

*Journal of*  
**FOREST SCIENCE**

**Volume 46, No. 5, May 2000**

PRAGUE 2000  
ISSN 1212-4834

CZECH ACADEMY OF AGRICULTURAL SCIENCES  
INSTITUTE OF AGRICULTURAL AND FOOD INFORMATION

Mezinárodní vědecký časopis vydávaný z pověření Ministerstva zemědělství České republiky a pod gesci České akademie zemědělských věd

An international journal published under the authorization by the Ministry of Agriculture and under the direction of the Czech Academy of Agricultural Sciences

**Managing Editorial Board – Redakční rada**

**Chairman – Předseda**

Prof. Ing. Vladimír Chalupa, DrSc., Praha

**Members – Členové**

Prof. Ing. Jiří Bartuňek, DrSc., Brno

Ing. Josef Běle, CSc., Praha

Doc. Ing. Josef Gross, CSc., Praha

Doc. Ing. Jaroslav Koblížek, CSc., Brno

Prof. Ing. Jan Kouba, CSc., Praha

Ing. Vladimír Krečmer, CSc., Praha

Ing. Václav Lochman, CSc., Praha

Ing. František Šach, CSc., Opočno

RNDr. Stanislav Vacek, CSc., Opočno

**Advisory Editorial Board – Mezinárodní poradní sbor**

Prof. Dr. Don J. Durzan, Davis, California, U.S.A.

Prof. Dr. Lars H. Frivold, Aas, Norway

Prof. Ing. Milan Hladík, CSc., Zvolen, Slovak Republic

Prof. Dr. Andrzej Jaworski, Krakow, Poland

Prof. Dr. Hans Pretzsch, Freising, Germany

Prof. Dr. Franz Schmithüsen, Zurich, Switzerland

Prof. Dr. Dr. h. c. Branislav Sloboda, Göttingen, Germany

Dr. Jack R. Sutherland, Victoria, B.C., Canada

Prof. Dr. Sara von Arnold, Uppsala, Sweden

Prof. Dr. Nikolaj A. Voronkov, Moskva, Russia

Dr. Sven de Vries, Wageningen, Netherlands

**Executive Editor – Vedoucí redaktorka**

Mgr. Radka Chlebečková, Praha, Czech Republic

**Scope:** The journal publishes original results of basic and applied research from all fields of forestry related to European forest ecosystems.

Abstracts from the journal are comprised in the databases: Agris, CAB Abstracts, Czech Agricultural Bibliography, Toxline Plus.

**Periodicity:** The journal is published monthly (12 issues per year), Volume 46 appearing in 2000.

**Acceptance of manuscripts:** Two copies of manuscript should be addressed to: Mgr. Radka Chlebečková, executive editor, Institute of Agricultural and Food Information, Slezská 7, 120 56 Praha 2, tel.: 02/24 25 51 06, fax: 02/24 25 39 38, e-mail: forest@uzpi.cz. The day the manuscript reaches the editor for the first time is given upon publication as the date of receipt.

**Subscription information:** Subscription orders can be entered only by calendar year (January–December) and should be sent to: Institute of Agricultural and Food Information, Slezská 7, 120 56 Praha 2. Subscription price for 2000 is 195 USD (Europe), 214 USD (overseas).

Actual information are available at URL address: <http://www.uzpi.cz>

**Oborná náplň:** Časopis publikuje původní výsledky základního a aplikovaného výzkumu ze všech oborů lesnictví, mající vztah k evropským lesním ekosystémům.

Abstrakty z časopisu jsou zahrnuty v těchto databázích: Agris, CAB Abstracts, Czech Agricultural Bibliography, Toxline Plus.

**Periodicita:** Časopis vychází měsíčně (12x ročně), ročník 46 vychází v roce 2000.

**Přijímání rukopisů:** Rukopisy ve dvou vyhotoveních je třeba zaslat na adresu redakce: Mgr. Radka Chlebečková, vedoucí redaktorka, Ústav zemědělských a potravinářských informací, Slezská 7, 120 56 Praha 2, tel.: 02/24 25 51 06, fax: 02/24 25 39 38, e-mail: forest@uzpi.cz. Den doručení rukopisu do redakce je publikován jako datum přijetí k publikaci.

**Informace o předplatném:** Objednávky na předplatné jsou přijímány pouze na celý rok (leden–prosinec) a měly by být zaslány na adresu: Ústav zemědělských a potravinářských informací, Slezská 7, 120 56 Praha 2. Cena předplatného pro rok 2000 je 816 Kč.

Aktuální informace najdete na URL adrese: <http://www.uzpi.cz>

# ENDOGENOUS CONTENTS OF PHYTOHORMONES AND PHENYLPROPANOIDS IN SESSILE OAK SOMATIC EMBRYOS IN RELATION TO THEIR CONVERSION POTENTIAL

## VLIV OBSAHU ENDOGENNÍCH FYTOHORMONŮ A FENOLICKÝCH LÁTEK NA KONVERZI SOMATICKÝCH EMBRYÍ DUBU ZIMNÍHO

J. Malá<sup>1</sup>, H. Cvrčková<sup>1</sup>, A. Březinová<sup>2</sup>, M. Hrubcová<sup>2</sup>, J. Eder<sup>2</sup>, M. Vágner<sup>2</sup>, M. Cvikrová<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Forestry and Game Management Research Institute, 156 04 Jíloviště-Strnady

<sup>2</sup> Institute of Experimental Botany, Academy of Sciences of the Czech Republic, Rozvojová 135, 165 02 Praha 6

**ABSTRACT:** Two types of sessile oak (*Quercus petraea* [Matt] Liebl.) somatic embryos with well-developed ivory or green-coloured cotyledons and root apices differing in their development were examined for the endogenous contents of auxin (indole-3-acetic acid, IAA), abscisic acid (ABA), cytokinins (CKs), polyamines (PAs), phenolic acids (PhAs), lignin and peroxidase activity. The conversion into plantlets did not occur in embryos with deep green cotyledons (NCE, nonconverting embryos) while almost 56% of embryos with ivory or light green cotyledons converted into plantlets (CE, converting embryos). High conversion capacity was associated with (a) slightly higher content of IAA, (b) lower content of ABA, (c) markedly increased level of free isopentenyladenine and zeatin and their ribosides, (d) lower levels of free putrescine and its soluble conjugates, and higher content of spermidine soluble conjugates, (e) significantly lower content of total PhAs represented by the sum of free, soluble ester- and glycoside-, and insoluble cell wall-bound PhAs as compared to the contents in NCE. Higher levels of all determined free PhAs were found in NCE. On the contrary, three times higher ferulic acid content was found in the cell walls of CE. Higher content of lignin in NCE positively correlated with the amount of soluble phenolics and ionically bound peroxidase activity (EC 1.11.1.7). The high endogenous level of cytokinins may serve as a good marker of developmental capability of sessile oak somatic embryos and the results indicate that the alterations in phenylpropanoid metabolism are closely related to further development of embryos.

abscisic acid; auxin; conversion; cytokinins; lignin; phenolic acids; polyamines; *Quercus petraea*

**ABSTRAKT:** V somatických embryích dubu zimního (*Quercus petraea* [Matt] Liebl.) byly stanoveny endogenní obsahy auxinu (indol-3-octová kyselina, IAA), kyseliny abscisové (ABA), cytokininů (CK), polyaminů (PA), fenolických kyselin, ligninu a stanovena enzymatická aktivita peroxidáz. Analýzy byly provedeny ve dvou typech somatických embryí s dobře vyvinutými smetanově nebo zeleně zbarvenými kotyledony a kořenovými špičkami a s odlišnou schopností dalšího vývoje. Konverze somatických embryí se smetanově zbarvenými kotyledony dosahovala v průměru 56 % (KE – konvertující embrya), zatímco embrya se zelenými kotyledony se dále nevyvíjela (NKE – nekonvertující embrya). Konverze embryí byla spojena s (a) vyšším obsahem IAA, (b) nižším obsahem ABA, (c) výrazně zvýšenou hladinou volného isopentenyladeninu, zeatinu a jejich ribozidů, (d) nižším obsahem volného putrescinu a jeho rozpustných konjugátů a vyšším obsahem rozpustných konjugátů spermidinu, (e) výrazně nižším obsahem celkových fenolů. Vyšší obsah ligninu v NKE pozitivně koreloval s množstvím rozpustných fenolů a s aktivitou iontově vázaných peroxidáz (EC 1.11.1.7). Výsledky naznačují, že změny fenolpropanového metabolismu mohou úzce souviset s dalším vývojem embryí. Vysoká hladina endogenních cytokininů může sloužit jako vhodný „marker“ pro konverzi somatických embryí dubu zimního.

kyselina abscisová; auxin; konverze; cytokininy; lignin; fenolické látky; polyaminy; *Quercus petraea*

This work was supported partly by the Ministry of Education, Youth and Sport of CR, project COST 822.50 and by Grant Agency of CR, grant No. 522/96/K186.

Abbreviations: ABA – abscisic acid; IAA – indole-3-acetic acid; CE – converting embryos; CKs – cytokinins; NCE – nonconverting embryos; PAs – polyamines; PCA – perchloric acid; PhAs – phenolic acids; SPD – spermidine; SPM – spermine; PUT – putrescine; individual CKs are summarized in Fig. 2 and PhAs in Table I.

## INTRODUCTION

Oaks are relatively difficult for breeding due to the long period to reproductive maturity and long intervals in seed years and impossibility of storing seeds for extended period. Although commercial oak propagation is currently done by seed, vegetative propagation is an alternative to a breeding system based on seed orchards. The establishment of oak somatic embryogenesis technique may introduce new approaches to clonal multiplication and genetic engineering in oak forestry. Recently, somatic embryogenesis has been achieved in several oak species (Gingas, Lineberger, 1989; Chalupa, 1990; Bueno et al., 1992). The embryogenic cultures of *Quercus petraea* were usually initiated from juvenile, most frequently embryogenic tissues (immature and mature zygotic embryos). However, the further development of oak somatic embryos was often blocked after the formation of cotyledons and frequency of plant regeneration was low (for reviews see Chalupa, 1995). The efficient recovery of plantlets from embryos still requires further study. The germination and conversion of *Q. petraea* somatic embryos was stimulated by desiccation and by cold storage. Manipulation of hormonal composition of nutrient medium (low concentration of cytokinin) also improved the further embryo development (Chalupa, 1990; Bueno et al., 1992). The development of embryos as well as their conversion into complete plantlets are closely associated with changes in endogenous phytohormone levels. We have recently reported that both the initiation of embryogenic tissue and further development of somatic embryos in oak are accompanied with changes in endogenous levels of cytokinins and auxin (Březinová et al., 1996). Abscisic acid (ABA) plays important role in both somatic and zygotic embryo maturation. ABA promotes embryo maturation, supports the accumulation of storage proteins, lipids and starch, suppresses the formation of aberrant embryo structures and, finally, prevents the maturing embryos from germinating precociously (Dunstan et al., 1995).

Polyamines, the low molecular mass polycations, influence somatic embryogenesis and the growth of somatic embryos (Smith, 1985). The ratio between polyamines and other plant growth hormones may modulate morphogenic processes (Altamura et al., 1993). Phenolic acids, intermediates in phenylpropanoid metabolism, may also participate in maintaining of „adequate“ levels of phytohormones essential for efficient somatic embryogenesis and further development of embryos. According to current knowledge the role of phenolics in differentiation might be in their involvement in the reduction of cell wall plasticity (Fry, 1986), and in the control of endogenous auxin

level (Mato et al., 1988). It has been recently proposed that some phenolic compounds may act as regulators of auxin transport (Jacobs, Rubery, 1988).

Peroxidases are of particular importance for the above-mentioned processes. Peroxidases are suggested to control the endogenous auxin level (Pedreño et al., 1990), lignification (McDougall, 1992) and catalyse the formation of covalent cross-links after oxidation of cell wall ester- and ether-bound phenolic acids and thus preventing cell expansion (Fry, 1986).

The aim of the present work was to correlate the endogenous contents of auxin, cytokinins, abscisic acid, polyamines, phenolic acids and lignin, and the cytoplasmic, ionically and covalently bound peroxidase activities with the somatic embryo development.

## MATERIALS AND METHODS

### Plant material

Mature seeds of sessile oak (*Quercus petraea* [Matt.] Liebl.) used as initial plant material were harvested in registered seed production stand in central part of Bohemia in 1992. The seeds were stored at 4 °C before the experiment.

### Cultivation and characteristic of somatic embryos

Embryogenic cultures were initiated from mature zygotic embryos. The embryos were isolated from surface-sterilized seeds (submersion in 0.01% w/v HgCl<sub>2</sub> for 40 min followed by three rinses in sterile distilled water for 10 min each) and maintained on induction medium consisting from the WPM basal medium (Lloyd, McCown, 1980) supplemented with sucrose 87.6 mM, glutamine 1.4 mM, casein hydrolysate 200 mg.l<sup>-1</sup>, 6-benzylaminopurine (BAP) 4.4 μM and indole-3-butyric acid (IBA) 0.5 μM for 4–6 weeks in darkness at 24 °C. After primary explant induction the plant material was transferred on the medium supporting somatic embryo development (WPM medium supplemented with sucrose 87.6 mM, glutamine 2.7 mM, casein hydrolysate 200 mg.l<sup>-1</sup>, BAP 0.9 μM and IBA 0.5 μM) and cultivated under white fluorescent light (30 μmol.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>) with 16 h photoperiod at 24 °C for 6 weeks. Continually formed globular structures were gradually developing to heart- and torpedo-shaped somatic embryos. Marked morphological variability was characteristic for further developing embryos. There were observed embryos with two well-developed cotyledons and root apices as well as the embryos with different number and colour of cotyledons without root

apices. The embryo development was asynchronous, i.e. all the above-mentioned types of embryos occurred on the explant at the same time. Only selected embryos with well-developed two cotyledons (ivory or green coloured) and root apices (length 5–8 mm) were used for the induction of conversion. Almost 56% of embryos with ivory or light-green cotyledons converted into plantlets (marked CE, converting embryos). The conversion did not occur in embryos with deep green cotyledons from which occasionally secondary embryos arose (marked NCE, nonconverting embryos). These two types of oak somatic embryos exhibiting different conversion efficiency were used for biochemical analyses (embryos were after collection frozen in liquid nitrogen and stored at  $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$  before analyses).

#### Extraction and determination of ABA

The embryos were frozen in liquid nitrogen, extracted in methanol and purified (ether partitioning and chromatography on Polyclar AT column) as described by Eder et al. (1988). Samples were then evaporated to dryness, methylated with 400  $\mu\text{l}$  of ethereal diazomethane solution, evaporated again to dryness and dissolved in 200  $\mu\text{l}$  of acetic acid ethylester. ABA was analysed using HP 5890 gas chromatograph equipped with OV-1 column and electron capture detector. Following oven temperature gradient was used: chromatography started at 160  $^{\circ}\text{C}$  for 1 min, oven temperature increased then to 210  $^{\circ}\text{C}$  at 10  $^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ , remained for 7 min at 210  $^{\circ}\text{C}$  and then increased again to 250  $^{\circ}\text{C}$  at 10  $^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ . The column temperature remained at 250  $^{\circ}\text{C}$  for 11 min and then equilibrated back to 160  $^{\circ}\text{C}$  for the next injection. Injector and detector were thermoregulated at 250  $^{\circ}\text{C}$  and 300  $^{\circ}\text{C}$ , respectively. Nitrogen served as carrier gas, at 30  $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$ . Tritiated ( $\pm$ )ABA was used for determination of ABA recoveries and quantitations. Validity of the method was confirmed by the proof of identity of ABA on GC-MS.

#### Extraction and determination of IAA

IAA was extracted as described by Zažímalová et al. (1995). Labelled auxin  $^3\text{H}$ -IAA (940  $\text{GBq}\cdot\text{mmol}^{-1}$ , Radiochemical Centre, Amersham, England) was used as an internal standard. IAA was quantified by HPLC on a Separon SGX C18 6  $\mu\text{m}$  column (250 mm x 4.6 mm, Tessek, Prague, Czech Republic) eluted with a methanol gradient (22% to 46%, v/v) in 1 mM citrate-acetate buffer at pH 4.8. Fluorimetric detection was used, with a primary (220 nm) and secondary (340 nm) filter cut off. Under these conditions the retention time of IAA was 16 min. The IAA peak was verified by comparison with IAA standards in three different gradient systems.

#### Extraction and determination of cytokinins

Somatic embryos were ground in liquid nitrogen and extracted with cold acetone. After centrifugation

(8,000 x g, 10 min) the supernatant was evaporated *in vacuo* to dryness. The residue was dissolved in distilled water acidified with HCl to pH 3.5. Butanol saturated with such acidified water was then added to the aqueous extract and both phases were mixed. The butanolic phase was partitioned three times against acidified water and the resulting aqueous phases containing cytokinins were combined. The final aqueous phase was neutralized (KOH) to pH 7.0 and mixed with an equal volume of „alkaline butanol“ (butanol : ammonia 9 : 1 v/v) to transfer cytokinins into the organic phase. The aqueous phase was partitioned three times against „alkaline butanol“ and resulting organic phases were combined. The final organic phase was evaporated *in vacuo* to dryness. The residue was dissolved in ca. 1 ml of 50% (v/v) ethanol and passed through a Silica-Cart cartridge (Separon<sup>TM</sup> SGX C18 60  $\mu\text{m}$ , Tessek, Prague, Czech Republic). The individual cytokinins in the effluent were separated by RP-HPLC (Březinová et al., 1992) and estimated by RIA as described by Zažímalová et al. (1996).

#### Extraction and determination of polyamines

Somatic embryos were ground in liquid nitrogen and extracted overnight at 4  $^{\circ}\text{C}$  with 5% perchloric acid (PCA) (100 mg fresh weight tissue  $\text{ml}^{-1}$  of 5% PCA). The extracts were centrifuged for 15 min at 21,000 x g and free polyamines ( $F_1$ ) were determined in one half of the supernatant. The remaining supernatant and the pellet were acid hydrolyzed in 6 N HCl for 18 h at 110  $^{\circ}\text{C}$  to obtain PCA-soluble ( $F_2$ ) and PCA-insoluble ( $F_3$ ) fractions of PAs as described by Slocum et al. (1989). Standards (SIGMA Chemical Co., USA) and fractions mentioned above were benzoylated as described by Flores, Galston (1982). HPLC analysis of benzoyl-amines was performed on a Pye Unicam PU 4002-Video Liquid Chromatograph with Spherisorb 2 ODS column according to the method of Slocum et al. (1989).

#### Extraction and determination of phenolic acids

Phenolic acids were extracted as described elsewhere (Cvikrová et al., 1991). Briefly, free ( $F_1$ ), ester-bound ( $F_2$ , released after alkaline hydrolysis) and glycoside-bound ( $F_4$ , released after acid hydrolysis) phenolic acids were obtained from a methanol extract of tissue ground in liquid nitrogen. The fraction of cell wall-bound phenolic acids ( $F_3$ ) was obtained after alkaline hydrolysis of the residual material after methanol extraction. The 2,6-ditercbutyl  $\beta$ -cresol, was used as antioxidant to minimize the oxidation of phenolic acids during alkaline hydrolysis and nitrogen was immediately bubbled through the sample after NaOH addition. Phenolic acids were analysed by means of HPLC using a Pye Unicam PU 4002-Video Liquid Chromatograph with Spherisorb 5 ODS column (Cvikrová et al., 1991). The column effluent was monitored at 260 and

300 nm using a Multichannel detector PU 4021. Authentic compounds (Serva, Germany) were used as references for quantitative analyses.

#### Extraction of cell walls and determination of lignin

Dry somatic embryos (72 h at 80 °C) were ground to a fine powder. To obtain cell walls, 400 mg of powder was stirred for 1 h in 20 ml of 80% methanol and centrifuged for 10 min at 2,900 x g. The pellet was subjected to the following washing steps: 1 x 1 M NaCl in 0.5% Triton X-100, 2 x distilled water, 2 x 100% methanol, 2 x 100% acetone (each step in 10 ml, 30 min). The cell walls were subjected to alkaline hydrolysis in 2M NaOH under N<sub>2</sub> for 1 h. The resulting material was washed with distilled water (2 x) and dried at 80 °C. Aliquots of 10 mg of final residue were used for lignin determination with acetylbromide according to Morrison (1972) and the final solution was diluted to 10 ml before measuring of absorbance. The results were expressed as the absorption values (A) measured at 280 nm.

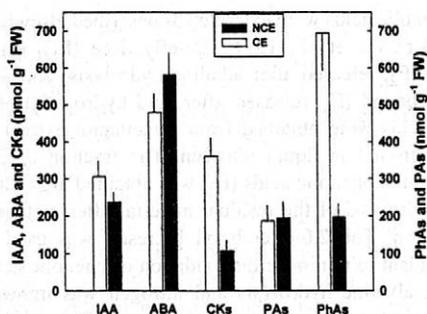
#### Peroxidase activity assay

Soluble and ionically bound peroxidases (PO, EC 1.11.1.7) were extracted and their activity measured using a continuous spectrophotometric assay as previously described (Hrubcová et al., 1994). Covalently bound cell wall peroxidases were extracted according to Grison, Pilet (1985). Oxidation of guaiacol was followed by the increase of absorbance at 470 nm. Peroxidase activity was expressed in nkat.g<sup>-1</sup> FW.

### RESULTS

#### ABA contents

Endogenous ABA contents (Fig. 1) were analyzed in both types of embryos. CE contained lower ABA content (479.4 pmol.g<sup>-1</sup> FW) compared with NCE (581.2 pmol.g<sup>-1</sup> FW).



1. Contents of free IAA, ABA, total content of free CKs and total contents (represented by the sum of all analyzed fractions) of PAs and PhAs in CE (empty columns) and NCE (full columns). Bars represent SE of 2-4 experiments with 2-4 replicates

#### IAA contents

Endogenous content of IAA in CE was by about 30% higher than the content determined in NCE (Fig. 1).

#### Contents of cytokinins

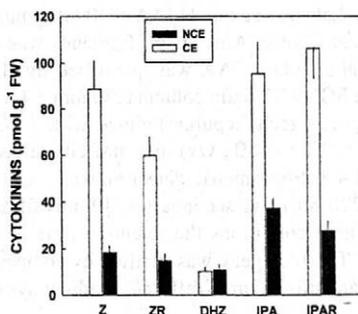
The total endogenous contents of free CKs, isopentenyladenine (IPA), zeatin (Z) and their ribosides (IPAR and ZR, respectively) and dihydrozeatin (DHZ) are presented in Fig. 1. The main cytokinins in CE represented the riboside forms, IPAR and ZR, while in NCE were the highest in concentration IPA and IPAR. The contents of all cytokinins were markedly higher in CE than in NCE with the exception of DHZ (Fig. 2).

#### Contents of polyamines

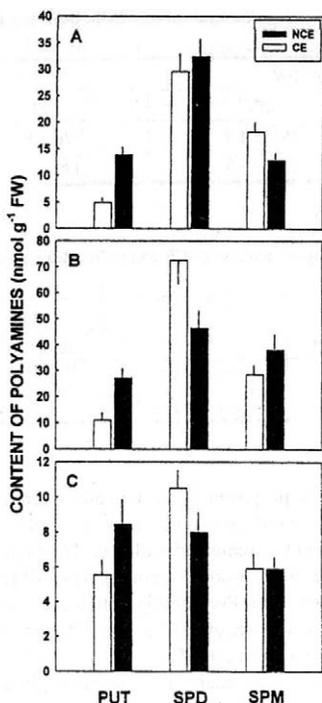
Contents of free putrescine (PUT), spermidine (SPD) and spermine (SPM) and their PCA-soluble and PCA-insoluble conjugates are summarized in Fig. 3. There are almost no differences in the total contents of PAs between the studied types of oak embryos (Fig. 1) but the levels of individual PAs differ. Higher levels of free PUT and its PCA-soluble conjugates were observed in NCE while higher content of PCA-soluble SPD conjugates was determined in CE (Fig. 3).

#### Contents of phenolic acids

A comparison of the contents of phenolic acids in both types of oak somatic embryos is presented in Table I. Total content of phenolic acids represented by the sum of free, soluble ester-, glycoside- and insoluble cell wall-bound phenolic acids (Fig. 1) was more than 3.5 times higher in NCE than the content determined in CE. The predominant phenolic acid in both types of embryos was sinapic acid. Concentrations of other phenolic acids



2. Contents of individual CKs in CE (empty columns) and NCE (full columns). Z, zeatin; ZR, zeatin riboside; IPA, isopentenyladenine; IPAR, isopentenyladenosine; DHZ, dihydrozeatin. Bars represent SE of 2 experiments with 2-4 replicates



3. Contents of free (A), PCA-soluble (B) and PCA-insoluble (C) conjugates of putrescine (PUT), spermidine (SPD) and spermine (SPM) in CE (empty columns) and NCE (full columns). Note the different scale of y axis. Bars represent SE of 4 experiments

in CE decreased in the following order: ferulic, vanillic, *p*-hydroxybenzoic, *p*-coumaric and syringic acids. A different sequence of decrease was found in NCE: vanillic, *p*-hydroxybenzoic, syringic, ferulic and *p*-coumaric acids.

The ester- and glycoside-bound phenolic acids from the methanolic extract ( $F_2$  and  $F_4$ , respectively) represented the major phenolic fractions of both types of

embryos (Table II). Remarkable differences in the contents of sinapic, vanillic, syringic and *p*-hydroxybenzoic acids in  $F_2$  and  $F_4$  were observed between NCE and CE (Table I). The contents of all determined phenolic acids in their free forms ( $F_1$ ) were higher in NCE as compared with CE. The contents of phenolic acids incorporated into the cell walls was higher in CE than in NCE.

### Peroxidase activities and content of lignin

Comparison of activities of soluble, ionically and covalently cell wall-bound peroxidases determined in NCE and CE revealed marked differences (Table III). Total peroxidase activity (represented by the sum of all determined activities) was more than twice higher in NCE (related to CE). Significantly higher activities of soluble and above all ionically bound forms (18.5 and 48.5 soluble and 23.5 and 95.8  $\text{nkat.g}^{-1}$  FW ionically bound peroxidases in CE and NCE, respectively) were characteristic for NCE. The activity of ionically bound form represented about 56 and 30% of the total activity in NCE and CE, respectively. On the contrary, the higher activity of covalently bound peroxidase was associated with CE representing 45% of total activity while only about 15% in NCE.

Lignin content was higher by 17% in NCE than in CE (Table III).

### DISCUSSION

Generally, both the induction of somatic embryogenesis and further embryo development are associated with changes in endogenous phytohormone levels. It is well known that auxins play an important role in regulation of plant development and that the dividing tissues are characterized by high levels of cytokinins and polyamines. The degree of conversion of oak somatic embryos positively correlated with the content of endo-

I. Contents of individual phenolic acids in CE and NCE.  $F_1$  – free phenolic acids;  $F_2$  – ester-bound methanol-soluble phenolic acids;  $F_3$  – ester-bound cell wall phenolic acids;  $F_4$  – glycoside-bound methanol-soluble phenolic acids. FA, ferulic acid; pCA, *p*-coumaric acid; pHBA, *p*-hydroxybenzoic acid; SiA, sinapic acid; SyA, syringic acid (not found in  $F_3$ ); VA, vanillic acid. Mean values of 2 experiments with 2–4 parallel analyses  $\pm$  SE

Embryos		Phenolic acids ( $\text{nmol.g}^{-1}$ FW)					
		pHBA	VA	SyA	pCA	FA	SiA
NCE	$F_1$	1.74 $\pm$ 0.36	3.57 $\pm$ 0.59	1.72 $\pm$ 0.25	0.37 $\pm$ 0.06	0.77 $\pm$ 0.10	2.68 $\pm$ 0.40
	$F_2$	15.57 $\pm$ 2.61	20.99 $\pm$ 3.63	13.67 $\pm$ 1.77	7.86 $\pm$ 2.19	13.85 $\pm$ 2.37	414.41 $\pm$ 49.95
	$F_3$	2.53 $\pm$ 0.43	0.77 $\pm$ 0.18	–	0.97 $\pm$ 0.18	1.08 $\pm$ 0.15	12.58 $\pm$ 2.32
	$F_4$	11.51 $\pm$ 2.75	17.13 $\pm$ 2.44	13.32 $\pm$ 1.31	3.65 $\pm$ 0.24	5.97 $\pm$ 0.98	127.51 $\pm$ 20.11
CE	$F_1$	0.72 $\pm$ 0.14	0.65 $\pm$ 0.18	0.76 $\pm$ 0.20	0.24 $\pm$ 0.06	0.31 $\pm$ 0.05	–
	$F_2$	10.57 $\pm$ 1.09	9.69 $\pm$ 1.61	6.31 $\pm$ 1.06	11.76 $\pm$ 1.40	22.40 $\pm$ 3.91	40.05 $\pm$ 4.64
	$F_3$	2.10 $\pm$ 0.22	1.55 $\pm$ 0.12	–	2.07 $\pm$ 0.24	2.99 $\pm$ 0.31	6.29 $\pm$ 0.98
	$F_4$	7.82 $\pm$ 1.74	13.44 $\pm$ 1.01	8.17 $\pm$ 1.21	4.63 $\pm$ 0.49	7.93 $\pm$ 1.24	35.99 $\pm$ 4.28

II. Total contents of free ( $\Sigma F_1$ ), soluble ester- ( $\Sigma F_2$ ) and glycoside- ( $\Sigma F_4$ ) and insoluble cell wall-bound ( $\Sigma F_3$ ) phenolic acids in CE and NCE. Mean values of 2 experiments with 2-4 parallel analyses  $\pm$  SE

Embryos	Phenolic acids (nmol.g <sup>-1</sup> FW)			
	$\Sigma F_1$	$\Sigma F_2$	$\Sigma F_3$	$\Sigma F_4$
CE	2.7 $\pm$ 0.6	100.8 $\pm$ 13.7	15.0 $\pm$ 1.9	78.0 $\pm$ 10.0
NCE	10.8 $\pm$ 1.8	486.3 $\pm$ 62.5	17.9 $\pm$ 3.3	179.1 $\pm$ 27.8

III. Activities of soluble, ionically and covalently cell wall-bound peroxidases and lignin contents in CE and NCE. Mean values of three experiments  $\pm$  SE

Embryos	Peroxidase activity (nkat.g <sup>-1</sup> FW)				Lignin
	Soluble	Ionically bound	Covalently bound	Total	A <sub>280</sub> (cm <sup>-1</sup> .lg <sup>-1</sup> )
CE	18.5 $\pm$ 2.0	23.5 $\pm$ 3.5	35.0 $\pm$ 4.2	77.0 $\pm$ 9.7	1.17 $\pm$ 0.07
NCE	48.5 $\pm$ 5.2	95.8 $\pm$ 11.4	25.0 $\pm$ 2.7	169.3 $\pm$ 19.3	1.37 $\pm$ 0.06

genous auxin and cytokinins. Interestingly, transient accumulation of cytokinins and auxin was found in cereal seeds at early stages of generative embryo formation and subsequent endosperm development, respectively (Lur, Setter, 1993; Dietrich et al., 1995). Higher levels of both these phytohormones, especially of cytokinins (IPA, Z and their ribosides), were found in embryos converting into complete plants. Low endogenous ABA levels were reported in somatic embryos compared to their zygotic counterparts, and the same phenomenon was confirmed in somatic embryos of woody plants (Rajasekaran et al., 1982; Lelu, Label, 1994). ABA, even if present in the embryo in low concentration, regulates accumulation of storage reserves and prevents precocious germination during embryo maturation. We have found lower levels of ABA in CE compared to NCE somatic embryos, which corresponds to the role of ABA as the inhibitor of germination. Decreased ABA level during late maturation stage of somatic embryos is suggested as a prerequisite for embryo germination.

Several developmental processes controlled by cytokinins also appear to be regulated by polyamines and in many cases different PAs seemed to be involved in specific differentiation processes (Martin-Tanguy, Carre, 1993). Although the total contents of free PAs and their PCA-soluble and insoluble conjugates determined in oak NCE and CE in our experiment were similar, significant differences were observed in the levels of individual PAs. Higher contents of free PUT and its PCA-soluble conjugates were found in NCE while the higher level of SPD PCA-soluble conjugates was characteristic for CE. Higher levels of free PUT (Piñol et al., 1987) and PCA-soluble PUT conjugates (Martin-Tanguy et al., 1988) were observed in slow-growing than in fast-growing tobacco callus cultures. On the contrary, the formation of somatic embryos in tissue cultures of wild carrot seemed to be associated with high SPD level and much more SPD than PUT was found in torpedo stage of these embryos (Mengoli et al., 1989). Higher SPD/SPM

ratio which is proposed as an indicator of rapid growth (Bagni, Serafini-Fracassini, 1979) was, in our experiments, connected with CE. The physiological significance of TCA-soluble conjugates still remains to be elucidated. The PA conjugation to cinnamic acids might be a way of regulation of free PA pool in the cell (Flores, Filner, 1985).

According to our results, the content of phenolic acids in oak somatic embryos seems to be important for further embryo development. Higher levels of free phenolic acids in NCE, especially that of vanillic acid (related to CE), may participate in endogenous regulation of embryo dormancy and its further development by modification of IAA metabolism. Both vanillic and *p*-hydroxybenzoic acids may influence the auxin level by stimulating IAA oxidase activity (Stenlid, 1968) and in this way to contribute to NCE dormancy. This hypothesis is supported by reported correlation of endogenous auxin content with oak embryo conversion. Activity of soluble peroxidase was more than twice as high in NCE compared to CE. This fits well with the above-mentioned results considering that a specific enzymatic system catalyzing the oxidative degradation of IAA is included in the complex of soluble peroxidase isoenzymes (Beffa et al., 1990).

Another important role of phenolic acids in differentiation processes, including embryo development, is in their involvement in alterations of the cell-wall composition during differentiation and morphogenesis. The observed difference in the contents of phenolic acids extracted from cell walls of NCE and CE could be connected with different developmental ability of oak somatic embryos. An increase in some CE wall-bound phenolic acids (especially ferulic acid, related to NCE) may participate in the restriction of cell expansion which is essential for cell division (Fry, 1986). Recently Lozovaya et al. (1996) reported that differences between cell walls of regenerable and non-regenerable callus tissues of *Zea mays*, *Fagopyrum esculentum* and *F. tataricum* may be associated with differences in levels and localization of wall phenolics. They assume that

alterations of cell wall phenolics during morphogenesis can be used as biochemical markers for the cell differentiation capacity.

One of the main functions of phenylpropanoids in plants is the synthesis of lignin. The higher content of lignin found in NCE correlates positively with significantly higher content of soluble phenolics and higher activity of ionically bound peroxidase determined in this tissue.

The results presented here show that the cytokinin content may serve as a good marker of the oak somatic embryo conversion capability. The evident diversity in phenylpropanoid metabolism observed between studied types of oak embryos might be one of the important factors for further embryo development. The studies of the influence of the biosynthesis of phenylpropanoids in the course of the development of oak embryos are now in progress.

#### Acknowledgements

We are very grateful to Dr. J. Holík for kind help with RIA analyses. We thank to Ms. N. Hatašová for excellent technical assistance.

#### References

- ALTAMURA, M. M. – TORRIGIANI, P. – FALASCA, G. – ROSSINI, P. – BAGNI, N. 1993. Morpho-functional gradients in superficial and deep tissues along tobacco stem: polyamine levels, biosynthesis and oxidation and organogenesis *in vitro*. *J. Plant Physiol.*, 142: 543–551.
- BAGNI, N. – SERAFINI-FRACASSINI, D., 1979. Polyamines and plant tumors. *Ital. J. Biochem.*, 28: 392–394.
- BEFFA, R. – MARTIN, H. V. – PILET, P. E., 1990. *In vitro* oxidation of indolacetic acid by soluble auxin-oxidases and peroxidases from maize roots. *Plant Physiol.*, 94: 485–491.
- BŘEZINOVÁ, A. – HOLÍK, J. – CHVOJKA, L., 1992. Radioimmunoassay of isopentenyladenosine in plants. In: KAMÍNEK, M. – MOK, D.W.S. – ZAŽÍMALOVÁ, E. (eds.), *Physiology and Biochemistry of Cytokinins in Plants*. The Hague, SPB Academic Publishing bv: 479–481.
- BŘEZINOVÁ, A. – HOLÍK, J. – ZAŽÍMALOVÁ, E. – VLAŠÁKOVÁ, V. – MALÁ, J., 1996. Somatic embryogenesis in oak (*Quercus robur* L.). In: *From molecular mechanisms to the plant: An integrated approach*. 10th FESPP Congress, Florence, Italy. *Plant Physiol. Biochem.*, Special issue, 31.
- BUENO, M. A. – ASTORGA, R. – MANZANERA, J. A., 1992. Plant regeneration through somatic embryogenesis in *Quercus suber*. *Physiol. Plant.*, 85: 30–34.
- CHALUPA, V., 1990. Plant regeneration by somatic embryogenesis from cultured immature embryos of oak (*Quercus robur* L.) and linden (*Tilia cordata* Mill.). *Plant Cell Rep.*, 9: 398–401.
- CHALUPA, V., 1995. Somatic embryogenesis in oak (*Quercus* spp.). In: JAIN, S. M. – GUPTA, P. K. – NEWTON, R. J. (eds.), *Somatic embryogenesis in woody plants*. Netherlands, Kluwer Acad. Publ., 2: 67–87.
- CVIKROVÁ, M. – MERAVÝ, L. – MACHÁČKOVÁ, I. – EDER, J., 1991. Phenylalanine ammonia-lyase, phenolic acids and ethylene in alfalfa (*Medicago sativa* L.) cell cultures in relation to their embryogenic ability. *Plant Cell Rep.*, 10: 251–255.
- DIETRICH, J. T. – KAMÍNEK, M. – BLEVINS, D. G. – REINBOTT, T. M. – MORRIS, R. O., 1995. Changes in cytokinins and cytokinin oxidase activity in developing maize kernels and the effects of exogenous cytokinin on kernel development. *Plant Physiol. Biochem.*, 33: 327–336.
- DUNSTAN, D. I. – TAUTORUS, T. E. – THORPE, T. A., 1995. Somatic embryogenesis in woody plants. In: THORPE, T. A. (ed.), *In vitro embryogenesis in plants*. Dordrecht, Kluwer Acad. Publ.: 471–538.
- EDER, J. – ROVENSKÁ, J. – KUTÁČEK, M. – ČERMÁK, V., 1988. HPLC analysis of indoles in *Agrobacterium* and transformed tobacco cells. In: KUTÁČEK, M. – BANDURSKI, R. S. – KREKULE, J. (eds.), *Physiology and biochemistry of auxins in plants*. The Hague, Academia Praha and SPB Acad.: 389–390.
- FLORES, H. E. – GALSTON, A. W., 1982. Analysis of polyamines in higher plants by high performance liquid chromatography. *Plant Physiol.*, 69: 701–706.
- FLORES, H. E. – FILNER, P., 1985. Metabolic relationships of putrescine, GABA and alkaloids in cell and root cultures of *Solanaceae*. In: NEUMANN, K. H. – BARZ, W. – REINHARD, E. (eds.), *Primary and secondary metabolism of plant cell cultures*. Berlin, Springer Verlag: 174–185.
- FRY, S. C., 1986. Cross-linking of matrix polymers in the growing cell walls of angiosperms. *Annu. Rev. Plant Physiol.*, 37: 165–186.
- GINGAS, V. M. – LINEBERGER, R. D., 1989. Asexual embryogenesis and plant regeneration in *Quercus*. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.*, 17: 191–203.
- GRISON, R. – PILET, P. E., 1985. Cytoplasmic and wall isoperoxidases in growing maize roots. *J. Plant Physiol.*, 118: 201–208.
- HRUBCOVÁ, M. – CVIKROVÁ, M. – EDER, J., 1994. Peroxidase activities and contents of phenolic acids in embryogenic and nonembryogenic alfalfa cell suspension cultures. *Biol. Plant.*, 36: 175–182.
- JACOBS, M. – RUBERY, P. H., 1988. Naturally occurring auxin transport regulators. *Science*, 241: 346–349.
- LELU, M.-A. – LABEL, P., 1994. Changes in the levels of abscisic acid and its glucose ester conjugate during maturation of hybrid larch (*Larix x leptoeuropaea*) somatic embryos, in relation to germination and plantlet recovery. *Physiol. Plant.*, 92: 53–60.
- LLOYD, G. – McCOWN, B., 1980. Commercially feasible micropropagation of mountain laurel, *Kalmia latifolia*, by use of shoot tip culture. *Comb. Proc. Int. Plant Prop. Soc.*, 30: 421–427.
- LOZOVAYA, V. – GORSHKOVA, T. – YABLOKOVA, E. – ZABOTINA, O. – AGEJEVA, M. – RUMYANTSEVA, N. – KOLESNICHENKO, E. – WARANYUWAT, A. – WIDHOLM, J., 1996. Callus cell wall phenolics and plant regeneration ability. *J. Plant Physiol.*, 148: 711–717.

- LUR, H. S. – SETTER, T. L., 1993. Role of auxin in maize endosperm development. *Plant Physiol.*, 103: 273–280.
- MARTIN-TANGUY, J. – CARRE, M., 1993. Polyamines in grapevine microcuttings cultivated *in vitro*. Effects of amines and inhibitors of polyamine biosynthesis on polyamine levels and microcutting growth and development. *Plant Growth Regul.*, 13: 269–280.
- MARTIN-TANGUY, J. – MARTIN, C. – PAYNOT, M. – ROSSIN, N., 1988. Effect of hormone treatment on growth, bud formation and free amine and hydroxycinnamoylputrescine levels in leaf explants of *Nicotiana tabacum* cultivated *in vitro*. *Plant Physiol.*, 88: 600–604.
- MATO, M. C. – RUA, M. L. – FERRO, E., 1988. Changes in levels of peroxidases and phenolics during root formation in *Vitis* cultured *in vitro*. *Physiol. Plant.*, 72: 84–88.
- McDOUGALL, G. J., 1992. Changes in cell wall-associated peroxidases during the lignification of flax fibres. *Phytochemistry*, 31: 3385–3389.
- MENGOLI, M. – BAGNI, N. – LUCCARINI, G. – NUTIRONCHI, V. – SERAFINI-FRACASSINI, D., 1989. *Daucus carota* cell culture: polyamines and effect of polyamine biosynthesis inhibitors in the pre-embryogenic phase and different embryo stages. *J. Plant Physiol.*, 134: 389–394.
- MORRISON, I. M., 1972. A semi-micro method for the determination of lignin and its use in predicting the digestibility of forage crops. *J. Sci. Food Agric.*, 23: 455–463.
- PEDREÑO, M. A. – ROS-BARCELÓ, A. – GARCIA-CARMONA, F. – MUÑOZ, R., 1990. Oxidation of dihydroxyfumaric acid in the absence of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> by cell wall-bound peroxidases from lupin: A possible general model. *Plant Physiol. Biochem.*, 28: 37–42.
- PIÑOL, M. T. – PALAZÓN, J. – ALTABELLA, T. – SER-RANO, M., 1987. Correlation between K<sup>+</sup> content, activities of arginine and ornithine decarboxylase, and levels of putrescine and nicotine in cultured tobacco callus. *Physiol. Plant.*, 69: 221–226.
- RAJASEKARAN, K. – VINE, J. – MULLINS, M. G., 1982. Dormancy in somatic embryos and seeds of *Vitis*: changes in endogenous abscisic acid during embryogeny and germination. *Planta*, 154: 139–144.
- SLOCUM, R. D. – FLORES, H. E. – GALSTON, A. W. – WEINSTEIN, L. H., 1989. Improved method for HPLC analysis of polyamines, agmatine and aromatic monoamines in plant tissue. *Plant Physiol.*, 89: 512–517.
- SMITH, T. A., 1985. Polyamines. *Annu. Rev. Plant Physiol.*, 36: 117–143.
- STENLID, G., 1968. On the physiological effects of phloridzin, phloretin and related substances upon higher plants. *Physiol. Plant.*, 21: 882–894.
- ZAJÍMALOVÁ, E. – BŘEZINOVÁ, A. – HOLÍK, J. – OPATRNÝ, Z., 1996. Partial auxin deprivation affects endogenous cytokinins in an auxin-dependent, cytokinin-independent tobacco cell strain. *Plant Cell Rep.*, 16: 76–79.
- ZAJÍMALOVÁ, E. – OPATRNÝ, Z. – BŘEZINOVÁ, A. – EDER, J., 1995. The effect of auxin starvation on the growth of auxin-dependent tobacco cell culture: dynamics of auxin-binding activity and endogenous free IAA content. *J. exp. Bot.*, 46: 1205–1213.

Received 14 December 1999

## VLIV OBSAHU ENDOGENNÍCH FYTOHORMONŮ A FENOLICKÝCH LÁTEK NA KONVERZI SOMATICKÝCH EMBRYÍ DUBU ZIMNÍHO

J. Malá<sup>1</sup>, H. Cvrčková<sup>1</sup>, A. Březinová<sup>2</sup>, M. Hrubcová<sup>2</sup>, J. Eder<sup>2</sup>, M. Vágner<sup>2</sup>, M. Cvikrová<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 156 04 Jíloviště-Strnady

<sup>2</sup>Ústav experimentální botaniky AV ČR, Rozvojová 135, 165 02 Praha 6

Stupeň konverze somatických embryí dubu zimního pozitivně koreloval s obsahem endogenního auxinu a cytokininů. V konvertujících embryích byla zjištěna nižší hladina kyseliny abscisové ve srovnání s nekonvertujícími embryi. Přestože celkový obsah volných polyaminů a jejich rozpustných a nerozpustných konjugátů v obou typech embryí byl podobný, v hladině jednotlivých PA byly zjištěny výrazné rozdíly. V NKE byl stanoven vyšší obsah volného putrescinu a jeho rozpustných konjugátů, zatímco vysoký obsah spermidinu a jeho rozpustných konjugátů byl charakteristický pro KE. Z výsledků je zřejmé, že obsah fenolických kyselin

v somatických embryích dubu je důležitý pro jejich další vývoj. Vysoká hladina volných fenolických kyselin v NKE – především kyseliny vanilové – (ve srovnání s KE) se může podílet na dalším vývoji embryí. Volné fenolické látky mohou ovlivnit dormanci NKE regulací hladiny auxinu (stimulace IAA oxidázové aktivity). Jedna z hlavních funkcí fenolických látek v rostlinách je jejich účast v lignifikaci. Vyšší obsah ligninu v NKE pozitivně koreloval s obsahem rozpustných fenolů a aktivitou iontově vázaných peroxidáz. Předčasná lignifikace může negativně ovlivnit schopnost konverze somatických embryí dubu zimního.

Contact Address:

RNDr. Jana Malá, CSc., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 156 04 Jíloviště-Strnady, Česká republika

# POSSIBILITIES OF USING BLACK LOCUST (*ROBINIA PSEUDOACACIA* L.) IN THE REGION OF SOUTHERN MORAVIA

## MOŽNOSTI UPLATNĚNÍ TRNOVNÍKU AKÁTU (*ROBINIA PSEUDOACACIA* L.) V OBLASTI JIŽNÍ MORAVY

T. Czuczor

*Mendel University of Agriculture and Forestry, Faculty of Forestry and Wood Technology, Lesnická 37, 613 00 Brno*

**ABSTRACT:** The paper is a result of the three-year study of the growing potential of black locust stands in southern Moravia. Four sample stands were selected and evaluated in the region of the Znojmo Forest District. The paper is based on the inventory and categorization of black locust stands, on the selection and description of stands of the best quality suitable for obtaining both generative (i.e. seed) and vegetative reproductive material, assessment of the rotation period and, finally, comparison of the production (on the basis of a forest rent) of black locust stands and stands of autochthonous species (Scots pine and oak).

black locust; growing potential; reproductive material; rotation period; forest rent

**ABSTRAKT:** V příspěvku je posuzován produkční potenciál trnovníku akátu v oblasti jižní Moravy. Během prací byly vybrány a vyhodnoceny čtyři vzorové porosty na území znojemské lesní správy LČR. Práce je založena na inventarizaci a kategorizaci akátových porostů v zájmové oblasti, na výběru a popisu nej kvalitnějších porostů nebo porostních částí vhodných k získávání generativního i vegetativního reprodukčního materiálu, na posouzení používané obmýtní doby a srovnání produkce na bázi lesní renty akátových porostů s porosty domácích původních dřevin (borovice, dub).

trnovník akát; produkční potenciál; reprodukční materiál; obmýtní doba; lesní renta

### INTRODUCTION

Black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) is a native species only in the eastern and central parts of the United States, in the Appalachian Mts., mainly in Pennsylvania, Alabama and N. Georgia, i.e. at latitudes from 34 to 43° N, from wide valleys of rivers up to 1,400 m altitude. From here, it was introduced and widely planted throughout the world in the temperate and also subtropical areas. The species was introduced to Europe for the first time in 1601.

To the Austro-Hungarian Monarchy, black locust was introduced about in 1710, at first being used as an ornamental species. Then, it was planted as a forest tree around the fortress of Komárom in 1750. In 1995, the area of black locust stands in Hungary was 340,402 ha. It amounts to 19.8% of all the forest area. The growing stock of black locust forests is 32.2 million m<sup>3</sup>, i.e. 12.8% of all the national growing stock. The black locust stands grow fast and mature early. The average age of maturity is 31 years. The current annual increment of the stands amounts to 2.1–2.2 million m<sup>3</sup>.

The sites are very favourable for the growth of black locust in Hungary. Therefore, it is possible to consider that the species has a good future due to its excellent technical properties and the high caloric value of its firewood. It is noticeable that an important role is given to improved robinia varieties by developing a straight, cylindrical bole ('shipmast' locust) in plantations.

The site tolerance of black locust is considerable. For vigorous growth and high yield, it requires soils of optimal nutrient content, favourable water supply and good aeration. The species tolerates drought and extreme sites, however, in this case, it is possible to plant robinia only for soil protection purposes. It flowers early. It is the best bee forage.

Black locust, which was introduced into Europe during the last few centuries, became an important forest species not only in Hungary but also in other countries with similar climatic conditions (in 1988, there were 860,000 ha in Europe). Black locust was introduced into Asia during the last few decades only. Despite of this, the cultivation of black locust in South Korea, China and New Zealand has achieved considerable re-

sults and, at present, the largest areas of this species are in Asia (1,448,000 ha in 1988).

If we summarize the data, the total forest area of black locust is greater than 2 million ha. In the near future, there will be two continents where the fast spreading of black locust can be expected. The first is Asia where China and both Koreas can be the leading countries. On the European continent, Mediterranean countries (such as Italy, Greece, Spain and Turkey) should be the most prominent black locust growers.

In the Czech Republic (CR), the forest area covered with black locust amounts to 13,000 ha, i.e. 0.5% of the total forest area in the CR. However, climate in southern Moravia is the same as in Hungary which is the leader in black locust growing in Europe.

#### CLARIFYING THE PROBLEM

Many authors have been engaged in the problem of growing black locust. In their papers, they have often taken different views. Opponents have the following opinion: black locust is not native to Europe and, therefore, it is unwilling to create mixtures with natural biocoenoses, i.e. to create mixed forest stands. It spreads aggressively, thereby pushes out native species. Robinia was often schematically used for unsuitable sites, such as heavy-textured soils and at dry and poor sites. It resulted in a very low quality of these stands. Wood assortments from the stands are crooked and of low diameter, often not producing sawlogs of good quality. The basal part of overmature trees is often attacked by wood-destroying fungi. In general terms, the opponents require conversion of these stands (Rónay, 1944; Márkus, 1986; Plíva, Žlábek, 1989; Bulloch, 1994).

Supporters of black locust take the following view: reforestation and afforestation with black locust is very cheap and easy. The species has a rich and vigorous root system and, therefore, forest regeneration can be carried out using root shoots and stump suckers. Rotation age of the highest forest rent is low, viz. about 30–40 years. Black locust is a fast-growing, nitrogen-fixing and stress-tolerant species with durable and high quality wood which can be used for many purposes including wall panelling, flooring, fence posts, vine props, furniture, fruit boxes, pulp and paper, mine timber, railway ties, animal feed stock, bee forage, slash and firewood.

Growing the plantations is very intensive. Height increment can reach up to 2 m per year. The intensive height growth continues to the age of 20 years. Annual wood production of black locust stands per ha is 80% higher than that of other hard-wooded broadleaves. It can be grown on sandy soils of the plain, but its potential productivity can be achieved only on soils rich in humus. Tending of black locust stands is rather simple and the number of silvicultural operations is low. Black locust stands should be the main basis for apiculture

and honey production. For example in Hungary, the value of annual benefits from honey production is similar or even higher than those from annual wood production of black locust. Last but not least, black locust in Europe has no major pest or damaging factor (Vadas, 1911; Fekete, 1935, 1937; Keresztesi, 1965, 1983, 1984; Kapusi, 1976; Kiss et al., 1977; Rédei, 1982, 1987, 1992; Ma et al., 1991; Park, 1992; Hanover et al., 1992; Sung et al., 1994; Kohán, 1994; Molnár, 1995).

In the course of the preparation of my paper, I did not find any written reports of Czech authors dealing with the cultivation of black locust.

In the last hundred years, and particularly in the last couple of decades, we have experienced a global change with regard to the environment, climate and human lifestyle. Both industrial and anthropogenic pollution and changes in the climate cause degradation of forests. This is an alarming and challenging situation.

One should realize that black locust is a relatively drought- and pollution-resistant species and, therefore, it is very suitable for silvicultural purposes even under unfavourable conditions.

#### EXPERIMENTAL STANDS

Research was conducted in southern Moravia near Znojmo. According to the Statistical Environmental Yearbook of the Czech Republic for 1996, there are 16,369 ha total land area in Znojmo District and 3,516 ha forests, i.e. 21.5% of the total area of Znojmo District. Black locust stands occur in this region. In 1989, the 'Jihomoravské úvaly' region occupied the total forest area of 36,026 ha. Of this area, robinia stands covered 3,000 ha, i.e. 8.3% of all the forest area of the region (Plíva, Žlábek, 1989).

Meteorological data come from the Meteorological Station of Znojmo (latitude 48°52' N, longitude 16°5' E, altitude 306 m). The average annual temperature is 9–10 °C. The average relative atmospheric humidity is 72%. The average annual precipitation amounts to only 565 mm.

The larger part of the country is a forest-steppe zone. In Znojmo District, conifers cover 46.1% of the total forest area. There is a great problem that the majority of these conifer stands is damaged by air pollution and insects. Therefore, the percentage of salvage fellings is high (Table I).

Forest regeneration in the Czech Republic is carried out mainly by artificial methods, and only 3.7% is natural regeneration.

#### I. Salvage fellings in the Czech Republic in 1995

Region	Salvage felling 1,000 m <sup>3</sup>	Percentage of insect attack
Czech Republic	7,855	30.2
Southern Moravia	2,063	36.5

On the basis of the data it is possible to say that forestry in the region of southern Moravia is faced with serious problems. Dry climate, industrial and anthropogenic pollution and insect pests cause immense economic damages to forests. With respect to the factors management in these forests is rather difficult.

According to unpublished information, the following silvicultural operations were carried out in the Znojmo Forest District (Table II): salvage fellings represented 98.7%, cleanings were 31% lower and thinnings to the age of 40 years 78% lower as compared with the forest management plan for the district. In addition, natural regeneration amounted to only 1.8% and repeated artificial regeneration represented 45.8%.

Nevertheless, there are problems with Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) plantations. The South Moravian region supports 6,630 ha pine forests (Plíva, Žlábek, 1989). Reforestation using the species is easy and successful. However, the quality of the pine stands is very poor, and at an age of about 40 years the trees dry up and decline in groups.

Research was conducted in the following four stands:

Stand 311 F/5 (Březany): according to the management plan (compiled in 1991) age 48 years, area 15.99 ha, percentage of black locust 100%. The stand belongs to the management group 24, forest site type 1D5, average height 23 m, average diameter at breast height (d.b.h.) 26 cm, site index 3, growing stock 236 m<sup>3</sup> u.b. per ha.

Stand 311 G/5 (Březany): age 41 years, area 9.87 ha, percentage of black locust 98%, forest site type 1D5, average height 23 m, average d.b.h. 24 cm, site index 3, growing stock 239 m<sup>3</sup> u.b. per ha.

Stand 319 B/5x (Pravice): age 46 years, area 1.95 ha, percentage of black locust 100%. The stand belongs to the management group 24, forest site type 1D1, average height 24 m, average d.b.h. 28 cm, site index 3 and growing stock 255 m<sup>3</sup> u.b. per ha. Site index of these stands is given according to the old Czech system. The stands are situated near the bank of a brook. There is a N-facing slope (5–8 degrees) in the first two stands, the third stand is flat. Soils of these stands are represented by humic sands. The stands are situated at an altitude of about 150 m.

Stand 712 C/8 (Tvořihráz) is dominated by oak. The stand is about 105 years old. It belongs to the management group 233, forest site type 1K4, average height 18 m, average d.b.h. 29 cm, site index 18 and growing stock 245 m<sup>3</sup> u.b. per ha. Black locust is not mentioned in the long-term management plan because only the small part of the stand includes black locust (only 46 stems).

## METHODS

The selection of stands was based on information obtained from the Institute of Forest Management, Brandýs nad Labem. The best 78 stands were chosen as representative ones. Classification (categorization) of the stands was carried out according to the following method:

- 1st class: stands or trees suitable for propagation by tissue cultures;
- 2nd class: stands suitable for regeneration by seed;

## II. Information on forest management in the Znojmo Forest District, 1994–1998

	1994	1995	1996	Total	1997	1998
Total fellings by the forest management plan (m <sup>3</sup> )	124,500	124,500	126,500	375,200	120,600	116,900
Actual fellings (m <sup>3</sup> )	209,622	226,229	176,793	612,644	150,000	114,600
Percentage	168.0	182.0	140.0	163.0	124.0	98.0
Of this: salvage fellings (m <sup>3</sup> )	209,242	223,331	172,191	604,764	123,700	45,000
Percentage	99.8	98.7	97.4	98.7	82.5	40.2
Total cleanings by the forest management plan (ha)	584	584	302	1,470	302	302
Actual cleanings (ha)	327.91	392.97	298.34	1,019.22	329.00	270.00
Percentage	56.0	67.0	98.8	69.0	108.9	89.4
Total thinnings to the age of 40 years by the forest management plan (ha)	405	405	412	1,222	412	412
Actual thinnings (ha)	0	125.17	156.83	282.00	460.00	480.00
Percentage	0	31.0	38.0	23.0	11.6	116.5
Clear-felled area (ha)	163.56	493.55	62.87	719.98	244.46	160.00
Forest reproduction						
Total (ha)	363.59	463.07	517.04	1,343.70	492.00	435.77
Natural regeneration (ha)	10.70	6.63	17.11	24.44	9.00	13.00
Percentage	2.9	1.4	1.4	1.8	1.8	3.0
Artificial regeneration (ha)	352.89	456.34	509.93	1,319.16	483.00	422.77
Of this: repeated regeneration (ha)	200.41	242.08	162.08	604.67	125.50	102.92
Percentage	56.8	53.0	31.8	45.8	26.0	24.34

- 3rd class: stands suitable for regeneration by root shoots/sprouts;
- 4th class: stands of poor quality requiring species conversion.

Four stands were then selected for determining mensurational characteristics. During the measurement, the following parameters were recorded: place and serial number, seedling origin, minimum and maximum d.b.h., girth at breast height (g.b.h.), crown and tree height, height class, stem quality and forking.

The social classification of trees was carried out according to the following system:

1. Dominant trees.
2. Co-dominant trees.
3. Suppressed co-dominant trees.
4. Subdominant trees.
5. Overtopped trees.

Classification of the quality of stems was done according to the following system:

1. Straight stem.
2. Forked stem.
3. Bent stem.
4. Crooked stem.

On each of the sites, one tree representing different height classes was felled to obtain samples for height growth and annual ring analyses.

Data measured in the field were tabulated. Yield stock was calculated by Sopp's method (Sopp, 1970).

The measurement of annual rings was carried out by Eklund apparatus (accuracy 0.1 mm). Height and annual ring analyses were carried out by Oláh's method (Oláh, 1996). Interpretation of data was done both in tables and diagrams. For the interpretation MS Excel software was used.

## RESULTS

Only basic mensurational characteristics were determined during the field work. From the basic characteristics, structural characteristics of measuring sites were calculated.

The measuring site 311 F/5 (Březany) will be indicated as Site 1, 311 G/5 (Březany) as Site 2, 319 B/5x (Pravice) as Site 3 and 712 C/8 (Tvůříhráz) as Site 4. During the annual ring analysis on each of the measuring sites, age of the sample trees was determined. The sample trees represent the age of particular measuring sites: Site 1 - 48 years, Site 2 - 58 years, Site 3 - 66 years, and Site 4 - 67 years.

Average heights of trees on the measuring sites range between 20.36 and 26.78 m. Site 4 shows the highest and Site 1 the lowest average height.

The top height of stands appears to be a good characteristics of site quality because the effect of cleaning and thinning on the group of highest trees is smaller than that on co-dominant trees (Table III).

High values of top heights show that these stands grow on sites which are suitable for the cultivation of

### III. Top height of stands on Sites 1-4

	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4
Top height (m)	30.60	31.50	32.60	32.05
Percentage	100.0	102.9	106.5	104.7

### IV. Average tree volume on Sites 1-4 (m<sup>3</sup> o.b)

	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4
Volume (m <sup>3</sup> o.b)	0.680	1.234	1.136	1.431

### V. Exact numbers of stems on Sites 1-4

Number of stems.ha <sup>-1</sup>	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4
Measured	625	475	475	480
According to Halaj yield tables	458	260	268	226
Measured/Halaj (%)	129	182	177	212

### VI. Basal area calculation of Sites 1-4

	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4
Basal area (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )	33.01	41.33	39.65	22.95

### VII. Growing stock data on Sites 1-4

Growing stock	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4
According to Sopp's method (m <sup>3</sup> )	425.537	586.125	539.850	685.983
Yield tables of Halaj (m <sup>3</sup> )	242	392	311	416

black locust. The average d.b.h. on particular sites ranges between 23.3 and 35.5 cm.

The average tree volume is closely related to the age and height class of trees. In mature stands, 85-95% of the volume are given by dominant and co-dominant trees.

After measuring the d.b.h. and tree height, tree volume was calculated according to Sopp's method (Table IV).

The number of stems is closely related to the age of stands, the quality of site and the method of cleaning and thinning. Methods of tending operations used on these sites in previous years have not been found.

It is evident that stem density measured on particular sites is much higher than that determined according to Halaj yield tables.

The maximum difference in the basal area of particular sites is 30.1% the value being not directly related to differences in the growing stock of the sites (61%). This phenomenon is caused probably by the different age of sites as well as different number of stems.

Growing stock data were obtained by the summarization of tree volumes. The calculated volumes are rather high. However, the aim of my work was to show

the potential performance of black locust in southern Moravia. The selected stands rank among the best ones in the region.

If we compare growing stock measured on particular sites with that obtained according to Halaj yield tables (1987) then the former value is 1.44–1.75 times higher. This difference is caused by large basal area of measured sites.

Annual ring analysis was carried out in four stems only. On each of the sites, one tree was selected which represented different height classes (Table VIII). For the analysis, sample disks were cut out from particular stems in one-meter interval and annual ring number and width were recorded. Based on the data, annual diameter, height and volume increments were calculated. Characteristics of harvested sample trees are as follows:

#### VIII. Characteristics of harvested sample trees on Sites 1–4

Site	Serial No.	Origin	Min. d.b.h. (mm)	Max. d.b.h. (mm)	Girth at breast height (mm)	Average d.b.h. (mm)
No. 1	1	Seed origin	261	286	859	273.5
No. 2	2	Seed origin	228	253	765	240.5
No. 3	3	Seed origin	370	405	1,240	387.5
No. 4	4	Seed origin	299	311	962	305.0
Site	Crown height (m)	Height (m)	Height class	Stem class	Tree volume according to Sopp	
No. 1	16.0	25.2	2	1	0.692	
No. 2	17.0	24.5	3	1	0.568	
No. 3	20.0	29.0	1	2	1.764	
No. 4	16.0	27.0	2	2	1.278	
Mean	17.25	26.43	2	1.5	1.075	

The thickness or volume of bark were not measured during the annual ring analysis because the bark of black locust is ribbed. For the purpose of comparability, calculations were carried out according to tables of Fekete (1935).

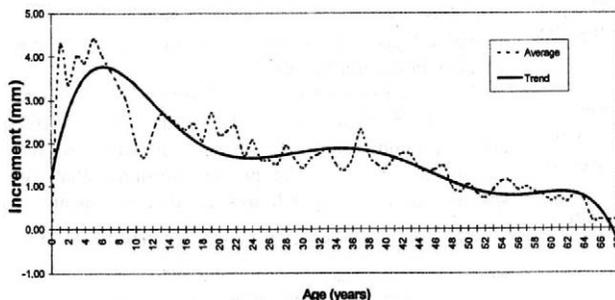
The course of diameter increment of examined trees is as follows. In young age, the diameter increment is very high. It can amount to 7–13 mm per year. The increment culminates at an age of 3–5 years. Then, the diameter increment rapidly decreases to the level of 1–2 mm per year. In mature trees (age 40–60 years or

more), the increment of examined trees remains unchanged. The average diameter increment of the trees is given in a diagram (Fig. 1). This diagram was constructed on the basis of four examined tree. The small number of sample trees causes that this curve is rather 'dentated'. The 'trend curve' is already smoothed. The curve of all examined trees shows that the highest annual diameter increment occurred at an age of about 5–6 years. The second peak of the curve appears at an age of about 35 year. It was probably caused by tending operations. It is of interest that the annual diameter increment remains rather high (over 2 mm per year) even in the highest age (50–60 years). Negative results at the end of the trend curve do not correspond to reality. This mistake was caused by the software used.

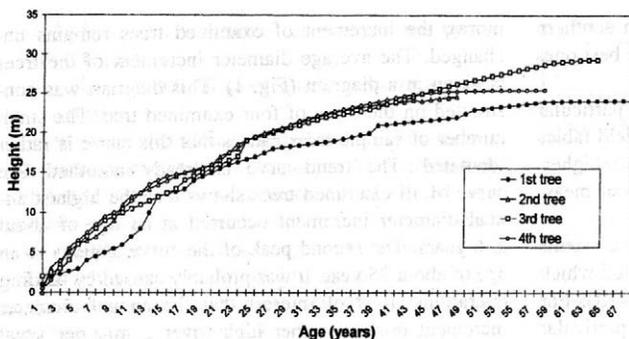
The height development of the locust trees always

continued during six decades. The culmination of tree height increment occurs at an age of 2–3 years (according to the 'trend curve' at an age of 5–6 years). Then, it rapidly decreases, but at an age of 58 years remains about 0.2 m per year. The development is shown in Figs. 2–3.

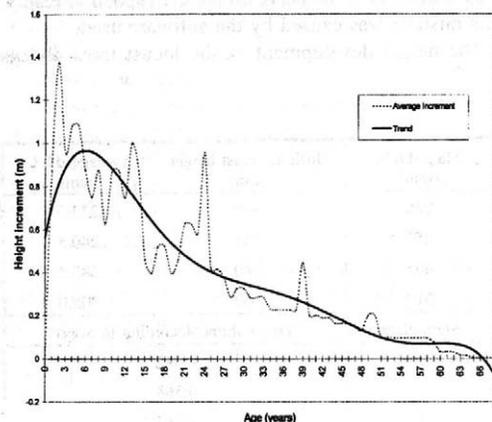
In calculating the mean annual volume increment of measuring sites the following results were obtained: Site 1 – 8.86, Site 2 – 10.10, Site 3 – 8.18 and Site 4 – 10.23 m<sup>3</sup>.year<sup>-1</sup>.



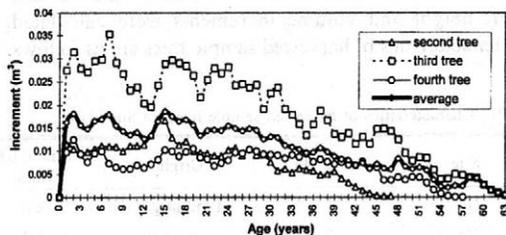
1. Average annual ring increment of all examined trees



2. Height development of all examined trees



3. Average height increment of all examined trees



4. Annual volume increment of examined trees

The data were calculated from the growing stock of the sites according to Sopp's method. Actual values are, however, probably higher because the volume of cleanings and thinnings was not included into the calculation.

Curves showing the course of annual volume increment of examined trees are given in the following diagram.

The forking of stems is a very frequent defect of black locust stands. During thinning and particularly cleaning operations, the forked trees should be cut out and removed from the stand. If forked trees remain in the stand to the age of maturity, then these defective trees result in decreased stand quality.

Crown height is the height of a stem free of branches or forking. The factor is important in estimating the assortment structure of black locust stands.

It is of interest that the different age and stem density of particular sites have rather small effects on the crown height. Site 4 is situated on the border of the forest. Probably this phenomenon causes the small average height of crowns.

Form factor was calculated according to the following equation:

$$F = V \cdot (G \cdot H)^{-1}$$

where:  $F$  – form factor,  
 $V$  – growing stock ( $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ),  
 $G$  – basal area ( $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ ),  
 $H$  – mean tree height of stand (m).

Categorization of the stands was carried out according to the following method:

- 1st class: stands or trees suitable for propagation by tissue cultures;
- 2nd class: stands suitable for regeneration by seed;
- 3rd class: stands suitable for regeneration by root shoots/sprouts;
- 4th class: stands of poor quality requiring species conversion.

During the categorization following factors were taken into account:

- growth habit,
- branching of stems,
- forking of stems,
- site index (AVB) of the stands,
- growing stock of the stands per hectare.

According to the categorization of 78 stands, 1 stand was classed in the first category, 7 stands were in the second category, 61 stands in the third category and 9 stands in the fourth category.

To compare forest rents the formula of Faustmann was used (Márkus, 1986.) The formula gives differences in output values and costs calculated to the final cutting age ( $f$  year). The method presumes that tree species, yield and expenditures are always constant.

$$R = (V + B_a \cdot 1.0p^{f-a} + \dots + B_a \cdot 1.0p^{f-a} - C \cdot 1.0p^f) / (1.0p^f - 1)$$

where:  $R$  – forest rental,  
 $V$  – main felling yields minus main felling costs,

IX. Results of the stem forking analysis carried out on Sites 1-4

Forking	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4
Middle third of stems	4 trees	3 trees	2 trees	14 trees
	16%	16%	10%	34%
Top third of stems	2 trees	1 tree	1 tree	3 trees
	8%	5%	5%	7%
Total	6 trees	4 trees	3 trees	17 trees
	24%	21%	15%	41%

X. Crown height measurements on Sites 1-4

Site	Mean crown height (m)	Stem free of branches (%)
Site 1	11.65	57.27
Site 2	14.48	55.47
Site 3	13.10	54.29
Site 4	12.54	46.93

XI. Results of the form factor calculation

	Form factor
Site 1	0.5486
Site 2	0.5432
Site 3	0.5642
Site 4	0.5163
Average	0.5430

*B* - yields of tending operations minus costs of tending operations,

*C* - costs of reforestation,

*f* - years of the felling cycle,

*p* - interest rate (2% are 1.02).

For the economic comparison, average values were used of costs of years 1996 and 1997. All types of forest operations in the forest enterprise are under subcontract. Due to the fact, it was impossible to determine exact costs of tending and logging operations. The mathematical correctness of Faustmann's formula is right. However, yields and costs are only presumed. The constant repetition of the felling cycle cost and yields is economically a fiction. The calculation of a forest rental is often negative.

According to my opinion, the method does not provide exact market values of forest stands but it is suitable for comparing investment plans.

For the expected interest rate 2% were chosen. Calculations were carried out of the forest rent for black locust of seed origin, black locust of coppice origin, 'shipmast' black locust, sessile oak and Scots pine (Table XII).

Based on the results it is possible to see that the cultivation of black locust should give good results. It is true that black locust gives assortments of small diameter and low market value. However, the mean annual increment of black locust is very high, reforesta-

tion costs are low and felling cycle is short. In case of Scots pine and sessile oak, the assortment structure is more favourable. Their assortments are of better market value. However, their reforestation costs are rather high, and during the calculation of a forest rental by Faustmann's formula, the costs at the start of a felling cycle and length of the felling cycle are very important factors.

DISCUSSION

According to the results of my study, the mean annual volume increment of the black locust at an age of 35-40 years growing on good sites probably does not decrease too markedly. Therefore, it would be better to keep these stands until the age of 40-50 years. The felling cycle of black locust stands can be limited due to wood-destroying fungi.

If the culmination of the mean annual increment is taken into account then the black locust stands should be felled at an age of about 25-30 years. However, d.b.h. of these stands is rather small so that the market value of their assortments is low. Older Hungarian tending models allow only a 30-years felling cycle for black locust. On the other hand, Hungarian foresters recently use longer felling cycles (41 years and more). This increasing felling cycle is partly caused by the increasing market value of harvested timber. However, the large volume of veneer logs from black locust is not the best idea because the market seldom demands these assortments. In addition, fungal attack means an important danger in these mature black locust stands.

According to my opinion, the right felling cycle of black locust stands in Central Europe should be 40 to 50 years. Cleaning operations could be carried out twice, on better sites earlier (at an age of 5-9 years) and on sites of lower quality later. It is important cleaning operations to be carried out in the right time because the species is shade intolerant and valuable stems are produced only if the sunlight requirements are fulfilled. Trees growing under conditions of full light have a tendency to develop large crowns and short stems. The aim of tending operations is to control the amount of lateral sunlight in the stand so that branches and crowns do not become too large. In the early age of the stand, light requirements are considerably high. In the juvenile stage, up to 10-15 years of age, black locust is able to close canopy openings which are caused by tending operations. Therefore, cleaning operations should reduce stem numbers removing all unsuitable trees to provide sufficient growing space for crop trees.

In black locust stands of coppice origin, the first cleaning should be carried out when the stand is 3-6 years old. Stem density should be reduced to less than 5,000 trees.ha<sup>-1</sup>.

At the first cleaning operation, heavy natural self-selection largely determines which trees should be removed. The second cleaning should be aimed at promising and dominant trees of good form. Pruning should produce straight cylindrical stems which are free of

XII. Summary of the forest rent calculation (per ha)

	Black locust of seed origin	Black locust of coppice origin	Shipmast black locust	Scots pine	Sessile oak
CZK/felling cycle	30,008	94,801	42,177	-102,037	-114,344
CZK/120 year	87,828	277,466	123,445	-136,049	-114,344
Difference	223,877	413,515	259,494	0	21,705
CZK/felling cycle	costs decreased with a profit of 10%			-82,749	-94,943
CZK/120 year	costs decreased with a profit of 10%			-110,332	-94,943
Difference	198,160	387,798	233,777	0	15,389

Shipmast black locust – *Robinia pseudoacacia* var. *rectissima*

forking and large-diameter branches. Black locust in its juvenile stage tolerates green pruning well.

After cleaning operations, spacing within the black locust stands should be sufficient enough to allow the free movement of machinery in the course of thinning operations.

The thinning operations are divided into two parts, viz. selective and increment thinnings. The selective thinnings should be carried out at an age of 12–19 years. On highly producing sites twice and on less producing sites once. On sites of low productivity, it is not necessary to carry out this operation. The aim of this tending operation is to increase diameter increment of selected crop trees. During the stage, the trees maintain their vigorous height growth although this capacity decreases after the age of 15 years. The main task of the selective thinning is to select best trees (crop trees) and to create sufficient growing space for them. During the selective thinning, pruning should be carried out up to the stem height of 4–6 m in the best stands. Central-European black locust stands consist of many trees of poor quality with unfavourable genetic properties such as forking, too large crowns and twisted growth. Therefore, selected trees should have cylindrical stems, straight grain, monopodial growth and healthy and dense foliage which covers about one-third of the stem.

The increment thinning should be carried out twice on best sites and once on yield class III, at an age of 22–25 and 32–36 years, respectively. The aim of this operation is to create sufficient growing space for each of the crop trees which can increase their d.b.h. during the rest of the felling cycle. In this particular stage of robinia stands, only a moderate thinning is recommended. The objective of tending should be to produce the high proportion of good-quality sawlogs from stands of yield class I and II, some sawlogs and the high proportion of poles and props from yield class III and IV stands, and poles, props and other small-dimension industrial wood from yield class V stands.

Black locust stands of coppice origin should be felled five years earlier than prescribe the tables because heart rot is a great problem mainly in the worst yield-classes of coppice origin black locust stands. These instructions are given in Table XIII.

In the forest stand 712 C8 (Tvořihřáz), there is a group of 46 black locust trees. The group is of

a 'shipmast' character being of a very high quality. According to my opinion, the best trees of this group could be used for propagation by tissue cultures.

### CONCLUSIONS

Black locust was introduced to Europe from America in the first years of the 17th century. During the last three centuries, black locust became one of the most widespread introduced tree species of the world.

Site requirements of the species are rather wide. It tolerates extreme sites, however, for vigorous growth and high yield it requires soils of optimum nutrient content, good aeration and favourable water supply.

Its durable, brownish-yellowish, ring-porous wood shows excellent physical and mechanical properties. The honey production of black locust is high. Reforestation of the species by root-suckers and coppice shoots is easy and cheap.

In the Czech Republic, there are about 13,000 ha of black locust forests. High proportion of the forests fulfils soil protection functions. In the past, tending of these black locust stands was neglected. This is the reason why robinia stands in the Czech Republic are of low quality.

Some 78 black locust stands ranking among the best S. Moravian robinia stands were studied in the course of my investigation. Results of the study have shown that: 9 stands need forest conversion, 61 stands are suitable for regeneration by root and coppice shoots, 7 stands are suitable for seed collection (Lechovice 304B5, 304C5, 323F5, 323B5y, Březany 311F5, 311G5, Pravice 319B5x.) and 1 stand is suitable for propagation by tissue cultures (Tvořihřáz 712C8).

In four of the stands, measuring sites (plots) of 0.04 ha were marked out and detailed mensurational characteristics of these sites were measured. The age of the plots ranges between 48 and 67 years. Average tree heights are between 24.13 and 26.78 m. Top heights range between 31.5 and 32.6 m. The number of over-topped trees amounts to 1–3. Mean d.b.h. is 30.91–35.5 cm. The average basal area of trees ranges between 0.047 and 0.09 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>. The average volumes of tree are between 1.136 and 1.431 m<sup>3</sup> o.b. according to Sopp's yield tables. The number of stems ranges from

XIII. Tending regimes for high and coppice black locust forests of southern Moravia, Central Europe

	Age (years)	Height (m)	Basal area (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )	d.b.h. (cm)	Density (stems.ha <sup>-1</sup> )	GSI (m)	Volume of cut (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )
Yield class I Site index (AVB) 28							
Cleaning	5	8	7	6	2,500	2.1	6
Cleaning	9	13	13	10	1,700	2.6	20
Selective thinning	12	16	12	13	900	3.6	30
Selective thinning	18	20	17	19	600	4.4	35
Increment thinning	25	24	18	24	400	5.4	50
Harvest cutting	50	28	40	36	400	5.4	565
Yield class II Site index (AVB) 24-26							
Cleaning	6	8	7	6	2,500	2.1	5
Cleaning	10	12	13	10	1,700	2.6	20
Selective thinning	15	16	14	14	900	3.6	35
Increment thinning	22	20	17	20	550	4.6	45
Harvest cutting	50	25	38	30	550	4.6	490
Yield class III Site index (AVB) 22							
Cleaning	7	8	7	6	2,700	2.1	4
Cleaning	12	12	14	10	1,800	2.5	15
Selective thinning	17	15	16	14	1,100	3.3	35
Increment thinning	22	18	16	17	700	4.1	40
Harvest cutting	40	21	31	24	700	4.1	350
Yield class IV Site index (AVB) 20							
Cleaning	8	8	8	6	3,000	1.8	4
Cleaning	13	11	15	10	2,000	2.4	15
Selective thinning	19	14	13	13	1,000	3.4	35
Harvest cutting	30	17	25	18	1,000	3.4	235
Yield class V Site index (AVB) 16-18							
Cleaning	9	7	7	5.5	3,000	1.8	4
Cleaning	15	10	9	9	1,500	2.8	20
Harvest cutting	30	14	20	13	1,500	2.8	155
Yield class VI Site index (AVB) 12-14							
Cleaning	10	6	7	5	3,500	1.6	0
Cleaning	(15)	(8)	(8)	(7)	(2,000)	(2.4)	(15)
Harvest cutting	(20)	(10)	(12)	(9)	(2,000)	(2.4)	(75)

GSI = Growing space index

475 to 480 per ha, i.e. 1.77-2.12 times more than prescribe Halaj's yield tables. Basal area is between 22.95 and 41.33 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>. Growing stock amounts to 539.85-685.98 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> (according to Sopp's yield tables). The values of the mean annual increment are between 8.18 and 10.23 m<sup>3</sup>.year<sup>-1</sup>. This high value is worth of noting because the age of investigated stands ranges between 50 and 65 years and volumes of removed trees of past tending operations were not included into the present stand volume.

Four trees of different height classes were analysed in detail. According to the trend curve of diameter increments it can be seen that the ring width is largest (4 mm.year<sup>-1</sup>) at an age of 4-6 years. Then, up to the age of 20 years, the increment permanently decreases and stagnates at 2 mm.year<sup>-1</sup>. Between 45 and 55 years of age, the increment decreases again and between

55 and 65 years stagnates at 1 mm.year<sup>-1</sup>. The diameter increment after 65 years of age approaches to a zero value.

The trend of the height increment is as follows. At an age of 5-7 years, it reaches its maximum value of about 1 m per year. Then, up to the age of 50 years, it linearly decreases to the value of 0.2 m per year. After 60 years of age, the height increment of black locust stagnates.

The annual volume increment of examined trees is between 0.0096 and 0.0255 m<sup>3</sup>.year<sup>-1</sup>. The forking of examined stands ranges between 15 and 41% which is a rather high value.

It is evident that the stands under study exhibit particularly good properties. The stands document that southern Moravia is suitable for growing black locust stands of good quality. Soils and climate of the region

are suitable for requirements of black locust. Black locust stands growing on extreme sites were not included into my study, however, in the course of my investigation, I found that such stands are capable of adaptation to the environment and so to fulfil the soil-protection role.

The forest rent was compared of black locust, sessile oak and Scots pine stands calculated according to Faustmann's method. Although this method does not provide exact results (e.g. fix costs are not included into the calculation), it could help to compare future investment plans.

According to my investigations, the order of forest rental of calculated tree species is as follows: (1) black locust of coppice origin, (2) black locust of clone origin, (3) black locust of seed origin, (4) sessile oak, and (5) Scots pine.

The tending process in black locust stands is described in detail in Discussion. Tending operations are divided to cleaning, selective thinning and increment thinning. The clonal origin and coppice origin stands are mentioned separately. The model should be used to determine timing and appropriate intensity of tending operations on the basis of average height and age of stands.

On the basis of my three-year research, the following measures can be recommended:

- Not to reduce the area of S. Moravian black locust stands.
- To consider regeneration using root-shoots/sprouts and coppice shoots in black locust forests which grow on good sites or fulfil soil protection functions.
- To consider the establishment of seed-crop stands.
- To consider propagation by tissue cultures of the best trees from selected 46 trees in Stand 712C8 (Tvořihřáz).
- To consider the establishment of intensively cultivated black locust stands on the best sites (stands of clone origin).
- To consider conversion of neglected S. Moravian windbreaks to black locust stands.
- To consider afforestation of some agricultural lands using black locust.

*The thesis was worked out within the internal PhD studies of the author of the paper at the Department of Forest Establishment and Silviculture and within the research project No. MSM: 434100005 of the Faculty of Forestry and Wood Technology, Mendel University of Agriculture and Forestry, Brno.*

## References

BULLOCH, B. T., 1994. Hungarian straits of black locust (*Robinia pseudoacacia*) – really just a boutique species? N. Z. Tree Grower, 15: 14–15.

FEKETE, Z., 1935. Akác-fatömegtáblák és szerfabeclsési táblázatok. Sopron, M. KIR. József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem: 63.

FEKETE, Z., 1937. Akác-fatermési táblák. Sopron, M. KIR. József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem: 103.

HALAJ, J. et al., 1987. Rastové tabuľky hlavných drevín ČSSR (Growth tables of major tree species of the CSSR). Bratislava, Príroda: 361.

HANOVER, J. W. et al., 1992. Biology, culturing and utilization of black locust. Michigan State University: 277.

KAPUSI, I., 1976. Különböző fatermőképességű akácok kitermelésének és felújításának költség hozam mérlege. Erdő: 242–244.

KERESZTESI, B., 1965. Akáctermesztés Magyarországon. Budapest, Akadémia: 652.

KERESZTESI, B., 1983. Breeding and cultivation of black locust, *Robinia pseudoacacia* in Hungary. Forest Econ. Mgmt, 6: 217–244.

KERESZTESI, B., 1984. Az akác. Budapest, Akadémiai Kiadó: 161.

KISS, R. – FARAGÓ, S. – KAPUSI, I., 1977. Akác termesztési modellek. Erdő: 212.

KOHÁN, Š., 1994. Some results and possibilities of increment of wood production in lowland forests in Hungary. Zpr. lesn. výzk., 39, No. 1: 49–50.

MA, C. G. – SHI, K. S. – DENG, J. F. – DING, Y. Y. – LI, W. C. – CHEN, Z. D., 1991. The status and future tendency of clonal breeding from forest trees in China. China Science and Technology Press, Beijing.

MÁRKUS, L., 1986. Erdőérték és eredményszámítás. Budapest, Mezőgazdasági Kiadó: 207.

MOLNÁR, S., 1995. Wood properties and utilization of black locust in Hungary. Drevársky výskum, 1: 23–33.

PARK, Y. G., 1992. Strategies of forest management in Hungary and utilization of black locust (*Robinia pseudoacacia*). J. Korean For. Soc., 81: 66–75.

PLÍVA, K. – ŽLÁBEK, I., 1989. Provozní systémy v lesním plánování. Praha, SZN: 216.

RÉDEI, K., 1982. Erdőnevelési és faállományszerkezeti vizsgálatok a Duna-Tisza közti akácokban. Erdő, 4: 176–179.

RÉDEI, K., 1987. Az akácok felújításának fatermési vonatkozásai. Budapest, Erdészeti Kutatások, 79: 63–69.

RÉDEI, K., 1992. Növedékelemzések akác állományokban. Erdészeti Lapok, 127: 72–73.

RÓNAY, G., 1944. Igazságot az akácnak. Erdészeti Lapok, 3: 13.

SOPP, L., 1970. Fatömegszámítási táblázatok. Budapest, Mezőgazdasági Kiadó: 361.

SUNG, J. H. – LEE, M. B. – CHO, J. H., 1994. Characteristics of growth and biomass production of *Robinia pseudoacacia* coppice stands. F-R-I Seoul., No. 49: 44–49.

VADAS, J., 1911. Az akác monográfiája. Budapest, Pátria: 236.

Received 3 May 1999

# MOŽNOSTI UPLATNĚNÍ TRNOVNÍKU AKÁTU (*ROBINIA PSEUDOACACIA* L.) V OBLASTI JIŽNÍ MORAVY

T. Czuczor

Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Lesnická a dřevařská fakulta, Lesnická 37, 613 00 Brno

Rostoucí poptávka po dříví, neustálé zmenšování půdního lesního fondu ve světě, zejména v tropických pralesích, dlouhodobé efekty odlesnění a ztráty způsobené imisemi zvyšují potřebu rychlerostoucích mnohostranně použitelných dřevin, jako je i trnovník akát (*Robinia pseudoacacia* L.). Trnovník akát váže dusík, velmi rychle roste, snáší stresy, snadno se generativně a vegetativně obnovuje a má velmi tvrdé kvalitní dřevo, které má širokou škálu použití. Akát pochází ze severní Ameriky, ale dnes je introdukovan a rozšířen v mírných a subtropických zónách po celém světě.

Pestré přírodní podmínky České republiky umožňují pěstování široké palety hospodářsky významných dřevin včetně dřevin introdukovaných. Mezi ně patří i trnovník akát, který je podle poslední inventarizace zastoupen na cca 13 000 ha lesní půdy, což je 0,5 % rozlohy českých lesů.

Předmětem práce jsou výsledky tříletého studia trnovníku akátu na jižní Moravě v lesní oblasti č. 35 Jihomoravské úvaly na Lesní správě Znojmo. Na základě databáze Ústavu pro hospodářskou úpravu lesa byla provedena kategorizace 78 akátových porostů, resp. po-

Model výchovy a obnovy akátových porostů v lesní oblasti č. 35 Jihomoravské úvaly

Pěstební opatření	Věk (let)	Výška (m)	Kruhová základna (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )	Výčetní tloušťka (cm)	Počet stromů na ha	Objem těžeb (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )
<b>Bonita 28 AVB</b>						
Prořezávka	5	8	7	6	2 500	6
Prořezávka	9	13	13	10	1 700	20
Probírka	12	16	12	13	900	30
Probírka	18	20	17	19	600	35
Světlostní probírka	25	24	18	24	400	50
Mýtní těžba	50	28	40	36	400	565
<b>Bonita 24–26 AVB</b>						
Prořezávka	6	8	7	6	2 500	5
Prořezávka	10	12	13	10	1 700	20
Prořezávka	15	16	14	14	900	35
Světlostní probírka	22	20	17	20	550	45
Mýtní těžba	50	25	38	30	550	490
<b>Bonita 22 AVB</b>						
Prořezávka	7	8	7	6	2 700	4
Prořezávka	12	12	14	10	1 800	15
Probírka	17	15	16	14	1 100	35
Světlostní probírka	22	18	16	17	700	40
Mýtní těžba	40	21	31	24	700	350
<b>Bonita 20 AVB</b>						
Prořezávka	8	8	8	6	3 000	4
Prořezávka	13	11	15	10	2 000	15
Probírka	19	14	13	13	1 000	35
Mýtní těžba	30	17	25	18	1 000	235
<b>Bonita 16–18 AVB</b>						
Prořezávka	9	7	7	5,5	3 000	4
Prořezávka	15	10	9	9	1 500	20
Mýtní těžba	30	14	20	13	1 500	155
<b>Bonita 12–14 AVB</b>						
Prořezávka	10	6	7	5	3 500	0
Prořezávka	(15)	(8)	(8)	(7)	(2 000)	(15)
Mýtní těžba	(20)	(10)	(12)	(9)	(2 000)	(75)

rostů s dominantním zastoupením akátu. Ve čtyřech porostech byly založeny výzkumné plochy, které byly v terénu stabilizovány a očíslovány; souběžně byl zjištěn i původ těchto porostů. U všech stromů byl měřen výčetní průměr, výška, výška nasazení korun a u každého stromu byla posuzována i kvalita kmene a vidličnatost. Z takto získaných hodnot byly vypočteny základní taxační parametry: průměrná a horní výška, průměrná výčetní tloušťka, výčetní kruhová základna porostů, počet stromů na hektar a zásoba v  $m^3 \cdot ha^{-1}$ . U čtyř charakteristických vzorníků byly metodou destruktivní analýzy získány poznatky o průběhu výškových a tloušťkových přírůstků. Z hospodářských podkladů Nyírerdő RT v Maďarsku a Lesní správy Znojmo byla podle Faustmannova vzorce vypočtena a srovnána lesní renta akátových porostů s průměrnými borovými a dubovými porosty.

Z výsledků kategorizace 78 porostů vyplynulo, že:

- 1 porost je vhodný jako zdroj explantátových kultur,
- 7 porostů je vhodných pro sběr semene,
- 61 porostů je vhodných pro vegetativní obnovu pomocí kořenových výstřelků,
- 9 porostů je naprosto nekvalitních a je u nich nutné provést přeměny, resp. přeměny.

Všechny ostatní podstatné výsledky šetření jsou sestaveny v tab. I až XI, orientační výpočet lesní renty

akátových, dubových a borových porostů v tab. XII. I když údaje z této tabulky mají pouze orientační charakter (nejsou zde např. zahrnuty veškeré náklady lesních správ nebo státní podpora), přesto jednoznačně ukazují vyšší lesní rentu u porostů akátu.

Jedním z cílů práce bylo i konkrétní předložení přetvorného modelu akátových porostů, který je sestaven tak, aby měl obecnou platnost pro celou lesní oblast č. 35 Jihomoravské úvaly.

Na základě tříletého studia akátových porostů v oblasti jižní Moravy lze konečně pro lesnickou praxi v tomto regionu doporučit následující opatření:

- pro zakládání intenzivních akátových porostů používat jako zdroj sadebního materiálu explantátové kultury, resp. kořenové řízky,
- rekonstrukce akátových porostů provádět v odvodněných případech, a to zejména u mezernatých nekvalitních netvárných pařezin,
- je třeba obnovovat současné průměrné a kvalitní akátové porosty metodou kořenových výmladků,
- doporučuje se zvážit přeměny zanedbaných jihomoravských větrolamů na akátové porosty,
- zvážit možnost zakládání intenzivních akátových kultur na zemědělských půdách.

---

Contact Address:

Ing. Tamás Czuczor, North Hungarian Forest Farming Limited Co., Telkibánya's Forestry, Szabadság u. 9, 3896 Telkibánya, Hungary

---

# ATRAKTIVITA SMRKU PRO KAMBIOXYLOFÁGY V NĚKTERÝCH SOUBORECH LESNÍCH TYPŮ

## SPRUCE ATTRACTION FOR CAMBIOXYLOPHAGOUS PESTS IN SOME FOREST TYPE GROUPS

E. Kula<sup>1</sup>, W. Zabecki<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Lesnická a dřevařská fakulta, Lesnická 37, 613 00 Brno

<sup>2</sup> Akademia rolnicza, Lesnická fakulta, ul. 29. Listopada 46, 31 425 Krakow

**ABSTRACT:** A complex site characteristic is typical of forest type groups (FTG) in which a degree of damage caused by cambioxylophagous pests to their forest stands can be determined. Spruce monocultures with a high natural spruce percentage (7S, 6V) seem to be most attractive to the eight-toothed spruce bark beetle (*Ips typographus*) while lower attraction was observed in FTG where spruce monocultures were established in the conditions of a low spruce percentage in natural composition (5B, 5S, 5H). The eight-toothed spruce bark beetle was replaced by *Polygraphus poligraphus* there (5S). Dominant occurrence of one economically important species was typical of FTG 5H (*Ips amitinus*) and 7S (*I. typographus*). FTG 5B, 5H and 5K had a generally lower degree of cambioxylophage attack. *I. typographus* induced a highly competitive environment by the length of crown niche occupied in FTG 7S against *Pityogenes chalcographus*, *I. amitinus* and *P. poligraphus* while it retreated together with *P. poligraphus*, *Hylurgops palliatus* in FTG 5H to the representatives of *P. chalcographus*, *I. amitinus*. A prolonged niche in FTG 5H was characteristic of the complex *P. chalcographus*, *H. palliatus* and *Xyloterus lineatus*.

Norway spruce; *Picea alba* (L.); forest type groups; cambioxylophagous fauna; Beskids Mts.

**ABSTRAKT:** Komplexní stanovištní charakteristikou se vyznačují soubory lesních typů, pro jejichž porosty lze stanovit míru ohrožení kambioxylofágy. Pro lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*) jsou nejatraktivnější smrkové monokultury s vysokým přirozeným podílem smrku (7S, 6V), zatímco snížená atraktivita byla v SLT, kde smrkové monokultury byly založeny v podmínkách s nízkým zastoupením smrku v přirozené skladbě (5B, 5S, 5H). Lýkožrout smrkový byl substituován druhem *Polygraphus poligraphus* (5S). Dominantním výskytem jednoho hospodářsky významného zástupce se vyznačovaly SLT 5H (*Ips amitinus*) a 7S (*Ips typographus*). Obecně snížený stupeň napadení kambioxylofágy byl v SLT 5B, 5H a 5K. Délkou obsazení korunní niky vytvářel silně konkurenční prostředí v SLT 7S *I. typographus* vůči *Pityogenes chalcographus*, *I. amitinus* a *P. poligraphus*, zatímco v SLT 5H ustupoval *I. typographus* společně s druhy *P. poligraphus* a *Hylurgops palliatus* zástupcům *P. chalcographus* a *I. amitinus*. Prodloužená nika v SLT 5H charakterizovala komplex *P. chalcographus*, *H. palliatus* a *Xyloterus lineatus*.

smrk ztepilý; *Picea alba* (L.); soubory lesních typů; kambioxylofágní fauna; Beskydy

### ÚVOD

Společenstvo kůrovců smrku ztepilého (*Picea alba* [L.] Karst.) ve střední Evropě popsali Pfeffer (1932, 1955) a Capecki (1978). Na vazbu mezi kůrovcí, hostitelským stromem a stanovištními faktory poukázali Pfeffer (1932, 1945), Stolina (1959, 1970a, 1975, 1976), Capecki (1978), Katajev et al. (1984) a Grünwald (1986). Přírodní nenarušená společenstva smrkového lesa a jejich ohrožení kůrovcí studovali Stolina (1969a,b, 1982), Sharapa (1986) a Jakuš (1995).

Jakuš (1995), který se věnoval fauně kambioxylofágů ve vyšších horských polohách (1 200–1 457 m n. m.), zahrnul mezi rozhodující stanovištní faktory míru spojení kořenů stromu s půdou a zápoj, zvýšený stupeň defoliace, barevnou změnu jehličí, sníženou kvalitu kůry a lýka. Nadmořskou výšku, sklon a expozici nepovažuje za významné diskriminační faktory. Půdní kyselost spojená s odolnostním potenciálem smrku k imisnímu působení má význam pro některé zástupce kambioxylofágní fauny (*Dryocoetes hectographus* Rtt., *Xyloterus lineatus* Oliv., *Ips typographus* L.).

Zlatníkovy typologické jednotky (lesní vegetační stupeň, lesní typ) jsou vhodné pro prognózování gradačních situací u druhů klimaticky stenoekních i eurýkenních, protože vyjadřují celkově vlastnosti geobiocenóz (Stolínová, 1959, 1972). Z tohoto hlediska stanovil Stolínová (1970a,b) pro lýkožrouta smrkového ekologické optimum v bukovém a jedlobukovém lesním vegetačním stupni (lvs). Zumr (1995) vztáhl gradační potenciál lýkožrouta smrkového k lesním vegetačním stupňům dubu a buku, buku a jedle, smrku a buku a lvs smrku.

Cílem příspěvku je charakterizovat kambioxylofágní faunu smrku v porostech povodí nádrže Šance v Beskydách podle souborů lesních typů užívaných Lesprojechem.

## METODIKA

V monitorovací síti založené v povodí vodní nádrže Šance (Beskydy) bylo analyzováno 412 kůrovci napadených nebo usmrcených smrků. Po odkornění celého profilu kmene a koruny včetně větví autoři příspěvku podle požerků, případně přítomnosti imag a larev stanovili druh podkorního a dřevokazného hmyzu. Intenzita napadení byla hodnocena podle stupnice:

- rozptýlené osazení (1) – ojedinělý výskyt požerků na kontrolní sekci nebo větví,
- zvýšené osazení (2) – požerky zaujímají jednu třetinu až dvě třetiny povrchu sekce nebo větve,
- silné osazení (3) – požerky se nacházejí na více než dvou třetinách povrchu kontrolní sekce nebo větve.

Při vyhodnocení výsledků a jejich interpretaci jsme uplatnili hledisko abundance, četnosti výskytu daného druhu a střední délky napadení kmene, niky osídlení. K eliminování nestejně výšky stromu a hloubky nasazení korony byly zvoleny 1 m dlouhé srovnávací sekce umístěné: při patě kmene, ve středu kmene, pod korunou, uprostřed koruny a na vrcholku koruny; pro větve na začátku koruny, uprostřed koruny a ve vrcholku koruny.

Zlatníkovy skupiny lesních typů nemají sice přesné ekvivalenty k užívaným souborům lesních typů (SLT), ale pro porovnání výsledků Stolínové (1959) a Zumra (1984) jsme po konzultaci s doc. Ambrosem\* přiřadili k 5. lvs AF SLT 5B, 5H, 5S, 5F; k 5. lvs Fap SLT 5K, 7S a k Fac SLT 5A; k 6. lvs FA SLT 6V, 6O a k Fap SLT 7S; do 7. lvs SP by mohl být akceptován SLT 7Z.

Ve studované oblasti povodí nádrže Šance byly kontrolované monitorovací body sítě 1 x 1 km začleněny do 15 souborů lesních typů, přičemž v třech SLT (6O, 7Z, 5F) bylo hodnoceno méně než šest stromů a v dalších osmi SLT bylo analyzováno 6–216 stromů napadených nebo usmrcených kambioxylofágy. Snížený rozsah stromů byl vázán na SLT 5A, 5N a 7S, kde

vypočtené procento atraktivitu bereme jako orientační pro nedostatečný rozsah analyzovaného souboru (6–10 stromů). Střední rozsah zpracovaných vzorníkových stromů byl v SLT 5K, 6V, 5H (17–45 stromů) a k nejrozsáhlejším patřil soubor vzorníků ze SLT 5B (70 stromů) a 5S (216 stromů).

## VÝSLEDKY

### ATRAKTIVITA SMRKU

V SLT 5S se 216 vzorníkovými stromy jsme registrovali 32 druhů kambioxylofágů. Dominantního zastoupení dosáhl *Pityophthorus pityographus* Rtzb. (69,9 %), *Pityogenes chalcographus* L. (61,6 %) a *Polygraphus poligraphus* L. (55,1 %). Významné postavení v těchto stanovištních podmínkách zaznamenali *Ips amitinus* Eichh. (43 %), *Molorchus minor* L. (50 %), *Obrium brunneum* F. (40,3 %) a *Phthorophloeus spinulosus* Rey. (44 %).

V SLT 5B (70 stromů) byl potvrzen výskyt 23 kambioxylofágů, z nichž nejvyšší atraktivitu ke smrku vykazovaly druhy *P. pityographus* (71,4 %), *P. chalcographus* (58,6 %) a *Ph. spinulosus* (40 %).

V SLT 5H jsme analyzovali 45 smrků různého sociálního postavení a zaznamenali 21 druhů podkorní a dřevokazné fauny, v níž rozhodujícího podílu dosahovaly druhy *P. chalcographus* (55 %) a *P. pityographus* (51,1 %), doprovázené druhem *P. poligraphus* (44,4 %).

V SLT 6V (34 stromů, 18 kambioxylofágních druhů) se nejčastěji na smrcích nacházel *P. pityographus* (91,2 %), *P. chalcographus* (64,7 %), *M. minor* (55,9 %), *Ph. spinulosus* (50 %) a *I. typographus* (50 %). K dalším významně zastoupeným druhům patřil *I. amitinus* (47,1 %), *P. poligraphus* (44,1 %) a *Rhagium inquisitor* L. (47,1 %).

V SLT 5K (17 stromů) tvořilo faunu 19 druhů kambioxylofágů, z nichž většinu analyzovaných stromů osídloval *P. pityographus* (82,3 %) a *P. chalcographus* (52,9 %). Mezi četně zastoupené kambioxylofágy se řadil rovněž *M. minor* (47,1 %) a *Ph. spinulosus* (41,2 %).

Utváření kmenové niky bylo vyvážené a neovlivněné stanovištními podmínkami ve sledovaných souborech lesních typů u kambioxylofágů *Cryphalus abietis* Rtzb. 8,3–18,6 % (chyběl v SLT 5A, 7S a prodlouženou nikou\*\* zaznamenal v SLT 5B), *D. autographus* 4,5–11,0 % (chyběl v SLT 5A, 5N a 7S), *Pissodes haryanae* Hrbst. 15,4–25 % (nevyskytoval se v 5A, 7S a prodlouženou nikou měl v 6V – 37,3 %), *P. pityographus* 12,8–24,3 % (vykázal zúženou nikou v SLT 7S – 4,5 %), *Rh. inquisitor* 4–8,4 % a *Tetropium fuscum* F. 3,1–13,1 %.

\* Doc. Ing. Z. Ambros, CSc., je emeritním docentem Ústavu lesnické botaniky, dendrologie a typologie, specialista na lesnickou typologii.

\*\* Prodloužená, zúžená nika představuje výrazně odlišný prostor kmene nebo větví osídlený kambioxylofágem proti obecnému výskytu.

Nika kambioxylofágů větví bez specifikace sociálního postavení stromu byla ve všech SLT ve shodném rozsahu u druhu *M. minor* 19,1–25,9 % (v SLT 5H – 34,9 %), *O. brunneum* 15,6–22,6 % (v SLT 5K 37,5 %), *Ph. spinulosus* 17,2–25 %. Rozdílná délka niky větví byla zjištěna u čtyř zástupců. *P. chalcographus* obsadil nejdelší část profilu koruny v SLT 5H, 5N, 6V (72,9–79,4 %). Shodné rozložení niky větví měl v SLT 5A, 5B, 5S (63–64,6 %). Pouze v SLT 7S nastal pokles pod 50 % profilu koruny.

Rozdíl v atraktivitě smrku jednotlivých SLT uvádíme pro jednotlivé zástupce podle jejich hospodářského významu.

*I. typographus* se nacházel na stromech ve všech hodnocených SLT (11,8–100 %). Napadení všech vzorníkových stromů bylo registrováno v SLT 7S ve vysoké nadmořské výšce rezervace Kněžhyně. Polovina analyzovaných jedinců byla atakována tímto druhem v SLT 6V. Snížený výskyt byl zaznamenán v SLT 5K, 5N, 5H (11,8–15,5 %) a 5S (22,2 %). Vyrovaný a střední stupeň atraktivity smrku byl stanoven v SLT 5A a 5B (33,3–34,3 %). *I. typographus* dosahoval extrémně dlouhé kmenové niky v SLT 7S na uvolněných, přestářlých smrcích. Relativně úzká kmenová nika (36,5–46 %) se vytvářela v SLT 5K (36,5 %), 5S, 5A a více než polovinu profilu kmene (50–59,3 %) obsazoval na smrcích v SLT 5N, 5B, 6V, 5H (obr. 1).

*I. amitinus* napadal smrky hodnocených SLT v rozpětí 24,4–50 %. Nejvyšší podíl osídlených stromů byl v SLT 5N, 6V a 5S (43–50 %). Ve zbyvajících souborech byl stupeň atraktivity vymezen 30–35,3 % (5A, 5B, 5K, 7S) a nejnižší podíl napadených stromů byl sledován v SLT 5H. *I. amitinus* s kmenovou nikou 8,8–46,1 % se aktivizoval v relativně dlouhé profilu kmene v SLT 5K a 5N (40,8–46,1 %). Obecně ve většině sledovaných SLT byla nika vytvářena v odpovídající korunové části kmene, tj. pětina až čtvrtina profilu kmene (19,4–27,5 %). Pouze v podmínkách SLT 7S byl výskyt sporadický s úzkou nikou (8,8 %). *I. amitinus* v koruně vystupoval i na větve, přičemž úzkou niku vytvořil v SLT 7S, 5S, 6V (15,4–20 %), následují SLT

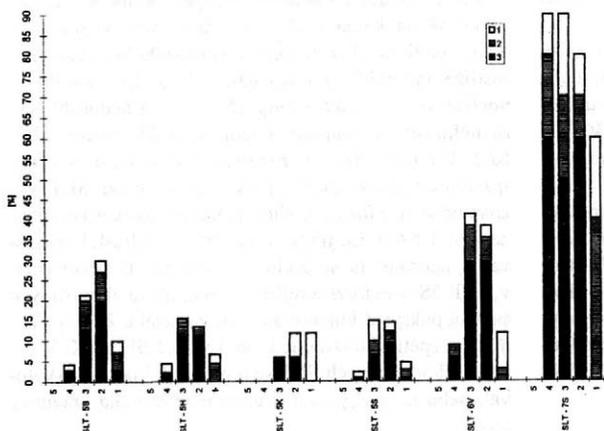
5B a 5H (25,7–28,6 %) a více než třetinu profilu koruny zaujal na smrcích v SLT 5A (obr. 2).

*P. chalcographus* byl obecně zastoupen ve sledovaných SLT s tím, že vyšší napadení byl s výjimkou SLT 7S (90 %) a 5N (75 %) ve vyrovaně hladině s 52,9–66,7 %. Kmenová nika, kterou obsazoval *P. chalcographus*, byla extrémně úzká na smrcích v SLT 7S (17,5 %) a 5S (26,5 %), zatímco více než 60 % profilu kmene obsazoval v podmínkách SLT 5K a 5H. Podobné rozložení na smrcích měl v SLT 5A, 6V a 5B, 5N (obr. 3).

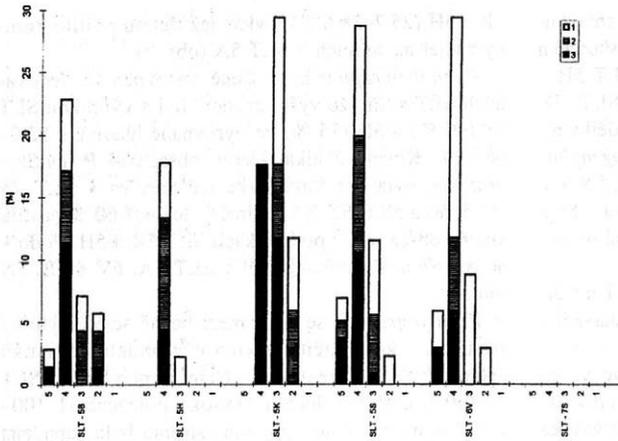
*P. pityographus* se řadil mezi běžně se vyskytující zástupce, i když určité diference v atraktivitě smrků jednotlivých SLT lze odvodit. Nejnižší podíl měl v SLT 7S (30 %), tedy v lokalitě vysoko položené (1 100–1 200 m n. m.). Pouze polovina stromů byla napadena tímto druhem v podmínkách SLT 5H (51,1 %). Nejvyšší rozsah napadených stromů byl charakteristický pro SLT 6V, 5A, 5K (91,2–82,3 %) a shodnou výši výskytu jsme registrovali v SLT 5B, 5S, 5N (71,4–62,5 %). S výjimkou extrémních poloh (nejvyšší nika 21,1 % – 7S a nejdelší nika 68,6 % – 5A) bylo napadení větví druhem *P. pityographus* vyrovaně (45,4–55 %) (obr. 4).

*P. poligraphus* napadal smrky ve všech SLT a nejvýznamnější postavení zaznamenal v SLT 5N, kde však bylo analyzováno pouze osm stromů. Nejběžnější hladina napadení stromů v porostech byla 44–55 % (SLT 6V, 5H, 5A a 5S). Nejnižší stupeň rozšíření byl vázán na SLT 7S, 5K a 5B (29,4–37,1 %). *P. poligraphus* napadal úzkou část profilu kmene smrků v SLT 5K a 7S (25 a 22,7 %), obecně však vystupoval na 40–50 % délky kmene (obr. 5).

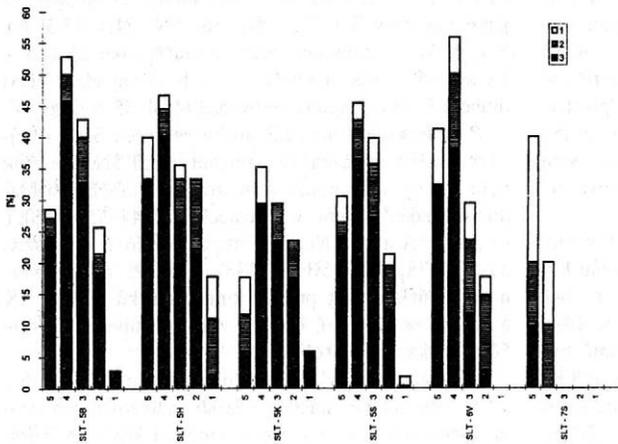
*X. lineatus* nebyl zachycen na stromech SLT 5A a 5N (kde byl ale omezený rozsah analyzovaných stromů; jeho přítomnost nelze vyloučit, i když ve velmi nízké hladině). Atraktivita, vyjádřená počtem napadených stromů, se pohybovala v rozpětí 5,9–30 %. Běžné zastoupení bylo v rozsahu 20–30 % (SLT 5H, 5S, 6V a 7S). Nižší zastoupení bylo v SLT 5K (5,9 %) a 5B (12,8 %). *X. lineatus* preferující spodní část kmene byl registrován na 40 % profilu kmene v SLT 5H, 5K, za-



1. Zastoupení a intenzita stupně napadení (1 – rozptýlený, 2 – zvýšený, 3 – silný) druhem *I. typographus* ve srovnávacích sekcích profilu kmene smrku (1 – oddenek, 2 – sekce středu kmene, 3 – podkorunová sekce, 4 – střed koruny, 5 – vrchol kmene) v závislosti na souboru lesních typů – Frequency of occurrence and intensity of attack (1 – low, 2 – increased, 3 – high) by *I. typographus* in comparative sections of the spruce stem profile (1 – stem base, 2 – stem middle, 3 – section under the crown, 4 – crown middle, 5 – stem top) in relation to forest type groups



2. Zastoupení a intenzita stupně napadení (1 – rozptýlený, 2 – zvýšený, 3 – silný) druhem *I. amitinus* ve srovnávacích sekcích profilu kmene smrku (1 – oddenek, 2 – sekce středu kmene, 3 – podkorunová sekce, 4 – střed koruny, 5 – vrchol kmene) v závislosti na souboru lesních typů – Frequency of occurrence and intensity of attack (1 – low, 2 – increased, 3 – high) by *I. amitinus* in comparative sections of the spruce stem profile (1 – stem base, 2 – stem middle, 3 – section under the crown, 4 – crown middle, 5 – stem top) in relation to forest type groups



3. Zastoupení a intenzita stupně napadení (1 – rozptýlený, 2 – zvýšený, 3 – silný) druhem *P. chalcographus* ve srovnávacích sekcích profilu kmene smrku (1 – oddenek, 2 – sekce středu kmene, 3 – podkorunová sekce, 4 – střed koruny, 5 – vrchol kmene) v závislosti na souboru lesních typů – Frequency of occurrence and intensity of attack (1 – low, 2 – increased, 3 – high) by *P. chalcographus* in comparative sections of the spruce stem profile (1 – stem base, 2 – stem middle, 3 – section under the crown, 4 – crown middle, 5 – stem top) in relation to forest type groups

tímco v ostatních SLT byl ve shodném rozsahu 22,3–23,4 %. Pouze 14,5 % kmenové niky bylo obsazeno v SLT 7S.

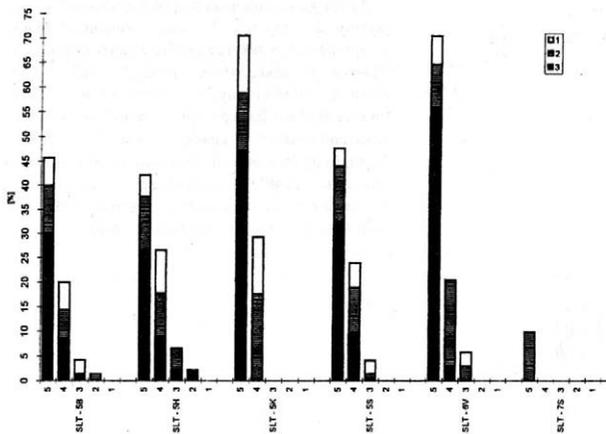
*P. harcyniae* se nenacházel v SLT 5A a 7S. Kromě hraničních hodnot 4,4 % (5H) a 29,4 % (5K) bylo jeho zastoupení vyvážené (10,6–17,6 %).

*C. abietis* nebyl rovněž zachycen v SLT 5A a 7S a atraktivita smrku byla odstupňována 5,9 % (5K, 6V), 15,7–17,8 % (5B, 5H) a 23,6–25 % (5N, 5S). *C. abietis* obecně zasahoval třetinu profilu koruny v 30,2–36,6 % (SLT 5H, 6V, 5S). Výrazně delší niku jsme registrovali v podmínkách SLT 5B (54,7 %) a 5N (71,4 %).

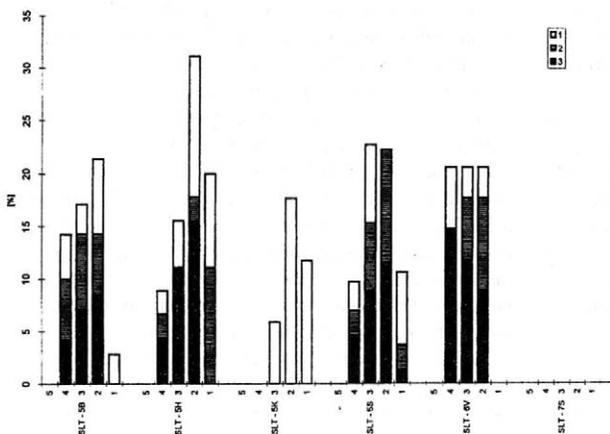
*H. palliatus* byl sice obecně rozšířen, ale s výraznými odchylkami atraktivity smrku. V SLT 5N bylo 50 % jedinců napadeno, zatímco v SLT 5K pouze 5,9 % stromů. Nejčastěji atakoval SLT 5S, 5A, 5B, 5K (15–20 %). *H. palliatus* – pomíneme-li omezený výskyt a úzkou niku v SLT 7S (5 %) – vytvářel dvě hladiny délky kmenové niky – 13,4–16,1 % (6V, 5N, 5K) a 22,8–33,5 % (5B, 5A, 5S, 5H).

*T. fuscum* chyběl v SLT 5H, přičemž celková atraktivita dosahovala 5,9–29,4 %. Nejnižší napadení bylo stanoveno v SLT 5K a nejvyšší v SLT 6V. Ostatní SLT lze považovat za shodné (10–16,7 %).

Řada zástupců kambioxylofágní fauny je vázána souběžně na kmen i větve a zčásti tvoří významnou dekompoziční složku bez hospodářského významu. Jestliže *Xylechinus pilosus* Rtzb. (11,1–25 %) a *Pogonochaeus fasciculatus* Deg. (5,9–20 %) nedosáhli výrazného stupně napadení smrku, u *M. minor* (20–62,5 %) (obr. 6), *O. brunneum* (17,6–50 %), *Ph. spinulosus* (20–62,5 %) byly rozdíly mezi SLT významnější. *X. pilosus* se shodoval kmenovou nikou pouze v SLT 5A a 5S, jinak se ve zbývajících SLT odlišoval a neprojevila se žádná zákonitost. *O. brunneum* v SLT 5S s nejrozsáhlejším souborem analyzovaných stromů pokrýval kmenovou niku v rozsahu 29,6 %. Tomuto rozpětí se blížila hodnota i v SLT 5H a 5K. V ostatních hodnocených SLT se tento druh buď nevyskytoval, nebo se vyskytoval v úzké nevýznamné kmenové nice.



4. Zastoupení a intenzita stupně napadení (1 – rozptýlený, 2 – zvýšený, 3 – silný) druhem *P. pityographus* ve srovnávacích sekcích profilu kmene smrku (1 – oddenek, 2 – sekce středu kmene, 3 – podkorunová sekce, 4 – střed koruny, 5 – vrchol kmene) v závislosti na souboru lesních typů – Frequency of occurrence and intensity of attack (1 – low, 2 – increased, 3 – high) by *P. pityographus* in comparative sections of the spruce stem profile (1 – stem base, 2 – stem middle, 3 – section under the crown, 4 – crown middle, 5 – stem top) in relation to forest type groups



5. Zastoupení a intenzita stupně napadení (1 – rozptýlený, 2 – zvýšený, 3 – silný) druhem *P. poligraphus* ve srovnávacích sekcích profilu kmene smrku (1 – oddenek, 2 – sekce středu kmene, 3 – podkorunová sekce, 4 – střed koruny, 5 – vrchol kmene) v závislosti na souboru lesních typů – Frequency of occurrence and intensity of attack (1 – low, 2 – increased, 3 – high) by *P. poligraphus* in comparative sections of the spruce stem profile (1 – stem base, 2 – stem middle, 3 – section under the crown, 4 – crown middle, 5 – stem top) in relation to forest type groups

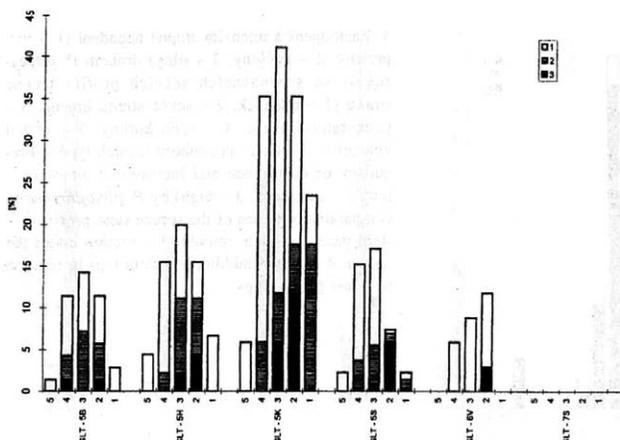
## DISKUSE

Stanovištní podmínky komplexně vyjádřené v souborech lesních typů byly zohledněny při analýze výskytu a zastoupení kambioxylofágů smrku ve studované oblasti Beskyd. Vycházíme ze zkušeností Stolinou (1959), který hodnotil výskyt a gradační potenciál některých kůrovců na Slovensku, a Zuma (1984), který sledoval faunu podkorního hmyzu v hercynské oblasti, a to zvláště na Šumavě. Srovnání je obtížné, protože neexistují převodní koeficienty mezi skupinami lesních typů podle Zlatníka užitě Stolinou (1959) a klasifikací (Mezera et al., 1956), s níž pracoval Zuma (1984) a SLT užívaných Lesprojektem. S vědomím určité nepřesnosti bylo možné výsledky s těmito autory porovnávat. Porosty studované oblasti se nacházely převážně v odpovídajících stanovištních podmínkách pro pěstování smrku, i když z hlediska přirozené a existující cílové skladby nastal ve prospěch smrku výrazný posun.

Podle Stolinou (1959) má lýkožrout smrkový nejlepší podmínky pro gradaci ve skupinách lesních typů

*Fap* (7S, 5K, 5N), *Fp* (-), *Ft* (-), *AF* (5B, 5H, 5S, 5F), *FA* (6V, 6O), výrazný předpoklad pro gradaci je spojován s *Fac* (5A), *Uac* (-). Podle Zuma (1984) maximálně vystupuje v LuAF (*FA*), PF (*Fap*) a PA (*FA*).

Porovnáváme-li strukturu kambioxylofágní fauny v Beskydech bez ohledu na sociální postavení stromu, potom *I. typographus* nezaujímal významné postavení s výjimkou SLT 7S (100 % stromů napadeno) a 6V (napadeno 50 % stromů). Je však třeba vzít v úvahu stromy typické pro tohoto kůrovce, tedy nadúrovňové a úrovňové. Potom docházíme k závěru, že rozhodující počet analyzovaných nadúrovňových jedinců byl skutečně napaden v SLT 5B a 5S (83–93 %). V souboru úrovňových stromů byl relativně nejvyšší podíl lýkožrouta smrkového v souborech 5B, 5H, 5S (42–59 %), což odpovídá *AF*, kde se nejvýrazněji lišilo přirozené a cílové zastoupení smrku. V 6V (*FA*) bylo napadeno 89 % a v 7S (*Fap*) přítomnost tohoto druhu vykazovalo 100 % jedinců. Jedná se o stanoviště vždy spojená s vysokým podílem smrku. Podle Zuma (1984) se lýkožrout smrkový vyskytuje bez ohledu na nadmořskou výšku nebo SLT, rozhodující je přítomnost smrku.



6. Zastoupení a intenzita stupně napadení (1 – rozptýlený, 2 – zvýšený, 3 – silný) druhem *M. minor* ve srovnávacích sekčních profilech kmene smrku (1 – oddenek, 2 – sekce středu kmene, 3 – podkorunová sekce, 4 – střed koruny, 5 – vrchol kmene) v závislosti na souboru lesních typů – Frequency of occurrence and intensity of attack (1 – low, 2 – increased, 3 – high) by *M. minor* in comparative sections of the spruce stem profile (1 – stem base, 2 – stem middle, 3 – section under the crown, 4 – crown middle, 5 – stem top) in relation to forest type groups

Liší se však agresivitou; odolné jsou nenarušené porosty. Po uvolnění porostního zápoje se stává destruktivním faktorem. V nižších lvs vystupuje společně s druhem *P. chalcographus*.

*I. amitinus* bude podle Stoliny (1959) s nejvyšší pravděpodobností gradovat ve skupinách lesních typů AF, FA a významné postavení zaujímá v slt *Fap*, *AP*, *SP* a *Fac*. Podle Z m r a (1984) se nachází především v PF (*Fap*), PA (*FA*) a HoP (*SoP*) zvláště v porostech, kde nebyl zpracován těžební odpad. Z celkového hodnocení vyplynulo relativně nízké napadení, které však při porovnávání s druhem *I. typographus* bylo shodné nebo vyšší ve většině sledovaných SLT (5A, 6V, 5B, 5H, 5K, 5N, 5S). Pouze v podmínkách 7S dosáhl lýkožrout smrkový dominantního postavení. To bylo potvrzeno i u stromů úrovnňových, kde tyto dva zástupci měli shodný výskyt v SLT 5B a 6V, ale v různé hladině napadení. Potvrzujeme tím závěry Stoliny (1959), že vyšší ohrožení nastává od druhu *I. typographus* než od *I. amitinus* ve *Fap* (7S).

## ZÁVĚR

Stromy úrovnňové byly nejnáchylnější k napadení lýkožroutem smrkovým v SLT 7S a 6V, kde smrk má obecně vysoké zastoupení v přirozené porostní skladbě. Snížená atraktivita byla v SLT 5B, 5S a 5H, ve kterých se nejvýrazněji lišila přirozená a cílová porostní skladba. *I. amitinus* konkuroval lýkožroutu smrkovému pouze v SLT 6V a 5S. *P. poligraphus* preferoval SLT 5H a 5S, zatímco *P. pityographus* v těchto podmínkách ustupoval. Bez reakce na stanovištní podmínky SLT zůstal *P. chalcographus* a *X. lineatus* se projevil zvýšenou atraktivitou pouze v SLT 6V.

V SLT 6V u stromů úrovnňových se uplatnil celý komplex hospodářsky významných kambiofágů včetně doprovodných zástupců typu *M. minor* a *H. palliatus*. V SLT 5B ustupovaly ze základního spektra druhy doprovodné a v SLT 5S se snížila atraktivita druhu *I. typographus* a nastupoval *P. poligraphus*. SLT 5H

a 7S se vyznačovaly sníženým podílem hospodářsky významných druhů kůrovců s rozhodujícím postavením *I. amitinus* v SLT 5H a *I. typographus* v 7S.

Na podúrovnňových stromech se výrazné rozdíly v napadení projevily u *P. poligraphus* mezi SLT 5S, 6V (nejvyšší míra napadení) a SLT 5B, 5H a 5K; podobné odchýlení v atraktivitě jsme zaznamenali u *O. brunneum* v SLT 5H a 5S, *M. minor* v SLT 5N, 5K, 6V a 5S. Na stromech podúrovnň se projevil nejvyšší stupeň ohrožení kambioxylofágy *P. chalcographus*, *P. poligraphus* (6V, 5S), *P. chalcographus*, *I. amitinus* a *H. palliatus* (5N). Obecně snížený stupeň ohrožení kambioxylofágy byl v SLT 5B, 5H a 5K.

Délkou obsazení niky větví vytvářel silné konkurenční prostředí v SLT 7S *I. typographus* vůči *P. chalcographus*, *I. amitinus* a *P. poligraphus*, zatímco v SLT 5H ustupoval *I. typographus* společně s druhy *P. poligraphus* a *H. palliatus* zástupcům *P. chalcographus* a *I. amitinus*. Prodloužená nika v SLT 5H charakterizovala komplex *P. chalcographus*, *H. palliatus* a *X. lineatus*.

Z hlediska druhové podobnosti kambioxylofágů si byly blízké SLT 6V, 5K, 5B, 5N, 5H a 5B, 5H, 5K.

Stanovištní faktory jako nadmořská výška, expozice i SLT se ukázaly jako méně významné, než byl vliv sociálního postavení stromu nebo oslabení přítomností houbových patogenů (K u l a, Z a b e c k i, 1998). Lze předpokládat, že rozhodující vliv na diferencování struktury fauny kambioxylofágů a výskyt jednotlivých druhů bude mít charakter porostní výstavby a struktura porostu (zakmenění, stáří porostu, defoliace, tloušťka kmene, štíhlostní koeficient, nasazení a délka koruny).

## Poděkování

Příspěvek vychází z výzkumného úkolu 9922 *Vliv stanovištních podmínek na strukturu kambioxylofágů smrku*, který je řešen v oblasti Beskyd za finanční pomoci MZe ČR, a výzkumného záměru MŠMT 434100005.

## Literatura

- CAPECKI, Z., 1978. Untersuchungen über kambio- und xylophage Insekten in durch Wind und Wächte beschädigten Fichtenbeständen im Gebirge. In: Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa. Warszawa, 536: 37–117.
- GRÜNWARD, M., 1986. Ecological segregation of bark beetles (*Coleoptera, Scolytidae*) of spruce. Z. angew. Ent., 101: 176–187.
- JAKUŠ, R., 1995. Bark beetle (*Col., Scolytidae*) communities and host and site factors on tree level in Norway spruce primeval natural forest. J. appl. Ent., 119: 643–651.
- KATAJEV, O. A. – GOLUTVINA, L. C. – KALININ, A. N., 1984. Gale-disaster area, like environment, causing mass outbreak of bark beetles. M.S.N.T. Ekologia i zaštita lesa: 4–8.
- KULA, E. – ZABECKI, W. 1998. Struktura kambioxylofágní fauny kmene a větví smrků oslabených houbovými patogeny. Zpr. lesn. výzk., 43 (1): 17–27.
- MEZERA, A. – MRÁZ, K. – SAMEK, V., 1956. Stanovištně typologický přehled lesních rostlinných společenstev. Brandýs n. Labem, Lesprojekt, n. p.: 37.
- PFEFFER, A., 1932. Les bostryches dans les forest de la Haute Tatra. Lesn. Práce, 11: 246–268.
- PFEFFER, A., 1945. The decay of spruce in mountainous protection forests. Lesn. Práce, 28: 145–159.
- PFEFFER, A., 1955. Fauna ČSR. Kůrovci – *Scolytoidea*. Praha, Nakl. ČSAV: 324.
- SHARAPA, T. B., 1986. The ecological individualities of bark beetles in spruce forests in Kandalakscckoy natural reserve. Ekologia i zaštita lesa, Ekologia lesnych životnych, Leningrad: 55–57.
- STOLINA, M., 1959. Vztah hmyzu k rastlinným společenstvám v typologických jednotkách. Čas. Čes. Společ. ent., 56: 213–220.
- STOLINA, M., 1969a. Der Einfluss der Ipidenfauna auf die Entwicklung der Struktur von Naturwäldern in den Westkarpaten. Schweiz. Z. Forstwes., 11: 610–627.
- STOLINA, M., 1969b. Vplyv ipidofauny na vývoj štruktúry prírodných horských lesov v západných Karpatoch. Sborník SAV, Lesn. Čas., 15: 45–63.
- STOLINA, M., 1970a. O účinkoch kôrovcov podčeledi *Ipidinae* na tvorbu štruktúry tatranských smrečín. In: Národné parky, bohatstvo civilizácie. Tatranská Lomnica: 529–547.
- STOLINA, M., 1970b. Problém indiferencie lykožrúta smrekového *Ips typographus* L. Zbor. ved. prác, Zvolen, VŠLD, LF, 12: 61–76.
- STOLINA, M., 1972. K otázke zdravotného stavu lesov na Slovensku. In: Zbor. VÚLH Zvolen O zdravotnom stave lesov a ich ochrane, II: 36–48.
- STOLINA, M., 1975. Geobiocenologic units in studying phytophagous forest insects. Lesn. Čas., 21: 317–322.
- STOLINA, M., 1976. Odolnostný potenciál porastov, ukazovateľ stupňa ich ohrozenosti hmyzími škodcami. Lesníctví, 22: 157–169.
- STOLINA, M., 1982. Odolnostný potenciál prírodných smrečín a jeho premeny. Lesníctví, 28: 961–975.
- ZUMR, V., 1984. Prostorové rozmístění kůrovců (*Coleoptera, Scolytidae*) na smrku ztepilém (*Picea excelsa* L.) a jejich indiferencie podle lesních vegetačních stupňů. Sbor. ČSAZV, Lesníctví, 30: 509–522.
- ZUMR, V., 1995. Lýkožrout smrkový – biologie, prevence a metody boje. Pisek, Matice lesnická: 131.

Došlo 2. 4. 1999

## SPRUCE ATTRACTION FOR CAMBIOXYLOPHAGOUS PESTS IN SOME FOREST TYPE GROUPS

E. Kula<sup>1</sup>, W. Zabecki<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mendel University of Agriculture and Forestry, Faculty of Forestry and Wood Technology, Lesnická 37, 613 00 Brno

<sup>2</sup>Akademia rolnicza, Faculty of Forestry, ul. 29. Listopada 46, 31 425 Krakow

The community of bark beetles on Norway spruce (*Picea alba* [L.] Karst.) in Central Europe was described by Pfeffer (1932, 1955) and Capecki (1978). Interrelations between bark beetles, host trees and site factors were investigated by Pfeffer (1932, 1945), Stolina (1959, 1970a, 1975, 1976), Capecki (1978), Katajev et al. (1984) and Grünwald (1986). Natural undisturbed communities of spruce forests and their endangerment by bark beetles were studied by Stolina (1969a,b, 1982), Sharapa (1986) and Jakuš (1995).

The objective of the paper is to describe the cambioxylophagous fauna on spruce-trees in forest stands situated in the watershed of Šance water reservoir in the

Beskids Mts. with respect to forest type groups managed by Lesprojekt (an institute for forest management planning, Brandýs nad Labem).

A total of 412 spruce-trees attacked or killed by bark beetles were analyzed in a monitoring network established in the watershed of Šance water reservoir (Beskids Mts.).

Abundance, frequency of occurrence of a beetle species and mean length of stem infestation, niche were applied for data processing and their interpretation. To eliminate unequal tree and crown setting heights comparative one-meter sections were used that were placed: at a tree foot, in the middle of the stem, under the crown, in the middle of the crown and on top of the crown, and

at the beginning, in the middle and on top of the crown for branches.

Zlatník's forest type groups do not have any accurate equivalents for the currently used forest type groups (FTG), but to compare the results published by Stolín (1959), Zúmr (1984) and after consulting Doc. Ing. Z. Ambros, CSc., FTG 5B, 5H, 5S, 5F were included in 5th faz AF; FTG 5K, 7S in 5th faz Fap and FTG 5A in Fac; FTG 6V, 60 in 6th faz FA and FTG 7S in Fap; FTG 7Z could be accepted in 7th faz SP.

A total of 32 cambioxylophagous species were recorded in FTG 5S with 216 sample trees. Dominance was observed in *Pityophthorus pityographus* Rtz. (69.9%), *Pityogenes chalcographus* L. (61.6%), *Polygraphus poligraphus* L. (55.1%). The abundances of *Ips amitinus* Eichh. (55.1%), *Molorchus minor* L. (50%), *Obrium brunneum* F. (40.3%), *Phthorophloeus spinulosus* Rey. (44%) were at significant levels under these site conditions.

The occurrence of 23 cambioxylophagous species was confirmed in FTG 5B (70 trees); *P. pityographus* (71.4%), *P. chalcographus* (58.6%) and *Ph. spinulosus* (40%) showed the highest spruce attraction.

Forty-five spruce-trees of various social positions were analyzed in FTG 5H; they harbored 21 species of sub-cortical and wood-attacking fauna with major proportions of *P. chalcographus* (55%) and *P. pityographus* (51.1%) accompanied by the species *P. poligraphus* (44.4%).

The frequency of occurrence on spruce-trees in FTG 6V (34 trees, 18 cambioxylophagous species) was highest in *P. pityographus* (91.2%), *P. chalcographus* (64.7%), *M. minor* (55.9%), *Ph. spinulosus* (50%), *I. typographus* (50%). The occurrence of *I. amitinus* (47.1%), *P. poligraphus* (44.1%) and *Rhagium inquisitor* L. (47.1%) was also important.

The fauna in FTG 5K (17 trees) consisted of 19 cambioxylophagous species when most of the analyzed trees were occupied by *P. pityographus* (82.3%) and *P. chalcographus* (52.9%). The frequency of *M. minor* (47.1%) and *Ph. spinulosus* (41.2%) was also high.

The stem niche was occupied in a balanced way and was not influenced by site conditions in the forest type groups concerned; it applied to the following cambioxylophages: *Cryphalus abietis* Rtz. 8.3–18.6% (it was absent in FTG 5A and it occupied a prolonged niche in FTG 5B), *D. autographus* 4.5–11.0% (absent in FTG 5A, 5N and 7S), *Pissodes harcyniae* Hrbst. 15.4–25% (absent in 5A, 7S and prolonged niche in 6V – 37.3%), *P. pityographus* 12.8–24.3% (narrowed niche in FTG 7S – 4.5%), *Rh. inquisitor* 4–8.4% and *Tetropium fuscum* F. 3.1–13.1%.

Without specification of tree social positions, the niche occupied by cambioxylophagous species attacking branches was of identical size in all FTG in *M. minor* 19.1–25.9% (34.9% in FTG 5H), *O. brunneum* 15.6–22.6% (37.5% in FTG 5K), *Ph. spinulosus* 17.2–25%. Different lengths of branch niche were observed in four species. *P. chalcographus* occupied the longest part of

crown profile in FTG 5H, 5N, 6V (72.9–79.4%), with identical distribution of branch niche in FTG 5A, 5B, 5S (63–64.6%). A decrease below 50% of crown profile was determined in FTG 7S only.

Many species of the cambioxylophagous fauna occupy stems and branches parallelly, partly being an important decomposition component without commercial significance. Although the attacks by *Xylechinus pilosus* Rtz. (11.1–25%) and *Pogonochaerus fasciculatus* Deg. (5.9–20%) were not at a high level, the differences in attacks by *M. minor* (20–62.5%), *O. brunneum* (17.6–50%), *Ph. spinulosus* (20–62.5%) between FTG were more significant. *X. pilosus* had the identical niche in FTG 5S and 5N only while it was different in the remaining FTG, without any regularity. *O. brunneum* occupied the stem niche of 29.6% in FTG 5S with the most extensive set of analyzed trees. The values for FTG 5H and 5K were similar. This species was not either present in the other FTG at all or it was present in a narrow stem niche without any importance.

Co-dominant trees were most susceptible to attacks by the eight-toothed spruce bark beetle in FTG 7S and 6V, where the spruce proportion in a natural stand composition is regularly high. Lower attraction was observed in FTG 5B, 5S and 5H, exhibiting largest differences in natural and target stand composition. *I. amitinus* was a competitive species for the eight-toothed spruce bark beetle in FTG 6V and 5S only. *P. poligraphus* preferred FTG 5H and 5S while *P. pityographus* was characterized by a partial decrease in attraction under these conditions. No reactions to site conditions of FTG were observed in *P. chalcographus*, and *X. lineatus* showed a higher attraction in FTG 6V only.

The whole range of commercially important cambioxylophages including the accompanying species of the type *M. minor* and *H. palliatus* were present on co-dominant trees in FTG 6V. The accompanying species retreated from the basic spectrum in FTG 5B, *I. typographus* attraction decreased in FTG 5S and this species was gradually replaced by *P. poligraphus*. FTG 5H and 7S were infested by commercially important spruce bark beetles to a lower extent, with dominant positions of *I. amitinus* in FTG 5H and *I. typographus* in 7S.

Large differences in *P. poligraphus* attacks on sub-dominant trees were determined between FTG 5S, 6V (highest degree of attack) and FTG 5B, 5H, 5K, similar divergence in attraction was observed in *O. brunneum* in FTG 5H, 5S, and *M. minor* in 5N, 5K, 6V, 5S. The cambioxylophagous species *P. chalcographus*, *P. poligraphus* (6V, 5S), and *P. chalcographus*, *I. amitinus*, *H. palliatus* (5N) caused greatest hazard to sub-dominant trees. FTG 5B, 5H, 5K showed a generally lower hazard caused by the cambioxylophages. *I. typographus* with the width of its crown niche was a highly competitive species in FTG 7S for *P. chalcographus*, *I. amitinus* and *P. poligraphus* while in FTG 5H *I. typographus*, along with *P. poligraphus* and *H. palliatus*, retreated to the individuals of *P. chalcographus* and

*I. amitinus*. A prolonged niche was typical of *P. chalcographus*, *H. palliatus* and *X. lineatus* in FTG 5H.

FTG 6V, 5K, 5B, 5N, 5H and 5B, 5H, 5K showed a similar composition of cambioxylophagous species.

Site factors such as altitude, exposure or FTG played a less important role than the social position of tree or debilitation by fungal pathogens (Kula, Zabecki,

1999). It is possible to anticipate that the stand composition and structure (stocking, stand age, defoliation, stem diameter, slenderness ratio, crown setting and length) will substantially influence differentiation of the cambioxylophagous fauna structure and occurrence of the particular species.

---

*Kontakní adresa:*

Doc. Ing. Emanuel Kula, CSc., Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Lesnická a dřevařská fakulta, Lesnická 37, 613 00 Brno, Česká republika

---

# SÚSTREĎOVANIE DREVA VRTUĽNÍKMI

## HELICOPTER LOGGING

V. Messingerová, T. Lukáč

*Technická univerzita, Lesnícka fakulta, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen*

**ABSTRACT:** The paper contains the knowledge obtained by analysis of the helicopter logging problems, as well as the results of my own research works elaborated on the basis of a practical use of given technology in selected localities under conditions of the forest management of Slovakia. The paper includes an assessment and possibilities of the rationalization of technological method, as well as the indices of efficiency obtained using a helicopter for windthrown timber skidding (on the basis of measurements in the Belianske Tatry) and for purposeful main felling (protected landscape region Poľana).

helicopter; logging

**ABSTRAKT:** Článok obsahuje poznatky získané z analýzy problematiky sústreďovania dreva vrtuľníkom a výsledky vlastných výskumných prác z praktického použitia uvedenej technológie na vybraných lokalitách v podmienkach lesného hospodárstva Slovenska. Práca obsahuje zhodnotenie a možnosti racionalizácie technologického postupu a výkonnostné ukazovatele pri použití vrtuľníka pri sústreďovaní kalamitného dreva (na podklade meraní v Belianskych Tatrách) a v úmyselnej rubnej ťažbe (Chránená krajinná oblasť Poľana).

vrtuľník; sústreďovanie dreva

### ÚVOD A PROBLEMATIKA

Súčasnú dobu je charakteristické zvýšením dôrazom na ekologické znaky ekosystémov, akými sú biodiverzita, zdravotný stav, trvalé využívanie. Nový prístup predpokladá prepojenie potrieb a požiadaviek ľudí s environmentálnymi hodnotami. Redukcia holorubného hospodárstva očakáva aj zmeny v štruktúre technológií sústreďovania dreva. Výrobnotechnické podmienky – ako terén, pôdne pomery, sprístupnenosť územia, rozdrobenosť ťažených porastov – môžu vyvolať záujem o sústreďovanie dreva vrtuľníkmi. Pre hodnotenie technológie je potrebné poznať výkonnosť, jej výhody a nevýhody, finančnú náročnosť, ekologické parametre.

Ťažba a sústreďovanie dreva sa veľmi často najmä v horských terénoch uskutočňuje v zložitých výrobnotechnických podmienkach. V lesoch, kde nie je dostatočne vybudovaná cestná sieť, kde technologická príprava pracovísk nie je riešená komplexne, kde vzniká lokálne nebezpečenstvo škodcov po rozsiahlych kalamitách, na miestach ohrozených potenciálnou eróziou sa pre sústreďovanie vyťaženého dreva môže použiť vzdušná doprava pomocou vrtuľníka.

Výsledky praktických skúseností i výskumov použitia tejto technológie z viacerých lesníckych a technických vyspelých krajín poukazujú na to, že záujem o tento spôsob dopravy dreva narastá.

Technológia sústreďovania dreva vrtuľníkmi je používaná v mnohých lesnícky vyspelých štátoch v Európe, napr. vo Švajčiarsku, Francúzsku, Poľsku, Rakúsku, Nemecku. V USA a v Kanade je podiel tejto technológie z celkového objemu sústreďeného dreva ešte výraznejší. V podmienkach horských oblastí Švajčiarska je doprava guľatiny od roku 1983 pomocou vrtuľníka päťkrát vyššia. Drevo z porastov, kde nie je možný iný spôsob dopravy dreva, sa sústreďuje niekoľkými typmi vrtuľníkov, z ktorých má najširšie uplatnenie vrtuľník AS 332 C, Super Puma s nosnosťou 4,5 t. Dôraz sa kladie na výber porastov a spracovanie plánu terénu s možnými prekážkami. Nevyhnutnou podmienkou je profesionalita obsluhy vrtuľníka i pomocného personálu z hľadiska náročnosti tejto technológie na bezpečnosť pri práci (Sperisen, 1990). Maximálne zaťaženie je ovplyvnené výškou letu a teplotou vzduchu, takže môže klesnúť zo 4 500 kg na 2 700 kg. Náklady na jeden m<sup>3</sup> sústreďeného dreva sa pohybujú medzi 60–90 CHF (cca 70–110 DM.m<sup>-3</sup>). Vo Švajčiarsku sa uvádza, že zhruba 25 % lesov je nedostatočne sprístupnených alebo vôbec nedostupných. Sprístupniť tieto lesy cestami zjazdovými pre nákladné autá je podľa analýz náročné a spojené s vysokými nákladmi. Pre hospodárne nasedenie vrtuľníka sa predpokladá koncentrácia dreva aspoň 100 m<sup>3</sup>. Uvádzané finančné náklady sú závislé na nadmorskej výške, prevýšení, približovacej vzdialenosti

a sortimentnej skladbe dreva. Za optimálnych podmienok je možné vytvoriť náklad o veľkosti 3–4,5 m<sup>3</sup> dreva.

Švajčiarska spoločnosť Helicopter AG Heliswies sa dopravou dreva vrtuľníkom zaoberá už viac ako 10 rokov. Táto spoločnosť používa vrtuľník typu Angosts-Bell 204 S. S týmto typom na vzdialenosť 1,5 km dosiahli počet 20 letov za hodinu, keď pri každom lete sústredili 1,3 až 1,5 tony kmeňov. Na dosiahnutie tejto výkonnosti je potrebná zapracovaná skupina lesných robotníkov a dobrá organizácia práce pri ťažbe (Mayer, 1981).

Kanadská spoločnosť Northwood Pulp and Timber overovala možnosti použitia vrtuľníka typu Bell 205-A pre sústreďovanie dreva. V priebehu skúšok bolo sústredené celkom 1 500 m<sup>3</sup> dreva na približovaciu vzdialenosť 400–800 m. Za šesť dní sa dosiahla priemerná hodinová výkonnosť 37,38 m<sup>3</sup> pri priemerných finančných nákladoch 30 dolárov na 1 m<sup>3</sup> približného dreva (Stirling, 1986).

Z výsledkov publikovaných v Rakúsku možno spomenúť skúsenosti spoločnosti Heli-Air so sídlom v Innsbrucku, ktorá vlastní najväčšiu súkromnú letku helikoptér v Rakúsku, čo predstavuje osem strojov s užitočnou nosnosťou 500–4 000 kg. Napriek tomu, že podiel nákladov na dopravu v porovnaní s cenami guľatiny nie je najpriaznivejší, je táto technológia často využívaná v ťažko prístupných stredohorských a vysokohorských terénoch Rakúska.

Situáciu v Nórsku hodnotí Hjulstad (1988), ktorý dospel k záveru, že doprava dreva vrtuľníkom priniesla zisk. V oblasti Mandalen bol vypracovaný trojročný projekt ťažby na príkrych svahoch, ktorý prináša zisk asi 150 nórskeho korún na 1 m<sup>3</sup> odvetveného dreva.

V horských lesoch Severného Kaukazu v osemdesiatych rokoch výskumne riešili technológiu sústreďovania dreva pomocou vrtuľníkov rôznych typov (MI-8, MI-10 K, Ka-32) pri doprave bukového dreva. Priemerný objem kmeňov dosahoval od 1,1 do 4,1 m<sup>3</sup>, v porastoch s nadmorskou výškou 900 až 1 400 m n. m. Priemerné ukazovatele výkonnosti na vzdialenosť 1,5 km boli zhodnotené pre každý typ vrtuľníka. Vrtuľník MI-8 dosiahol hmotnosť priemerného nákladu 1,65 tony a hodinovú výkonnosť 18,2 m<sup>3</sup>, typ vrtuľníka Ka-32 hmotnosť priemerného nákladu 2,9 tony a výkonnosť 29 m<sup>3</sup> za hodinu a typ MI-10 K pri priemernom náklade 5,1 tony hodinovú výkonnosť 57 m<sup>3</sup>. Náklady na 1 m<sup>3</sup> sústredného dreva vrtuľníkom MI-8 boli 47,71 rubľa, u vrtuľníka MI-10 K 36,79 rubľa na 1 m<sup>3</sup> a pri type Ka-32 predstavovali náklady 43,69 rubľa na 1 m<sup>3</sup> dreva.

Pri zhodnotení technológie v tejto oblasti bola vysoko hodnotená ochrana podrastu, nepoškodenie porastnej pôdy, a tým zachovanie pôdoochrannej a vodohospodárskej funkcie porastov v horských lesoch pri racionálnom využití lesných zdrojov (Kaluckij et. al., 1988).

V ZSSR boli vrtuľníky použité pri ťažbe z nespripravených miest v rokoch 1954, 1969 a v širšom rozsahu najmä v rokoch 1979–1985. Vrtuľník MI-8 bol overený pri rôznych ťažbových metódach a s rôznym

technickým vybavením, kde bola sledovaná hmotnosť nákladu, dopravná rýchlosť, dopravná vzdialenosť, produktivita a náklady na m<sup>3</sup> približného dreva (Gordienko, 1992).

Kolektív iných sovietskych autorov (Irkun et al., 1984) publikoval výsledky experimentálnych skúšok s vrtuľníkom MI-8 pre rôzne ťažbové metódy v terénoch nad 30°, na približovaciu vzdialenosť 1,2 km s prevýšením 135 m. Výsledky obsahujú porovnanie hodinovej výkonnosti a finančných nákladov pre odrub, skupinovo-výberkový a kotlíkový spôsob ťažby.

Z chronometračných meraní pri transporte dreva vrtuľníkom pri tomto experimente pre rôzne ťažbové metódy vyplynulo, že priemerná dĺžka pracovného cyklu pri odrube je o 26 % a pri skupinovo-výberkovom spôsobe o 18,5 % vyššia ako pri kotlíkovom spôsobe. Priemerná hmotnosť nákladu vrtuľníka bola pri odrube o 100 kg a pri skupinovo-výberkovom spôsobe o 200 kg menšia ako pri ťažbe z kotlíkov. Z celkového objemu jednotlivých nákladov sa 36 pohybovalo v rozpätí od 0,6 do 1,5 tony, 44 % nákladov bolo od 1,5 do 2 ton a 20 % bolo od 2 do 2,7 tony. Z jednej tretiny boli náklady z hľadiska vyťaženia nedostatočné, polovicou nákladov bol vrtuľník vyťažený primerane a v 10 % bol vrtuľník preťažený.

Choljajko (1982) uvádza vo svojich prácach pestovné hodnotenie výsledkov v porastoch, kde bola vykonaná ťažba dreva. V roku 1981 boli založené tri pokusné plochy, z ktorých bolo drevo dopravené vrtuľníkom. Následne bolo vyhodnotený podiel prirodzeného zmladenia, stav pôdy a pôdneho krytu. Zhodnotenie bolo vykonané pred sústreďovaním dreva vrtuľníkom i po sústreďovaní.

V najnovších prácach zo štátu Oregon (USA) sa uvádza metodika automatizovaného plánovania a spracovania pre porasty, kde bude sústreďovanie dreva vykonané vrtuľníkom. Tento spôsob dopravy sa používa 20 rokov. Použitie vrtuľníkov je typické pre ťažké terény, senzitivné pôdy a nespripravené oblasti. Počítačový program umožňuje zohľadniť pomocou prostredia geografických informačných systémov terén, stanovištné podmienky a veľkosť zásob.

Kovalev, Solncev (1992) hodnotia použitie rôznych spôsobov ťažby v lesoch Severného Kaukazu. Uvádzajú narušenie prostredia v procese ťažbovo-dopravného procesu v terénoch so sklonom 20–25° pre rôzne technológie sústreďovania dreva. Ťažbová plocha bez poškodenia pri použití traktora TT4 predstavuje podľa autorov iba 15 %, pri vrtuľníkovej technológii 94 % plochy. Poškodenie pôdy do hĺbky 20 cm bolo pri traktorovej technológii zaznamenané na 53 % plochy a nad 20 cm hĺbky na ploche 32 %. Pri technológii sústreďovania pomocou vrtuľníka činila plocha poškodenia do 20 cm iba 6 %, poškodenie nad 20 cm sa vôbec nevyskytlo. Odnos pôdy za okraj obnovenej plochy v m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> pri traktorovej technológii predstavoval 323 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, pri vrtuľníkoch uvádzajú autori nulový odnos. Percento poškodenia podrastu pre TT4 bolo 72 %, pri vrtuľníku iba 26 %. Autori ďalej uvádzajú

ekonomické hodnotenie ekologických škôd v závislosti od rôznych spôsobov ťažby v rubfoch.ha<sup>-1</sup>.

Keegan et al. (1995) v práci uvádzajú náklady pre ťažbovú činnosť pre rôzne technológie v rubnej ťažbe v Montane (tab. I).

V Nórsku (Oswald, 1971) odskúšali pri doprave dreva sovietsky vrtuľník MI-6 a dva americké – BELL 204-B a SIKORSKY S-61 – a porovnali ich medzi sebou. Výsledky sú uvedené v tab. II.

V USA a v Kanade je vrtuľníková doprava dreva zavedená do prevádzky vrtuľníkmi o hmotnosti 2,5–10 t, ktoré dopravujú drevo na priemernú vzdialenosť 1 500 m za zmenu 120–150 cyklov. Drevo pre dopravu sa pripravuje s týždenným predstihom, čo zaručuje plynulosť dopravy v nepriaznivom počasí. Vrtuľníkovú dopravu zabezpečujú letecké spoločnosti, napr. Columbia Construction Helicopters, ktorá má k dispozícii deväť vrtuľníkov s priemernou zmenovou dopravnou výkonnosťou 200–470 plm.

Ďalšie informácie o používaní tejto technológie sú z oblasti tropických lesov, kde bolo sústreďovanie pomocou vrtuľníka vykonané napr. v apríli 1993. Skúse-

nosti boli prebrané z USA a bolo použitých niekoľko typov vrtuľníkov ako KAMOV Ka-32 (ruský typ, nosnosť 5 000 kg), MIL-8 (ruský, nosnosť 5 000 kg), SIKORSKY S-64E (USA, nosnosť 9 000 kg), BOEING 234 CHINOOK (USA, nosnosť 11 000 kg), MIL Mi-26 (ruský, nosnosť 20 000 kg).

Publikované výsledky pri využití amerických typov vrtuľníkov z hľadiska výkonnostných charakteristík sú dokumentované veľkosťou priemerného nákladu 5–7,5 m<sup>3</sup>, dĺžka cyklu 3–4 minúty na vzdialenosť 3 km, denný výkon 600–700 m<sup>3</sup>.

## METODIKA

Výskum technológie sústreďovania dreva z kalamitných plôch bol vykonaný v oblasti Belianskych Tatier a z úmyselnej obnovnej ťažby v Chránenej krajinej oblasti Poľana.

V obidvoch prípadoch sa sústreďovalo drevo vrtuľníkom MI-8, posádku tvorili traja pracovníci, zostavovanie nákladu, viazanie bremien a odopínanie nákladu

I. Priemerné náklady pre rôzne ťažbovo-dopravné systémy (Keegan et al., 1995) – Average cost of different logging and haulage systems (Keegan et al., 1995)

Spôsob ťažby <sup>1</sup>	Operácie <sup>18</sup>					
	Plánovanie <sup>2</sup>	Ťažba <sup>3</sup>	Odvetvovanie <sup>4</sup>	Sústreďovanie <sup>5</sup>	Nakladanie <sup>6</sup>	Suma nákladov <sup>7</sup>
	MBF*					
Pozemné systémy <sup>8</sup>						
Mechanizovaný systém <sup>9</sup>	11	18	20	25	13	87
Ručná ťažba <sup>10</sup>	11	13	19	33	13	89
Vývozná súprava <sup>11</sup>	11	18	37	44	13	123
Lanovky <sup>12</sup>						
Lanovka s nízkym ťažným lanom <sup>13</sup>	8	13	17	81	12	131
Proti svahu <sup>14</sup>	8	13	17	98	12	156
Proti svahu s botkou <sup>15</sup>	8	13	17	106	12	156
Po svahu <sup>16</sup>	8	13	17	114	12	164
Vrtuľník <sup>17</sup>	7	13	17	182	14	233

\* MBF = 1000 bf = 4,53 m<sup>3</sup> guľatiny – = 4.53 m<sup>3</sup> of logs

<sup>1</sup>logging method, <sup>2</sup>planning, <sup>3</sup>logging, <sup>4</sup>trimming, <sup>5</sup>skidding, <sup>6</sup>loading, <sup>7</sup>aggregate cost, <sup>8</sup>ground systems, <sup>9</sup>mechanized system, <sup>10</sup>manual felling, <sup>11</sup>truck-and-trailer combination set, <sup>12</sup>cableways, <sup>13</sup>cableway with low skyline, <sup>14</sup>uphill skidding, <sup>15</sup>uphill skidding with tree shoe, <sup>16</sup>downhill skidding, <sup>17</sup>helicopter, <sup>18</sup>operations

II. Dopravná výkonnosť vrtuľníkov (Oswald, 1971) – Hauling performance of helicopters (Oswald, 1971)

Typ vrtuľníka <sup>1</sup>	Náklad na cyklus <sup>2</sup> (plm)	Priemerná hodinová rýchlosť <sup>3</sup>		Dopravná vzdialenosť <sup>4</sup>			
		s nákladom <sup>5</sup> (km)	bez nákladu <sup>6</sup> (km)	2 km		4 km	
				počet cyklov <sup>7</sup> (cyklus.h <sup>-1</sup> )	výkonnosť <sup>8</sup> (plm.h <sup>-1</sup> )	počet cyklov <sup>7</sup> (cyklus.h <sup>-1</sup> )	výkonnosť <sup>8</sup> (plm.h <sup>-1</sup> )
BELL 204-B	2,3	67	89	12	28	9	21
SIKORSKY S-61 N	3,5	67	102	16	56	8	28
MI-6	12,8	80	133	17	218	10	128

<sup>1</sup>helicopter model, <sup>2</sup>load per cycle, <sup>3</sup>average per-hour speed, <sup>4</sup>hauling distance, <sup>5</sup>with load, <sup>6</sup>without load, <sup>7</sup>number of cycles, <sup>8</sup>performance

na sklade vykonávali šiesti pracovníci špeciálne vyškolení pre prácu s bremenami pod vrtuľníkom.

Metodika merania vychádzala z klasických metód hodnotenia prác. Zaznamenávali sa časové údaje jednotlivých operácií, počet kmeňov v jednotlivých nákladoch, objem prepravovaných kmeňov v  $m^3$ , hmotnosť nákladu v tonách. Súbežne bolo vykonané meranie vonkajšieho hluku nielen priamo na pracovisku, ale aj v priľahlom okolí v hektárovej sieti do vzdialenosti 2 km. Merania hladiny hluku boli spracované do hlukových máp.

Ekonomické zhodnotenie bolo vykonané na základe štruktúry sortimentov dreva získaného z danej lokality a jeho finančným zhodnotením.

Meranie hluku vrtuľníka bolo vykonané v prírodnej rezervácii v oblasti Belianskych Tatier ako aj v Chránenej krajinskej oblasti Poľana. Hluk bol meraný aparátúrou firmy Brüel a Kjaer so zaradeným váhovým filtrom A. Meranie hluku na zemi priamo na pracovisku a v priľahlom okolí v hektárovej sieti bolo vykonané podľa postupu predpísaného hygienickou normou. Hluk stroja podľa predpisov o jeho hodnotení je potrebné posudzovať dvojako. Pre ľudí priamo zapojených do práce so strojom sa jedná o hluk na pracovisku a pre všetkých ostatných ide o hluk vo vonkajšom priestore. V prvom prípade je najvyššie prípustná hladina  $L_p = 80$  dB (A), pretože prácu zapínačov môžeme považovať za fyzickú prácu náročnú na presnosť a sústredenie s korekciou základnej hladiny  $-5$  dB. V druhom prípade môžeme použiť hodnotu 55 dB (A) ako najvyššie prípustnú hladinu pre hluk z leteckej prevádzky (K o n r á d, 1993).

#### Popis pracovísk:

1. Belianske Tatry: Sústreďovanie bolo vykonané z troch porastov postihnutých vetrovou kalamitou. Celková plocha 67,72 ha, kalamitná hmota v objeme cca 600  $m^3$ . Vek porastov 140 rokov, zakmenenie 0,7, zastúpenie drevín: sm 90 %, jd 10 %, hrúbka sm 36, jd 43, priemerný objem sm 1,10  $m^3$ , jd 1,54  $m^3$ .
2. CHKO Poľana: Sústreďovanie bolo vykonané z troch porastov v úmyselnej rubnej ťažbe. Vek porastov 150–165 rokov, celkový objem sústredenej hmoty 1 069  $m^3$  (661  $m^3$  listnáčov, 408  $m^3$  ihličnanov), zakmenenie 0,6, zastúpenie drevín: bk 83 %, jvh 5 %, jd 12 %, priemerný objem bk 1,87, jvh 1,41, jd 1,86. Obnovný predpis, maloplošný holorub pásový.

## VÝSLEDKY

### VÝKONNOSŤ SÚSTREĐOVANIA DREVA VRTUĽNÍKOM

V podmienkach lesného hospodárstva Slovenska bolo sústreďovanie dreva vrtuľními vo väčšine prípadov využívané pri likvidácii kalamitného dreva. Najväčší objem dreva sa sústredil z neprístupných miest vo Vysokých Tatrách (v rokoch 1991–1996 cca 10 000  $m^3$ ). Iba v jedinom prípade bola technológia použitá pri sústreďovaní dreva z úmyselnej rubnej ťažby.

V rozhodovacom procese o uplatnení vrtuľníkovej technológie zohráva významnú úlohu hodnotenie celkovej účinnosti prostredníctvom zmenovej výkonnosti. Výkonnosť vrtuľníka závisí od času obrátky, od veľkosti nákladu na jeden cyklus a od vynútených prestojov. Čas pracovného cyklu je závislý na výkonnosti zapínačov, ktorí dokážu správne určiť hmotnosť nákladu, kmeň rýchle zapnúť a vedú predísť opakovanému odopínaniu pri nadmernej hmotnosti nákladu. Odopínanie nákladu sa vykonáva ručne, mechanicky alebo automaticky. Veľkosť nákladu je závislá hlavne od nosnosti vrtuľníka, ročného a denného obdobia v závislosti od teplotných podmienok. Pri nižších teplotách je zdvižná sila vyššia. Je výhodné, ak náklad tvorí menší počet kmeňov, čím sa skracuje čas potrebný na zapínanie. Náklad sa na vrtuľník zapína buď do lana navijaka, alebo (častejšie) do fixného lana, pretože dvíhanie nákladu navijakom je z hľadiska spotreby času náročnejšie. Navijak okrem toho znižuje užitočnú hmotnosť vrtuľníka. Fixné lano má dĺžku 30–50 m. Na Slovensku sa na sústreďovanie dreva používajú vo väčšine prípadov vrtuľníky typu MI-8. Pracovné postupy a technické pomôcky sú odvodené zo skúseností pri preprave bremien v priemysle. Vrtuľníkom je možné sústreďovať drevo z ľubovoľného miesta. Je výhodné, ak je drevo na voľnejšej ploche, napr. okrají porastu, ale vrtuľník ľahko zvládne aj náklad, ktorý musí zdvihnúť nad úroveň porastu medzi stromami. Z technologického hľadiska najnáročnejšou operáciou je viazanie bremien v poraste. Táto pracovná operácia musí byť vykonaná rýchlo, a pritom so zreteľom na bezpečnosť. Najmä pri spracovávaní kalamitného dreva sú podmienky pre viazačské práce náročné.

Je výhodné, ak sú na spracovávanej ploche zriadené aspoň dve pracoviská (po dvoch viazačoch), čím sa vytvára časový priestor pre plynulý priebeh práce.

V technologickej príprave pracoviska zohráva dôležitú úlohu výber dostatočného množstva a dostupnosti lesných skladov. Lesný sklad musí byť zriadený tak, aby náklad mohol byť zložený bez časového a priestorového obmedzenia. Vyžaduje sa príprava plochy aspoň pre dennú kapacitu sústredenej dreva. Výhodné je pripraviť viac skladových plôch, z ktorých je zabezpečený odvoz. Veľkosť lesného skladu závisí od množstva dreva a požiadavky na triedenie dreva, napr. podľa drevín a sortimentov. Pri spracovávaní kalamitného dreva je požiadavka na triedenie ťažšie realizovateľná, ale pri dobrej organizácii práce pri sústreďovaní dreva z úmyselnej ťažby je možné triediť drevo na hromady podľa požiadaviek.

Forma hospodárskeho spôsobu nie je limitujúcim kritériom pre zvládnutie technológie. Z hľadiska technického a technologického zvládnutia je možné uvažovať s použitím nielen v holoruboch, ale aj vo výberkovom hospodárskom spôsobe, ak sú ekonomické podmienky pre zmluvné strany vyhovujúce.

Výsledky vybraných charakteristík výkonnosti pri sústreďovaní dreva z kalamitných plôch uvádzame na príklade z výskumu, ktorý bol vykonaný v oblasti Belianskych Tatier. Približovo sa vrtuľníkom MI-8

(s nosnosťou 3 t), posádku tvorili traja pracovníci. Pri zostavovaní nákladu a viazaní bremien pracovali šiesti viazači.

Vrtuľníkom sa sústreďovali kmene z troch nesprístupnených porastov s celkovou rozlohou 67,72 ha. Prevýšenie medzi sklodom a ťažiskom porastov je 382 m, priemerná kolmá vzdialenosť bola 700 m, letová vzdialenosť vrtuľníka s nákladom predstavovala približne 2 500 m. Expozícia svahu severozápadná, priemerný sklon svahu 65 %. V porastoch sa nachádzala kalamitná hmota cca 600 m<sup>3</sup>. Vek porastov 140 rokov, zakmenenie 0,7, zastúpenie drevín sm 90 %, jd 10 %, priemerná objemovosť kmeňov sm 1,1 m<sup>3</sup>, jd 1,54 m<sup>3</sup>, priemerná výška sm 27 m, jd 27 m, priemerná hrúbka (d<sub>1,3</sub>) sm 36 cm, jd 43 cm.

Na uvedenej lokalite sa evidovala spotreba času na jednotlivé pracovné operácie. Súčasne bol evidovaný počet kmeňov v náklade, objem prepravovaných kmeňov v m<sup>3</sup>, hmotnosť nákladu v tonách.

Sústreďovanie dreva vrtuľníkom pozostáva z nasledovných pracovných operácií:

- let vrtuľníka naprázdno,
- klesanie vrtuľníka pre náklad,
- zapínanie nákladu,
- dvíhanie nákladu,
- let vrtuľníka s nákladom,
- klesanie vrtuľníka na sklade,
- odopínanie nákladu,
- dvíhanie vrtuľníka zo sklada.

Priemerné hodnoty spotreby času na jednotlivé čiastkové operácie a základné údaje o prepravovanom dreve sú uvedené v tab. III.

Výsledné hodnoty spotreby času na pracovné operácie ako aj spotreba času na celý cyklus (5,92 minúty) sú v porovnaní s inými technológiami veľmi nízke.

Let vrtuľníka naprázdno predstavuje 26 % času celého cyklu. Najviac času sa spotrebuje na let s nákladom – 35 % z celkovej dĺžky cyklu, pretože je potrebné manévrovanie s nákladom. Nižší podiel času sa spotrebuje na operáciu dvíhanie nákladu, a to zhruba 13 %, ktorý je potrebný na zdvihnutie nákladu nad stojaci porast.

Zapínanie nákladu je veľmi náročná operácia, ktorá musí prebehnúť rýchlo, pretože vrtuľník „visí“ tesne nad korunami stromov. Dĺžka tejto časti cyklu tvorí zhruba 12 % času. Ostatné operácie, ako klesanie v poraste, klesanie na OM, odopínanie nákladu, stúpanie zo sklada, to sú operácie málo náročné na spotrebu času, a to od 4 do 9 %. Priemerný objem jedného nákladu bol 2,87 m<sup>3</sup>, počet kmeňov v jednom náklade 5,3 kusov, objem sústredného dreva za smenu 135,25 m<sup>3</sup>.

V tab. IV sú uvedené výsledky jednoduchej korelačnej analýzy. Uvedené sú tie závislosti, ktorých index korelácie je aspoň s 95% spoľahlivosťou nenulový. Prakticky sa však dajú využiť len regresné rovnice s koeficientom korelácie nad 0,5, ale aj tu treba odhad spotreby času považovať len za orientačný. Grafické znázornenie spotreby času na 1 m<sup>3</sup> v závislosti na objeme nákladu je na obr. 1 (čas na operácie 2, 3, 4) a na obr. 2 je celková spotreba času na 1 m<sup>3</sup> (čas cyklu).

Z praxe je známe, že na spotrebu času pri sústreďovaní dreva najviac vplyva objem nákladu a počet kmeňov (výrezov) v náklade. Preto sa vypočítala dvojnásobná korelačná závislosť pre tieto nezávislé premenné. Výsledná rovnica je:

$$y = 2,0465 + 0,31962 \cdot V - 0,05067 \cdot N$$

kde: y – spotreba času na 1 cyklus bez letu naprázdno a s nákladom v minútach,

V – objem nákladu v m<sup>3</sup>,

N – počet kmeňov v náklade.

III. Spotreba času na čiastkové operácie (v minútach) a základné údaje o prepravovanom dreve pri sústreďovaní dreva vrtuľníkom v Belianskych Tatrách na priemernú približovacu vzdialenosť 700 m – Time consumption per operation (min) and basic data on hauled timber at helicopter logging in the Belianske Tatry Mts., average skidding distance 700 m

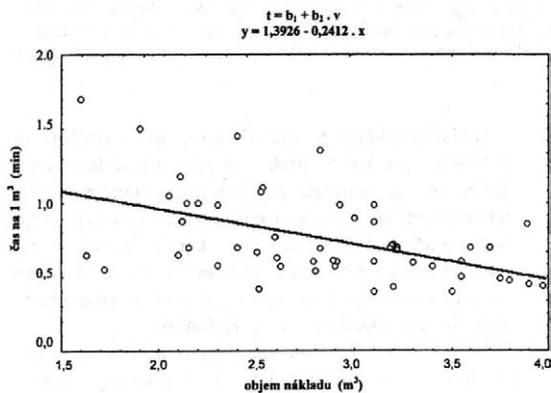
Poradové číslo <sup>18</sup>	Operácia <sup>1</sup>	Aritmetický priemer <sup>2</sup>	Smerodajná odchýlka <sup>3</sup>	Stredná chyba <sup>4</sup>	Počet hodnôt <sup>5</sup>
1	Let naprázdno <sup>6</sup>	1,53	1,661	0,237	49
2	Klesanie v poraste <sup>7</sup>	0,56	0,346	0,045	60
3	Zapínanie nákladu <sup>8</sup>	0,69	0,417	0,055	58
4	Dvíhanie nákladu <sup>9</sup>	0,74	0,616	0,077	63
5	Let s nákladom <sup>10</sup>	2,10	0,720	0,097	55
6	Klesanie na OM <sup>11</sup>	0,26	0,214	0,028	57
7	Odopínanie nákladu <sup>12</sup>	0,34	0,194	0,026	57
8	Dvíhanie sa nad OM <sup>13</sup>	0,24	0,130	0,016	57
9	Čas cyklu <sup>14</sup>	5,92	1,235	0,195	49
	Objem nákladu <sup>15</sup> (m <sup>3</sup> )	2,87	0,713	0,086	69
	Počet kmeňov <sup>16</sup> (ks)	5,30	2,360	0,284	69
	Objem stredného kmeňa <sup>17</sup> (m <sup>3</sup> )	0,54	0,375	0,045	69

<sup>1</sup>operation, <sup>2</sup>arithmetical mean, <sup>3</sup>standard deviation, <sup>4</sup>standard error, <sup>5</sup>number of hours, <sup>6</sup>flight without load, <sup>7</sup>descending in forest stand, <sup>8</sup>load fixation, <sup>9</sup>load lifting, <sup>10</sup>flight with load, <sup>11</sup>descending onto roadside landing, <sup>12</sup>load untying, <sup>13</sup>ascending above roadside landing, <sup>14</sup>cycle time, <sup>15</sup>load volume, <sup>16</sup>number of logs, <sup>17</sup>mean stem volume, <sup>18</sup>number

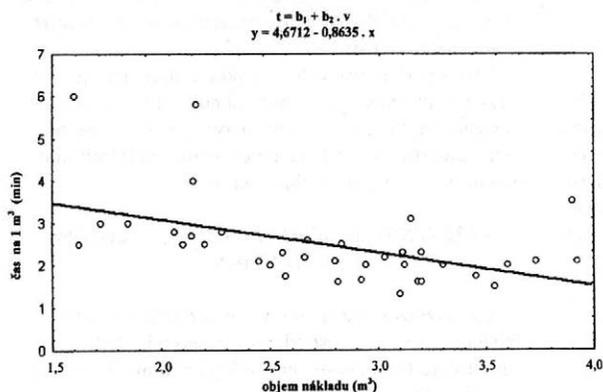
IV. Koeficienty rovníc spotreby času – index korelácie a stredné chyby  $y = a + bx$  – Coefficients of time consumption equations – correlation index and standard errors  $y = a + bx$

Závisle premenná <sup>1</sup> – y	Nezávisle premenná <sup>2</sup> – x	a	b	r	Stredná chyba <sup>3</sup>
Operácia bez letu <sup>4</sup>	objem nákladu <sup>12</sup>	2,0264	0,2610	-0,270	0,781
Celkový čas <sup>5</sup> na 1 m <sup>3</sup>		4,6712	-0,8635	-0,688	0,619
Operácie 2, 3, 4 <sup>6</sup> na 1 m <sup>3</sup>		1,3926	-0,2412	-0,561	0,249
Operácie bez letu <sup>7</sup> na 1 m <sup>3</sup>		1,8711	-0,3001	-0,635	0,296
Dvíhanie nákladu <sup>8</sup>	objem stredného kmeňa <sup>13</sup>	0,5175	0,2268	0,325	0,354
Klesanie na OM <sup>9</sup>		0,2765	0,0908	0,223	0,195
Odobínanie nákladu <sup>10</sup>		0,2869	0,1115	0,207	0,198
Operácie 2, 3, 4 <sup>6</sup>		1,7026	0,3008	0,290	0,640
Operácie bez letu <sup>7</sup>		2,5222	0,3810	0,306	0,786
Celkový čas <sup>5</sup> na 1 m <sup>3</sup>		2,5351	-0,5110	0,237	0,828

<sup>1</sup>dependent variable, <sup>2</sup>independent variable, <sup>3</sup>standard error, <sup>4</sup>operation without flight, <sup>5</sup>total time consumption per 1 m<sup>3</sup>, <sup>6</sup>operations 2, 3, 4 per 1 m<sup>3</sup>, <sup>7</sup>operations without flight per 1 m<sup>3</sup>, <sup>8</sup>load lifting, <sup>9</sup>descending onto roadside landing, <sup>10</sup>load untying, <sup>11</sup>total time consumption per 1 m<sup>3</sup>, <sup>12</sup>load volume, <sup>13</sup>mean stem volume



1. Spotreba času na 1 m<sup>3</sup> na operáciách v poraste v závislosti od veľkosti nákladu – Time consumption per 1 m<sup>3</sup> for operations in forest stand in relation to load size



2. Celková spotreba času na 1 m<sup>3</sup> v závislosti od veľkosti nákladu – Total time consumption per 1 m<sup>3</sup> in relation to load size

Index korelácie v tomto prípade je 0,321 a stredná chyba 0,644. Záporné znamienko pred druhým členom rovnice je trochu neočakávané, ale potvrdzuje skutočnosť, že pri veľkom počte kmeňov nie je celkový objem nákladu vysoký. Aby si vrtučník pri tenkých kmeňoch

doplnil náklad na plnú nosnosť, musí vykonať pomerne ťažkopádnu operáciu v poraste, preto je výhodnejšie dopraviť neúplný náklad na odvozné miesto (Konrád, Messingerová, 1993).

V. Priemerná spotreba času na jednotlivé fázy pracovného cyklu pri sústreďovaní dreva vrtuľníkom v CHKO Poľana na priemernú približovaciu vzdialenosť 800 m – Average time consumption per phase of working cycle at helicopter logging in Poľana Protected Landscape Area, average skidding distance 800 m

Poradové číslo <sup>16</sup>	Pracovná operácia <sup>1</sup>	Spotreba času <sup>2</sup> (minút)	Podiel z celkovej dĺžky pracovného cyklu <sup>3</sup> (%)
1	Let bez nákladu do porastu <sup>4</sup>	1,16	24
2	Klesanie v poraste <sup>5</sup>	0,29	6
3	Zapínanie nákladu <sup>6</sup>	0,62	13
4	Stúpanie s nákladom v poraste <sup>7</sup>	0,38	8
5	Let s nákladom <sup>8</sup>	1,61	32
6	Klesanie na sklade <sup>9</sup>	0,33	7
7	Odobínanie nákladu <sup>10</sup>	0,29	6
8	Dvíhanie nákladu <sup>11</sup>	0,18	4
9	Čas pracovného cyklu <sup>12</sup>	4,83	100
	Počet letov za 1 deň <sup>13</sup>	72,00	
	Spotreba času na tankovanie <sup>14</sup>	11,23	
	Spotreba času na dennú údržbu vrtuľníka <sup>15</sup>	45,20	

<sup>1</sup>operation, <sup>2</sup>time consumption, <sup>3</sup>portion in the total duration of work cycle, <sup>4</sup>flight without load to forest stand, <sup>5</sup>descending in forest stand, <sup>6</sup>load fixation, <sup>7</sup>ascending with load in forest stand, <sup>8</sup>flight with load, <sup>9</sup>descending into timber yard, <sup>10</sup>load untying, <sup>11</sup>load lifting, <sup>12</sup>duration of work cycle, <sup>13</sup>number of flights per day, <sup>14</sup>time consumption for refuelling, <sup>15</sup>time consumption for daily helicopter maintenance, <sup>16</sup>number

VI. Ukazovatele výkonnosti pri sústreďovaní dreva vrtuľníkom v CHKO Poľana – Performance indicators at helicopter logging in Poľana Protected Landscape Area

Výkonnosť ukazovateľ <sup>1</sup>	Priemerná hodnota <sup>2</sup>
Denný objem sústreďeného dreva <sup>3</sup> (m <sup>3</sup> )	178,08
Počet kmeňov v jednom náklade <sup>4</sup> (ks)	1,61
Objem jedného nákladu <sup>5</sup> (m <sup>3</sup> )	2,10
Objem jedného prepravovaného kmeňa <sup>6</sup> (m <sup>3</sup> )	1,38
Spotreba času na 1 m <sup>3</sup> dreva <sup>7</sup> (min)	2,48

<sup>1</sup>performance indicator, <sup>2</sup>average value, <sup>3</sup>daily volume of skidded timber, <sup>4</sup>log number per load, <sup>5</sup>load volume, <sup>6</sup>volume of a hauled log, <sup>7</sup>time consumption per 1 m<sup>3</sup> timber

V podmienkach lesného hospodárstva Slovenska bolo sústreďovanie dreva vrtuľníkom z rubnej úmyselnej ťažby prvýkrát použité v CHKO Poľana. Obnovný predpis pre uvedené porasty bol maloplošný holorub pásový. Išlo o ťažbu prestarnutých bukových porastov s najvyšším stupňom naliehavosti ťažby. Výkonnosť charakteristik sú uvedené v tab. V a VI a na obr. 3.

#### EKONOMICKÁ A EKOLOGICKÁ EFEKTÍVNOSŤ SÚSTREĎOVANIA DREVA VRTUĽNÍKOM

Náklady na približovanie dreva vrtuľníkom sú pomerne vysoké v porovnaní s inými bežne používanými technológiami. Základom sú zmluvné ceny za m<sup>3</sup> sústreďeného dreva medzi spoločnosťou, ktorá približovanie vykonáva, a majiteľom, resp. užívateľom lesa. Zmluvné ceny sa v našich podmienkach pohybujú od 800 do 1 500 Sk za m<sup>3</sup> sústreďeného dreva.

Celkové náklady na približovanie dreva vrtuľníkom sú vysoké, pre každý konkrétny prípad nasadenia tejto technológie je potrebné zvážiť jej opodstatnenosť. Pre zabezpečenie šetrného sústreďovania dreva z neprístupných porastov, alebo z porastov, kde by bolo vybudovanie lesnej cestnej siete potrebnej pre iné technológie technicky a ekonomicky veľmi náročné, je vrtuľníkové sústreďovanie opodstatneným riešením.

Ekonomické ukazovatele významnou mierou ovplyvňuje kvalita porastov, kde vyššie finančné ohodnotenie dreva spravdliava výrovná zvýšené náklady na technológiu sústreďovania.

Technológie vzdušnej dopravy dreva sú z hľadiska šetrného prístupu k lesnému prostrediu, najmä k lesnej pôde, vysoko efektívne.

Vzdušná doprava vylučuje ponechanie drevnej biomasy na rúbanisku, umožňuje obhospodarovať nesprístupnené prestarnuté porasty, a tým predchádzať možným kalamitám. Ochrana pôdneho fondu uľahčuje potom práce spojené s obnovou lesa.

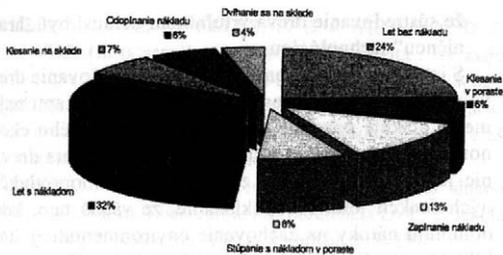
#### ZAŤAŽENIE LESNÉHO PROSTREDIA HLUKOM VRTUĽNÍKA

Výhody vzdušnej dopravy dreva pri eliminovaní poškodenia lesného prostredia sú nesporné. Nedochádza k narušeniu lesnej pôdy, nevznikajú podmienky pre následnú zrážkovú eróziu.

Vrtuľník však spôsobuje nový škodlivý vplyv na okolité prostredie, a to hluk z leteckej prevádzky.

Šírenie hluku strojov v prírodnom prostredí doteraz nebolo predmetom podrobnejšieho výskumu, preto môžu byť výsledky meraní pre lesnícku prax zaujímavé.

Pre lepšiu názornosť boli údaje z merania hluku spracované do tzv. hlukových máp. Tvoria ich čiary



3. Podiel spotreby času na jednotlivé fázy pracovného cyklu pri sústreďovaní dreva vrtuľníkom v CHKO Poľana na priemernú približovaciu vzdialenosť 800 m – Pie chart of time consumption for the separate phases of work cycle during helicopter logging in Poľana Protected Landscape Area, average skidding distance 800 m

(7% – descending into timber yard, 6% – load untying, 4% – lifting in timber yard, 24% – flight without load, 6% – descending in forest stand, 13% – load fixation, 8% – ascending with load in forest stand, 32% – flight with load)

rovnej hladiny zvuku. Hluková mapa blízkeho okolia (vzdialenosť bodov siete je 100 m) znázorňuje fiktívne rozloženie zvuku. Je spracovaná tak, akoby vrtuľník bol súčasne nad miestom zapínania v poraste, ďalej nad miestom zapínania v otvorenom priestore a aj nad miestom odopínania. Dá sa však z nej určiť, že hladina hluku 80 dB (A) je vo vzdialenosti asi 200–250 m od pracoviska a keď je stroj na jednom mieste, na ostatných je hladina pod dovolenú hodnotu. Ak vrtuľník „visí“ nad pracovným miestom, je pod ním hluk 93–100 dB (A). Možno teda určiť, že v okruhu 200–250 m od pracovného miesta musia robotníci používať chrániče sluchu.

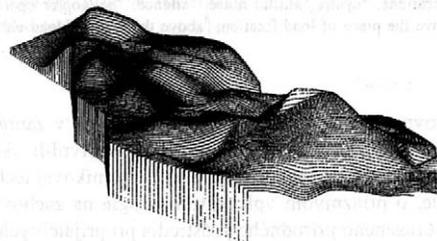
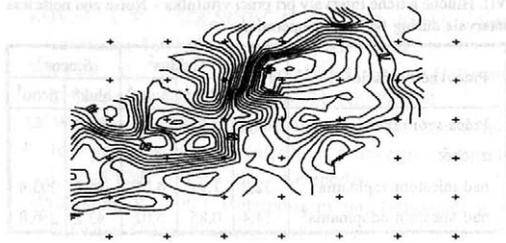
Hluková mapa vzdialeného okolia dovoľuje posúdiť vplyv hluku vrtuľníka na prírodné prostredie pri málo členitom teréne. Miestami sa prejavoval tlmiaci účinok lesa. Z mapy sa dá odhadnúť, že hluk klesne na dovolenú hodnotu pre leteckú prevádzku vo vzdialenosti 1,5 km od nízko „zaveseného“ vrtuľníka. V tejto pozícii je vrtuľník len asi 40 % času, a to striedavo na rôznych miestach.

Ďalšia hluková mapa vzdialeného okolia znázorňuje rozloženie hluku rovnakého typu vrtuľníka pri práci v značne členitom teréne (obr. 4). Vidno na nej, že v hlukovom tieni (za hrebeňom, v hustom poraste) klesne hluk na 45 dB už pri vzdialenosti 180 m, kým v otvorenom priestore sa musí počítať vo vzdialenosti 1,5 km.

Technológia sústreďovania dreva vrtuľníkom je 5 až 10-krát výkonnejšia ako pri použití iných sústreďovacích prostriedkov. Z toho vyplýva, že hluk pri práci vrtuľníka atakuje lesné prostredie podstatne kratšiu dobu, a to je dôležité najmä v chránených územiach. Okrem toho hluk bol meraný v najnepriaznivejších podmienkach – počas letu sú hladiny hluku na zemi podstatne nižšie.

Analýzu pôsobenia priameho hluku na pracovníkov na zemi vykonali Konrád (1993), pričom porovnal expozície s hlukom v tichých a hlučných intervaloch.

Pri analýze spotreby času na jednotlivé operácie a doby pôsobenia priameho hluku na pracovníkov na zemi boli vypočítané hlučné a tiché intervaly pre personál pracujúci na zemi. Výsledky uvedené v tab. VII



4. Hluková mapa vzdialeného okolia v členitom teréne – Noise chart of distant environs of broken topography

dokumentujú, že zapínači a odopínači sú vystavení nadmernému hluku len počas malej časti cyklu.

Za smenu pôsobí na zapínača škodlivý hluk spolu asi 97 minút a na odopínača len asi 43 minút.

Ďalšou otázkou je vplyv nadmernej hlučnosti z hľadiska rušenia fauny, najmä v chránených oblastiach. Pri výbere časového obdobia je potrebné sa vyhýbať obdobia hniezdenia vtáctva a párenia sa zveri. Výber termínu je potrebné prekonzultovať so správou štátnej ochrany prírody.

Merania hluku boli vyhodnotené topografickým programom ATLAS. Na zvukovej mape vystupujú výrazne tri vrcholy; jedným je miesto zapínania kmeňov v poraste, druhým je miesto zapínania kmeňov na voľnom priestranstve (kalamitná plocha) a tretí vrchol označuje odvozné miesto, kde sa náklad odopínal. Mapa vznikla syntézou troch zvukových polí a predstavuje model, pretože vrtuľník sa nemôže vyskytovať súčasne na rôznych miestach. Tento postup bol volený preto, aby sa dala vylíšiť plocha, na ktorej sú presiahnuté najvyššie prípustné hodnoty hluku na pracovisku. V žiadnej dostupnej literatúre neboli zhodnotené merania hluku pri uvedenej technológii použitej v leśníctve. Z výsledkov vyplýva, že hluk prekračuje dovolené hodnoty, rovnako ich však prekračujú aj traktory používané pri sústreďovaní. Prekročenie je však menej výrazné, zmeny hladiny nie sú také rýchle a uvedený hluk sa zistil len v blízkom okolí traktora. Vo vzdialenosti 2 m od traktora je hluk 90–95 dB (A), vo vzdialenosti 20 m je to asi 75 dB (A) (Konrád, 1973).

## DISKUSIA

Výsledky dosiahnuté pri sústreďovaní dreva vrtuľníkom na dvoch vybraných lokalitách sú v celom rozsahu

Pracovné operácie <sup>1</sup>	(%)	Cyklus <sup>2</sup>		Smena <sup>3</sup>	
		hluk <sup>4</sup>	ticho <sup>5</sup>	hluk <sup>4</sup>	ticho <sup>5</sup>
Práca vrtuľníka <sup>6</sup>	100,0	5,92	–	300,0	–
z toho:					
nad miestom zapínania <sup>7</sup>	32,2	1,91	4,01	96,6	203,4
nad miestom odopínania <sup>8</sup>	14,4	0,85	5,07	43,2	256,8

<sup>1</sup>operations, <sup>2</sup>cycle, <sup>3</sup>shift, <sup>4</sup>noise, <sup>5</sup>silence, <sup>6</sup>helicopter operation, <sup>7</sup>above the place of load fixation, <sup>8</sup>above the place of load untying

porovnateľné s výsledkami publikovanými v zahraničnej literatúre. V priebehu skúšok sa potvrdili všetky predpoklady o vysokej výkonnosti vrtuľníkovej technológie, o priaznivom vplyve technológie na zachovanie neporušeného prírodného prostredia pri prijateľných nákladoch.

Pri úvahách o voľbe technológie sústreďovania dreva v zložitých terénnych a výrobných podmienkach, kde je možnosť uvažovať o eventuálnej realizácii niekoľkých rôznych variantov výrobného postupu, je pravdepodobné, že každý z nich bude mať svoje výhody i nevýhody.

Výskum nekonvenčnej technológie sústreďovania dreva vrtuľníkom má dva základné charakteristické znaky: – boli analyzované technicko-ekonomické ukazovatele technológie na pracoviskách, kde použitie vrtuľníka bolo vynútené (Vysoké Tatry) kalamitou, – získané poznatky sa mohli porovnať s výsledkami na pracovisku, kde technológia bola systémovo organizovaná v úmyselnej ťažbe (Poľana).

Práve táto diverzita podmienok umožňuje konštatovať, že na pracoviskách, kde sa práca profesionálne pripravuje vo všetkých fázach činnosti, aj náročná a v prevádzke neobvyklá technológia je efektívna.

Typickým príkladom je práve sústreďovanie dreva vrtuľníkom na Poľane, kde všetky technicko-ekonomické ukazovatele vykazujú vyššiu kvalitatívnu úroveň. Pozitívne boli aj hodnotenia technológie vedením CHKO Poľana.

Z dosiahnutých výsledkov výskumu je možné zovšeobecniť základné princípy voľby technológie sústreďovania dreva vrtuľníkom:

- V podmienkach, kde prevládajú environmentálne, prípadne ochrannárske kritériá ekonomika sústreďovania dreva nie je prvoradá. Technologické a pracovné postupy s využitím vrtuľníka sú známe.
- Za dôležité považujeme práve možnosti „vrtuľníkovej“ technológie v porastoch s úmyselnou ťažbou. Pri dobre organizovanej práci (spôsob ťažby, optimalizácia nákladu, príprava odvozných miest, synchronizácia odvozu, finančné zhodnotenie dreva) nepresiahnu náklady na sústreďovanie vrtuľníkom obvyklý podiel z tržieb za 1 m<sup>3</sup> (cca 20 %) z predaja dreva. Platí to pre kvalitné porasty. Výskum dokázal,

že sústreďovanie dreva vrtuľníkom nemusí byť „hraničnou“ technológiou.

S istotou môžeme konštatovať, že sústreďovanie dreva vrtuľníkom v porovnaní s inými technológiami najmenej atakuje prírodné prostredie. Do celkového ekonomického hodnotenia technológií sústreďovania dreva nie je zahrnuté ocenenie zachovaných mimoprodukčných funkcií lesa. Predpokladáme, že všade tam, kde dominujú nároky na zachovanie environmentálnej stability prostredia, bude využitá subvenčná politika spoločnosti pri uplatnení vrtuľníkovej technológie sústreďovania dreva z lesov. V určitých konkrétnych prípadoch to nepovažujeme za nutné.

## ZÁVER

Z analýzy problematiky sústreďovania dreva vrtuľníkmi v zahraničí podloženej vlastnými výsledkami vyplýva, že je to technológia vysoko výkonná a zároveň šetrná k lesnému prostrediu. Za veľmi významné kladné rysy vzdušnej dopravy je možné považovať nenáročnosť na výstavbu ciest, zníženie záberu produkčnej plochy lesnej pôdy na ich výstavbu, priblíženie dreva bez jeho poškodenia z ťažko prístupných a pre súčasnú techniku vôbec neprístupných porastov, ktoré sa neťažia; ich produkčná schopnosť sa v dôsledku zanedbania postupne znižuje. Vrtuľníková technológia ďalej zabezpečí elimináciu pôdnej erózie zapríčinené pozemnými približovacími prostriedkami, rýchle priblíženie veľkého objemu dreva pri kalamitách a jeho zužitkovanie bez strát na kvalite.

Použitie technológie sústreďovania dreva vrtuľníkmi si vyžaduje perfektnú organizáciu práce, materiálo-technické zabezpečenie a výpočet ekonomickej efektívnosti.

Pri objektívnom hodnotení prínosu vrtuľníkovej technológie pre ochranu prírodného prostredia vidíme reálnu možnosť širšieho uplatnenia vrtuľníkov pre sústreďovanie dreva v horách.

## Literatúra

- GORDIJENKO, V. A., 1992. Ekologo-ekonomičeskaja optimalizacija rubok lesa v gorach. Les. Choz., 65: 14–16.
- HJULSTAD, O., 1988. God netto etter helicopter – drift. Skogeleren, 12: 4–5.
- CHOLJAVKO, V. S., 1982. Lesovodstvennaja ocenka rezul'tatov primenenija vozdušnoj transportirovki lesa. Les. Choz., 55: 19–20.
- ILKUN, V. V. – LJUTENKO, M. G. – TYŠKEVIČ, K. V., 1984. Transportirovka drevesiny vertoletom v gorach. Les. Prom., 64: 10.
- KALUCKIJ, K. K. – LEKARKIN, I. J. – DŽAPARIDZE, T. M., 1988. Technologija gornych lesozagotovok s primenenijem na transportirovke drevesiny vetroletov. Les. Choz., 61: 45–47.

KEEGAN, C. E. – FIEDLER, C. E. – WICHMAN, D. P., 1995. Costs associated with harvest activities for major harvest systems in Montana. *Forest Prod. J.*, 45: 78–82.

KONRÁD, V., 1973. Vplyv hluku a vibrácií na pracujúcich pri sústreďovaní dreva traktormi. [Referát ku skúške z ašpirantského minima.] Zvolen: 71.

KONRÁD, V., 1993. Zafaženie lesného prostredia hlukom vrtuľníka. In: Zbor. Jubilejná konferencia LVÚ, 2. sekcia: ekológia, pestovanie a lesná technika: 118–121.

KONRÁD, V. – MESSINGEROVÁ, V., 1993. Rozbor technológie, spotreby času a hluku pri približovaní dreva vrtuľníkom. *Acta Fac. for.*, XXXV. Zvolen, TU: 321–333.

KOVAL, I. P. – SOLNCEV, G. K., 1992. Rubky v lesach severného Kavkaza. *Les. Choz.*, 65: 13–14.

MAYER, G., 1981. Rundholzflüge mittels Helicopter. *Schweiz. Holzztg. Holz Bois*, 94, Nr. 39: 2–4.

OSWALD, D., 1971. Opyt transportirovki lesomaterialov pri pomošči vertoljota v Norvegii (rezjume). *LOG/SYMP.5/36/Add. 1*, Krasnodar.

SPERISEN, R., 1990. Holztransport mit Helicopter in der Schweiz. *Österr. Forstztg.*, 101: 60.

STIRLING, J., 1986. Helicopters tackle problem slopes. *Can. For. Indust.*, 106: 315–316.

Došlo 8. 2. 1999

## HELICOPTER LOGGING

V. Messingerová, T. Lukáč

*Technical University, Faculty of Forestry, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen*

Timber logging and skidding are frequently carried out under difficult productional and technical conditions, especially in a mountainous terrain. In the forests with insufficient road network, where technological preparation of workplaces has not been solved in a complex way and with local danger of pest outbreak after large natural disasters as well as at sites being endangered by potential erosion an aerial transportation by helicopters can be used in timber skidding.

To assess a technology it is necessary to know its performance, advantages and disadvantages, cost efficiency, ecological parameters.

The paper presents knowledge obtained by the analysis of timber skidding by helicopters and the results of our own works from practical utilization of the given technology in selected localities of Slovakia.

The research on the technology of timber skidding from the sites affected by disasters was conducted in the region of the Belianske Tatras and from intentional regeneration felling in protected landscape area Poľana. In both cases timber was skidded by MI-8 helicopter.

Performance analysis was carried out. The methodology of the measurements was based on traditional methods of performance assessment. Time consumption per working operation was recorded together with the volume of transported logs in  $m^3$  and weight of load in tons. Simultaneously external noise was measured at the workplace and in the surroundings. Economic assessment was performed on the basis of obtained structure of timber assortments skidded from the given locality and by means of financial appraisal.

The results of the work present an assessment of the performance of timber skidding by helicopter. Resultant values of time consumption per working operation as well as time consumption per whole working cycle are very low when compared with other technologies. Flight of the helicopter without load represents 26% of

the time of the whole cycle, the time necessary for the flight with load represents 35% and the proportion of the time being necessary for load lifting above the stand represents 13%. Load fixation is a difficult operation which should be carried out very quickly because the helicopter is „hanging“ closely over the crowns of trees. Duration of this phase of the working cycle represents about 12%. The paper brings the results of simple correlation analysis. Time consumption for skidding is being influenced the most by the volume of load and the number of logs in the load. Therefore we calculated a double correlation dependence for these independent variables.

Financial costs of this technology are relatively high. They are based on contract prices per  $m^3$  of skidded timber between the contractor and forest owner or forest user. The price of the contract ranges from 800 to 1,500 Sk per  $1 m^3$  of skidded timber in our conditions. Due to high costs it is necessary to consider whether the use of this technology is reasonable in particular cases.

The advantages of aerial timber transportation in eliminating damage to the forest environment are indisputable. Forest soil is not disturbed and thus the conditions for subsequent rain erosion do not exist. However, the helicopter causes a certain attack on the surrounding environment by its noise. The paper presents the analysis of noise for operators as well as on close and remote surroundings according to the terrain configuration.

Based on the obtained results we can draw conclusions on basic principles of the selection of technology for helicopter timber skidding. They are as follows:

– in the conditions with prevailing environmental or conservation criteria the economics of timber skidding is not a priority. Technological and work procedures with the use of helicopter are known,

– namely the possibilities of helicopter technology in the stands with intentional felling are important. With well organized work (felling method, load optimization, preparation of roadsides, synchronization of transport, financial appraisal of timber) the costs of helicopter skidding will not exceed the usual proportion of sales per 1 m<sup>3</sup> of timber (about 20%). It is valid for high quality stands. The research has demonstrated that timber skidding must not be a „marginal“ technology.

We can surely state that timber skidding by helicopter in comparison with other technologies has the lowest impact on natural environment. Overall economic assessment of the technologies of timber skidding does not include the valuation of preserved non-productive forest functions. We suppose that with dominant demands subsidy policy of the State will be used for applying helicopter technology of timber skidding. We do not consider it necessary in some particular cases.

---

*Kontaktná adresa:*

Ing. Valéria Messingerová, CSc., Technická univerzita, Lesnícka fakulta, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, Slovenská republika

---

# ALTERNATIVA PENĚŽNÍHO HODNOCENÍ MIMOPRODUKČNÍCH FUNKCÍ LESA V ČESKÉ REPUBLICCE A JEJÍ APLIKACE NA PŘÍKLADU NÁRODNÍHO PARKU ŠUMAVA

AN ALTERNATIVE OF NON-MARKET FOREST FUNCTIONS  
MONETARY VALUATION IN THE CZECH REPUBLIC AND ITS  
APPLICATION IN THE CASE OF ŠUMAVA NATIONAL PARK

L. Šišák

*Česká zemědělská univerzita, Lesnická fakulta, 165 21 Praha-Suchdol*

**ABSTRACT:** The valuation of non-market forest functions (NMFF), i.e. of positive externalities of forests and forest management, is very complicated in theoretical and practical terms. Out of the three methods of NMFF valuation mentioned in the paper, so called expert comparing approach was used; it is in principle a part of the existing Czech legislation in form of a fee for the withdrawal of forest lands destined to fulfil forest functions. Even though the above method has many drawbacks, its advantage consists in its relative simplicity and in the fact that this method is the only available one at present. Application of this method indicated the average year value of NMFF in the CR 16,071 CZK.ha<sup>-1</sup> of forest land in 1998 while this value in the Šumava National Park was 62,840 CZK.ha<sup>-1</sup>. The non-market forest value amounted to 0.8 mil. CZK.ha<sup>-1</sup>, but to 3.1 mil. CZK.ha<sup>-1</sup> in the area of the Šumava National Park.

non-market forest functions; positive forest externalities; valuation; expert comparing method; willingness-to-pay approach; Czech Republic

**ABSTRAKT:** Problematika oceňování mimoprodukčních funkcí lesa (MPFL), tj. pozitivních externalit lesa a lesního hospodářství, je teoreticky i prakticky velmi složitá. Ze tří v práci uvedených přístupů k oceňování MPFL byl použit tzv. expertní srovnávací přístup, který je v principu součástí naší stávající legislativy ve formě poplatku za odnětí lesních pozemků plnění funkcí lesa. I když má uvedený postup mnoho nedostatků, jeho výhoda spočívá v tom, že je poměrně jednoduchý a jako jediný je dnes reálně k dispozici. Podle dané metody dosahovala v r. 1998 průměrná roční cena MPFL v ČR hodnoty 16 071 Kč.ha<sup>-1</sup> porostní půdy, zatímco v Národním parku Šumava 62 840 Kč.ha<sup>-1</sup>. Mimoprodukční cena lesa pak dosahovala 0,8 mil. Kč.ha<sup>-1</sup>, ale na území Národního parku Šumava 3,1 mil. Kč.ha<sup>-1</sup>.

mimoprodukční funkce lesa; pozitivní externality lesa; oceňování; expertní metoda; metoda ochoty platit; Česká republika

## ÚVOD

Funkce lesů lze ze sociálně-ekonomického hlediska členit v zásadě na produkční – tržní a na mimoprodukční – netržní. Komplex mimoprodukčních funkcí lesa (MPFL), mimoprodukčních či mimotržních služeb lesa je obecně velmi rozsáhlý a z hlediska sociálně-ekonomického obsahu značně diferencovaný. Vlastní MPFL neprocházejí bezprostředně trhem, nejsou uživateli hra-

zeny, mají tzv. nevýrobní, mimotržní charakter. Jedná se o pozitivní externality lesa, jejichž význam je velmi obtížné objektivně vyjádřit.

MPFL lze členit v souvislosti s jejich sociálně-ekonomickou podstatou na dvě základní skupiny. Do jedné patří ty funkce, jejichž konečný dopad na externí subjekty se projeví v jejich vlastní ekonomice, zprostředkovávané trhem. Jsou to MPFL zprostředkováné tržní povahy, kam lze zařadit blok tzv. ochranných ekologických funkcí, známých také pod pojmem environmentál-

Práce byla připravena v rámci řešení projektu VaV 620/697 *Obnova biodiverzity a stability lesních ekosystémů v pásnu přirozeného výskytu smrku na území Národního parku Šumava.*

ní funkce či služby lesa. Jedná se o funkce půdoochran-  
né, vodohospodářské a vzduchoochran-  
né.

Do druhé skupiny funkcí, jejichž konečný dopad ne-  
lze na současné úrovni našeho poznání v ekonomické,  
tržní sféře externích subjektů identifikovat a měřitelně  
vyjádřit, patří blok tzv. zdravotně-hygienických ekolo-  
gických funkcí a blok kulturně-naučných funkcí. Tako-  
vé funkce mají mimořádní, sociální charakter.

Soubor MPFL je různorodý a velmi členitý. Uvede-  
né externality působí v rámci společnosti prostřednictvím  
vztahu životní prostředí – člověk. Jejich působení  
lze substituovat prací v omezené míře. Některé z nich  
nejdou v jistém smyslu a na daném místě prací substi-  
tuovatelné vůbec (zvláště zdravotně-hygienické a kul-  
turně-naučné funkce, mezi něž patří např. tzv. funkce  
přírodoochran-  
né), nejsou na dané území importovatelné. Jejich likvidaci  
dochází k absolutní ztrátě užitných  
hodnot, ztrátě jejich sociálních stránek. Význam těchto  
funkcí je objektivně vyjádřitelný jen velmi obtížně  
a podmíněně, protože uvedené funkce neprocházejí tr-  
hem a nejsou jím objektivizovány.

V základě existují dvě formy vyjádření významu funk-  
cí (či služeb) lesa – peněžní a nepeněžní (bodové, kva-  
litativní a kvantitativní, vyjadřování a srovnávání prior-  
it a preferencí). I když je teoreticky a prakticky velmi  
obtížné vyjádřit význam MPFL a význam lesa jako no-  
sitele těchto funkcí v peněžní formě, přesto je pro ně-  
které účely takové vyjádření nutné a je v mnoha zemích  
různým způsobem i realizováno.

Konkrétněji lze říci, že peněžní vyjádření významu  
lesa a jeho funkcí je využitelné zvláště pro (Š i š á k,  
1994a):

- poznání společenského významu lesů v národním jmě-  
ní, přírodním bohatství a národním bohatství země,
- analýzu stavu a vývoje požadavků společnosti na pl-  
něný mimoprodukčních funkcí lesů,
- vyjádření společenské efektivity využívání a re-  
produkce lesů,
- rozhodování o delimitaci půdního fondu,
- stanovení velikosti společenských ztrát (škod) z po-  
škození či zničení lesa,
- stimulaci racionálního využívání užitných hodnot lesa,
- zkvalitnění procesu lesního plánování a zacházení  
s lesem v rámci polyfunkčního lesního hospodářství.

## CÍL A ÚČEL PRÁCE

Cílem práce je přispět k diskusi o vyjádření významu  
MPFL v peněžní formě u nás a srovnat tento význam  
s konkrétním příkladem významu MPFL v Národním  
parku Šumava (NPŠ), kalkulovaným obdobným způso-  
bem v peněžní formě. Krajina NPŠ patří k výjimečně  
cenným přírodním částem České republiky. Dominantní  
postavení zde zaujímají lesy, jejichž mimoprodukční  
význam je zřejmě ještě podstatně vyšší než průměr ČR.

V některých lesních komplexech NPŠ došlo a dochá-  
zí z různých důvodů k zásadním změnám na velkých úze-  
mích. V důsledku úmyslného nezasahování proti škod-

livým činitelům a zejména kalamitnímu přemnožení ků-  
rovce došlo k rozsáhlému odumření lesních komplexů,  
srovnatelnému pouze s odumřením lesních porostů  
v Krušných horách. Protože v některých těchto částech  
les nebyl úmyslně obnoven, došlo k přeměně lesních  
ekosystémů na daných územích v nelesní ekosystémy,  
které nahradí les na poměrně dlouhou dobu. Mimopro-  
dukční služby lesa pro veřejnost, na příkladu NPŠ. Kal-  
kulace škod z poškození, zničení nebo zrušení MPFL je  
jedním z nejdůležitějších účelů peněžního vyjadřování  
významu uvedených funkcí lesa. V tomto případě má  
povahu buď sankční, nebo limitní ceny. Jedná se v pod-  
statě o tzv. internalizaci negativních externalit lidské  
činnosti.

Dalším cílem práce je proto experimentální vyjádře-  
ní škod, plynoucích společnosti z antropogenně zapříči-  
něné změny lesního ekosystému v ekosystémy nelesní  
a z redukce, zničení či zrušení MPFL, tj. environmen-  
tálních služeb lesa pro veřejnost, na příkladu NPŠ. Kal-  
kulace škod z poškození, zničení nebo zrušení MPFL je  
jedním z nejdůležitějších účelů peněžního vyjadřování  
významu uvedených funkcí lesa. V tomto případě má  
povahu buď sankční, nebo limitní ceny. Jedná se v pod-  
statě o tzv. internalizaci negativních externalit lidské  
činnosti.

V případě NPŠ se vychází z toho, že rozsáhlé lesní  
komplexy v NPŠ – v minulosti prakticky všechny an-  
tropogenně vzniklé a udržované, tedy nepůvodní, do  
značné míry nepřirozené – byly zničeny kůrovcem v dů-  
sledku dalšího účelového antropogenního rozhodnutí  
nezasahovat proti kůrovci a ve velkých částech bývalé-  
ho lesního ekosystému dokonce tento ekosystém úmysl-  
ně neobnovovat, takže ten byl převeden na určitou dobu  
v ekosystém nelesní, na daných lokalitách v tomto pří-  
padě nepůvodní, nepřirozený a umělý. V některých pří-  
padech se může jednat o velmi dlouhou dobu mnoha let  
v očekávání přirozené sukcese.

Otázkou je, jakou cenu pro veřejnost, tedy pro spo-  
lečnost, má uvedený experiment s životním prostředím,  
tj. k jaké škodě pro veřejnost z nefunkčnosti MPFL vzni-  
ká. Újma a škoda či ztráta z likvidace MPFL, to zname-  
ná z likvidace pozitivních externalit lesa na daném úze-  
mí, veřejnosti a společnosti nepochybně vznikla, a to  
bez ohledu na to, jakými úmyslnými ekologickými  
a krajinotvornými účely, experimenty a lidskými zámě-  
ry byla a je odůvodňována.

Positiva tak rozsáhlé záměrné a drastické přeměny  
lesního ekosystému v nelesní ekosystémy na daném úze-  
mí nejsou uváděna, nemluví již ani o jejich konkrétním  
přínosu veřejnosti a společnosti, a to ještě v peněžní  
formě. Účelem práce je ukázat a posoudit možnosti vy-  
užití metodiky oceňování MPFL u nás a jejich výsledků  
v dalších budoucích rozhodnutích a finančních kalkulacích  
o eventuálních přeměnách lesního ekosystému  
v nelesní na dalších územích.

## PODSTATA STÁVAJÍCÍCH PŘÍSTUPŮ K OCEŇOVÁNÍ MIMOPRODUKČNÍCH FUNKCÍ LEŠA

Dosud známé přístupy ke stanovení ceny MPFL lze  
rozčlenit do dvou základních směrů. Jeden z nich lze  
charakterizovat pojetím, které se odráží v metodách oce-

nění na bázi ochoty potenciálně platit za užítky z příslušných funkcí lesa, druhý pojetím, které předpokládá expertní oceňování významu daných funkcí (blíže např. Šišák, 1993).

### Přístup ochoty platit

Uvedený přístup vychází z teorie tzv. spotřebitelského přebytku. Podle něj se oceňují především mimoprodukční funkce, externality lesa, které jsou ryze sociální povahy, tj. nemají ani zprostředkovaný tržní dopad na externí subjekty.

#### Přímá metoda

Je známa jako tzv. „kontingentní valuační metoda“ (CVM). Její podstatu vystihuje nejlépe název „metoda dotazování“. Je rozpracována především pro ocenění rekreační funkce lesa na konkrétní lokalitě. Vychází ze sociologických průzkumů. Dotazy bývají formulovány v principu dvojným způsobem; podle toho se metoda dotazování člení na dvě varianty – ekvivalentní a kompenzační. Uvedenému přístupu se vytýká přílišná hypotetičnost výsledků.

#### Nepřímé metody

Nepřímé metody vycházejí z ekonometrického modelu teorie chování spotřebitelů – v tomto případě rekreantů – v souvislosti s jejich příjmy a dalšími faktory. Lze říci, že jedny předpoklady fiktivního charakteru se tak sice odstraňují, ale jiné zavádějí. Patří sem zejména tzv. „metoda cestovních nákladů“ a „implicitní oceňovací metoda“. Kromě užitků, které využívají jednotliví konkrétní spotřebitelé či uživatelé, existují však rovněž užítky pro obyvatele, kteří les nenavštěvují. Pro takové funkce byl zaveden název „neužitná hodnota“ – např. cena možnosti volby, cena odkazu, cena existenční (Šišák, 1993).

Uvedená pojetí oceňování přírodních zdrojů, a tedy i lesa, která vycházejí ze subjektivní teorie hodnoty a vyúsťují v konkrétní metody založené na „ochotě hypoteticky platit“ za užívání lesa a jeho daných funkcí, jsou kritizována z teoretických i praktických hledisek mnoha autory, i když jde o přístup v současné době velmi častý a v zahraničí zřejmě výrazně převládající. Ani v teoretické, ani v praktické oblasti však nejsou problémy, které vyvolává, překonány.

Např. Šišák (Šišák et al., 1996; Šišák et al., 1997) použil u nás v letech 1994–1996 vůbec poprvé v šetření významu lesa experimentálně rovněž metodu dotazování (CVM) v rámci celé ČR jako alternativní metodu k dalším použitelným postupům. Tři první pilotní šetření proběhla v rámci reprezentativních vzorků obyvatelstva ČR (kvótní výběr). Konkrétní výsledky ukazují v současné době značnou nejen teoretickou, ale i praktickou problematičnost použití dané metody a výstupů. To souvisí mj. i s tím, že vstup do lesa je u nás z hlediska historické tradice a legislativy bezplatný, povolen každému prakticky téměř do všech lesů a bez ohledu na formu vlastnictví. Svým způsobem pak re-

kreační funkce není zřejmě pocítována jako něco výrazně nedostatkového či na hranici deficitu pro jednotlivé uživatele (příčemž to je jednou ze zásadních podmínek úspěchu oceňování na bázi ochoty platit).

V případových studiích peněžního hodnocení významu návštěvnosti lesa, rekreační funkce lesa a využitelnosti tzv. ekvivalentní varianty metody ochoty platit projevila neochotu platit jakoukoliv finanční částku za návštěvu lesa mimořádně velká část dotazovaných po všechna tři šetření v jednotlivých letech. Z výsledků vyplývá, že jejich podíl se mezi lety 1994–1996 prakticky neměnil a kolísá kolem dvou třetin. Pouze jedna třetina respondentů v letech 1995 a 1996, a jen necelých 13 % dotazovaných v r. 1994 by bylo ochotno zaplatit určitou částku.

Pokud bychom vztáhli výsledky šetření v reprezentativních vzorcích obyvatelstva na celou populaci, pak z výsledků vyplývá, že v r. 1994 by byli návštěvníci lesa ochotni zaplatit za návštěvy lesa 806 mil. Kč, v r. 1995 přes 1,785 mld. Kč a v r. 1996 5,748 mld. Kč. Při 2,475 mil. ha lesa přístupného veřejnosti by to znamenalo roční hodnotu 1 ha lesa ve výši 326 Kč v r. 1994, 721 Kč v r. 1995 a 2 322 Kč v r. 1996. Kapitalizací uvedených částek by byla odvozena cena 1 ha lesa z tohoto titulu ve výši 11,7 tis. Kč v r. 1994, 25,8 tis. Kč v r. 1995 a 83,1 tis. Kč v r. 1996, a to i přes podstatně sníženou návštěvnost v posledním roce. Následně by pak lesy přístupné veřejnosti měly jako nositel dané funkce (externality) v ČR hodnotu 29 mld. Kč v r. 1994, 64 mld. Kč v r. 1995 a 206 mld. Kč v r. 1996. Daný přístup vyžaduje do budoucna hlubší analýzu v našich poměrech a rozsáhlejší šetření, protože výsledky jsou velmi nejisté a v rámci ČR zpochybnitelné.

### Vícekritériální expertní přístup

Uvedený postup je u nás na rozdíl od principu oceňování, založeném na ochotě potenciálně platit, dobře znám a rozpracován včetně pokusů o praktické aplikace. Ke své škodě jsou však uvedené postupy buď pouze dílčí, pojednávající o jedné funkci, nebo případně – když řeší problematiku skupiny funkcí – jsou pak často vnitřně obsahově příliš nesoudržné a nesystémové.

Jako nejobsáhlejší, u nás nejznámější a nejdiskutovanější lze uvést práci Paříka (1978), v níž je navržena soustava oceňování funkcí lesa, a to jak pro tržní, ekonomické, tak mimotržní, mimoeconomické funkce. Jde o soustavu značně rozsáhlou a podrobnou, vycházející však z mnoha různých hypotetických faktorů. V souvislosti s tím je i příliš komplikovaná.

Jedním z nejnovějších návrhů u nás, věnujících se vyjádření významu MPFL v peněžní formě bez ohledu na jejich obsah (ekonomický, mimoeconomický), je návrh Skýpala (1988), který byl využit a rozvíjen v několika dalších pracích. Autor je toho názoru, že je možné vyjádřit významnost mimoprodukčních funkčních efektů lesa, tzv. „souběžných“, na bázi poměru užité hodnoty těchto efektů k produkční funkci (přesněji k produkci dřeva).

Důležitým metodickým nedostatkem (teoretickým i praktickým) je zřejmě to, že metoda nerozlišuje mezi mimoprodukčními funkcemi, které mají zřetelný a měřitelný tržní dopad na externí subjekty (zprostředkovaně tržní externality lesa), a mezi těmi, u nichž takový dopad nelze vyjádřit (mimotržní, sociální externality lesa). V prvním případě je možné, a dokonce nutné odvodit význam příslušných funkcí lesa daleko objektivněji jiným postupem.

K návrhu lze dále uvést, že význam, cenu produkční či dřevoprodukční funkce je třeba vidět jinak (renta, čistý důchod) než v tržní ceně produkce. Takové ceny by neměly být zaměňovány. Kromě toho je problematické vázat cenu MPFL v jednotlivých lokalitách i na reálnou cenu produkčních funkcí podle úřední kategorizace lesů, byť bychom následně vytvářeli nějaké dodatečné subjektivní koeficienty.

Kategorizace lesů je pro dané účely příliš generalizovaná, hrubá. Význam této metody však spočívá v tom, že je jednoduchá a především k dispozici a že lze bez jakýchkoliv dalších kroků expertně žádanou cenu mimoprodukčních funkcí vyjádřit, a to dokonce s významnou legislativní oporou. Uvedený princip ocenění je totiž použit v naší legislativní praxi, a to v zákoně o lesích č. 289/1995 Sb., v částech pojednávajících o poplatku za odnětí (§§ 15–18 a příloha). Poplatek za odnětí lesa jeho funkcím, za změnu v užívání pozemku lze považovat v daném smyslu za „úřední, normativní“ cenu lesa z titulu plnění jeho mimoprodukčních funkcí.

Uvedený poplatek ve své podstatě internalizuje škody z odnětí pozemků plnění funkcí lesa, a to z hlediska jak dočasného, tak trvalého. Ale rovněž tak obsahově odpovídá úřední, tj. administrativní či legislativně pojaté internalizaci škody (Šišák, Pulkrab, 1998), která vznikne úmyslným, tj. antropogenně podmíněným odlesněním, tzn. převedením lesního ekosystému v nelesní, ať již je důvodem a prostředkem jakýmkoliv faktor. Podstatný v tomto směru není úmysl, ale výsledek, tj. likvidace lesa (kterou nelze ztotožňovat s běžnou obnovou lesa) v dané krajině na danou dobu a likvidace funkcí či environmentálních služeb lesa, pozitivních externalit pro veřejnost, tj. společnost.

### Substituční přístup

Nejvhodnější a neobjektivnější sociálně-ekonomické ocenění těch mimoprodukčních funkcí, které mají zprostředkovaně tržní dopad na externí subjekty, lze realizovat na bázi substituce práce, ekonomické efektivity, úspory prostředků plynoucích z existence lesa ve srovnání se stavem, kdyby zde funkce lesa ve svém konečném důsledku pro společnost přestaly působit. Tak postupoval např. Krečmer (1986) v případě oceňování tzv. hydrických funkcí lesa. Jedná se zejména o tzv. ochranné ekologické funkce lesa. Uvedený oceňovací přístup však v práci nemohl být pro úroveň ČR použit, protože vyžaduje rozsáhlejší, fundamentální základní výzkum a organizačně, technicky a finančně ná-

ročná šetření, která dosud v ČR nebyla bohužel realizována v potřebné kvalitě.

## METODIKA KALKULACE CENY MIMOPRODUKČNÍCH FUNKCÍ LESA

Pro účely odvození konstrukce úřední ceny netržních, sociálních MPFL a sociální mimoprodukční ceny lesa (MCL) se jeví v poměrech ČR zřejmě expertní přístup vhodnější než relativně obtížnější a pracnější přístup založený na průzkumu ochoty spotřebitelů na daném místě hypoteticky za užitek platit. Rovněž pro ocenění zprostředkované tržních MPFL při stávající neexistenci jiné možnosti ocenění (substituční přístup) je jako základní metoda z uvedených důvodů použit postup pro kalkulaci poplatku za odnětí lesa jeho funkcím, odvozený ze současně platné legislativní úpravy (zákon č. 289/1995 Sb.).

### Cena mimoprodukčních funkcí lesa

Cena mimoprodukčních funkcí lesa (CMFL) byla kalkulována na základě formy poplatku za dočasné odnětí lesních pozemků plnění funkcí lesa (zákon č. 289/1995 Sb.), protože cena funkce je v podstatě roční tokovou hodnotou a poplatek za dočasné odnětí lesních pozemků plnění funkcí lesa právě takovou roční hodnotu vyjadřuje. Výše roční hodnoty na 1 ha byla stanovena podle vzorce:

$$CMFL = PP \cdot CD \cdot f \quad (\text{Kč} \cdot \text{ha}^{-1})$$

kde: *PP* – průměrná roční potenciální produkce lesů ČR v  $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ,  
*CD* – průměrná cena dřeva na pni v Kč za  $\text{m}^3$ ,  
*f* – faktor ekologické váhy lesa.

Průměrná roční potenciální produkce lesů ČR je dlouhodobě neměnná a dosahuje výše  $6,3 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ .

Průměrná cena dřeva na pni se stanoví z dosažených realizačních cen dříví po odečtení nákladů na výrobu a přiblížení na odvozní místo. Tuto průměrnou cenu dřeva stanoví a vyhláší každoročně Ministerstvo zemědělství (§ 49 odst. 3 písm. e); pro rok 1996: 810 Kč, pro rok 1997: 800 Kč a pro rok 1998: 837 Kč.

Faktor ekologické váhy lesa je uveden v tab. I.

### Mimoprodukční cena lesa

Mimoprodukční cena lesa, tedy cena lesa jako nositele MPFL, byla kalkulována formou poplatku za trvalé odnětí lesních pozemků plnění funkcí lesa. Uvedená skutečnost vychází z toho, že cena lesa jako objektu plnění dané funkce, jako nositele funkce je v podstatě statickou, kapitalizovanou hodnotou roční hodnoty funkce (Šišák, 1994b). O nutnosti využít faktor času v obdobných kalkulacích hovoří např. Holécy (1998). Poplatek za trvalé odnětí lesních pozemků plnění funkcí lesa právě tuto statickou, kapitalizovanou hodnotu vyjadřuje. Cena lesa jako nositele mimoprodukčních funkcí (mimoprodukční cena lesa – MCL) na

Kategorie lesů	<i>f</i>	
Les hospodářský	1,4	
Les ochranný	–	
a) lesy na mimořádně nepříznivých stanovištích	3,0	
b) vysokohorské lesy pod horní hranicí stromové vegetace	5,0	
c) lesy v klečovém lesním vegetačním stupni	5,0	
Les zvláštního určení	–	
a) lesy v pásmu ochrany vodních zdrojů I. stupně	5,0	
b) lesy v ochranném pásmu zdrojů léčivých vod	5,0	
c) lesy národních parků	1. zóna 2. zóna 3. zóna	5,0 4,0 3,0
d) lesy ve zvláště chráněných územích	5,0	
e) lesy v systému ekologické stability území (velkoplošná biocentra CHKO a NP)	5,0	
f) lesy lázeňské	4,0	
g) lesy příměstské a se zvýšenou zdravotně rekreační funkcí	3,0	
h) lesy výzkumných lesnických ústavů a lesnických škol	2,0	
i) lesy vyhlášené za genové základny	3,5	
j) lesy v uznaných oborech a samostatných bažantnicích	1,5	
Lesy mimo vyhlášené kategorie	–	
a) lesy v pásmu ochrany vodních zdrojů	–	
II. stupně – (vnitřní)	4,0	
II. stupně – (vnější)	2,0	
III. stupně	2,0	
b) lesy v chráněné oblasti přirozené akumulace vod	2,0	

Translation of forest categories for Tables I–IX

Forest category

Commercial forest

Protection forest

a) Forests at exceptionally unfavourable sites

b) High-elevation forests below the upper tree line

c) Forests in the dwarf pine vegetation zone

Special purpose forests

a) Forests in the protection zones of water resources of 1st degree

b) Forests in the protection zones of medicinal waters

c) Forests of national parks

Zone 1 (Core zone)

Zone 2

Zone 3

d) Forests in specially protected areas

e) Forests in the ecological stability systems of the area

f) Spa forests

g) Forests in suburban areas with increased health and recreation functions

h) Forests of research and educational institutes

i) Forests declared as gene pools

j) Forests in approved game preserves and separate pheasantries

Other forests

a) Forests in water protection zones

IInd degree – (internal)

IIInd degree – (external)

IIIrd degree

b) Forests in protected areas of natural water accumulation

1 ha se vyjádří jako kapitalizovaná hodnota CMFL při použití úrokové míry 2 %, tedy podle vzorce:

$$MCL = \frac{PP \cdot CD \cdot f}{0,02} \quad (\text{Kč} \cdot \text{ha}^{-1})$$

## Identifikace funkcí lesa

Na základě analýz dostupných materiálů, stávající literatury a poznatků byla provedena identifikace funkcí lesa v ČR a v NPS (tab. II a III). Funkční diferenciaci byla realizována podle přílohy k lesnímu zákonu, pojednávající o poplatku za odnětí lesních pozemků plnění funkcí lesa. Neomezila se tedy jen na úřední kategorizaci lesů.

## VÝSLEDKY A DISKUSE

### Kvantifikace mimoprodukčních funkcí lesa v ČR a v NPS

Identifikace MPFL v ČR podle zákona č. 289/1995 Sb. (nejen kategorizované) včetně odhadovaných výměr v ČR byla provedena na základě dostupných písemných podkladů a materiálů. Vychází především z následujících prací: Krečmer (1994); Anonymous (1995) a Anonymous (1997). Výměry jednotlivých kategorií lesů podle přílohy k lesnímu zákonu (č. 289/1995 Sb.), které se podařilo zjistit podle uvedených materiálů v rámci ČR, jsou uvedeny v tab. II. Údaje označené znakem „?“ nejsou známy a nebylo je možné za dané situace zjistit bez náročnějšího specializovaného šetření.

Identifikace výměr lesa s jednotlivými deklarovanými funkcemi je poměrně pracná a v některých položkách by ji bylo v budoucnu třeba dále ověřit prostřednictvím příslušných inventarizací. To se týká zřejmě zejména lesů v systému ekologické stability území, ale i jiných položek. Problémem je to, že souhrnná či jednotná evidence ploch podle všech položek uvedených v příloze k lesnímu zákonu se u nás nevede.

Lze říci, že kategorie lesa v současném pojetí již nevyhovují funkční diferenciaci a významu pozitivních externalit lesa, protože rovněž kategorie lesů hospodářských má na mnoha lokalitách velmi podstatné mimoprodukční funkce – pozitivní externality, které nejsou evidenciálně podchyceny (např. Krečmer, 1994). Mnohé další kategorie mají rovněž výraznou funkci produkční, a navíc paušalizovaná kategorizace nekoresponduje s potřebami a objemem užitných hodnot – konečným sociálně-ekonomickým dopadem na externí subjekty.

Proto je třeba do budoucna zvážit dosavadní systém účelových kategorií lesa pro potřeby oceňování MPFL a buď tento systém zásadně doplnit, nebo přepracovat či vytvořit zcela jiný, podstatně objektivnější, na základě současných poznatků, požadavků a potřeb společností.

Identifikace výměr lesní porostní půdy v NPS jako celku podle jednotlivých kategorií vycházela z údajů, poskytnutých NPS v r. 1998. Rovněž tak byly odvozeny výměry kategorií v bývalých lesních komplexech zničených kůrovcem v důsledku antropogenního rozhodnutí nezasažovat proti kůrovci. Výměry jednotlivých kategorií lesa v NPS a v části zničené kůrovcem jsou uvedeny v tab. III.

II. Výměry lesů v ČR podle deklarovaných funkcí (kategorií) v příloze lesního zákona – Areas of forests in the CR by declared functions (categories) in the schedule to Forest Act

Kategorie lesů	Výměra (tisíce ha)
Les hospodářský	1 484
Les ochranný	–
a) lesy na mimořádně nepříznivých stanovištích	50
b) vysokohorské lesy pod horní hranicí stromové vegetace	16
c) lesy v klečovém lesním vegetačním stupni	4
Les zvláštního určení	–
a) lesy v pásnu ochrany vodních zdrojů I. stupně	11
b) lesy v ochranném pásnu zdrojů léčivých vod	16
c) lesy národních parků	
1. zóna	13
2. zóna	52
3. zóna	27
d) lesy ve zvláště chráněných územích	44
e) lesy v systému ekologické stability území (velkoplošná biocentra CHKO a NP)	656
f) lesy lázeňské	8
g) lesy příměstské a se zvýšenou zdravotně rekreační funkcí	47
h) lesy výzkumných lesnických ústavů a lesnických škol	24
i) lesy vyhlášené za genové základny	125
j) lesy v uznávaných oborách a samostatných bažantnicích	32
Lesy mimo vyhlášené kategorie	
a) lesy v pásnu ochrany vodních zdrojů	–
II. stupně – (vnitřní)	?
II. stupně – (vnější)	?
III. stupně	?
b) lesy v chráněné oblasti přirozené akumulace vod	420

III. Výměra porostní půdy v hektarech podle jednotlivých kategorií v NPŠ a na území, kde byl lesní ekosystém zlikvidován – Forest stands area in ha by categories in the Šumava National Park and in the areas with destroyed forests

Kategorie lesů	Výměra (ha) na území	
	NPŠ	odlesněném
Les ochranný	–	–
a) lesy na mimořádně nepříznivých stanovištích	6 586,61	0
b) vysokohorské lesy pod horní hranicí stromové vegetace	4 167,05	0
Les zvláštního určení	–	–
a) lesy v pásnu ochrany vodních zdrojů I. stupně	20,40	0
c) lesy národních parků		
1. zóna	7 427,67	694,35
2. zóna	47 244,79	820,50
e) lesy v systému ekologické stability území (velkoplošná biocentra CHKO a NP)	54 672,46	1 514,85
Lesy mimo vyhlášené kategorie	–	–
a) lesy v pásnu ochrany vodních zdrojů	–	–
II. stupně – (vnitřní)	503,46	0
b) lesy v chráněné oblasti přirozené akumulace vod	54 672,46	1 514,85

**Cena mimoprodukčních funkcí lesa a mimoprodukční cena lesa v ČR a v NPŠ**

V tab. IV až VI jsou uvedeny ceny MPFL podle deklarovaných funkcí lesa, které jsou cenami ročními. Není-li tedy na daném území v daných letech určitá

funkce lesa (vyjádřená příslušnou kategorií lesa) plněna, jde o každoroční újmu a škodu pro veřejnost a společnost, což by mělo být v rámci společnosti vzato v úvahu a na což by měla společnost a příslušné subjekty patřičně reagovat a internalizaci škody prakticky uplatňovat.

IV. Jednotková roční cena mimoprodukčních funkcí lesů podle kategorií (tisíc Kč.ha<sup>-1</sup>) – Unit year value of non-market forest functions by categories of forests (thousand CZK.ha<sup>-1</sup>)

Kategorie lesů	Cena (tisíc Kč.ha <sup>-1</sup> )	
Les hospodářský	7,38234	
Les ochranný	-	
a) lesy na mimořádně nepříznivých stanovištích	15,81930	
b) vysokohorské lesy pod horní hranicí stromové vegetace	26,36550	
c) lesy v klečovém lesním vegetačním stupni	26,36550	
Les zvláštního určení	-	
a) lesy v pásmu ochrany vodních zdrojů I. stupně	26,36550	
b) lesy v ochranném pásmu zdrojů léčivých vod	26,36550	
c) lesy národních parků	1. zóna 2. zóna 3. zóna	26,36550 21,09240 15,81930
d) lesy ve zvláště chráněných územích	26,36550	
e) lesy v systému ekologické stability území (velkoplošná biocentra CHKO a NP)	26,36550	
f) lesy lázeňské	21,09240	
g) lesy příměstské a se zvýšenou zdravotně rekreační funkcí	15,81930	
h) lesy výzkumných lesnických ústavů a lesnických škol	10,54620	
i) lesy vyhlášené za genové základny	18,45585	
j) lesy v uznaných oborách a samostatných bažantnicích	7,90965	
Lesy mimo vyhlášené kategorie	-	
a) lesy v pásmu ochrany vodních zdrojů	-	
II. stupně – (vnitřní)	21,09240	
II. stupně – (vnější)	10,54620	
III. stupně	10,54620	
b) lesy v chráněné oblasti přirozené akumulace vod	10,54620	

V. Celková roční cena mimoprodukčních funkcí lesů v ČR podle kategorií (mil. Kč) – Total year value of non-market functions of forests by categories in the CR (mil. CZK)

Kategorie lesů	Cena (mil. Kč)	
Les hospodářský	10 955	
Les ochranný	-	
a) lesy na mimořádně nepříznivých stanovištích	791	
b) vysokohorské lesy pod horní hranicí stromové vegetace	422	
c) lesy v klečovém lesním vegetačním stupni	105	
Les zvláštního určení	-	
a) lesy v pásmu ochrany vodních zdrojů I. stupně	290	
b) lesy v ochranném pásmu zdrojů léčivých vod	422	
c) lesy národních parků	1. zóna 2. zóna 3. zóna	343 1 097 427
d) lesy ve zvláště chráněných územích	1 160	
e) lesy v systému ekologické stability území (velkoplošná biocentra CHKO a NP)	17 296	
f) lesy lázeňské	169	
g) lesy příměstské a se zvýšenou zdravotně rekreační funkcí	744	
h) lesy výzkumných lesnických ústavů a lesnických škol	253	
i) lesy vyhlášené za genové základny	2 307	
j) lesy v uznaných oborách a samostatných bažantnicích	253	
Lesy mimo vyhlášené kategorie	-	
a) lesy v pásmu ochrany vodních zdrojů	-	
II. stupně – (vnitřní)	?	
II. stupně – (vnější)	?	
III. stupně	?	
b) lesy v chráněné oblasti přirozené akumulace vod	4 429	
<b>Roční cena mimoprodukčních funkcí lesa v ČR celkem</b>	<b>41 463</b>	

VI. Celková roční cena mimoprodukčních funkcí lesů v NPŠ a na území, kde byl lesní ekosystém zlikvidován (každoroční ztráta – mil. Kč) – Total year value of non-market functions of forests by categories in the Šumava National Park and in the areas with destroyed forests (year loss – mil. CZK)

Kategorie lesů	Cena (mil. Kč) na území	
	NPŠ	odlesněném
Les ochranný	–	–
a) lesy na mimořádně nepříznivých stanovištích	104,195	0
b) vysokohorské lesy pod horní hranicí stromové vegetace	109,866	0
Les zvláštního určení	–	–
a) lesy v pásnu ochrany vodních zdrojů I. stupně	0,538	0
c) lesy národních parků 1. zóna	195,834	18,307
2. zóna	996,506	17,306
e) lesy v systému ekologické stability území (velkoplošná biocentra CHKO a NP)	1 441,467	39,940
Lesy mimo vyhlášené kategorie	–	–
a) lesy v pásnu ochrany vodních zdrojů II. stupně – (vnitřní)	10,619	0
b) lesy v chráněné oblasti přirozené akumulace vod	576,587	15,976
<b>Roční cena mimoprodukčních funkcí celkem</b>	<b>3 435,612</b>	<b>91,529</b>

VII. Jednotková mimoprodukční cena lesa v ČR (tis. Kč.ha<sup>-1</sup>) – Unit non-market forest value in the CR (thousand CZK.ha<sup>-1</sup>)

Kategorie lesů	Cena (tis. Kč/ha)
Les hospodářský	369,117
Les ochranný	–
a) lesy na mimořádně nepříznivých stanovištích	790,965
b) vysokohorské lesy pod horní hranicí stromové vegetace	1 318,275
c) lesy v klečovém lesním vegetačním stupni	1 318,275
Les zvláštního určení	–
a) lesy v pásnu ochrany vodních zdrojů I. stupně	1 318,275
b) lesy v ochranném pásnu zdrojů léčivých vod	1 318,275
c) lesy národních parků 1. zóna	1 318,275
2. zóna	1 054,620
3. zóna	790,965
d) lesy ve zvláště chráněných územích	1 318,275
e) lesy v systému ekologické stability území (velkoplošná biocentra CHKO a NP)	1 318,275
f) lesy lázeňské	1 054,620
g) lesy příměstské a se zvýšenou zdravotně rekreační funkcí	790,965
h) lesy výzkumných lesnických ústavů a lesnických škol	527,310
i) lesy vyhlášené za genové základny	922,7925
j) lesy v uznávaných oborách a samostatných bažantnicích	395,4825
Lesy mimo vyhlášené kategorie	–
a) lesy v pásnu ochrany vodních zdrojů II. stupně – (vnitřní)	1 054,620
II. stupně – (vnější)	527,310
III. stupně	527,310
b) lesy v chráněné oblasti přirozené akumulace vod	527,310

Na rozdíl od ceny MPFL je cena lesa jako nositele uvedených mimoprodukčních funkcí kapitalizovanou hodnotou ročních hodnot při úrokové míře 2 % (tab. VII až IX).

### ZÁVĚRY

Peněžní hodnocení významu komplexu MPFL, charakterizovaných kategoriemi lesa podle přílohy zákona

č. 289/1995 Sb. včetně vodohospodářské a půdoochranné funkce vycházelo především z expertního přístupu jak v rámci ČR, tak v NPŠ. Při řešení byla využita dosavadní kategorizace lesů na území ČR a v NPŠ.

Hodnotové vyjádření se opíralo o současné pojetí významu MPFL ve společnosti u nás. Základem byl v podstatě úřední, normativní, příslušnými odbornými orgány zpracovaný, výkonnými orgány navržený a zákonodárnými orgány ČR schválený legislativní princip

## VIII. Celková mimoprodukční cena lesa v ČR (mld. Kč) – Total non-market value of forests in the CR (bill. CZK)

Kategorie lesů	Cena (mld. Kč)
Les hospodářský	547,8
Les ochranný	–
a) lesy na mimořádně nepříznivých stanovištích	39,5
b) vysokohorské lesy pod horní hranicí stromové vegetace	21,1
c) lesy v klečovém lesním vegetačním stupni	5,3
Les zvláštního určení	–
a) lesy v pásmu ochrany vodních zdrojů I. stupně	14,5
b) lesy v ochranném pásmu zdrojů léčivých vod	21,1
c) lesy národních parků	
1. zóna	17,1
2. zóna	54,8
3. zóna	21,4
d) lesy ve zvláště chráněných územích	58,0
e) lesy v systému ekologické stability území (velkoplošná biocentra CHKO a NP)	864,9
f) lesy lázeňské	8,4
g) lesy příměstské a se zvýšenou zdravotně rekreační funkcí	37,8
h) lesy výzkumných lesnických ústavů a lesnických škol	12,6
i) lesy vyhlášené za genové základny	115,3
j) lesy v uznaných oborách a samostatných bažantnicích	12,7
Lesy mimo vyhlášené kategorie	–
a) lesy v pásmu ochrany vodních zdrojů	–
II. stupně – (vnitřní)	?
II. stupně – (vnější)	?
III. stupně	?
b) lesy v chráněné oblasti přirozené akumulace vod	221,5
<b>Mimoprodukční cena lesa celkem</b>	<b>2 073,8</b>

## IX. Celková mimoprodukční cena lesa v NPŠ a na území, kde byl lesní ekosystém zlikvidován (ztráta) – mil. Kč – Total non-market value of forests in the Šumava National Park and in the areas with destroyed forests (loss) – mil. CZK

Kategorie lesů	Cena (mil. Kč) na území	
	NPŠ	odlesněném
Les ochranný	–	–
a) lesy na mimořádně nepříznivých stanovištích	5 209,8	0
b) vysokohorské lesy pod horní hranicí stromové vegetace	5 493,3	0
Les zvláštního určení	–	–
a) lesy v pásmu ochrany vodních zdrojů I. stupně	26,9	0
c) lesy národních parků		
1. zóna	9 791,7	915,3
2. zóna	49 825,3	865,3
e) lesy v systému ekologické stability území (velkoplošná biocentra CHKO a NP)	72 073,3	1 997,0
Lesy mimo vyhlášené kategorie	–	–
a) lesy v pásmu ochrany vodních zdrojů	–	–
II. stupně – (vnitřní)	531,0	0
b) lesy v chráněné oblasti přirozené akumulace vod	28 829,3	798,8
<b>Mimoprodukční cena celkem</b>	<b>171 780,6</b>	<b>4 576,4</b>

(Zákon č. 289/1996 Sb. a jeho příloha). V České republice šlo o vůbec první případovou studii takového charakteru.

Z hodnot uvedených v tab. V a VI vyplývá, že průměrná roční cena MPFL, reprezentovaných příslušnými kategoriemi a deklarovaných podle přílohy zákona

č. 289/1995 Sb. (lesní zákon), dosahuje pro rok 1998 v ČR 16 071 Kč.ha<sup>-1</sup> porostní půdy, zatímco na území NPŠ je tato cena téměř čtyřikrát vyšší, tj. 62 840 Kč.ha<sup>-1</sup> porostní půdy. Na území NPŠ zničeném kůrovcem pak má tato roční cena, tzn. ztráta či škoda způsobená veřejností, hodnotu 60 421 Kč.ha<sup>-1</sup>.

Z toho plyne, že při deklarovaných 1 514,85 ha lesa zničeného kůrovcem v NPŠ (tab. III) by měl původce škody zaplatit za každý rok, po který není na tomto území lesní porost, a tedy nejsou plněny MPFL, odškodnění ve prospěch veřejnosti ČR ve výši 91,5 mil. Kč (tab. VI), pokud budeme důsledně trvat na internalizaci negativních externalit lidské činnosti.

Z údajů v tab. VIII a IX lze odvodit, že průměrná mimoprodukční cena lesa v ČR pro rok 1998 dosahuje 803,8 tis. Kč.ha<sup>-1</sup> porostní půdy, ale na území NPŠ má tato cena hodnotu 3,142 mil. Kč.ha<sup>-1</sup> porostní půdy (téměř čtyřikrát více). Na území NPŠ zničeném kůrovcem pak dosahuje daná cena (ztráta či škoda) 3,021 mil. Kč.ha<sup>-1</sup>.

Uvedené znamená, že pokud nebude na daném území les obnoven nebo přirozená sukcese do vzniku následného lesního porostu bude trvat více než jednu, spíše však několik lidských generací, měl by původce zaplatit veřejnosti škodu na úrovni 3 mil. Kč za každý hektar. Při 694,35 deklarovaných zničených hektarech v I. zóně bez obnovy lesa, tj. bez antropogenního zásahu (tab. III) by to znamenalo újmu či škodu způsobenou veřejnosti České republiky ve výši 2,197 mld. Kč.

Teprve za takové ceny v současné době lze pak snad dále experimentovat s životním prostředím obyvatel ČR s takovými negativními dopady, ovšem pouze za podmínek zcela precizně legislativně definovaných, nejlépe pak zvláštním zákonem upravených.

Srovnáme-li uvedené hodnoty mimoprodukční ceny lesa s průměrnou úřední či normativní nebo administrativní dřevoprodukční cenou lesa (nyní vyhláška MF č. 279/1997 Sb.), kterou lze v souvislosti s údaji uváděnými K u b ů (1998) vyjádřit v průměru ČR na úrovni pod hodnotou 300 tis. Kč.ha<sup>-1</sup>, vidíme, že mimoprodukční cena lesa v ČR dosahuje podstatně vyšší hodnoty – více než 2,5krát a na území NPŠ je v průměru více než desetkrát vyšší.

Výsledky šetření, realizovaného především prostřednictvím expertního přístupu hodnocení významu MPFL, opírajícího se o současné legislativní pojetí, lze využít pro posouzení a finanční vyjádření škod, plynoucích ze zhoršeného plnění úrovně externalit lesa (MPFL) nejen v NPŠ, ale i v dalších případech antropogenních škod na lesích. Dané stávající řešení je však nutné považovat za dočasné, za ne zcela vyhovující na současné úrovni poznání.

Pokud jde o praktickou aplikaci jednotlivých metod oceňování MPFL u nás, lze uvést na základě analýzy literatury a dosud realizovaných výzkumných šetření následující závěry:

1. Oceňování MPFL na základě ochoty platit je v současných sociálně-ekonomických poměrech ČR dosud problematické a nespolehlivé.

2. Za současné situace je zřejmě tzv. vícekritériální srovnávací expertní přístup pro ocenění mimotržních MPFL (zdravotně-hygienických a kulturně-naučných) použitelnější než přístup ochoty platit. Výrazem daného přístupu je v poměrech ČR poplatky za odnětí pozemku plnění funkcí lesa v zákoně č. 289/1995 Sb. (lesní zákon).

3. Pro ocenění zprostředkovaně tržních MPFL je uvedený přístup pouze nouzovým řešením, které je z dlouhodobějšího hlediska objektivně neudržitelné! Zatím se však u nás stále ještě zřejmě nepocituje potřeba tuto situaci objektivně řešit.

4. V blízké budoucnosti by měla být konstrukce platby za odnětí lesa plnění jeho MPFL, která vychází z uvedených legislativní, zásadnější přebudována, a to zejména v souvislosti s potřebami reálnějšího vyjádření významu MPFL v peněžní formě zejména s ohledem na nutnost úhrady škod za zničení či poškození MPFL, a to ve smyslu jak platby prohibitivní, tak sankční.

5. Z toho důvodu je nutné zadat a samostatně řešit úkol oceňování mimoprodukčních funkcí lesa v ČR, v němž by metodika řešení odpovídala nejen právě uvedenému účelu, ale i dalším, zmíněným v úvodu.

6. Z hlediska vyjádření výše škod ze zhoršeného plnění či likvidace MPFL na daném místě je možné použít v některých případech rovněž nákladového přístupu, tj. nákladů na „vedení do předchozího stavu“. Svým způsobem se jedná o náklady na vypěstování lesního porostu do určitého stavu, konkrétněji alespoň do stadia tzv. „zajištěného lesního porostu“.

Výstupem řešení úkolu jsou údaje, které u nás dosud nebyly známy a vyvolávají řadu dalších otázek a námětů k řešení i potřebu dalšího ověřování metodiky a upřesňování vstupních dat. To se týká zejména potřeby zjišťování a evidence příslušných deklarovaných funkcí lesa podle přílohy k lesnímu zákonu (zákon č. 289/1995 Sb.).

## Literatura

- HOLÉCY, J., 1998. Využití ekonomicko-matematických metod v oceňování lesů. Zvolen, TU: 57.
- KREČMER, V., 1986. Ekonomické hodnocení lesního fondu jako nositele hydrických funkcí a jejich národohospodářská efektivnost. *Vod. Hospod.*, 2: 46–52.
- KREČMER, V., 1993, 1994. Trvale udržitelný rozvoj a lesní hospodářství v České republice I–III. *Lesnictví-Forestry*, 39: 513–520, 40: 48–54, 256–264.
- KUBŮ, M., 1998. Problém úřední ceny lesa zůstává otevřený. *Lesn. Práce*, 77: 16–17.
- SKÝPALA, J., 1988. Ekonomické hodnocení lesního fondu jako nositele mimoprodukčních funkcí lesů. *Lesnictví*, 34: 193–209.
- ŠIŠÁK, L., 1993. Ochota potenciálně platit jako metoda oceňování významu sociálních stránek funkcí lesa. *Lesnictví*, 39: 151–160.
- ŠIŠÁK, L., 1994a. Úřední cena lesa. [Habilitační práce.] Praha, VŠZ, LF: 205.

ŠIŠÁK, L., 1994b. Cena sociálních stránek funkcí lesa a její souměřitelnost s cenou ekonomických stránek funkcí lesa. *Lesnictví*, 40: 85–92.

ŠIŠÁK, L. – PULKRAB, K., 1998. Kvantifikace škod na lesních porostech. [Závěrečná zpráva dílčího úkolu 5, případové studie, projektu MOLDAN et al.: Kvantifikace škod na životním prostředí a možnosti jejich racionální internalizace.] Praha, ČZU, LF: 96.

ŠIŠÁK, L. et al., 1996. Sociálně-ekonomický význam produkce lesa mimo dřevo. [Výzkumná zpráva.] Praha, ČZU, LF: 150.

ŠIŠÁK, L. – PULKRAB, K. – KALIVODA, V., 1997. Význam návštěvnosti lesa a sběru hlavních lesních plodin obyvateli území s lesy výrazně postiženými imisemi. *Lesnictví-Forestry*, 43: 245–258.

ANONYMOUS, 1995. Zpráva o stavu lesního hospodářství České republiky 1994. Praha, Ministerstvo zemědělství České republiky: 173.

ANONYMOUS, 1997. Zpráva o stavu lesního hospodářství České republiky 1996. Praha, Ministerstvo zemědělství České republiky, Matice lesnická, s. r. o.: 162.

Došlo 1. 4. 1999

## AN ALTERNATIVE OF NON-MARKET FOREST FUNCTIONS MONETARY VALUATION IN THE CZECH REPUBLIC AND ITS APPLICATION IN THE CASE OF ŠUMAVA NATIONAL PARK

L. Šišák

*Czech University of Agriculture, Faculty of Forestry, 165 21 Praha-Suchdol*

The issue of non-market forest functions (NMFF) valuation is considerably theoretically and practically difficult namely because the mentioned forest functions do not proceed through the market directly. NMFF represent positive externalities of forest and forestry. Monetary valuation of the importance of NMFF serves many purposes.

The aim of the article is to contribute to the discussion on expression of NMFF importance in monetary terms in the Czech Republic (CR) and to compare this importance with that in the Šumava National Park (ŠNP). In some parts of ŠNP, devastation and total destruction of forest resulted from a purposeful decision to take no action against calamity bark beetle outbreak. As in some parts, forest has not been reconstructed on purpose, forest ecosystems turned to non-forest ones, substituting forest for a considerably long time. Therefore, NMFF, positive forest externalities, have vanished from these territories for a long time.

The goal of the work is also an experimental expression of damage from NMFF liquidation. Out of the three mentioned approaches to valuation of NMFF: willingness-to-pay (WTP) approach, expert comparing approach (ECA) and substitute approach, the ECA was used. The ECA is actually applied in current legislation – in the Forest Act (No. 289/1995) – in the form of so called „fee for the withdrawal of forest land designated for the fulfilment of forest functions“ (deforestation). WTP approach could not be used due to a too hypothetical feature and other problems under socio-economic conditions in the CR (Šišák, 1993; Šišák et al., 1997).

Though there is a number of principal theoretical and practical shortcomings related to ECA, this approach is considerably simple and is the only one practically available to evaluate and express the damage to

NMFF. The annual value of NMFF (CMFL) is calculated by formula for the annual fee for the withdrawal:

$$CMFL = PP \cdot CD \cdot f \quad (\text{CZK} \cdot \text{ha}^{-1})$$

where: *PP* – average annual potential production of forest in the CR in  $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ,

*CD* – average stand price of timber in CZK per  $\text{m}^3$ ,

*f* – factor of the environmental value of forests by different forest categories (zones).

The non-market value of forest (MCL) was calculated by the formula for fee for permanent withdrawal of forest land (capitalization at 2% interest rate):

$$MCL = \frac{PP \cdot CD \cdot f}{0.02} \quad (\text{CZK} \cdot \text{ha}^{-1})$$

The average value of NMFF, calculated by the presented method, reached 16,071 CZK per 1 ha of forest land while it was 62,840 CZK per 1 ha in ŠNP. In the territory of ŠNP devastated by bark beetle, this annual price, i.e. loss or damage caused to the public, was 60,421 CZK.

Hence it follows, with declared 1,514.85 ha of forest devastated by bark beetle in ŠNP (Table III), that the originator should pay for each year without forest covering the territory and therefore the NMFF not being fulfilled about 91.5 millions CZK damage in benefit of the Czech public (Table VI).

The non-market forest value achieved on average 803.8 thousand CZK.ha<sup>-1</sup> in the CR, while in ŠNP it was 3.142 millions of CZK.ha<sup>-1</sup> and 3.021 millions of CZK.ha<sup>-1</sup> in the territory devastated by bark beetle.

It follows from the presented facts unless forest is reconstructed in the territory or if the natural succession resulting in establishment of forest stand takes at least one or more probably several human generations, the originator should pay damage of about 3 millions CZK.ha<sup>-1</sup> to the public. With 694.35 declared devas-

tated hectares in the 1st zone, where forest reconstruction, i.e. anthropogenic intervention is not allowed (Table III), this would represent detriment or damage caused to the Czech public of 2,197 millions CZK. Only at this price we can go on in experimenting with the environment of the Czech public resulting in such negative impacts, however only under conditions defined precisely legally, regulated by a special law at the best.

If we compare the presented values of NMFF with the average normative or administrative forest price based on wood-production (which is less than 300 thou-

sand CZK.ha<sup>-1</sup>), we can see that the non-market forest value in the CR reaches a principally higher value – on average more than 2.5 times and in the territory of ŠNP even 10 times higher.

The outputs of the solution represent data unknown here so far and provoking many questions and ideas of solution and requiring further verification and specification. In case the method is applied to assessment and financial expression of damage following from worsened fulfilment of NMFF in the CR it should be accepted only as a temporal and not fully convenient method at the current level of knowledge.

---

*Kontaktní adresa:*

Doc. Ing. Luděk Šišák, CSc., Česká zemědělská univerzita, Lesnická fakulta, 165 21 Praha-Suchdol, Česká republika

---

## INSTRUCTIONS TO AUTHORS

The journal publishes original results of fundamental and applied research from all fields of forestry related to European forest ecosystems. An article submitted to Journal of Forest Science must contain original work and must not be under consideration for publishing elsewhere. Manuscripts should not exceed 25 double-spaced typed pages (A4 size) including tables, figures, references, abstract and summary. A PC diskette with the paper text and graphical documentation should be provided with the paper manuscript, indicating the used editor program. Papers should be clear, concise and written in Czech, Slovak or English. Each manuscript must contain two or three pages of English summary. Correct English is the responsibility of the author. Manuscripts should be typed on standard paper (A4 size, 60 characters per line, 30 lines per page). They must fully conform to the organization and style of the journal. Two copies of the manuscript should be sent to the executive editor: Mgr. Radka Chlebečková, Institute of Agricultural and Food Information, 120 56 Praha 2, Slezská 7, Czech Republic.

### Text

Manuscript should be preceded by a title page comprising the title, the complete name(s) of the author(s), the name and address of the institution where the work was done, and the telephone and fax numbers of the corresponding author, or e-mail. Each paper must begin with an Abstract of no more than 90 words, and key words. The Introduction should be concise and define the scope of the work in relation to other work done in the same field. As a rule, it should not give an exhaustive review of literature. In the chapter Materials and Methods, the description of experimental procedures should be sufficient to allow replication of trials. Plants must be identified by taxonomic and common name. Abbreviations should be used if necessary. Full description of abbreviation should follow the first use of an abbreviation. The International System of Units (SI) and their abbreviations should be used. Results should be presented with clarity and precision. Discussion should interpret the results. It is possible to combine Results and Discussion in one section. Literature citation in the text should be by author(s), and year. If there are more than two authors, only the first one should be named in the text, followed by the phrase „et al.“ They should mainly consist of reviewed periodicals. References should include only publications quoted in the text. They should be listed in alphabetical order under the first author's name, citing all authors.

### Tables

Tables should be numbered consecutively and have an explanatory title. Each table, with title, should be on a separate sheet of paper.

### Figures

Figures should be referred solely to the material essential for documentation and for the understanding of the text. Duplicated documentation of data in figures and tables is not acceptable. All illustrative material must be of publishing quality. Figures cannot be redrawn by the publisher. Photographs should exhibit high contrast. All figures should be numbered consecutively with arabic figures. Both line drawings and photographs are referred to as figures. If several separate line drawings or photographs are to be incorporated in a single figure, they should be stucked on a white card with a minimum of space left between them. Each figure should contain a concise, descriptive legend.

**The manuscript will not be accepted to be filed by the editorial office if its formal layout does not comply with the instructions for authors.**

## POKYNY PRO AUTORY

Časopis uveřejňuje původní vědecké práce ze všech oborů lesnictví, které mají vztah k evropským lesním ekosystémům. Autor práce je odpovědný za původnost příspěvku; práce nesmí být publikována nebo zaslána k publikování do jiného časopisu. Rozsah zasláního příspěvku nemá přesáhnout 25 stran (A4 formátu, psaných obřádek) včetně tabulek, obrázků, literatury, abstraktu a souhrnu. K rukopisu je třeba přiložit disketu s textem práce a s grafickou dokumentací pořízenou na PC s uvedením použitého programu. K publikování jsou přijímány práce psané v češtině, slovenštině nebo angličtině. Zaslání rukopisů musí obsahovat anglický souhrn o rozsahu 3 strany. Autor odpovídá za správnost anglického textu. Rukopisy mají být napsány na papíře formátu A4 (60 úhůz na řádku, 30 řádků na stránce). Uspořádání článku musí odpovídat formě, ve které jsou články publikovány. Je třeba zaslat dvě kopie rukopisu na adresu vedoucí redaktorky: Mgr. Radka Chlebečková, Ústav zemědělských a potravinářských informací, 120 56 Praha 2, Slezská 7. O uveřejnění práce rozhoduje redakční rada časopisu se zřetelem k lektorským posudkům, vědeckému přínosu a celkové kvalitě práce a s přihlédnutím k významu článku pro lesní hospodářství.

### Úprava textu

Rukopis má obsahovat titulní stranu, na které je uveden název článku, jméno autora (autorů), název a adresa instituce, kde práce byla vypracována, a číslo telefonu a faxu autora, popř. e-mail.

Každý článek by měl obsahovat český (slovenský) a anglický abstrakt, který nemá mít více než 90 slov, a klíčová slova. Úvod by měl být stručný, s uvedením zaměření a cíle práce ve vztahu k dosud provedeným pracím. Neměl by v něm být uváděn rozsáhlý přehled literatury. V kapitole Materiál a metody by měl být uveden popis použitých experimentálních metod tak, aby byl postačující pro zopakování pokusů. Měly by být uvedeny obecně i vědecké názvy rostlin. Je-li zapotřebí používat zkratky, je nutné při prvním použití zkratky uvést i její plný název. Je nezbytné používat jednotky odpovídající soustavě měrových jednotek SI. V části Výsledky by měla být přesně a srozumitelně prezentována získaná data a údaje. V kapitole Diskuse se obvykle získané výsledky konfrontují s výsledky dříve publikovanými. Je přípustné spojit část Výsledky a Diskuse v jednu kapitolu. Citování literatury v textu se provádí uvedením jména autora a roku vydání publikace. Při větším počtu autorů se uvádí v textu pouze první z nich a za jeho jméno se doplní zkratka „et al.“.

V části Literatura se uvádějí pouze publikace citované v textu. Měla by sestávat hlavně z lektorovaných periodik. Citace se řadí abecedně podle jména prvního autora: příjmení, zkratka jména, rok vydání, plný název práce, úřední zkratka časopisu, ročník, první a poslední strana. U knihy je uvedeno i místo vydání a vydavatel.

### Tabulky

Tabulky jsou číslovány průběžně a u každé je uveden i nápis. Každá tabulka je napsána na jednom listu.

### Obrázky

Jsou přiloženy jen obrázky nezbytné pro dokumentaci výsledků a umožňující pochopení textu. Současné uvádění stejných výsledků v tabulkách a na grafech není přijatelné. Všechny obrázky musí být vysoce kvalitní, vhodné pro reprodukci. Nekvalitní obrázky nebudou překreslovány, budou autorovi vráceny. Fotografie musí být dostatečně kontrastní. Všechny obrázky je třeba číslovat průběžně arabskými číslicemi. Jak grafy, tak i fotografie jsou označovány jako obrázky. Jestliže má být několik fotografií publikováno jako jeden obrázek, je třeba je vhodně uspořádat a nalepit na bílou podložku. U každého obrázku je nutné uvést jeho stručný výstižný popis.

**Rukopis nebude redakcí přijat k evidenci, nebude-li po formální stránce odpovídat pokynům pro autory.**

## CONTENTS

Malá J., Cvrčková H., Březinová A., Hrubcová M., Eder J., Vágnér M., Cvikrová M.: Endogenous contents of phytohormones and phenylpropanoids in sessile oak somatic embryos in relation to their conversion potential .....	197
Czuczor T.: Possibilities of using black locust ( <i>Robinia pseudoacacia</i> L.) in the region of southern Moravia	205
Kula E., Zabecki W.: Spruce attraction for cambioxylophagous pests in some forest type groups.....	217
Messingerová V., Lukáč T.: Helicopter logging.....	226
Šišák L.: An alternative of non-market forest functions monetary valuation in the Czech Republic and its application in the case of Šumava National Park.....	237

## OBSAH

Malá J., Cvrčková H., Březinová A., Hrubcová M., Eder J., Vágnér M., Cvikrová M.: Vliv obsahu endogenních fytohormonů a fenolických látek na konverzi somatických embryí dubu zimního ...	197
Czuczor T.: Možnosti uplatnění trnovníku akátu ( <i>Robinia pseudoacacia</i> L.) v oblasti jižní Moravy .....	205
Kula E., Zabecki W.: Atraktivita smrku pro kambioxylofágy v některých souborech lesních typů.....	217
Messingerová V., Lukáč T.: Sústreďovanie dreva vrtuľníkmi.....	226
Šišák L.: Alternativa peněžního hodnocení mimoprodukčních funkcí lesa v České republice a její aplikace na příkladu Národního parku Šumava.....	237