradu a podiel slovies nižší o 3,35 %. Pri NCH Moravany nad Váhom je podiel podstatných mien vyšší o 3,64 % a podiel slovies nižší o 2,37 % (tab. 1).



Obr. 1 Podiel zapamätaných názvov pri krajine Horná Orava
Fig. 1 Ratio of remembered landscape patterns in the Upper Orava Region



Obr. 2 Podiel zapamätaných názvov pri krajine Horné Ponitrie
Fig. 2 Ratio of remembered landscape patterns in the Upper Nitra Region

Tab. 1 Priemerný podiel podstatných mien a slovies v textoch jednotlivých NCH
Tab. 1 Average ratio of substantives and verbs in the accompanying texts of individual educational trails

Náučný chodník	**Priemerný podiel slovných druhov**	
	Podstatné mená	*Slovesá*
Moravany nad Váhom	36,44 %	9,98 %
Pece – Čertov kopec	36,74 %	9,00 %
Majdán	39,60 %	8,74 %
Čierny Balog	33,06 %	11,46 %
Krajina a lesy okolia P. hradu	32,80 %	12,35 %

Na základe výsledkov analýzy variancie môžeme konštatovať s 99 % pravdepodobnosťou signifikantnú závislosť na forme podanej informácie ($p < 0{,}01$). Taktiež s 99 % pravdepodobnosťou môžeme konštatovať aj signifikantnú závislosť na type krajiny ($p < 0{,}01$). Na získané výsledky nemal vplyv rozdiel v ročníkoch, kde sa pokus uskutočnil (pri $p < 0{,}01$). Vplyv typu krajiny vysvetľuje 29,4 % rozptylu a podanie informácie formou príbehu vysvetľuje 11,8 % rozptylu. Náučné chodníky je preto vhodné budovať v krajine s výraznými estetickými hodnotami.

Na základe získaných poznatkov vznikol projekt náučného chodníka, ktorý sa realizoval v okolí hradného vrchu Pustého hradu pri Zvolene. Nami navrhnutá koncepcia náučného chodníka umožňuje návštevníkom dva typy návštevy. V tej prvej môže chodník slúžiť ako samoobslužný a návštevníci ho absolvujú bez sprievodu. V druhej alternatíve je možnosť po predchádzajúcom ohlásení využiť možnosť poskytnutia sprievodcovskej služby. Pri tejto alternatíve je možnosť poskytnutia vreckových počítačov s integrovaným modulom GPS pre ukážky dynamických animácií vzniku krajiny. Táto alternatíva je vhodná hlavne pre ohlásené školské exkurzie a organizované skupiny návštevníkov. Pri koncipovaní textov náučného chodníka sme vychádzali z oboch kľúčových prvkov. Najdôležitejšie z tohoto pohľadu bolo, aby texty na seba nadväzovali, a tým vytvárali akoby ucelený príbeh krajiny a lesov. Pri tomto sme zároveň dbali na to, aby boli v texte čo možno v najväčšom počte dejové slová a obmedzili sme do nevyhnutne potrebnej miery podiel odborných termínov. Texty jednotlivých panelov náučného chodníka sú s ohľadom na potrebnú vizualizáciu bohato a vhodne doplnené ilustráciami a fotografiami. Zachytávajú predovšetkým kľúčové termíny spomínané v textoch. Pri príležitosti otvorenia chodníka bola spustená aj internetová stránka chodníka www.poznajachran.sk/mojchodnik.

5. DISKUSIA A ZÁVER

Doposiaľ sa výskumu v oblasti náučných chodníkov nevenovala pozornosť. Projektové schémy nadácií a sponzorov alebo iných organizácií, prostredníctvom ktorých

bola výstavba náučných chodníkov financovaná, často neobsahujú kritérium skutočnej efektívnosti náučných chodníkov z hľadiska prenosu informácií, percepcie, didaktickej vhodnosti a využitia modernej techniky. V mnohých prípadoch sa preto iniciátori náučných chodníkov priklonili k tradičnému zaužívanému spôsobu.

Vzhľadom na túto nepriaznivú situáciu sme zvolili pri budovaní náučného chodníka inovatívnejší prístup. Pred spracovaním návrhu NCH sme uskutočnili výskum vplyvu podania informácie konštatačným a dynamickým spôsobom. Hodnotili sme množstvo zapamätaných názvov na dvoch krajinných typoch – Hornej Oravy a Horného Ponitria. Pri krajine Horného Ponitria stúpol po dynamickej ukážke podiel zapamätaných názvov pri prvákoch o 8,0 % a pri tretiakoch o 8,3 %. Pri krajine Oravy boli výsledky ešte výraznejšie. Pri prvákoch stúpol podiel zapamätaných názvov o 17,7 % a u tretiakov o 20,1 % zapamätaných názvov. Tieto výrazné rozdiely boli vyvolané dynamickým spôsobom podania informácie podporenej dynamickými animáciami. Na základe experimentu sme zistili, že transfer informácie formou príbehu je nadradený. Príbeh sme zároveň využili na to, aby sme návštevníka NCH upútali, získali jeho pozornosť a priazeň pre ciele lesníckej politiky. Texty sme preto rozdelili do kratších ucelených častí a umiestnili ich na viac nosičov. Bohatá grafika panelov zvyšuje vizuálnu atraktivitu, založenú na efekte kontrapunktu a hľadania menej známych súvislostí. Ďalšou inováciou, ktorú sme pri chodníku využili, bol systém vreckových počítačov iPAQ spolu s GPS.

Pri skúmaní formy podania informácie sme zistili, že ak je podaná statickou formou, táto informácia sa stáva ťažšie zapamätateľnou. Ak bola informácia podaná formou príbehu doplneného bohatými animáciami, výrazne sa zvyšuje podiel a úspešnosť zapamätania si predkladanej témy, pričom podiel zapamätaných názvov pri oboch formách podania informácie závisí od typu krajiny. Pri krajine Horná Orava bola úspešnosť zapamätaných názvov pri informácii podanej formou príbehu v priemere o 18,9 % vyššia ako pri staticky podanej informácii. Pri krajine Horného Ponitria bol tento podiel vyšší v priemere o 8,15 %. Výsledky trojfaktorovej analýzy variancie potvrdili s 99 % pravdepodobnosťou štatisticky významnú závislosť na type krajiny a forme podanej informácie.

Preto navrhujeme pri konštrukcii textov zohľadňovať príbehovosť textu, pričom odporúčame predchádzajúci prieskum záujmovej oblasti a podania informácie s ohľadom na cieľovú skupinu, pre ktorú bude chodník určený. Tiež navrhujeme doplniť ho vhodne kontextovo blízkymi obrázkami s možnosťou využiť vreckové počítače a systém GPS pre vytvorenie dynamických animácií. Všetky tieto návrhy sme aj prakticky realizovali pri projekte a osadení NCH Krajina a lesy v okolí Pustého hradu.

Ako vyplynulo z vyhodnotenia navrhnutej koncepcie štúdie, pre vytvorenie náučného chodníka sú potrebné dva kľúčové prvky. Takýmito prvkami sú:

a) začlenenie informácií na tabuliach NCH do príbehu, t. j. ich previazanie jednotiacou dejovou líniou a
b) vizualizácia námetu náučného chodníka.

Podanie obsahu náučného chodníka formou príbehu je dôležité pre dlhodobejšie zapamätanie si tohto obsahu. To ukazujú aj výsledky získané experimentom a ich následným vyhodnotením analýzou variancie. Informácia podaná statickou formou bola slabšie zapamätateľná ako informácia podporená pridaním výstižného príbehu vzniku krajiny. Rozdiel v percentuálnom vyjadrení zapamätania si množstva informácií bol výrazný. Ako vyplýva zo spomenutého, tieto dva významné prvky musia byť zakomponované do návrhu náučných chodníkov, ale nemôžu existovať jeden bez druhého. Obidva sa navzájom podporujú, a tým robia náučný chodník ľahšie prístupným vybranej cieľovej skupine obyvateľstva, ako tzv. synergický efekt.

Poďakovanie: VEGA č. 1/2383/05, 1/3548/06.

Literatúra

Eliade, M., 1991: Images and Symbols. Princeton University Press, 192 pp.
Mistrík, J., 1997: Štylistika. Slovenské pedagogické nakladateľstvo, Bratislava, 600 ss.
Pichler, V.; Sorokova, M., 2005: Utilisation of natural forests for ecotourism: matching goals and reality, For. Snow Landsc. Res. 79, 1/2: 185–194.
Schama, S., 1995: Landscape and Memory. New York, Knopf. 625 pp.
http://www.lesy.sk/files/lesnik/2004/Lesnik3/lesna%20pedagogika.htm

Adresa autorov:
Marián Homolák
Viliam Pichler
Jozef Capuliak
Juraj Gregor
Katedra prírodného prostredia
Lesnícka fakulta TU vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen

Magdaléna Pichlerová
Katedra plánovania a tvorby krajiny
Fakulta ekológie a environmentalistiky
Technická univerzita vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen

Inovation of forestry educational trails as a public relations tool

Summary

After 2002, the deficient public relations as a tool of forest policy was fully exposed when even the educated general public segment was unable to identify and distinguish the attack of various interest groups on forestry from a necessary discussion on Slovak forestry future. The educational trails in the forest environment are therefore becoming a potentially very effective tool for creating a favorable framework in the public opinion in order to make it accept steps that are in the interest of forestry sector and the entire society, for instance the valuation, pricing and integration of public benefit forest functions in the business as usual system. The educational trails are tools by which forester can inform the public about the forest management, ecosystem processes and other issues related to forests. However, this opportunity has been missed in many cases when the information provided by trail panels is not tailored to the target groups and expected goals, in terms of language, dynamic character of information transfer and illustrations. Presented work therefore investigates the most suitable forms for information transfer towards secondary school students, their teachers, parents and general public. The results based on a series of experiments showed that a higher portion of information was retained for a longer time if they were embedded into a story. Therefore we proposed a natural education trail leading through semi-natural forests around castle ruins of the Pustý Hrad, an environment allowing for establishing links between natural history, cultural heritage and forestry. In order to enhance the dynamic character of the information delivered, the proposal also contained a segment consisting of a series of animations automatically presented along the route by means of Pocket PCs coupled with GPS Bluetooth device. This diploma thesis also contains the project of the trail and description of its implementation and results.

Key words: educational trails, forest pedagogy, public relation, forest policy